



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE
AUTOMAÇÃO E SISTEMAS

Pedro Sidnei Zanchett

***RADIAN* - Uma proposta de Arquitetura de Referência
de Sistemas de Suporte à Decisão
para Gerenciamento de Desastres Naturais**

Florianópolis – SC

2025

Pedro Sidnei Zanchett

***RADIAN* - Uma proposta de Arquitetura de Referência
de Sistemas de Suporte à Decisão
para Gerenciamento de Desastres Naturais**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas (PosAutomação) da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor na área de concentração Controle, Automação e Sistemas.

Orientador: Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.

Florianópolis – SC

2025

Zanchett, Pedro Sidnei

RADIAN - Uma proposta de Arquitetura de Referência de Sistemas de Suporte à Decisão para Gerenciamento de Desastres Naturais / Pedro Sidnei Zanchett ; orientador, Ricardo José Rabelo, 2025.

251 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

1. Engenharia de Automação e Sistemas. 2. Desastres Naturais, . 3. Arquitetura de Referência, . 4. Sistemas de Suporte à Decisão, . 5. RADIAN,. I. Rabelo, Ricardo José. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas. III. Título.

Pedro Sidnei Zanchet

***RADIAN* - Uma proposta de Arquitetura de Referência de Sistemas de Suporte à
Decisão para Gerenciamento de Desastres Naturais**

O presente trabalho em nível de doutorado foi avaliado e aprovado, em 13 de novembro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Ricardo Alexandre Reinaldo de Moraes Dr. (Presidente da Banca)
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Profa. Ana Maria Benciveni Franzoni, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Carlos Barros Montez, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Fernando Mainardi Fan, Dr.
Universidade Federal do Rio Grande de Sul – UFRGS

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Automação e Sistemas.



Documento assinado digitalmente
Max Hering de Queiroz
Data: 27/11/2025 13:40:21-0300
CPF: ***.550.079-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Max Hering de Queiroz, Dr.
Coordenador em exercício do Programa de Pós-Graduação
em Engenharia de Automação e Sistemas



Documento assinado digitalmente
Ricardo Jose Rabelo
Data: 27/11/2025 12:00:20-0300
CPF: ***.802.119-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2025

A minha esposa Karen Cristina Frischknecht Zanchett,
aos meus filhos Gabriel F. Zanchett e Isabela F. Zanchett,
minha mães Sueli Mazochini Zanchett e irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar sabedoria, força e coragem, sempre me guiando nesta jornada acadêmica. Sem Ele, nada se concretizaria.

Agradeço à minha esposa e aos meus filhos, que se privaram muitas vezes da minha ausência sem reclamar, só me incentivaram. Sem vocês, não teria chegado até aqui. Gratidão pela paciência e amor incondicional.

Agradeço a todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas da UFSC, especialmente ao Orientador o Prof. Dr. Ricardo José Rabelo, pela sua amizade e apoio, um verdadeiro mestre repleto de sabedoria, comprometimento, direcionamentos e estímulo na construção desta tese. A construção desta tese não seria possível sem a sua prestigiosa e dedicada colaboração.

Agradeço ao amigo Matheus Luan Krueger pelo apoio e incentivo para se inscrever no doutorado e ao amigo Airan Arinê Possamai que conheci no doutorado e fizemos muitas disciplinas e trabalhos juntos, foi meu parceiro das viagens para estudar na UFSC e assim cultivamos uma amizade muito especial. A Lara Zambiasi Oberderfer pela troca de experiências durante o desenvolvimento da tese. E, de modo especial, à professora Elisa Yumi Nakagawa, por esclarecimentos adicionais gentilmente prestados quanto ao seu meta-modelo *RAModel* bem como de ajuda na formalização da *RADIAN* com a norma internacional ISO/IEC/IEEE 42010:2022.

Agradecimento às equipes das Defesas Cíveis estaduais, através da Profa. Regina Panceri, do Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD), e da secretaria municipal de Blumenau através do Coronal Carlos Olímpio Menestrina, bem como aos representantes das empresas de tecnologia e pesquisadores universitários, incluindo Marcos Rodrigo Momo, por feedbacks recebidos e por disponibilizarem seus profissionais para avaliarem a Tese.

Após 18 anos professor Universitário, volto a estudar no doutorado onde pude contar com um grandioso incentivo das seguintes instituições: Centro Universitário Leonardo da Vinci (UNIASSELVI), que cedeu horas remunerada durante o doutorado; Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) e o Centro Universitário de Brusque (UNIFEBE), onde obtive de todos os professores e alunos um grandioso apoio. Por fim, um agradecimento especial para meus orientados e bolsistas de pesquisa, Gustavo Rosa Lemos da UDESC e Wagner Correia da UNIFEBE.

À minha família: mãe, esposa, filhos, irmãos, sobrinhos, meu irmão gêmeo Paulo Claudinei Zanchett e ao Mauro José Ferreira Cury, muito obrigado pela força, preocupação, incentivos e principalmente pelas orações da minha mãe.

Por fim, a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

A verdadeira marca de liderança em tempos de mudança climática e desastres naturais está na capacidade de inovar para a prevenção e resposta eficientes, transformando desafios em oportunidades de salvação e progresso humanitário.

Nelson Mandela (1918–2013, inspirado)

RESUMO

Desastres naturais (DN) têm se tornado cada vez mais frequentes e, com variados tipos e intensidades, têm provocado impactantes consequências sociais, econômicas e ambientais. Nas últimas décadas, em várias partes do mundo, inclusive no Brasil, o aumento da intensidade dos fenômenos e mudanças climáticas extremas têm gerado incontáveis situações de perigo e de risco de DN.

Todavia, as decisões envolvidas nos diferentes tipos de DN, os inúmeros cenários possíveis de ações a serem tomadas, as inúmeras e complexas análises ponderadas sobre o que fazer (e seus impactos) ao longo das fases de um DN conforme sua gravidade e abrangência, e o usual grande número de atores a terem que ser envolvidos nas análises, planejamentos e operações conforme seus diferentes papéis, recursos e poderes de decisão, tornam o processo de decisão bastante complexo.

A literatura existente carece de sistemas de suporte à decisão (DSS) mais abrangentes, capazes de lidar com a diversidade de DN e suas múltiplas fases. Apesar de muitas defesas civis (ou seus órgãos equivalentes) usarem basicamente sistemas de monitoração e alertas, estudos mostram um crescente uso de DSS para auxiliá-las em suas análises e decisões sobre DN. Por outro lado, esses mesmos estudos apontam a necessidade de se ter DSS concebidos para lidarem com o problema de DN de forma mais holística, sistêmica, e integrada para que as ações possam ser mais ágeis, rápidas, articuladas, viáveis e efetivas, além de auditáveis.

Observa-se igualmente que as inúmeras propostas teóricas e implementações de DSS para DN cobrem apenas partes isoladas do problema, sendo voltadas basicamente a um certo tipo de DN, ou são demasiado genéricas nas suas descrições. Não foram encontrados trabalhos que mostrassem o que seria um DSS “genérico” completo para quaisquer tipos de DN, suas funcionalidades e inter-relações. Esta ausência dificulta o desenvolvimento de sistemas mais abrangentes, escaláveis e globalmente consistentes, capazes de orientar, tanto organizações de defesa civil, quanto desenvolvedores de softwares, quando do desenvolvimento ou melhorias de DSS para DN.

No sentido de contribuir no escopo dessa lacuna, esta tese propõe uma arquitetura de referência denominada *RADIAN* (*Reference Architecture for Decision support system for Natural disaster*), concebida para abarcar DSS para o gerenciamento de diversos tipos de DN em suas diferentes fases. Desta forma, visa atuar como um *blueprint* para derivações de DSS particulares, adotando-se uma visão de arquitetura e ecossistemas abertos e distribuídos, e baseados em decisões multi-ator com governança. Ainda, que possa também servir como um roteiro para a derivação de DSS voltados à gestão de DN, incluindo uma indicação das funcionalidades que fariam sentido serem usadas apenas por usuários em treinamento na gestão de DN via um DSS derivado.

A validação da *RADIAN* foi realizada através da derivação de dois DSS protótipos computacionais - um climatológico e um hidrológico - posteriormente avaliados por especialistas. Os resultados demonstraram que a *RADIAN* tem o potencial de reduzir o tempo, custos e riscos de desenvolvimento de DSS para DN, além de servir como base para um *roadmap* tecnologicamente aberto, agnóstico e escalável.

Palavras-chave: Desastres Naturais; Arquitetura de Referência; Sistemas de Suporte à Decisão.

ABSTRACT

Natural Disasters (ND) have become increasingly frequent and, with varying types and intensities, have caused significant social, economic, and environmental impacts. Over the past decades, in several parts of the world, including Brazil, the intensification of extreme phenomena and climate change has generated countless situations of danger and risk.

However, decision-making in different types of ND scenarios is highly complex due to the wide range of possible actions, the numerous and intricate analyses required to assess what should be done (and their consequences) throughout the different phases of an ND, depending on its severity and scope, and the typically large number of stakeholders involved in analyses, planning, and operations according to their roles, resources, and decision-making authority.

The existing literature lacks more comprehensive Decision Support Systems (DSS) capable of addressing the diversity of ND and their multiple phases. Although many civil defense agencies (or equivalent institutions) mainly rely on monitoring and alert systems, studies show a growing use of DSS to support their analyses and decisions. On the other hand, these same studies highlight the need for DSS designed to address ND challenges in a more holistic, systemic, and integrated manner, so that actions can be faster, better coordinated, more feasible, effective, and auditable.

It was also observed that the numerous theoretical proposals and DSS implementations for ND generally cover only isolated parts of the problem, usually focusing on a specific type of ND, or being too generic in their descriptions. No studies were found that define what a complete “generic” DSS for any type of ND would look like, including its functionalities and interrelationships. This gap hinders the development of more scalable, comprehensive, and globally consistent systems that could guide both civil defense organizations and software developers in the design or enhancement of DSS for ND.

To contribute to filling this gap, this thesis proposes a *reference architecture* called *RADIAN (Reference Architecture for Decision support system for NATural disaster)*, designed to tackle DSS for managing different types of ND across their various phases. In this sense, it intends to serve as a blueprint for deriving specific DSS, adopting an open and distributed architecture and ecosystem perspective, and based on multi-actor decision-making with governance. Furthermore, it may also serve as a roadmap for deriving DSS for ND management, including guidance on functionalities that should be available only for users in training on ND management by a derived DSS.

The validation of RADIAN was carried out through the derivation of two computing DSS prototypes - one climatological and one hydrological - which were further evaluated by experts. The results demonstrated that RADIAN has the potential to reduce the time, costs, and risks of DSS development for ND while serving as a foundation for a technologically open, agnostic, and scalable roadmap.

Keywords: *Natural disasters; Reference Architecture; Decision Support Systems.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão geral do Método <i>Design Science</i>	33
Figura 2: Relação entre modelo de referência, estilo arquitetural, arquitetura de referência e arquitetura de softwares	40
Figura 3: Processo do RAModel.....	80
Figura 4: Organizações Virtuais para atendimento de DN	88
Figura 5: <i>RADIAN</i> - Visão Geral.....	90
Figura 6: <i>RADIAN</i> - Visão Detalhada	92
Figura 7: Modelo Genérico de base da <i>RADIAN</i>	105
Figura 8: Exemplo de Modelo Parcial da <i>RADIAN</i>	106
Figura 9: Exemplo de Modelo Específico da <i>RADIAN</i>	108
Figura 10: Ilustração da derivação de um DSS específico a partir da <i>RADIAN</i>	108

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – % de aprovação dos participantes da validação da <i>RADIAN</i>	132
--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN	56
Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN	67
Tabela 3: Trabalhos científicos de sistemas gerais para DN	72
Tabela 4: Sistemas em operação e gestão de DN	75
Tabela 5: Número de Participantes	128
Tabela 6: Nº de respostas na escala <i>Likert</i> por Questão e Nº de Comentários	129

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR	Arquiteturas de Referências
ATAM	<i>Architecture Tradeoff Analysis Method</i>
CDSS	<i>Collaborative Decision Support Systems</i>
CEMADEN	Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais
CENAD	Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CEPED	Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil
CIGERD	Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres
CIRAM	Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia
CORDIS	<i>Community Research and Development Information Service</i>
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
DC	Defesa Civil
DN	Desastre Natural
DSS	<i>Decision Support System</i>
DSR	<i>Design Science Research</i>
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural
GEOSS	<i>Global Earth Observation System of Systems</i>
GERAM	<i>Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology</i>
GRAC	Grupo de Ações Coordenadas
PAC	Protocolo de Atuação Conjunta
PNPDC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
RA	<i>Reference Architecture</i>
RADIAN	<i>Reference Architecture for Decision Support System for Natural Disasters</i>
RAModel	<i>A Reference Model for Reference Architectures</i>
SAR	Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca
SDC	Secretaria de Estado da Defesa Civil
SISDC	Sistema de Integrado de Defesa Civil
SINPDEC	Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil
SOA	<i>Service Oriented Architecture</i>
SYSML	<i>Systems Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA DO TEMA DA TESE	24
1.2	PERGUNTA DA PESQUISA	27
1.3	OBJETIVO GERAL DA TESE	27
1.3.1	Objetivos específicos da tese	28
1.4	INEDITISMO	28
1.5	ADEQUAÇÃO ÀS LINHAS DE PESQUISA DO PROGRAMA	30
1.6	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	30
2	METODOLOGIA DE PESQUISA	32
2.1.	METODOLOGIA GERAL DE PESQUISA	32
2.2.	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	37
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	39
3.1	ARQUITETURA DE REFERÊNCIA	39
3.2	SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO	42
3.2.1	Arquiteturas de DSS.....	44
3.2.1.1	<i>Aspectos Arquiteturais Adicionais.....</i>	46
3.2.1.2	<i>DSS Abertos.....</i>	47
3.2.2	Funcionalidades de DSS	48
3.2.3	Requisitos Não-Funcionais Relevantes para DSS	48
3.2.4	Modelo de Tomada de Decisão	49
3.2.5	Complexidades na Tomada de Decisão	50
3.3	DESASTRES NATURAIS	51
4	REVISÃO DO ESTADO DA ARTE.....	54
4.1	METODOLOGIA	54
4.2	PROJETOS DE PESQUISA SOBRE DSS PARA DN.....	56
4.3	DSS PARA DN.....	67
4.4	SISTEMAS GERAIS PARA DN.....	72
4.5	SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE APOIO A DN.....	74
4.6	LACUNAS OBSERVADAS	78
5	PROCESSO DE CONCEPÇÃO DA <i>RADIAN</i>	79
5.1	O PROCESSO DE CONCEPÇÃO INICIAL DA <i>RADIAN</i>	79
5.2	ABORDAGEM INDUTIVA DA <i>RADIAN</i>	81

5.3	RACIONAL DA <i>RADIAN</i>	86
6	PROPOSTA DA ARQUITETURA DE REFERÊNCIA <i>RADIAN</i>	90
6.1	A ARQUITETURA DE REFERÊNCIA <i>RADIAN</i> – VISÃO GERAL.....	90
6.2	ARQUITETURA DE REFERÊNCIA <i>RADIAN</i> – VISÃO DETALHADA.....	92
6.2.1	Sistema de Suporte à Decisão (DSS).....	93
6.2.1.1	<i>Sistema de Interface do Usuário</i>	93
6.2.1.2	<i>Sistemas Cognitivos</i>	94
6.2.1.3	<i>Ecossistema</i>	102
6.3	PROCESSO DE DERIVAÇÃO E INSTANCIAÇÃO.....	104
6.3.1	- Derivação	104
6.3.2.	Aspectos de instanciação	109
7	VALIDAÇÃO E ANÁLISES DA <i>RADIAN</i>	112
7.1	VERIFICAÇÃO.....	112
7.2	AVALIAÇÃO.....	113
7.3	VALIDAÇÃO.....	115
7.3.1.	Identificação dos objetivos.....	117
7.3.2.	Formulação de Perguntas	119
7.3.3.	Definição das medições associadas às perguntas e métricas	125
7.3.4.	Da escolha do público-alvo.....	125
7.3.5.	Definição do procedimento de coleta de dados	126
7.3.6.	Análise e síntese final das respostas.....	127
7.4	COMPILAÇÃO DOS RESULTADOS	127
8	CONCLUSÕES	133
8.1	PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DA PROPOSTA	136
8.2	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	137
	REFERÊNCIAS.....	139
	APÊNDICE A – FORMALIZAÇÃO DA <i>RADIAN</i>	158
	APÊNDICE B – CONCEPÇÃO DE DSS A PARTIR DA <i>RADIAN</i>	182
	APÊNDICE C – DISCUSSÃO SOBRE A VALIDAÇÃO DA <i>RADIAN</i>	208
	APÊNDICE D – PRINCIPAIS FUNCIONALIDADES PARA DN	239
	ANEXO A – CARTA DE ACEITE DO CEP/UFSC.....	250

1 INTRODUÇÃO

Desastres naturais (DN) têm se tornado cada vez mais frequentes, deixando as pessoas e cidades cada vez mais expostas e vulneráveis a graves consequências sociais, econômicas e ambientais (UNDRR, 2022). Cada DN tem impactos distintos, tanto em termos de danos imediatos quanto de efeitos a longo prazo, impactando de forma significativa as comunidades afetadas, com deslocamentos de pessoas e evacuação de áreas, saúde pública, perda de vidas, destruição ou grande degradação de habitats naturais, destruição de infraestruturas, perdas significativas em setores como agricultura e indústria, entre outros (MUNICH, 2023).

Os tipos de DN são muito variáveis, exigindo decisões, atores e recursos bastante diferentes. Segundo a Defesa Civil brasileira (MIDR, 2022), há duas grandes categorias de desastres: os naturais (englobam os tipos *geológico*, *hidrológico*, *meteorológico*, *climatológico* e *biológico*) e os tecnológicos (englobam os tipos de acidentes e desastres com *substâncias radioativas*, *produtos perigosos*, *conflitos bélicos*, *transporte de produtos perigosos*, *incêndios urbanos*, *obras civis*, e *transporte de passageiros e cargas*). Estes, por sua vez, perfazem 65 “subtipos” (por exemplo, o *climatológico* pode ser do ‘subtipo’ *estiagem*, *seca*, *incêndio florestal* e *baixa extrema de umidade*), sendo que alguns têm ainda algumas derivações¹. Para efeitos de simplificação de escrita deste documento, todos esses tipos de eventos serão generalizados e simplesmente chamados aqui de ‘desastres naturais’. Os dados a seguir ilustram alguns impactos de DN no mundo:

- *É previsto que incêndios florestais extraordinários aumentem em até 50% até o final do século devido às mudanças climáticas e ao uso inadequado do solo (UNEP, 2022);*
- *As perdas globais com DN, somente pagos por seguradoras, ultrapassaram os 110 bilhões de dólares em 2022, o maior valor dos últimos de 10 anos (MUNICH, 2023);*
- *Somente na América Latina, entre 2020 e 2022, mais de 18 milhões de pessoas foram deslocadas devido a catástrofes, requerendo assistência humanitária (UNICEF, 2023);*
- *Eventos extremos, como enchentes, secas e tempestades, afetaram significativamente diversas regiões com prejuízos diretos globais estimados em mais de 300 bilhões de dólares nos últimos dez anos, 9% a mais que na década anterior (WMO, 2023);*
- *No Brasil, entre os anos de 1995 e 2014, municípios reportaram 22.810 ocorrências de DN, contabilizando perdas totais de R\$ 182,7 bilhões (PBMC, 2016). Segundo o Centro*

¹ Uma descrição de todos os tipos e “subtipos” de DN pode ser consultada no link https://drive.google.com/file/d/1Qe-UQ85XK76KzQ4l6Dd7M7jeRUNEf1jp/view?usp=drive_link.

Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN)², os anos de 2022 e 2023 foram recordistas em número de desastres naturais desde o início da série histórica, com aumento de mais de 60% no número de graves incidentes. Apenas em 2023 foram 1346 ocorrências.

Dados do *Our World in Data* (2025) demonstram uma diminuição na taxa de mortalidade global por desastres ao longo do último século, impulsionada por avanços na preparação e resposta. Lomborg (2020) argumenta que a inovação tecnológica e as estratégias de adaptação desempenham um papel crucial na mitigação dos riscos de desastres. Todavia, a frequência e intensidade de certos eventos extremos, particularmente aqueles relacionados ao clima, têm apresentado um aumento preocupante (CRED, 2023). Além disto, a rápida urbanização e os déficits de infraestrutura, particularmente em países em desenvolvimento, exacerbam a vulnerabilidade das populações urbanas a DN (UN-Habitat, 2022).

Embora o monitoramento climático tenha avançado, o financiamento para adaptação e mitigação permanece abaixo do necessário, especialmente em países em desenvolvimento, onde os recursos para resposta e resiliência são limitados (WMO, 2023). O investimento em infraestruturas resilientes ao clima é, portanto, essencial para proteger as populações urbanas e garantir o crescimento econômico sustentável (WORLD BANK, 2023).

A alocação de recursos para a gestão de desastres naturais (DN) é uma questão crítica para minimizar impactos e promover a resiliência. Estudos internacionais indicam que investir em prevenção e planejamento pode gerar retornos significativos. O relatório "*The Human Cost of Disasters 2000–2019*" do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED, 2020) destaca que, globalmente, cada dólar investido em prevenção pode economizar até 15 dólares em custos de resposta e recuperação. A Política Nacional de Defesa Civil do Brasil enfatiza a importância de alocar recursos de forma equilibrada entre as fases de planejamento, prevenção, resposta e recuperação. Garrett Jr (2023, p. 73)³ destaca que a alocação de recursos deveria seguir uma proporção geral aproximada de 10% para planejamento, 33% para prevenção, 33% para resposta, e até 25% para recuperação.

² <http://www2.cemaden.gov.br/>

³ Edição nº 1253 da revista Exame publicada em 28 de julho de 2023.

Devido ao grau de importância de se ter políticas institucionais para com DN, foi criada em 2012 pelo governo Brasileiro a lei 12.608, que estabelece “*a criação de sistema de informações de monitoramento de desastres, em ambiente informatizado, que atuará por meio de base de dados compartilhada entre os integrantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC) visando ao oferecimento de informações atualizadas para prevenção, mitigação, alerta, resposta e recuperação em situações de desastre em todo o território nacional*” (PNPDEC, 2012).

O relatório do *United Nations Environment Programme* (UNEP, 2022) enfatiza a urgência de estratégias inovadoras e sustentáveis para mitigar esses eventos muitos deles devastadores. Segundo Asimakopoulou *et al.* (2021), as agências e unidades de proteção civil vêm desenvolvendo ações e sistemas computacionais de gerenciamento de desastres. A nível internacional e multilateral, vem sendo desenvolvido por 77 países (incluindo o Brasil) o projeto *GEOSS (Global Earth Observation System of Systems)*⁴, que se propõe a ser um sistema informatizado, globalmente integrado, de antecipação de alertas e mitigação de situações causadas pelo clima, como grandes tempestades, inundações, ondas de calor, nevascas, tsunamis, entre outros (CORDIS, 2016; ASIMAKOPOULOU *et al.*, 2021). Em Santa Catarina, por exemplo, há o *Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD)*⁵, que funciona como um centro de gestão de crises e desastres e que mantém a comunicação com as 20 regionais da Defesa Civil do estado.

Entretanto, após uma extensa revisão da literatura, observou-se que não há um sistema de informação integrado aos vários sistemas (legados) dos vários (diferentes, distribuídos e independentes/autônomos) atores, atualizado em tempo real, e que atue como um ambiente/plataforma de apoio computacional às discussões, análises de alternativas e tomadas de decisão (e eventual atuação nos sistemas físicos) para DN em suas diferentes fases e níveis de urgência por parte de todos os atores envolvidos e considerando seus diferentes níveis de acesso às informações.

No Brasil, dos 5570 municípios apenas 1993 têm uma defesa civil formalmente estabelecida ou organização de suporte equivalente. Porém, 66% destes são consideradas como ainda embrionárias em termos de capacidades e prontidão⁶. Destes, 1972 municípios estão mapeados como os mais suscetíveis a ocorrências de

⁴ <https://old.earthobservations.org/geoss.php>

⁵ <https://www.defesacivil.sc.gov.br/municipios/gestao-de-risco-o-que-e/cigerd/>

⁶ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/icm>

deslizamentos, enxurradas e inundações, priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres⁷. Todavia, em muitos deles, a situação é bastante precária em termos de pessoas, equipamentos e tecnologias. Segundo o Tribunal de Contas da União (TCU), por exemplo, mostra que, daqueles municípios, 34% não têm planos de contingência, 74% não têm protocolos definidos para desastres, e 30% não têm sequer computadores. Os sistemas de alerta e de monitoração são precários ou inexistentes na maior parte dos casos, somado a um baixo nível de efetiva capacitação das pessoas sobre como lidar com um DN⁸.

O atendimento a um DN envolve lidar com um ambiente dinâmico e de incertezas quanto a quais áreas serão realmente afetadas, a sua gravidade, a sua evolução ao longo do tempo e a efetividade / resultados das ações de gestão do DN, o que exige uma contínua e atualizada análise (BLY *et al.*, 2021). Várias e complexas análises e processos decisórios relacionados a diversos contextos envolvendo vários atores independentes, além do órgão formal da defesa civil em nível local, regional e nacional (como autoridades de governo das três esferas, polícias, paramédicos, bombeiros, forças armadas, hospitais, companhias de eletricidade, de água e gás, ONGs, organizações humanitárias, empresas privadas contratadas sob demanda, etc.), devem ser feitas durante as diversas fases de atuação em um DN (antes, durante e depois da sua ocorrência). As decisões devem ser ágeis, viáveis e baseadas em informações organizadas, corretas e atualizadas dos vários atores e fontes de dados disponíveis (GILLIGAN *et al.*, 2015). Ainda, devem considerar os níveis de riscos, impactos e custos das decisões, dado que envolvem pessoas, edificações, infraestruturas críticas, recursos naturais, etc. (BLY *et al.*, 2021).

A eficácia do gerenciamento de DN depende de muitos fatores, incluindo quão eficientemente os dados são coletados, tratados, atualizados e previstos nas áreas afetadas, bem como também como os atores devidamente envolvidos compartilham e trocam informações, fazem análises e previsões, tomam decisões, planejam ações e alocam recursos, implementam ações e verificam se as ações têm alcançado os resultados esperados (MUNICH, 2024). Comes *et al.* (2014) enfatizam que a preparação e a resposta em desastres requerem fluxos de comunicação e informação bem alinhados, além de processos de decisão e estruturas de coordenação bem definidos entre os atores. Faz-se necessário cada vez mais implementar e fortalecer

⁷ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/icm>

⁸ <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2024/05/16/defesa-civil-falta-estrutura-tcu.htm>

sistemas de alerta precoce e adotar práticas de planejamento urbano mais resilientes para minimizar os danos futuros (MUNICH, 2024). Dada a diversidade e complexidade das catástrofes ambientais e naturais, é necessária uma perspectiva sistêmica sobre a cadeia de desastres, incluindo análise de risco, avaliação de impacto de desastres locais e desenvolvimento de estratégias de recuperação (KOURTIT *et al.*, 2023).

A importância de se lidar com DN de forma sistêmica e mais eficaz é também refletida na Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC, 2012) e nas ações do Planejamento Estratégico 2022-2025 (*SENDAI framework*) das Nações Unidas - UNDRR (UNDRR, 2022). Tais ações envolvem uma multitude de aspectos, de várias dimensões, contendo um certo conjunto de objetivos (UNDRR, 2022).

Alinhado também a tais políticas, nesta tese interessa-nos focar em um dos quinze objetivos gerais do PNPDEC: “*integrar informações em sistema capaz de subsidiar os órgãos do SINPDEC na previsão e no controle dos efeitos negativos de eventos adversos sobre a população, os bens e serviços e o meio ambiente.*”⁹.

No escopo deste objetivo, esta tese visa contribuir com as defesas civis em uma das suas atribuições: “*fornecer dados e informações para o sistema nacional de informações e monitoramento de desastres*”. Mais precisamente, no de aumentar o acesso a sistemas (computacionais) de alertas em tempo real de DN para dar melhor suporte e integração, colaboração e coordenação dos diferentes setores, atores e tomadores de decisão envolvidos nas ações de DN. Tais tipos de ambientes estão alinhados à duas das recomendações do *framework SENDAI*¹⁰ (UNDRR, 2022).

A gestão efetiva de DN exige coleta, processamento e previsão de dados eficientes, além de compartilhamento de informações, análise e tomada de decisão coordenada entre diversos atores (MUNICH RE, 2024). Uma potente abordagem para se lidar com essa intrínseca complexidade e que vem sendo bastante adotada é a de sistemas de suporte (ou apoio) à decisão (*decision support system – DSS*).

A literatura mostra que os primeiros DSS para DN datam do final da década de 70 (INAN *et al.*, 2018). Em termos gerais, um DSS é um ambiente computacional no qual profissionais têm acesso a vários dados relacionados ao problema para o qual ele fora desenvolvido de forma a se gerarem cenários e alternativas de decisão para

⁹ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm

¹⁰ “To invest in, develop, maintain and strengthen people-centered multi-hazard, multisectoral forecasting and early warning systems, disaster risk and emergency communications mechanisms, social technologies and hazard-monitoring telecommunications systems.”, e “To promote and improve dialogue and cooperation among scientific and technological communities, other relevant stakeholders and policymakers in order to facilitate a science policy interface for effective decision-making in disaster risk management.”.

ações mais assertivas (SHARDA *et al.*, 2014). Os DSS têm sido aplicados a várias áreas, como manufatura e gestão de cadeias de suprimentos, compras e *e-procurement*, transportes e logística, saúde, gestão de recursos humanos e recrutamento, alimentação e gestão de desastres naturais (MATSATSINIS *et al.*, 2024).

Os DSS destacam-se como uma abordagem altamente apropriada para enfrentar essas questões e criar, de forma abrangente, um ambiente de decisão necessário (SHARDA *et al.*, 2014; ALDUNATE, PENA-MORA, ROBINSON, 2005). Além de oferecerem alta capacidade de suporte à colaboração e à tomada de decisão distribuída (DRISSEN-SILVA *et al.*, 2009), os DSS são eficazes na integração de diversos módulos de solução de problemas em um ambiente de decisão coeso, adaptável a diferentes contextos de DN.

Como um atendimento de ocorrências na área de DN envolve vários processos decisórios relacionados a diversos contextos e recursos envolvidos e diversos atores com diferentes papéis e poderes de decisão, Bassano *et al.*, (2015) enfatiza que “os DSS são naturalmente capazes de oferecer suporte para problemas de decisão com governança.”. Além disso, devido ao uso crescente de ferramentas de comunicação nas organizações, as práticas colaborativas - e mais particularmente a tomada de decisão colaborativa – passaram a ser cada vez mais importantes dado também aos benefícios obtidos pela troca de informações e opiniões sob diferentes pontos de vista conforme as especialidades dos diferentes atores, e que tendem a gerar melhores decisões diante de complexos problemas onde há muitas possibilidades de ações e ponderações a fazer (KONATE *et al.*, 2022). Jung (2020) afirma que os sistemas de gestão de desastres dependem de vários dados, informações e conhecimento de desastres anteriores bem como é necessária a coordenação entre as agências relevantes para integrar os dados de forma eficaz. Afirma ainda que, um DSS pode ajudar os gestores a avaliar, prevenir e agir antes, durante e/ou após um DN e a tomar decisões para a mitigação dos potenciais riscos nas diferentes etapas deste processo.

1.1 PROBLEMÁTICA E RELEVÂNCIA DO TEMA DA TESE

Com base em levantamento e compilação de diagnósticos feitos a partir da análise de quase 150 projetos europeus e dezenas de artigos científicos que pesquisaram e desenvolveram DSS para DN¹¹, identificou-se uma série de limitações nos sistemas computacionais de apoio ao tratamento de DN (ZANCHETT *et al.*, 2024):

- a) informações desatualizadas, imprecisas ou mesmo inexistentes devido ao baixo nível de automação de processos, de acesso à informação, e de integração/interoperação de sistemas e dos diferentes atores;
- b) decisões pouco ágeis devido ao baixo nível de padronização e/ou incompatibilidades de protocolos de atuação dos diferentes atores entre si, causando ineficiência nas decisões e incongruência de ações entre os atores;
- c) baixo uso de painéis (*dashboards*) de suporte à decisão que sejam alimentados por sistemas confiáveis e de tempo real;
- d) baixa cultura de avaliação de desempenho dos atores envolvidos nos DN para fins de melhoria contínua;
- e) governança imprecisa ou informal, acarretando sobreposições ou lacunas de responsabilidades entre diferentes atores;
- f) baixa incidência de um mais efetivo apoio com uso de tecnologias avançadas (gêmeos digitais, por exemplo) e “inteligência” à tomada de decisão (por exemplo, com geração e simulação de cenários e de alternativas, etc.), deixando praticamente totalmente aos gestores humanos a análise e complexas ponderações sobre incontáveis dados e possibilidades de planos de ações e suas posteriores coordenações da execução e monitoração dos planos;
- g) a imensa maioria dos órgãos responsáveis por lidar com DN nos vários países não dispõe de um DSS integrado aos sistemas dos vários atores a serem envolvidos em cada tipo de DN, mas apenas por alguns poucos subsistemas isolados de suporte a ações específicas. A ‘integração’ é feita ‘manualmente’, através da presença física dos representantes dos atores, onde eles ‘trazem’ as informações dos seus subsistemas para as reuniões nos Centros Integrados, complementado com trocas de mensagens através de aplicativos tipo *Whatsapp* e de videoconferências com plataformas tipo *Zoom*, *Google Meet* e *Teams*.
- h) os DSS para DN encontrados na literatura são voltados exclusivamente a algumas situações, fases particulares ou para tipos específicos de DN.
- i) carecem de esquemas robustos de integração e cibersegurança; não são projetados como sistemas orientados por dados que suportam tanto a coleta quanto a ingestão de dados de sistemas computacionais e ciberfísicos vinculados a infraestruturas físicas e em tempo real; dependem de informações desatualizadas ou não digitais;

¹¹ Descritos na Seção 4.

- j) são implementados como plataformas mono-ator para tomada de decisão, com fraca capacidade de suportar análises colaborativas e planejamento com base em dados compartilhados;
- k) seus processos de tomada de decisão são lentos, ineficientes, desarticulados e significativamente falhos, deixando comunidades e infraestruturas críticas vulneráveis e mal assistidas.

O desenvolvimento de um DSS que atenda a todos esses aspectos e problemas é intrinsecamente bastante complexo, compreendendo inúmeras funcionalidades, especialmente em se considerado o grande número de diferentes tipos de DN. Projetar um DSS genérico para todos os tipos de DN, detalhando suas funcionalidades e inter-relações, permanece um desafio nas pesquisas e práticas atuais (INAN *et al.*, 2018).

Não obstante se reconheça essa complexidade e custos de desenvolvimento de um DSS “completo”, pode-se ponderar que certas regiões ou defesas civis não precisariam necessariamente e desde o início das suas operações de algo completo ou mesmo de um DSS para todo e qualquer tipo de DN (por exemplo, devido a um muito baixo histórico ou inexistência da ocorrência de certos tipos de DN nas suas regiões). Ou mesmo porque certas funcionalidades dependem de dados de infraestruturas ciberfísicas e de coleta de dados, de certos níveis de maturidade organizacional e de processos, de capacitação de pessoas, dentre outros aspectos, para realmente poderem atender aos requisitos funcionais e não funcionais de um DSS “completo”.

Por outro lado, observou-se que os DSS encontrados são desenvolvidos de forma *ad-hoc*, “do zero”, sem uma base conceitual de referência, implicando em tempos de desenvolvimento, custos e riscos adicionais, com uma visão de sistema *stand-alone* e fechada (i.e., pouco preparado para ser integrado a outros sistemas e a ecossistemas de provedores de serviços de software). E mesmo as organizações que já têm um DSS, não há um *roadmap* de crescimento / escalabilidade do sistema, globalmente coerente, que possa ser complementado gradualmente, à medidas das necessidades e prioridades das diferentes defesas civis e organizações associadas.

Nesse contexto, não foi encontrado nenhum projeto de pesquisa, soluções de mercado ou artigo científico que, ou tivesse desenvolvido tal DSS “completo”, ou que identificasse completamente quais seriam “todas” tais funcionalidades e suas inter-

relações, e ao mesmo tempo que pudesse servir como uma “base”, uma “referência sólida”, para o desenvolvimento de DSS para DN.

Visando oferecer uma contribuição para essas questões levantadas e à lacuna científica identificada, esta Tese procura endereçá-las sob a ótica de Arquiteturas de Referência (AR) (NAKAGAWA *et al.*, 2012), propondo uma RA voltada especificamente à DSS de apoio ao gerenciamento de DN denominada *RADIAN* (*Reference Architecture for Decision support system for Natural disaster*).

O principal objetivo de uma RA é servir de *blueprint* para o desenvolvimento, padronização e evolução dos sistemas. Sua função é prover um modelo estruturado e fornecer especificações para um conjunto de características, de diretrizes de projeto e de padrões para a arquitetura de sistemas desenvolvidos a partir dela (KAISER *et al.*, 2023). Nesta tese e proposta de RA não se trata de propor ou implementar um DSS propriamente dito para DN, mas de criar um artefato conceitual que dê mais sólidas bases para a criação de DSS particulares e escaláveis, conforme as necessidades e realidades de diferentes defesas civis.

Martinez-Fernandez et al. (2017) resume alguns benefícios de RAs:

[...] “(i) padronização de arquiteturas de software concretas, (ii) facilitação do projeto de arquiteturas de software concretas, (iii) reuso sistemático de funcionalidades e configurações comuns, (iv) redução de riscos por meio do uso de elementos arquitetônicos comprovados, (v) qualidade aprimorada ao facilitar a obtenção de aspectos de qualidade de software, (vi) interoperabilidade entre diferentes aplicativos e seus componentes de software, (vii) criação de um repositório de conhecimento, (viii) melhoria da comunicação na organização e com múltiplos fornecedores porque as partes interessadas compartilham a mentalidade arquitetônica estabelecida na AR, (ix) elaboração da missão, visão e estratégia de uma organização, (x) a promoção das melhores práticas entre organizações e o (xi) uso das soluções de design mais inovadoras”.

Importantes iniciativas internacionais, de antigas a bem recentes, seguiram essa mesma abordagem de RA, tais como as *Service Oriented Reference Architecture* (SOA RA)¹², *Reference Architectural Model Industrie 4.0* (RAMI 4.0)¹³, *Industrial Internet Reference Architecture* (IIRA)¹⁴, a *Generalised Enterprise Reference*

¹² https://www.opengroup.org/soa/source-book/soa_refarch/index.htm

¹³ <https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/a2-schweichhart-reference-architectural-model-industrie-4.0-rami-4.0.pdf>

¹⁴ <https://www.iiconsortium.org/iira/>

*Architecture (GERA)*¹⁵, *Automotive Open System Architecture (AUTOSAR)*¹⁶, *The Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation (ARC-IT)*¹⁷, *Open Data based ICT Reference Architecture for Smart Cities*¹⁸, *A Reference Architecture for Big Data Systems*¹⁹ e *IDS-RAM (International Data Spaces Reference Architecture Model)*²⁰. Segundo KAISER *et al.* (2023), os seus surgimentos foram resultado das observações de que haviam iniciativas parciais e fragmentadas de modelos arquiteturais numa dada área e que, somado ao desenvolvimento tecnológico da área, ao aumento da maturidade técnico-científica na área e à crescente adoção da dada tecnologia pela academia e empresas, percebeu-se a necessidade de uma certa melhor organização de tais arquiteturas na forma de algo mais abrangente e genérico que pudesse servir de diretriz mais ampla para desenvolvimentos particulares.

1.2 PERGUNTA DA PESQUISA

Tendo em vista o problema colocado e a ausência detectada de uma RA, esta Tese visa responder à seguinte pergunta de pesquisa:

Como deve ser uma arquitetura de referência (AR) para o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão de apoio ao gerenciamento de variados tipos de desastres naturais em suas várias fases?

1.3 OBJETIVO GERAL DA TESE

Para responder à pergunta de pesquisa, esta tese tem como objetivo geral a concepção de uma arquitetura de referência (AR) de sistemas de suporte à decisão voltados ao gerenciamento de desastres naturais.

A tese procurará comprovar e tem como desejada proposição de valor a de que, utilizando-se de uma RA, as organizações (ligadas a Defesas Civis) e desenvolvedores (ligadas à indústria de software) podem ser melhor auxiliadas na

¹⁵ https://www.opengroup.org/architecture/wp/saha/TOGAF_GERAM_Mapping.htm

¹⁶ https://www.autosar.org/fileadmin/standards/R22-11/CP/AUTOSAR_EXP_LayeredSoftwareArchitecture.pdf

¹⁷ <https://www.arc-it.net/>

¹⁸ <https://ieeexplore.ieee.org/document/8046284>

¹⁹ <https://ieeexplore.ieee.org/document/7916249>

²⁰ https://github.com/International-Data-Spaces-Association/IDS-RAM_4_0

criação de DSS específicos/particulares (instâncias) a partir de uma referência “completa” e moderna, de forma gradual, modular/escalável, padronizada, funcionalmente globalmente coerentes, independentemente de tecnologias ou modelos de implementação e de integração, potencializado assim um desenvolvimento de DSS em menor tempo, com menos custos e riscos, e mais efetivos quanto ao gerenciamento de DN.

1.3.1 Objetivos específicos da tese

Partindo do objetivo geral desta proposta de tese, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- a) Identificar as funcionalidades gerais de um DSS para DN e suas inter-relações, bem como os atores/papéis e sistemas envolvidos em DN;
- b) Conceber e formalizar a RA;
- c) Definir um processo de derivação da RA e instanciação para defesas civis particulares;
- d) Implementar protótipos computacionais de DSS a partir da RA concebida como provas de conceito e bases para validação do trabalho.

1.4 INEDITISMO

Como corroborado a partir de uma extensão revisão da literatura, o ineditismo desta Tese é basicamente representado pelo desenvolvimento em si de uma arquitetura de referência (AR) inexistente e que se mostra relevante de ser concebida, direcionada a sistemas de suporte à decisão (DSS) de apoio à gestão geral de desastres naturais (DN).

O racional da *RADIAN* estende a visão clássica de DSS mono-ator, de decisão centralizada, interagindo com uma base de conhecimento e de dados com pouca dinâmica de mudanças. Sua visão procura considerar o estado da arte e os mais avançados DSS e sistemas de gerenciamento / supervisão / monitoração (de outros domínios de aplicação), a saber:

- Decisões multi-ator, multinível, multicritério, com governança e preparados para serem auditados;

- Utilização de plataformas colaborativas entre diferentes, distribuídos e independentes atores;
- Integração e interoperabilidade com os sistemas computacionais legados e infraestruturas críticas ciberfísicas dos atores e das regiões envolvidas, envolvendo, não apenas coleta de dados, mas também ingestão de dados;
- Transcende ao aspecto puramente decisório, dando igualmente suporte a aspectos de gestão global, planejamento e monitoramento, para diversos tipos de DN, ao longo dos seus ciclos de vida, preparados para geração de painéis integrados de gestão operacional e de riscos, e de controle;
- Suporte também para o treinamento de gestores, e não apenas para a operação do DSS quando da efetiva ocorrência de DN;
- Concebido para poder incorporar tecnologias de informação avançadas, como assistentes digitais, gêmeos digitais, IoT (*Internet of Things*), IA e *big data*, para análises e predições, simulação, BI (*business intelligence / analytics*), computação em nuvem, modelagem e gestão de processos, automação de processos, gestão por indicadores e baseado em dados, entre outras, que podem ser ‘acopladas’ a DSS particulares na ótica de orientação à serviços de software (internos ou externos / do ecossistema), sob um modelo de provisão SaaS (*Software-as-a-Service*) e IaaS (*Infrastructure-as-a-Service*).

Apesar desse caráter avançado, pode-se dizer que, em termos específicos e isoladamente, nenhum desses aspectos, *per se*, é inédito do ponto de vista científico. Isto porque há arquiteturas e implementações de DSS que suportam e aplicam *individualmente* alguns desses aspectos em DSS ou em sistemas gerais de monitoramento de DN.

O que é efetivamente novo, inédito na literatura e nos projetos pesquisados, é se ter uma RA com essa visão, que englobe e esteja preparada para comportar aqueles aspectos com “todas” as necessárias funcionalidades, de forma globalmente coerente, e que possa servir de base para a derivação de DSS particulares para variados DN (e suas fases) conforme as necessidades, escopo, prioridades e recursos disponíveis de defesas civis, prefeituras, empresas de tecnologia etc., e de forma incremental/escalar, funcionando assim também como um “*roadmap*” padronizado.

Não HÁ como cientificamente afirmar porque, mesmo com DSS e sistemas de monitoramento geral de DSS vindo a ser desenvolvidos há décadas, não surgiu nenhum trabalho que buscasse conceber uma AR para tal dentro da extensa literatura coberta de artigos e projetos de pesquisa. Infere-se uma razão com base no que afirma KAISER *et al.* (2023), de que haveria apenas iniciativas fragmentadas de arquiteturas de DSS para DN, e que esta tese acaba por representar uma iniciativa de algo mais abrangente e genérico que pudesse servir de melhor diretriz para desenvolvimentos particulares dada a evolução na área.

1.5 ADEQUAÇÃO ÀS LINHAS DE PESQUISA DO PROGRAMA

O trabalho desta Tese se enquadra na área geral de concentração de *Sistemas* do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas (PosAutomação) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), na linha de pesquisa de *Sistemas Computacionais*.

O trabalho vem sendo realizado no *GSIGMA – Grupo de Pesquisa em Sistemas Inteligentes de Manufatura Σ Redes Colaborativas*²¹, cujo foco compreende o como estabelecer, gerenciar e desenvolver avançados sistemas computacionais de suporte à criação, operação e gestão de redes colaborativas de empresas / de organizações.

1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este documento está estruturado em 7 seções. A seção 1 busca mostrar a relevância do problema de gerenciamento de DN, o potencial que DSS pode ter neste contexto, a pergunta da pesquisa, os objetivos da tese, e o seu ineditismo. A seção 2 apresenta o enquadramento metodológico usado para esta pesquisa. A seção 3 sumariza os principais conceitos associados às três áreas balizares desse trabalho: Arquiteturas de Referência, Sistemas de Suporte à Decisão, e Desastres Naturais. A seção 4 apresenta um resumo da revisão da literatura sobre DSS para DN. A seção 5 descreve o processo de concepção da *RADIAN*. A Seção 6 apresenta a proposta da visão geral e visão detalhada da RA *RADIAN* e as considerações sobre seus aspectos

²¹ <https://ricardorabelo.paginas.ufsc.br/pesquisa-posgrad/#gsigma>

de derivação e instanciação. A seção 7 apresenta o processo e resultados da validação da *RADIAN*. Seção 8 conclui com reflexões sobre as contribuições da tese, suas limitações e caminhos para pesquisas futuras.

Muitos estudos foram realizados para que chegasse a essa versão da *RADIAN*. Entretanto, dadas a dimensão dos materiais produzidos nesses estudos, optou-se por deixar no corpo do texto apenas o considerado conteúdo principal / “fio condutor” da Tese, deixando vários detalhes na forma de apêndices, um anexo e links.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta seção apresenta o enquadramento geral científico metodológico adotado para a execução desta tese, incluindo a sequência de etapas e procedimentos metodológicos. Este enquadramento define as condições sob as quais os experimentos de pesquisa foram realizados e a delimitação do escopo de trabalho, tomando como base Creswell (2010), Flick (2009a, 2009b) e Gil (2010).

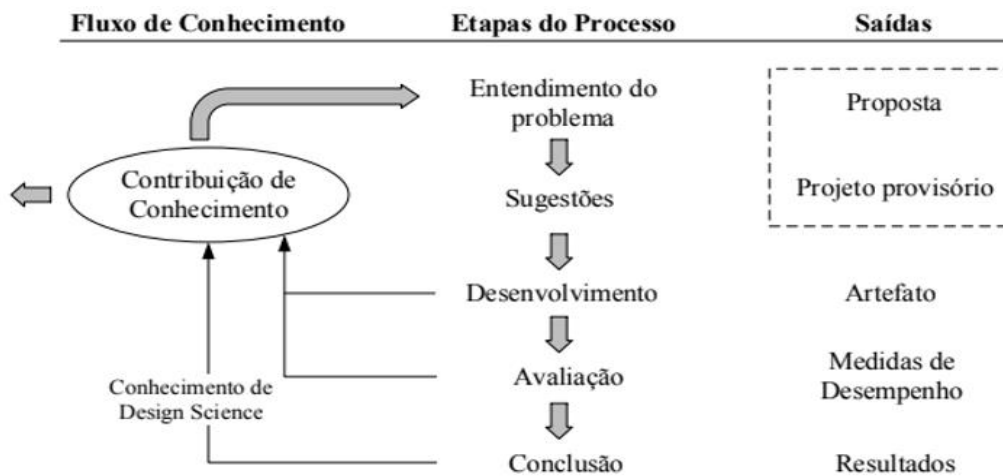
2.1. METODOLOGIA GERAL DE PESQUISA

Segundo Gil (2010), a pesquisa é um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos.

Esta pesquisa foi desenvolvida sob a metodologia “*Design Science Research (DSR)*” (PEFFERS *et al.*, 2007). Em termos gerais, o roteiro de pesquisa inicia-se com a identificação do problema e validação de hipóteses sobre ele e sua relevância (questão de formas de melhor gerenciar DN); a definição do objetivo final (o desenvolvimento de uma RA para DSS), incluindo os artefatos (teóricos e/ou práticos) que devem ser desenvolvidos e que servirão de base principal para seguidas avaliações (a RA e sua instanciação para alguns tipos de DN). Esses artefatos evoluem em ciclos de refinamentos, alimentados por diversos tipos de avaliações e *feedbacks* até serem considerados finalizados (validados) considerando a pergunta e o objetivo da pesquisa. A Figura 1 apresenta o ciclo básico da DSR. Segundo Järvinen (2007), o DSR é um método de pesquisa que pretende encontrar uma solução a um problema concreto e específico intervindo diretamente na concepção de um modelo.

Na DSR pode haver um avanço e retorno de etapas, pois os ciclos iterativos e incrementais não são necessariamente simétricos, dependendo da dinâmica determinada pelos pesquisadores, do número de artefatos sendo tratados, das suas inter-relações, e dos resultados parciais sendo atingidos (JÄRVINEN, 2004).

Figura 1: Visão geral do Método *Design Science*



Fonte: Traduzida de (VAISHNAVI; KUECHLER; PETTER, 2004)

A pesquisa envolveu os seguintes principais passos, resultados parciais e de fluxo não linear e interdependente:

a) Entendimento do Problema e do Domínio

O objetivo deste passo foi o de identificar a relevância do problema, lacunas existentes, e se definir a pergunta e objetivo da pesquisa.

O embasamento científico principal para este passo veio do passo *b*.

b) Compreensão sobre o Estado da Arte e da Prática de DSS, sistemas gerais e tecnologias usadas gestão de DN

O objetivo deste passo foi o de aprofundar o conhecimento sobre DN e sobre como eles são tratados na perspectiva de DSS.

- Foram feitas pesquisas bibliográficas em sites do governo brasileiro ligados à Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) e visitas técnicas à Defesa Civil de SC (com sede em Florianópolis) e à Defesa Civil da cidade de Blumenau (devido ao seu enorme histórico com a gestão de enchentes);
- Foi também realizada uma revisão sistemática da literatura sobre DSS para DN, incluindo-se projetos de pesquisa nacionais e internacionais bem como das principais tecnologias usadas;

- Fundamentações teóricas de base sobre DN são descritas na Seção 3 da Tese. Seu detalhamento é descrito na Seção 4 da tese e complementada em alguns links ²².

c) Estudo sobre arquiteturas e requisitos de DSS para DN

O objetivo deste passo foi o de aprofundar o conhecimento sobre DSS, seus diferentes tipos, arquiteturas e tendências.

- Pesquisas na literatura científica foram as bases para este estudo, culminando em vários estudos sobre Arquitetura de Referência (AR) com foco inicial em como construí-las. Um total de 18 artigos sobre RA foram identificados como potencialmente úteis para fornecer suporte aprofundado sobre como uma RA pode ser criada e como esse conhecimento poderia ser instanciado nos domínios de DSS e DN. Foi observado que a maioria desses trabalhos se concentrava em:
 - Descrições de RA altamente focadas em domínios específicos, diferentes de DSS ou DN;
 - Análises de RA existentes, porém, sem detalhes claros sobre como foram construídas.
- As principais fundamentações teóricas de base sobre DSS e arquitetura de DSS são descritas na Seção 3 da Tese. Seu detalhamento é descrito em alguns links ²³.

d) Concepção da *RADIAN*

O objetivo deste passo foi o entender os conceitos-chave do que é uma arquitetura de referência (AR) assim como sobre como se as constroem.

²²

1. https://drive.google.com/file/d/1XgZLhWulbPZE3KpQFywFPK15_MoKA2P/view?usp=drive_link - Fundamentação Teórica sobre DN;

2. https://drive.google.com/file/d/1EguDske1iW-M6OxzYvKQGhT8mrMRhxKI/view?usp=drive_link - Principais tipos de DSS;

3. https://drive.google.com/file/d/1oVA5WuwDtIMXleyyVWpNohLi_08rAbp3/view?usp=drive_link - Metodologias de Desenvolvimento de DSS.

²³

1. https://drive.google.com/file/d/1YNB8jmjwx5Vtd0uN1DQ_7d1DobXE661R/view?usp=drive_link - Principais modelos de Arquitetura de Referência.

2. https://drive.google.com/file/d/1YNB8jmjwx5Vtd0uN1DQ_7d1DobXE661R/view?usp=drive_link - Lista das 18 Arquitetura de DSS.

- Pesquisas na literatura científica foram as bases para este estudo, dos 18 artigos sobre RA para DSS disponíveis no link anterior o único trabalho encontrado que apresentou uma metodologia clara e robusta com exemplos foi o *RAModel*, desenvolvido por Nakagawa et al. (2012), que é um meta-modelo para a concepção de RA;
- As fundamentações teóricas sobre RA são descritas na Seção 3 da Tese. O seu detalhamento da concepção é descrito na Seção 6 e complementado em link ²⁴;
- O *RAModel* de Nakagawa et al. (2012) foi selecionado como base principal para desenvolver o RADIANT. O RAModel fornece um processo racional de decomposição dividido em três etapas principais, onde vários aspectos são considerados dentro de algumas categorias, como Domínio de Aplicação, Regras de Negócio, Terminologias, Arquitetura do Sistema, Interações Humanas, e Fontes de Dados.

Esse processo é explicado em detalhes na Seção 5.

e) Definição do processo metodológico de derivação de DSS particulares a partir da RADIANT

O objetivo deste passo foi o estudar e definir o “processo” de derivação de uma dada arquitetura e DSS particulares a partir de um modelo ou arquitetura de referência (AR).

Pesquisas na literatura científica foram as bases para este estudo, culminando com a escolha da metodologia *GERAM*²⁵ (*Generalized Enterprise Reference Architecture and Methodology / ISO15704-2000*). O detalhamento deste passo é descrito na Seção 6.

f) Preparação de cenários para verificação, avaliação e validação

Com vistas a tais etapas, procurou-se entender como que as defesas civis tratam os DN ao longo dos seus ciclos de vida, como os diversos atores

²⁴ https://drive.google.com/file/d/1732FDSYx84NcEHrl-6yJ1couzjYTNzIq/view?usp=drive_link, sobre o *RAModel* adaptado para a proposta da RADIANT

²⁵ https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-24744-9_2

são selecionados, interagem e decidem em termos de ações a serem tomadas, e os sistemas computacionais de suporte envolvidos.

Tomando como base a defesa civil de Florianópolis e de Blumenau, foram analisados todos os 14 “protocolos de ação conjunta” (PAC) adotados sobre DN, amparado em outros estudos de artigos científicos que mencionavam o uso de “protocolos” como guias-base para nortear as ações das defesas civis.

- Dado que esses PAC estavam modelados na forma de fluxogramas bastante genéricos e pouco precisos, todos eles foram (re)modelados na linguagem ‘padrão’ *BPMN* de modelagem de processos. Isto, por sua vez, foi efetuado a partir de um entendimento e modelagem inicial elaborado a partir do uso do framework *ACWA* (Dalinger *et al.*, 2011), através de um diagrama de ‘Rede de Abstração Funcional’ (FAN);
- Além disto, consoante ao aspecto de governança em DSS multi-ator e variável para diferentes fases do ciclo de vida de cada tipo diferente de DN, foi necessário estudar como suportar tal governança e como modelá-la;
- Pesquisas na literatura científica foram as bases para este estudo, culminando com a escolha do modelo proposto por Costa et al. (2018).

O detalhamento deste passo é descrito em alguns links ²⁶.

g) Formalização da *RADIAN*

A proposição da *RADIAN* (feita no passo *d*) foi expressa como uma ‘figura’, não a representando de forma efetivamente formalizada, o que se considerou posteriormente necessário para seu melhor entendimento e adoção por defesas civis e empresas de software.

Pesquisas na literatura científica foram as bases para este estudo, culminando com a escolha/uso da norma *ISO/IEC/IEEE 42010:2022* ²⁷.

²⁶ 1. https://drive.google.com/file/d/1wvEN_FglJaiQkqBXyCMWN_VVtYMgsG9X/view?usp=drive_link - Modelagem BPMN dos PACs.

2. https://drive.google.com/file/d/1w5VCeV9PCtSHGWk9Lx4VLYuzeMNB85Gb/view?usp=drive_link - Modelos de Governança para DSS Hidrológico.

3. https://drive.google.com/file/d/10htekxSw9_Cck_2BMe9FrRcstmy06qmz/view?usp=drive_link - Trabalho de Análise Cognitiva Aplicada (ACWA) ao DSS Hidrológico

²⁷ <https://www.iso.org/standard/50508.html>

O detalhamento deste passo é descrito no **Apêndice A** da tese (Formalização da *RADIAN* pela ISO/IEC/IEEE 42010:2022).

h) Verificação, avaliação e validação

O objetivo deste último passo foi o de averiguar a corretude metodológica da pesquisa ao longo de todo o seu desenvolvimento bem como atingir o seu término.

Iniciando com ações de publicações e reuniões com as defesas civis, passando pelo desenvolvimento de protótipos computacionais com a intervenção de alguns membros daquelas, a tese foi validada através de questionários respondidos por 28 pessoas, especialistas nas áreas envolvidas.

O detalhamento deste passo é descrito na Seção 7 da tese assim como no **Apêndice C**.

2.2. ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

Esta pesquisa foi realizada sob o seguinte enquadramento metodológico:

A natureza da pesquisa como sendo “**Aplicada**”, fazendo uso de fundamentações teóricas e tecnologias existentes ao redor da temática da tese a fim de serem implementados e aplicados no projeto e desenvolvimento da *RADIAN*.

Considerando a criação de uma AR (a *RADIAN*), a abordagem de pesquisa foi “**Qualitativa**”, pois objetivou-se a criação de um modelo de representação do mundo real não baseado no uso de métodos e técnicas de estatísticas.

Embora não se tenha encontrado trabalhos de AR de DSS para DN, o objetivo desta pesquisa foi do tipo “**Ação**”, visando desenvolver um artefato específico (a AR e protótipos de software) para se responder à pergunta de pesquisa.

O processo de desenvolvimento da *RADIAN* foi essencialmente “**Indutivo**”, a partir de um estudo e generalização sobre mais de cem projetos europeus e dezenas de artigos científicos sobre DSS para DN em termos das suas funcionalidades e inter-relacionamentos. Esta é abordagem mais utilizada para a elaboração de arquiteturas de referência (KAISER *et al.*, 2023), pois parte-se de inúmeros casos particulares para

se conceber um modelo que os generalize e os aprimore. Aspectos mais detalhados sobre formas de implementação de funcionalidades, de necessidades pontuais e completamente particulares para uma dada defesa civil, ou de opiniões de usuários experientes podem ser consideradas, mas devem ser resolvidas quando da instanciação da AR.

Adotou-se o paradigma “**Positivista**”, partindo da premissa de que realidade dentro da qual o problema de uma RA de DSS para DN está inserido é tangível, palpável, passível de predição e controle, sendo o desenvolvimento do conhecimento como genérico e independente do tempo e espaço, com uma separação entre quem pesquisa e o objeto de estudo.

Devido à característica incremental do método de *Design Science*, variados experimentos foram executados ao longo do desenvolvimento do trabalho conforme os avanços obtidos por meio de um “**Estudo Longitudinal**” e observações “**sistemáticas**” no decorrer das diferentes etapas de desenvolvimento da *RADIAN*.

Considerando-se os passos gerais da DSR e o problema em questão, esta pesquisa envolveu vários tipos de procedimentos: pesquisa “bibliográfica”, “documental”, “experimental” e “participante”.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta um resumo dos três principais conceitos usados nesta tese: arquiteturas de referência, sistemas de suporte à decisão, e desastres naturais.

3.1 ARQUITETURA DE REFERÊNCIA

Uma Arquitetura de Referência (AR) constitui uma especificação técnica de nível de abstração variável, vista como uma forma de apresentar um padrão de design comum que atender aos requisitos de desenvolvimento de soluções, orientado por um modelo de referência e um estilo arquitetural (MACKENZIE *et al*, 2006). Sua função é fornecer um modelo estruturado para um conjunto de funcionalidades, diretrizes de design e padrões para a arquitetura de sistemas, abordando especificamente como projetar arquiteturas de software para sistemas dentro de um domínio de aplicação NAKAGAWA; OQUENDO; BECKER (2012), BASS; CLEMENTS; KAZMAN (2003), ANGELOV; GREFEN; GREEFHORST (2012), SÁNCHEZ-RUIZ ET AL. (2014).

A proposição de valor deste tipo de abordagem é que ela serve como um *blueprint* para a construção de sistemas semelhantes de um determinado domínio, ajudando organizações a criar instâncias de sistemas, de forma gradual, modular/escalável, funcionalmente coerentes e completas, independentemente de tecnologias ou modelos de implementação e de integração (BUCAIONI *et al.*, 2023). Com isso, poupa-se tempo, riscos e custos de análise, desenvolvimento, integração e manutenção de sistemas (YIMAN & FERNANDEZ, 2016).

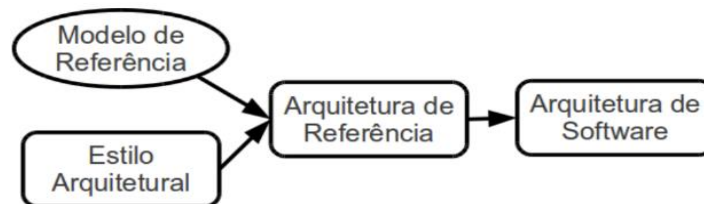
As AR definidas em uma determinada área de negócio irão capturar a essência (ou semelhanças) das arquiteturas desses sistemas, e fornecer um corpo significativo de conhecimento sobre como arquitetar novos sistemas a partir do conhecimento e a experiência contidos nas AR nestes domínios de aplicação (VALLE *et al.*, 2021)

Além de servirem de orientação para novos sistemas, também podem promover a padronização e evolução desses sistemas, impactando em aspectos importantes, como qualidade do sistema e produtividade no processo de desenvolvimento de software e especificados por meio de diferentes elementos. Tais elementos incluem *drivers* e regras de negócios, principais requisitos funcionais e de qualidade, decisões arquitetônicas, estilos e padrões arquitetônicos, elementos de software e hardware, restrições, vocabulários e ontologias comuns do domínio ou

tecnologia da aplicação alvo, visando disseminar um entendimento único da arquitetura (NAKAGAWA, ANTONINO, 2023; REGLI *et al.*, 2013).

A concepção da AR é vista como uma forma de apresentar um padrão comum para o projeto. Este deve atender aos requisitos de desenvolvimento da solução, guiado por um modelo de referência e estilo arquitetural (Figura 2) para atender aos requisitos do projeto (MACKENZIE *et al.*, 2009).

Figura 2: Relação entre modelo de referência, estilo arquitetural, arquitetura de referência e arquitetura de softwares



Fonte: (BASS *et al.*, 2003) [tradução do autor]

O estilo arquitetural descreve os tipos de elementos e suas relações, assim como um conjunto de restrições sobre como eles podem ser utilizados, além de padrões de interação entre os elementos. Tais restrições, sobre a arquitetura e sobre o sistema em si, são vistas na forma de uma imagem da utilização do sistema como um todo. Por exemplo, o estilo arquitetural cliente-servidor ou a sua variante *Peer-to-Peer* (P2P), o de Arquitetura Orientada a Serviços (SOA), etc. (BASS *et al.*, 2003).

Já quanto a arquiteturas de software, Valle *et al.* (2021), baseado na ISO/IEC/IEEE 42010:2011, afirma que ela é utilizada principalmente para melhorar a comunicação e cooperação entre as partes interessadas, permitindo-lhes trabalhar de forma integrada e coerente durante o desenvolvimento e evolução dos softwares.

Uma RA é ou pode ser uma derivação de um Modelo de Referência. Um modelo de referência consiste em um conjunto mínimo de conceitos unificados, axiomas e relacionamentos com um domínio de um problema particular, e é independente de padrões específicos, tecnologias, implementações, ou outro detalhe concreto (MACKENZIE *et al.*, 2006, 2009). “Um modelo de referência descreve os elementos funcionais abstratos de um sistema. Ele não define uma arquitetura, mas pode direcionar a implementação de várias arquiteturas, da mesma forma que uma

arquitetura de referência pode direcionar vários projetos, ou um projeto pode direcionar várias implementações” (REGLI *et al.*, 2013, p. 2).

Ao desenvolver uma nova AR, sugere-se que: (i) se desenvolvam arquiteturas de referências específicas de domínio ao invés de gerais (no caso, de DSS e para DN), pois são mais fáceis e efetivas de se derivar; (ii) devem ser abertas, seguindo padrões que permitam mais facilmente a interoperabilidade com outras tecnologias, sistemas e arquiteturas (no caso, com outros sistemas que não o DSS); (iii) devem ser preparadas para serem escaláveis e reutilizáveis, inclusive para cobrirem um domínio maior; (iv) devem fazer uso de tecnologias e padrões para facilitar suas implementações (KAISER *et al.*, 2023; MARTINEZ-FERNANDEZ *et al.*, 2015).

Conforme Nakagawa e Antonin (2023) e Nakagawa, Oquendo e Becker (2012), uma AR é constituída essencialmente por quatro elementos gerais:

1. Domínio de Aplicação (como atributos de qualidade relevantes para o domínio, conformidade regulatória, legislação de domínio, padrões e restrições);
2. Infraestrutura (para realizar arquiteturas de produto; por exemplo, elementos de software, elementos de hardware, e estilos e padrões arquitetônicos);
3. Elementos Transversais (relativos à documentação das arquiteturas de referência, por exemplo, decisões arquitetônicas e terminologia de domínio);
4. A descrição da arquitetura de referência em si (por exemplo, o objetivo da RA, seus riscos, contextos de uso, escopo, restrições e limitações).

Do ponto de vista de formalização, a norma ISO/IEC/IEEE 42010:2011 é usada para descrever arquiteturas de software e vem sendo usada também nas descrições de várias arquiteturas de referência. Sob ela, uma RA é descrita em *viewpoints*:

1. *Business viewpoint* - identifica os *stakeholders* e suas visões de negócio, e os objetivos que o sistema deve cumprir na perspectiva do negócio;
2. *Usage viewpoint* – descreve o uso esperado do sistema em relação aos objetivos do negócio;
3. *Functional viewpoint* - compreende os requisitos funcionais do sistema. Está dividido em cinco domínios: a) controle, b) operações, c) informação, d) aplicação, e) negócios;

4. *Implementation viewpoint* – refere-se aos aspectos técnicos e tecnologias de implementação do sistema em função das outras *viewpoints*.

3.2 SISTEMAS DE SUPORTE À DECISÃO

Um ‘Sistema de Suporte (ou de Apoio) à Decisão’ (*DSS - Decision Support System*) é um sistema de informação projetado para auxiliar os tomadores de decisão na solução de problemas estruturados ou não estruturados. Segundo Groumpos (2016), o conceito de DSS surgiu no final da década de 1960 e, como o próprio nome diz, não pretende substituir o papel dos tomadores de decisão, mas sim ajudá-los neste processo. Por outro lado, ações de um DSS podem ser automatizadas, especialmente as que não dependem (ou não tanto) da ação cognitiva humana e/ou onde a ação automatizada é benéfica ao ambiente como um todo (por exemplo, coleta automática de dados de um dado ambiente) (LOURENÇO *et al.*, 2021; TALARI, 2022).

Modelos e casos-padrão, cenários e alternativas de decisão podem ser analisados e/ou criados para ações mais assertivas. As fontes de informação podem ser estáticas (que não mudam, ou raramente mudam), dinâmicas (i.e., atualizáveis por humanos ou sistemas) ou evolutivas (atualizáveis por algoritmos de IA, fruto de aprendizagens) (SHARDA, *et al.* 2014). Um DSS busca melhorar a qualidade das decisões, fornecendo um ambiente para analisar problemas, simular processos e exibir dados relevantes de forma abrangente e facilmente interpretável. Eles podem analisar dados e organizar camadas de informações em visualizações, usando ferramentas que permitem uma visão mais profunda dos próprios dados, como padrões e relacionamentos, ajudando os usuários a tomar decisões mais inteligentes e embasadas. Um DSS pode ser capaz ou ter meios de adquirir, armazenar, recuperar, analisar e exibir dados (KORATE, *et al.*, 2022).

Mailliez *et al.* (2022, p. 2) destaca três tipos de DSS: passivo, ativo e colaborativo. Os DSS passivos funcionam apenas como suporte para o processo de tomada de decisão, ou seja, não oferecem quaisquer recomendações ou soluções para tomadores de decisão. Por exemplo, pode ser um DSS que destaca um conflito entre dois recursos no cronograma de produção. Os DSS ativos propõem recomendações ou soluções para resolver este conflito. Por exemplo, uma vez destacado o conflito entre os dois recursos, o próprio DSS pode modificar o cronograma de produção para resolvê-lo. Os DSS colaborativos permitem que os

tomadores de decisão modifiquem, completem ou refinem as recomendações ou soluções fornecidas. Os DSS podem oferecer, desde a um simples suporte à tomada de decisão, a terem propriedades de um sistema mais autônomo, capaz de tomar e implementar uma decisão por ele mesmo (NUNES & JANNACH, 2017).

Segundo Dawood et al. (2009), um DSS pode ser de dois tipos:

1. Quantitativo:

- a) *Baseado em vigilância estatística* - Uma vigilância estatística do cenário em que se encontra a empresa e avaliando as probabilidades da decisão a tomar ser correta ou conduzir aos efeitos esperados (MORA *et al.*, 2012);
- b) *Baseada em dados* - O sistema é capaz de consultar dados externos, como *data warehouses*, para gerar gráficos, etc., no auxílio à tomada de decisão (MORA *et al.*; 2012) (TIANMIN, 2019).

2. Qualitativo:

- a) *Baseado em modelo* - O sistema guia o usuário ao longo do processo de tomada de decisão 'ideal' baseado em casos pré-definidos (DALINGER e LEY, 2011);
- b) *Baseado em descrição* - O sistema avalia a situação por meio de uma avaliação textual do cenário, do ambiente e das decisões a serem tomadas, orientando um roteiro adequado de decisões (DALINGER e LEY, 2011) (MORA *et al.*, 2012) (ORUÇ, EREN e KOÇYIĞIT, 2019).

Já Power (2002) apresenta a seguinte classificação:

- 1. DSS Orientado a Dados (*Data-Driven DSS*): enfatiza a análise de grandes quantidades de dados estruturados para ajudar os gerentes a recuperar, exibir e analisar dados históricos, como os EIS (*Executive Information Systems*), BI (*Business Intelligence*), DSS espacial (SDSS), etc;
- 2. DSS Orientado a Modelo (*Model-Driven DSS*): enfatiza o acesso e a manipulação de um modelo, usando dados e parâmetros fornecidos pelos tomadores de decisão para ajudá-los a analisar uma situação. É categorizado em explicativo e algébrico, de acordo com a natureza do modelo implementado. Enquanto um modelo explicativo tem por função explicar a relação dos dados históricos, um modelo algébrico tem o objetivo de prever futuros resultados;
- 3. DSS Orientado a Conhecimento (*Knowledge-Driven DSS*): armazenam e aplicam o conhecimento a variados problemas específicos de negócios com o objetivo de facilitar ou reduzir a carga de trabalho do usuário;

4. DSS Orientado a Documento (*Document-Driven DSS*): pode ser visto como uma evolução ou derivação do DSS Orientado a Dados. Serve para reunir, recuperar, classificar e gerenciar documentos não estruturados, incluindo páginas da web, para compilar dados visando apoiar decisões;
5. DSS em Grupo (*Group Decision Support Systems*): são basicamente ferramentas *groupware* para a gestão do trabalho colaborativo e que podem ser usados também no apoio a decisões em grupo. Utilizam tecnologias de rede e comunicação para facilitar a obtenção de consenso, apoiando a tomada de decisão colaborativa ou com múltiplos participantes. Este tipo envolve a estruturação do processo de decisão e brainstorming (POWER, 2008). Pode envolver participantes de uma única organização ou de organizações distribuídas e distintas, e as discussões e decisões podem ocorrer em tempo real, de forma assíncrona ou em ciclos de discussão em momentos diferentes (GRAY, 2008).

Um DSS pode ser de função específica ou propósito geral. Basicamente, o de função específica é restrito a um certo domínio de aplicação ou de apoio a um certo processo/atividade de uma dada organização / suas características, enquanto o de propósito geral pode cobrir mais do que um domínio, processo ou ser aplicável a diferentes empresas (MORA *et al.*; 2012).

Um DSS pode ter um escopo intraorganizacional ou interorganizacional. Um intraorganizacional basicamente é quando todos seus atores, ou os atores a serem envolvidos em decisões, pertencem à mesma organização; ou seja, as decisões são tomadas “dentro” da empresa. Porém, eventualmente, consultar fontes de dados ou especialistas externos à organização. Já um interorganizacional é projetado para que atores de diferentes organizações tenham acesso a informações (mesmo que diferentes) e tomem decisões “conjuntamente” (DRISSEN-SILVA *et al.*, 2009). Nos dois casos, há possibilidades de vários tipos de “topologias de decisão”, níveis de poderes, acessos à informação, e hierarquias; ou seja, pode haver diferentes modelos de governança (DRISSEN-SILVA *et al.*, 2009).

3.2.1 Arquiteturas de DSS

No que diz respeito à arquitetura de DSS, a literatura também apresenta bastante variabilidade. Por exemplo, Bonczek e Holsapple (1980) define um DSS como composto por três componentes:

1. Sistema de Linguagem (*language system*): Um mecanismo que permite a interação entre os usuários e o DSS;
2. Sistema de Conhecimento (*knowledge system*): Um repositório de conhecimento no domínio do problema;
3. Sistema de Processamento de Problemas (*problem-processing system*): Um elo entre esses dois componentes, contendo os solucionadores de problemas necessários para a tomada de decisão.

Holsapple (2008) considera que um DSS possui quatro componentes essenciais interconectados:

1. Sistema de Linguagem (*language system*): Abrange todas as mensagens que o DSS pode aceitar;
2. Sistema de Apresentação (*presentation system*): Consiste em todas as mensagens que o DSS pode emitir.

Esses dois componentes suportam a interação com os usuários finais do DSS.

1. Sistema de Conhecimento (*knowledge system*): Inclui todo o conhecimento (estático ou dinâmico, estruturado, semiestruturado ou não estruturado) armazenado e mantido pelo DSS. Esse conhecimento é representado em diferentes formas, como descritiva ou procedimental. Ele também pode ser modelado em regras, tabelas de banco de dados, planilhas, árvores de decisão, hiperlinks, etc;
2. Sistema de Processamento de Problemas (*problem-processing system*): É o motor de software do DSS, representando o solucionador global de problemas e suas capacidades cognitivas. Contém mecanismos de raciocínio, algoritmos e ferramentas para análises de problemas, planejamento, agendamento, otimização, coordenação, controle, medição, análise de riscos, tratamento semântico, entre outros.

Na mesma linha, Turban *et al.*, (2005) descrevem um DSS como composto por quatro subsistemas:

1. Subsistema de Interface do Usuário (*User interface subsystem*): Contém mecanismos para dar suporte à interação do usuário com o DSS, sendo o próprio usuário considerado parte do sistema;
2. Subsistema de Gestão de Modelos (*Model management subsystem*): Inclui métodos de solução e capacidades analíticas e de inteligência artificial;
3. Subsistema de Gestão de Dados (*Data-management subsystem*): Contém um ou mais repositórios de dados relevantes para a tomada de decisão corporativa;
4. Subsistema de Gestão Baseada em Conhecimento (*Knowledge-based management subsystem*): Fornece inteligência para complementar as capacidades do tomador de decisão.

3.2.1.1 Aspectos Arquiteturais Adicionais

Outros aspectos arquiteturais relacionados aos componentes ou subsistemas dos DSS enfatizam:

1. *Data Sources, Data Warehouses e Knowledge Management*: Além de tecnologias emergentes (ARSENE *et al.*, 2020);
2. *Service-Oriented Architecture - SOA*: Para melhorar a integração, escalabilidade, orquestração funcional e capacidade de substituição (NADA *et al.*, 2014).

Mais recentemente, técnicas de Inteligência Artificial (IA) têm sido incorporadas de maneira mais robusta nos DSS. Exemplos incluem:

1. Li *et al.*, (2009): Aplicaram *Business Intelligence, Analytics* e Inteligência Artificial aos chamados Sistemas de Suporte à Decisão Cognitiva (*Cognitive DSS*);
2. Lukianykhin *et al.*, (2025): Exploração do uso de IA Generativa para aumentar a eficácia das recomendações do DSS para grupos específicos de usuários (como prosumers);
3. Kostopoulos *et al.*, (2024): Investigaram como a Inteligência Artificial Explicável (*Explainable Artificial Intelligence - XAI*) pode ser usada para melhorar a transparência, interpretabilidade e confiança nos DSS;
4. Sauer *et al.*, (2025): Utilizaram aprendizado de máquina (*machine learning*) para melhorar a qualidade de processos industriais, combinando sugestões e previsões do DSS com opiniões e experiências de operadores humanos;
5. Noor *et al.*, (2010): Propuseram tecnologia inteligente baseada em agentes múltiplos para aumentar a capacidade do DSS de operar em ambientes

dinâmicos e suportar a adaptabilidade do sistema, ajudando usuários a lidar com decisões complexas;

6. Asolo *et al.*, (2024): Utilizaram um *chatbot* inteligente para proporcionar aos usuários uma interação mais confortável com o DSS e receber conselhos inteligentes.

3.2.1.2 DSS Abertos

Outro aspecto arquitetural importante refere-se à abertura do DSS, que pode ser analisada em duas perspectivas principais:

1. Dados e Conhecimento: Mundo Fechado vs. Mundo Aberto

- a) DSS de Mundo Fechado: A maioria dos DSS analisados para DN segue uma filosofia de mundo fechado, na qual os dados e conhecimentos utilizados para a tomada de decisão são essencialmente estáticos, sendo atualizados de maneira offline e esporádica por administradores do sistema. Exemplos incluem a integração de novos dados históricos, versões atualizadas de mapas geográficos ou novos protocolos técnicos (Iqbal *et al.*, 2021);
- b) DSS de Mundo Aberto: Outros DSS operam sob uma filosofia de mundo aberto, na qual os dados e/ou conhecimentos são frequentemente ou até continuamente revisados e atualizados. Isso ocorre, por exemplo, quando os DSS estão conectados a equipamentos reais, infraestruturas ou bases de dados distribuídas. Essas conexões permitem a coleta de dados em curtos períodos de tempo ou até mesmo em tempo real, seja na forma de conjuntos de dados ou fluxos contínuos de dados (Ortiz *et al.*, 2024);

2. Arquitetura Modular e Extensível

- a) Outro aspecto refere-se à capacidade de um DSS de oferecer ou acessar funcionalidades a partir de módulos ou componentes fornecidos por outros provedores. Isso pode ocorrer, por exemplo, por meio de repositórios de código aberto (Medlin *et al.*, 2012) ou ecossistemas externos que utilizam modelos como SaaS (software-as-a-service) ou IaaS (infrastructure-as-a-service), implantados em nuvens públicas ou privadas (Charizanis *et al.*, 2025).

3.2.2 Funcionalidades de DSS

Os principais requisitos funcionais gerais de um DSS incluem (Turban et al., 2005):

- a) Entrada e Gestão de Dados: Importação, armazenamento e gestão de dados provenientes de várias fontes, como bancos de dados, planilhas e APIs externas;
- b) Análise de Dados e Modelagem: Realização de análises estatísticas, construção de modelos preditivos e criação de simulações para analisar dados e identificar padrões;
- c) Ferramentas de Suporte à Decisão: Disponibilização de ferramentas para análises de cenários hipotéticos (*what-if analysis*), busca de metas (*goal-seeking*) e otimização, ajudando os usuários a explorar diferentes cenários e tomar decisões informadas;
- d) Relatórios e Visualizações: Geração de relatórios, painéis e visualizações para apresentar dados e resultados de análises de forma clara e concisa;
- e) Interface de Usuário: Permite que os usuários interajam com o sistema, insiram dados e visualizem resultados por meio de uma interface amigável.

3.2.3 Requisitos Não-Funcionais Relevantes para DSS

- a) Desempenho: Especificação dos tempos de resposta para consultas de dados, processamento de grandes volumes de dados e geração de relatórios;
- b) Usabilidade: Garantia de que o sistema seja fácil de aprender e usar, com navegação intuitiva e instruções claras;
- c) Confiabilidade: Garantia de que o sistema esteja disponível e opere de forma consistente, sem erros ou falhas;
- d) Escalabilidade: Capacidade do sistema de lidar com volumes crescentes de dados e cargas de usuários sem degradação de desempenho.
- e) Segurança: Proteção de dados sensíveis e prevenção de acessos não autorizados ao sistema;
- f) Manutenibilidade: Garantia de que o sistema seja fácil de manter e atualizar, com código bem documentado e design modular (BAYANI, 2013).

3.2.4 Modelo de Tomada de Decisão

Na visão tradicional da tomada de decisão, o processo segue o modelo Inteligência-Projeto-Escolha (HALL, 2008):

- a) Fase de Inteligência (*Intelligence*): Ocorre quando um problema ou oportunidade é identificado, devendo ser compreendido em termos de natureza, características, escopo e unicidade. As informações coletadas podem até mesmo modificar a definição ou a classificação inicial, demandando revisões desta etapa;
- b) Fase de Projeto (*Design*): Geração e avaliação de alternativas considerando contextos gerais, restrições e objetivos. Contudo, não existe uma diretriz infalível quanto à quantidade de informações que deve ser coletada ou ao número de alternativas que devem ser desenvolvidas;
- c) Fase de Escolha (*Choice*): Seleção da alternativa mais eficaz, analisando e comparando as alternativas com base em orçamento, tempo, recursos disponíveis ou necessários, e restrições técnicas.

Duas etapas adicionais podem existir (KONATE et al, 2022; HALL, 2008):

- a) Implementação da Ação (*Implementation*): Execução das decisões no sistema físico;
- b) Análise do Processo (*Analysis*): Avaliação contínua da eficácia das ações tomadas e, se necessário, a revisão ou implementação de ações adicionais.

Do ponto de vista dos fundamentos dos DSS, Hall (2008) aponta que há falta de consenso sobre a introdução das duas fases adicionais (implementação e análise), já que alguns autores as consideram parte de um novo processo de tomada de decisão. Esse novo processo utilizaria dados adicionais, o que poderia levar a outras análises e direções de decisão.

Essas cinco fases representam o conjunto completo de ações descritas na teoria clássica de “malha fechada” de controle apresentada por Dunn (2025). Nela, um sistema ou problema-alvo é continuamente observado, e a eficácia das ações tomadas é avaliada. A partir dessa avaliação, ajustes podem ser planejados e implementados no sistema real caso os resultados esperados não sejam atingidos.

No gerenciamento de DN, todas essas etapas e seu alinhamento ou paralelo com uma malha fechada de controle parece fazer bastante sentido, já que um DN pode ser entendido como um sistema físico que deve ser continuamente observado (por meio da coleta de dados, seja em lotes periódicos ou em tempo real) e mantido (dentro do possível) sob controle e equilíbrio (em condições aceitáveis ou planejadas) por um modelo virtual/digital - representado pelo DSS. Por outro lado, diferentemente dos sistemas clássicos de controle, a análise de dados, a ponderação e a tomada de decisão não são realizadas puramente por algoritmos determinísticos, mas sim complementados por análises humanas e discussões entre diversos atores.

3.2.5 Complexidades na Tomada de Decisão

Decisões podem ter diferentes níveis de complexidade. Até mesmo em processos bem estruturados, persistem complexidades oriundas ou associadas a:

- a) Decisões Multicritério: Envolvem diversos *trade-offs* (ponderações);
- b) Diferenças Individuais: Os tomadores de decisão possuem crenças, vieses, estilos cognitivos, níveis de educação e valores morais distintos.

Essa complexidade aumenta em ambientes de decisão em grupo ou colaborativa (seja intraorganizacional ou entre organizações distintas), onde:

- 1. Múltiplas perspectivas são apresentadas;
- 2. Ciclos de discussões, interações, negociações e votações são frequentes;
- 3. A utilização de solucionadores de problemas combinados pode ser necessária.

Por outro lado, essa complexidade pode ser mitigada considerando-se:

- a) Protocolos Técnicos: Normas organizacionais ou convenções;
- b) Modelos de Governança Explícitos: Como sugerido por alguns autores (COSTA et, al 2024);
- c) Processos de Auditoria: Usados para avaliar e validar as decisões tomadas (Vicente et, al 202).

Todos os aspectos mencionados nesta seção 3.2 devem ser de alguma forma considerados ou refletidos na RA proposta, garantindo a capacidade do sistema de

atender às necessidades multifacetadas envolvidas na gestão de DN's e permitindo uma colaboração eficaz entre atores e organizações.

3.3 DESASTRES NATURAIS

Segundo o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional do Brasil²⁸, *“os desastres são produtos e, também, processos decorrentes da transformação e crescimento da sociedade, do modelo global de desenvolvimento adotado, dos fatores socioambientais relacionados a modos de vida que produzem vulnerabilidades sociais e, portanto, vulnerabilidade aos desastres”*. São eventos que causam grandes impactos na sociedade, onde esses eventos podem ser diferenciados em função da origem. Os desastres ambientais são classificados como humanos ou naturais.

Os desastres humanos são aqueles gerados pelas ações ou omissões humanas, como acidentes de trânsito, incêndios industriais e contaminações de rios. Já os desastres naturais são causados pelo impacto de um fenômeno natural de grande intensidade sobre uma área ou região povoada, podendo ou não ser agravado pelas atividades antrópicas.

Ainda segundo as definições daquele ministério, os impactos ambientais só são tidos como desastres ambientais quando os seus danos e prejuízos são incalculáveis e de difícil restituição. Caso não possua danos ou ocorra em áreas não ocupadas o fenômeno é apenas tido como um evento natural.

Os desastres podem ser de origem natural (ou ambiental) e tecnológica, compilados em um site do governo brasileiro²⁹.

Desastres e emergências são situações inter-relacionadas. Uma emergência é um estado de desastre no qual procedimentos normais são suspensos e medidas extraordinárias são tomadas para salvar vidas, proteger pessoas, limitar danos e restaurar condições à normalidade. Uma emergência pode evoluir para um desastre caso não seja atendida ou controlada, embora nem todos os desastres sejam precedidos por uma emergência (Al-Dahash et, al 2016).

²⁸ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil>

²⁹ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/ultimas-noticias/entenda-a-diferenca-entre-os-tipos-de-desastres-naturais-e-tecnologicos-registrados-no-brasil>

O UNDRR definiu um conjunto de descrições de perfis de informações sobre 281 tipos de riscos (*Hazard Information Profiles – HIPs*), abrangendo todos os tipos de desastres, organizados em oito categorias:

1. Meteorológicos e Hidrológicos;
2. Extraterrestres;
3. Geológicos;
4. Ambientais;
5. Químicos;
6. Biológicos;
7. Tecnológicos;
8. Societais.

O gerenciamento de desastres segue os princípios do gerenciamento de emergências e enfatiza a flexibilidade, a colaboração e o trabalho em equipe. Envolve as fases de *planejamento, preparação, mitigação, resposta e recuperação* (BLY, FRANCESCUTTI, 2020). Em outras palavras, o *antes, durante* e o *depois* de um DN, ainda considerando que, dentro de cada uma dessas três grandes fases, um certo DN tem a sua própria dinâmica, seu próprio ciclo de vida. Além disto, cada uma dessas fases pode ter diferentes níveis de emergência, ou seja, de prazos de ação, podendo variar de urgente, de ações imediatas, a de mais longo prazo.

- O *planejamento e preparação* ocorrem antes do desastre e inclui medidas preventivas e formas de ser evitados visando se minimizar os seus efeitos por meio de medidas planejadas. Por exemplo, a prevenção de uma tempestade pode não ser possível, mas a prevenção de danos pode ser feita por meio do planejamento da cidade, sistemas de alerta meteorológico e habitação e infraestrutura resistentes a inundações. Estoques de alimentos e combustível podem ser preparados antes da enchente.
- A *mitigação* também inclui um componente de prevenção, mas está mais próxima do evento do que do planejamento. Qualquer ação para minimizar os danos que não são evitáveis pode ser considerada mitigação. Isso pode ser feito através da redução dos efeitos do desastre, vulnerabilidade das pessoas afetadas e em perigo, construção de paredes de sacos de areia

para proteger suas casas, o atracamento de barcos em locais mais seguros, evacuação de áreas, etc.

- A *resposta* representa as ações concretas a serem executadas uma vez o DN estar ocorrendo ou recém terminado. É o que normalmente se observa quando de um desastre. São os socorristas - bombeiros, paramédicos, policiais, militares, forças municipais e voluntários - apagando as chamas, tratando dos feridos, resgatando as pessoas presas ou isoladas, procurando as vítimas, etc.
- A *recuperação* implica retornar, reconstruir, restaurar. É recuperar um senso de normalidade, embora nem sempre possível de se retornar exatamente ao estado pré-desastre. Isso se aplica não apenas aos reparos de estruturas físicas, mas também à saúde emocional e à estabilidade econômica.

Existem outras categorizações na literatura. Por exemplo, o *framework* NDRF (*National Disaster Recovery Framework*)³⁰, da agência americana de gestão de emergências *FAME*, categoriza essas fases nas seguintes etapas: mitigação, preparação, resposta e recuperação, embora também contemple ações relativas ao redesenvolvimento e revitalização da região afetada após um desastre/emergência. Cada fase apresenta suas dinâmicas próprias e níveis de urgência para atuação e alocação de recursos, variando de ações imediatas a estratégias de longo prazo.

A eficácia da gestão depende de um manejo eficiente dos dados, compartilhamento de informações e tomada de decisão coordenada entre diversos atores, como autoridades governamentais, serviços de emergência, ONGs e empresas privadas (COMES et, al 2014).

³⁰

https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_national-disaster-recovery-framework-third-edition_05062025_0.pdf

4 REVISÃO DO ESTADO DA ARTE

Esta seção apresenta um sumário do estado da arte em DSS e sistemas gerais de apoio à gestão de DN.

Em um primeiro momento, o objetivo da revisão da literatura visou encontrar e analisar artigos sobre arquiteturas de referência de DSS e para DN, foco da tese. Porém, não foram encontrados artigos sobre essa temática, corroborando inclusive o ineditismo da proposta desta Tese.

Diante dessa ausência, em um segundo momento procurou-se artigos e projetos de pesquisa sobre DSS e sistemas em geral de algum tipo de apoio à monitoração ou gestão de DN de forma a se poder embasar o procedimento indutivo / de generalização de funcionalidades a partir de propostas específicas.

As fontes encontradas na literatura e sites foram divididas em quatro categorias: projetos de pesquisa, artigos científicos de DSS para DN, artigos científicos de sistemas em geral para DN, e sistemas gerais em funcionamento em defesas civis de apoio a DN. Eles são descritos nas seções a seguir.

4.1 METODOLOGIA

Como comentado na Seção 2, da metodologia geral da tese, uma parte do embasamento da RA proposta – a *RADIAN* – teve como fundamentação a análise de projetos de pesquisas, num total de 144 projetos. Cada projeto foi acessado via seu site e o material disponível analisado, em mais particular os que descreviam os aspectos funcionais do que propunham ou desenvolveram. Nessa linha e procurando-se buscar algum panorama do estado da prática, foram também pesquisados sistemas ora em uso por algumas defesas civis que ofereciam algum apoio para quando de DN, tendo sido identificados 15 sistemas em operação voltados a algum tipo de apoio à gestão de DN.

Uma outra parte originou-se de uma revisão sistemática da literatura, utilizando a metodologia SLR - *Systematic Literature Review* (KITCHENHAM, 2007). A SLR foi aplicada sobre as bases de dados científicas *IEEEExplore*, *ScienceDirect*, *Scopus* e *ACM*, buscando artigos escritos em inglês entre 2010 (ano este a partir do qual que se verificou mais intensamente publicações na área) e 2025. Complementarmente,

alguns poucos artigos considerados pertinentes ao tema da Tese, fora dessas bases, foram igualmente analisados.

De uma forma geral, a *string* de pesquisa foi essencialmente constituída pelos termos “*decision support system*” (com algumas variações, tal como “*management*”, “*monitoring*”, “*supervision*” e “*alert*”), “*architecture*”, “*framework*” ou “*system*”, e “*natural disaster*” (com algumas variações em termos de nomes de tipos de desastres, como “*flood/flooding*”, “*fire*”, “*emergency*”, etc.). Com diferentes variações de *strings* de busca, foram encontrados 1360 artigos, sendo 350, 480, 90 e 440 daquelas quatro bases científicas, respectivamente (incluindo-se artigos que se repetiram em buscas com *strings* diferentes).

Pela metodologia SLR, esses artigos foram inicialmente avaliados com base no título, palavras-chave, resumo e conclusões. Após uma primeira análise e filtragem frente aos objetivos desta tese, foram selecionados um total de 160 artigos, que foram lidos integralmente, sendo 35, 67, 28 e 30 artigos de cada uma daquelas bases de dados, respectivamente.

Após a leitura, observou-se que muitos dos artigos tratavam de propostas de sistemas ou arquiteturas mais focadas apenas em sistemas de monitoramento e modelos de previsão para DN específicos, cobrindo funcionalidades pontuais. E dos que cobriam a temática DSS, eram genéricos, sem apresentarem arquiteturas ou uma descrição detalhada das funcionalidades envolvidas.

Após nova análise, foram considerados 113 artigos como efetivamente relevantes. Destes, 75 artigos referem-se a DSS para DN e 38 artigos sobre sistemas gerais pra DN.

Em resumo, foram considerados 144 projetos de pesquisa, 75 artigos de DSS para DN, 38 artigos de sistemas gerais para DN e 15 sistemas em operação, num total de 272 fontes. De forma complementar, foram estudados uma série de protocolos de ação de algumas defesas civis.

Todo esse material, com variados graus de intensidade, contribuiu para o processo indutivo de construção da *RADIAN*, e ajudou a elicitar as funcionalidades, seus inter-relacionamentos, grandes módulos, tendências tecnológicas, execução de protocolos, e o envolvimento e colaboração de atores em variados processos de decisão sobre apoio na gestão de DN.

Para fins de concisão no corpo do texto desta tese, dado que o foco da tese não é o desenvolvimento de um DSS específico, optou-se por apenas listar aqueles 272 trabalhos e compilar o resultado geral da análise.

4.2 PROJETOS DE PESQUISA SOBRE DSS PARA DN

Em termos de projetos de pesquisa, foram encontrados 144, sendo a grande maioria deles europeus, financiados pela Comissão Europeia, cujas informações foram obtidas a partir dos seus respectivos links na base de dados europeia *CORDIS*³¹ (Tabela 1).

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
1	GEO	Group on Earth Observations	2016-	http://www.geoportal.org
2	GDACS	Global Disaster Alert and Coordination System	2004-	https://gdacs.org/
3	DMC	Constelação de Monitoramento de Desastres	2002-2003	https://cordis.europa.eu/article/id/20878-disaster-monitoring-enters-new-era-with-the-launch-of-new-micro-satellites
4	COPERNICUS	Copernicus	2012-	https://www.copernicus.eu/en
5	KRITIS	Joint Information and Situation Centre of the Federal Government and the Federal States	2002-	https://www.kritis.bund.de/EN/Topics/Crisis_management/GMLZ/GMLZ_node.html
6	alpEWAS	Early warning system for alpine slopes	2009-	https://webarchiv.typo3.tum.de/BGU/alpewas/home/index.html
7	CORFU	Collaborative Research on Flood Resilience in Urban areas	2022-2023	http://www.corfu7.eu/
8	RISC-KIT	Resilience-Increasing Strategies for Coasts - Toolkit	2013-2017	http://www.risckit.eu/np4/home.html
9	INFRA	Innovative and Novel First Responders Applications	2009-2011	https://cordis.europa.eu/project/id/225272/reporting

³¹ <https://cordis.europa.eu/projects>

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
10	CHANGES	Changing Hydro-meteorological Risks – as Analyzed by a New Generation of European Scientists	2011-2014	https://cordis.europa.eu/project/id/263953/reporting
11	HYDRONET	Floating Sensorised Networked Robots for Water Monitoring	2008-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/212790/reporting
12	ESS	Emergency Support System	2009-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/217951/reporting
13	CRISMA	Modelling crisis management for improved action and preparedness	2012-2015	https://cordis.europa.eu/project/id/284552
14	POP-ALERT	Population Alerting: Linking Emergencies, Resilience and Training	2014-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/608030
15	CIPRNET	The Critical Infrastructure Preparedness and Resilience Research Network	2020-	https://ciprnet.eu/home.html
16	EMERGENT	EMERGENT Project	2014-2016	http://www.fp7-emergent.eu/
17	FIRESENSE	Protecting archaeological sites from wildfire and extreme weather	2012-2013	https://cordis.europa.eu/article/id/36302-protecting-archaeological-sites-from-wild-fire-and-extreme-weather
18	PEACE	IP [Internet Protocol]-based emergency applications and services for next generation networks	2012-2013	https://cordis.europa.eu/article/id/33508-communication-in-crisis-situations-aided-by-innovative-eufunded-research
19	PANGEO	PANGEO Project	2019-	http://www.eurogeosurveys.org/projects/pangeo/ https://www.pangeoproject.eu/
20	SAFER	EU project to speed up fight against forest fires worldwide	2008-2009	https://cordis.europa.eu/article/id/31154-eu-project-to-speed-up-fight-against-forest-fires-worldwide
21	SENDAI	Sendai Framework for Disaster Risk Reduction	2015-2030	https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf
22	VRUITS	VRUITS project	2014-2015	https://cordis.europa.eu/article/id/119080-novel-technology-improves-protection-for-vulnerable-road-users
23	MIA-VITA	Mitigate and assess risk from volcanic impact on terrain and human activities	2008-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/211393/reporting
24	FLOODIS	FLOODIS Project	2013-2015	https://cordis.europa.eu/project/id/607220
25	i-REACT	i-REACT Project	2016	https://www.i-react.eu/
26	MATRIX	New Multi-HAZard and MulTi-RIsK Assessment MethodS for Europe	2010-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/265138

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
27	IRIS	Integrated European Industrial Risk Reduction Systema	2008-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/213968/reporting
28	MICORE	Morphological Impacts and COastal Risks induced by Extreme storm events	2008-2011	https://www.micore.eu/
29	SAYSO	Standardisation of situational Awareness systems to Strengthen Operations in civil protection	2017-2019	https://cordis.europa.eu/project/id/740872
30	IRMA	Integrated Risk Management for Africa	2008-2009	https://cordis.europa.eu/project/id/224353
31	SAFER	Services and applications for emergency response	2008-	https://cordis.europa.eu/article/id/31154-eu-project-to-speed-up-fight-against-forest-fires-worldwide
32	MATRIX	Juggling with multiple risks	2001-2013	https://cordis.europa.eu/article/id/133090-juggling-with-multiple-risks
33	RESCCUE	RESilience to cope with Climate Change in Urban arEas	2016-2020	http://www.resccue.eu/
34	WORKPAD	An adaptive peer-to-peer software Infrastructure for supporting collaborative work of human operators in emergency and disaster scenarios	2006-2009	https://cordis.europa.eu/article/id/32365-eufunded-technology-helps-rescue-workers-save-lives/pt
35	INFRARISK	Novel Indicators for identifying critical INFRAstructure at RISK from natural hazards - INFRARISK	2013-	http://www.infrarisk-fp7.eu/
36	SPHERE	SPHERE Project	1997-	https://spherestandards.org/
37	EURAINSAT	Looking Into the Future of Satellite Rainfall Estimations	1999-2003	https://www.researchgate.net/profile/Federico_Porcu/publication/257105883_EURAINSAT_-_Looking_into_the_future_of_satellite_rainfall_estimations/links/09e41510b8b6566ed2000000/EURAINSAT-Looking-into-the-future-of-satellite-rainfall-estimations.pdf
38	EFAS	European Flood Awareness System	1999-	https://www.efas.eu/en
39	AIDA	Advancing ICT for DRM in Africa	2008-2010	https://cordis.europa.eu/project/id/223824
40	ERMA	Electronic Risk Management Architecture for small-medium communities	2006-2008	https://cordis.europa.eu/project/id/034889

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
41	NEDIES	Major Accident Hazards Bureau	1984-2002	https://cordis.europa.eu/project/id/1984 e https://minerva.jrc.ec.europa.eu/en/minerva
42	ENVISYS	Environmental Monitoring Warning & Emergency System	1996-1998	https://cordis.europa.eu/project/id/EN1009
43	RIPARIUS	Risk of Inundation - Planning and Response Interactive User System	1998-2000	https://cordis.europa.eu/project/id/EN4302
44	ARTEMIS	Application Research & Testing for Emergency Management Intelligent Systems	1996-1996	https://cordis.europa.eu/project/id/EN1001
45	RADATT	Rapid Damage Assessment Telematic Tool	1996-1996	https://cordis.europa.eu/project/id/EN1011
46	DITSEF	Digital and Innovative Technologies for Security and Efficiency of First Responders operation	2010-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/225404/reporting
47	IMPROVER	Improved risk evaluation and implementation of resilience concepts to critical infrastructure	2015-2018	https://cordis.europa.eu/project/id/653390
48	RESILENS	Realising European ReSILience for Critical INfraStructure	2015-2018	http://resilens.eu/about/
49	Resolute	RESilience management guidelines and Operationalization appLied to Urban Transport Environment	2018-2020	http://www.resolute-eu.org/
50	SMR	Smart Mature Resilience	2015-2018	https://smr-project.eu/home/
51	GEO-PICTURES	GMES [Global Monitoring for Environment and Security	2008-2010	https://cordis.europa.eu/article/id/32073-new-eufunded-project-to-save-lives-following-disasters
52	CHORIST	Integrating communications for enhanced environmental risk management and citizens safety	2008-2009	https://cordis.europa.eu/article/id/30582-chorist-project-targets-improved-rescue-safety-and-communication-systems
53	STREAM	STREAM	2007-2008	https://cordis.europa.eu/article/id/30110-giving-emergency-relief-efforts-a-boost-the-eu-way
54	AWARE	Projeto AWARE	2006-2008	https://cordis.europa.eu/article/id/29533-real-time-video-to-help-fight-forest-fires

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
55	ERMA	ERMA Gerenciamento de Crises	2007-	http://publica.fraunhofer.de/documents/N-63373.html
56	PREDICT	Projeto Predict		http://www.predict-project.eu/
57	ABSOLUTE	Aerial Base Stations with Opportunistic Links for Unexpected & Temporary Events	2012-2013	https://cordis.europa.eu/article/id/35963-guaranteeing-communication-coverage-in-the-event-of-disaster
58	SCHAPI	France's National Hydrometeorological and Flood Forecasting Centre	2009-2011	https://cordis.europa.eu/article/id/33761-europeans-develop-better-flood-forecasting-tools
59	ISIS	Integrated intelligent sensor system for improved security of water supply	2014-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/312330
60	TAWARA_RT M	TAp Water RAdioactivity Real Time Monitor	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/312713
61	A4A	Alert for All	2011-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/261732/reporting
62	REAKT	Strategies and tools for Real Time EArthquake RiSk ReducTion	2011-2014	https://cordis.europa.eu/project/id/282862/reporting
63	RECONASS	Reconstruction and REcovery Planning: Rapid and Continuously Updated COnstruction Damage, and Related Needs ASSEssment	2013-2017	https://cordis.europa.eu/project/id/312718/reporting
64	C2-SENSE	Interoperability Profiles for Command/Control Systems and Sensor Systems in Emergency Management	2014/2017	https://cordis.europa.eu/project/id/607729/reporting
65	PHAROS	Project on a Multi-hazard Open Platform for Satellite Based Downstream Services)	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/606982/reporting
66	OPTI-ALERT	Opti-Alert: Enhancing the efficiency of alerting systems through personalized, culturally sensitive multi-channel communication	2011-2014	https://cordis.europa.eu/project/id/261699/reporting

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
67	SLANDAIL	Security System for language and image analysis	2014-2017	https://cordis.europa.eu/project/id/607691/reporting
68	ESENET	Emergency Services Europe Network	2013-2014	https://cordis.europa.eu/project/id/313013/reporting
69	VUELCO	Volcanic Unrest in Europe and Latin America	2011-2015	http://vuelco.net/
70	APHORISM	Advanced PRocedures for volcanic and Seismic Monitoring	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/606738/reporting
71	CATALYST	Capacity Development for Hazard Risk Reduction and Adaptation	2011-2013	https://cordis.europa.eu/result/rcn/146058/en
72	ASTARTE	Assessment, STRategy AND Risk Reduction for Tsunamis in Europe	2013-2017	https://cordis.europa.eu/project/id/603839/reporting
73	TACTIC	Tools, methods And training for CommuniTies and Society to better prepare for a Crisis	2014-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/608058/reporting
74	IDIRA	Fraunhofer Institute for Transportation and Infrastructure Systems IVI	2015-	https://www.ivf.fraunhofer.de/content/dam/ivi/de/dokumente/flyer/FL_IDIRA_Fraunhofer_eng_2015_web.pdf
75	SNOWBALL	Projeto Snowball	2014-2017	http://snowball-fp7.eu/
76	SAVE ME	System and actions for vehicles and transportation hubs to support disaster mitigation and evacuation	2009-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/234027/reporting
77	CRISIS	CRITICAL Incident management training System using an Interactive Simulation environment	2010-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/242474/reporting
78	EUNADICS-AV	European Natural Airborne Disaster Information and Coordination System for Aviation	2016-2019	https://cordis.europa.eu/project/id/723986

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
79	SPARTACUS	Satellite Based Asset Tracking for Supporting Emergency Management in Crisis Operations	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/313002/reporting
80	STAR-FLOOD	STrengthening And Redesigning European FLOOD risk practices Towards appropriate and resilient flood risk governance arrangements	2012-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/308364/reporting
81	ATHENA	Athena Project	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/313220/reporting
82	eVACUATE	Active Evacuation Route for large crowds	2013-2017	https://cordis.europa.eu/project/id/313161
83	MOWE-IT	Management of weather events in transport system	2012-2014	https://cordis.europa.eu/project/id/314506
84	DEDICS	Distributed Environmental Disaster Information and Control System	1996-1998	https://cordis.europa.eu/project/id/EN1003
85	ARGOMARINE	Automatic Oil spill Recognition and Geopositioning integrated in a Marine Monitoring Network	2009-2012	http://www.argomarine.eu/argomarine-overview/
86	SOTERIA	Online and Mobile Communications for Emergencies	2014-2017	https://cordis.europa.eu/project/id/606796/reporting
87	HELP	Enhanced Communications in Emergencies by Creating and Exploiting Synergies in Composite Radio Systems	2011-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/261659/reporting
88	PREPARE	Innovative integrative tools and platforms to be prepared for radiological emergencies and post-accident response in Europe	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/323287/reporting
89	BEYOND	Building Capacity for a Centre of Excellence for EO-based monitoring of Natural Disasters	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/316210/reporting
90	EO2HEAVEN	Earth Observation and ENVironmental modelling for the mitigation of HEALth risks	2010-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/244100/reporting

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
91	L2C	Learning to Collaborate	2008-2008	https://cordis.europa.eu/docs/projects/files/516/516172/114991461-6_en.pdf
92	SAFEWATER	Innovative tools for the detection and mitigation of CBRN related contamination events of drinking water	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/312764
93	OASYS	Integrated optimization of landslide alert systems	2003-2006	https://cordis.europa.eu/article/id/84017-multisensor-instrumentation-for-monitoring-landslides
94	PULSE	Platform for European Medical Support during major emergencies	2014-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/607799/reporting
95	WISECOM	Wireless Infrastructure over Satellite for Emergency Communications	2006-2008	https://cordis.europa.eu/project/id/034673
96	FUTUREVOLC	European volcanological supersite in Iceland: a monitoring system and network for the future	2012-2016	http://futurevolc.hi.is/
97	INACHUS	Technological and Methodological Solutions for Integrated Wide Area Situation Awareness and Survivor Localisation to Support Search and Rescue Teams)	2015-2018	https://cordis.europa.eu/project/id/607522/reporting
98	CLEOPATRA	Chemical effluent & oil pollution alert and tracking	2003-2005	https://cordis.europa.eu/project/id/EVG1-CT-2002-00070
99	CALIS	Calamities information system	1997-1999	https://cordis.europa.eu/project/id/ENV4960374
100	BLACKSEAH AZNET	Complex Research of Earthquake's Prediction Possibilities, Seismicity and Climate Change Correlations	2011-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/246874/reporting
101	LOLIGHT	Development of a Low Cost, Novel and Accurate Lightning Mapping and Thunderstorm (SUPERCELL) Tracking System	2011-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/262200/reporting

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
102	MIAVITA	Mitigate and assess risk from volcanic impact on terrain and human activities	2008-2012	https://cordis.europa.eu/project/id/211393/reporting
103	SecInCoRe	Secure Dynamic Cloud for Information, Communication and Resource Interoperability based on Pan-European Disaster Inventory	2014-2017	http://www.secincore.eu/ https://cordis.europa.eu/project/id/607832/reporting
104	RAIN	SmartRAIN	2016-2016	http://rain-project.eu/
105	ISITEP	Inter System Interoperability for Tetra-TetraPol Networks	2013-2016	https://cordis.europa.eu/project/id/312484/reporting
106	CLIPC	Constructing Europe's Climate Information Portal	2013-2016	http://www.clipc.eu/ https://cordis.europa.eu/project/id/607418/reporting
107	GIS	Sistema de Informação Geográfica	2000-2005	https://cordis.europa.eu/project/id/2342
108	MEDIGRID	Mediterranean Grid of Multi-Risk Data and Models	2004-2006	https://cordis.europa.eu/project/id/4044
109	CRISCOMSC ORE	Developing a Crisis Communication Scorecard	2008-2011	https://cordis.europa.eu/project/id/217889
110	DEWS	Ballistic Double Electron Waveguide for Potential Use in Analog-to-digital conversion	2000-2003	https://cordis.europa.eu/project/id/IST-1999-29012
111	HERACLES	Projeto Heracles	2020-	http://www.heracles-project.eu/
112	AlertaBlu	AlertaBlu Defesa Civil de Blumenau	2015-	https://alertablu.blumenau.sc.gov.br/p/home
113	ASG	ASG - Alert Systems Group LLC (ASG)	2015-	http://www.alertsystemsgroup.com/
114	SOS Emergency	SOS Emergency App	2020-	play.google.com
115	IDRN	India Disaster Resource Network	2004-	https://idrn.nidm.gov.in/

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
116	S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres,	2003-	https://s2id.mi.gov.br/
117	NEMIS	National Emergency Management Information System (NEMIS) Access Control System	2002-	https://emilms.fema.gov/is_0843a/groups/8.html
118	NEMIS	National Emergency Management Information System	2003-	chrome-extension://efaindbmnnibpcajpcgclcfi ndmkaj/https://www.oig.dhs.gov/sites/default/files/assets/Mgmt/OIG_04-02_Dec03.pdf
119	AidMatrix	AidMatrix Foundation	2008-	http://www.aidmatrix.org/
120	SAHANA	Sahana Foundation - Open Source Disaster Management Solutions	2004-	https://sahanafoundation.org/
121	UICDSe	Unified Incident Command and Decision Support	2008-	https://ieeexplore.ieee.org/document/4534471
122	DONARE	Humanitarian Supplies Management System	2011-	https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/2688-10003.pdf
123	DesInventar	Disaster Inventory System	1994-	http://www.desinventar.net
124	MARS	Major Accident Reporting System	1982-	https://emars.jrc.ec.europa.eu/en/emars/content
125	SPIRS	Seveso Plant Information Retrieval System	2021-2030	https://www.eea.europa.eu/en
126	HDX	Humanitarian Data Exchange	2006-	https://data.humdata.org/
127	EVOSS	European Volcano Observatory Space Services	2010-2013	https://cordis.europa.eu/project/id/242535/reporting
128	TELEFLEUR	Telematics-Assisted Handling of Flood Emergencies in Urban Areas	1998-2000	https://cordis.europa.eu/project/id/EN4003
129	BUILDERS	Builder Project	2019-	https://buildersproject.eu/
130	ENGAGE	Engage Society for Risk Awareness and Resilience	2020-	https://www.project-engage.eu/
131	PARATUS	Paratus Project	2022-2026	https://www.paratus-project.eu/

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN

(Continuação)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
132	TCDSE	Tomorrow's Cities Decision Support Environment,	2019-	https://tomorrowscities.org/
				https://tomorrowscities.iied.org/sites/default/files/resources/2023-06/Booklet_Capacity%20Strengthening_0.pdf
133	WFDSS	Wildland Fire Decision Support System	2007-	https://wfdss.usgs.gov/wfdss/WFDSS_Home.shtml
134	RiskPACC	Integrating Risk Perception and Action to enhance Civil protection Citizen interaction	2020-2024	https://www.riskpacc.eu/
135	MEDiate	MEDiate Project - Multi-hazard and Risk-informed System for Enhanced Local and Regional Disaster Risk Management	2022-2025	https://mediate-project.eu/the-project/%3E
136	RIMES	Regional Integrated Multi-Hazard Early Warning System	2022-	https://www.rimes.int/
137	WFDSS	Wildland Fire Decision Support System	2015-	https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-015-0011-y
138	DMg ISystem e BI ISystem	Realiza a análise e gestão de dados de acidentes de trânsito (DSS-TRAM).	2021-2023	https://www.isystem.com/
139	Hermes	Holistic dEcision suppoRt system for infrastructure ManagErS	2024-2026	https://cordis.europa.eu/project/id/101105901
140	ClimateSmart Advisors	Connecting and mobilizing the EU agricultural advisory community to support the transition to Climate Smart Farming	2024-2027	https://cordis.europa.eu/project/id/101084179
141	CROSS-Sector Resilience	Cross-sectoral Framework for Socio-Economic Resilience to Climate Change and Extreme Events in Europe	2024-2026	https://cordis.europa.eu/project/id/101081377
142	COMPASS	COMPOund extremes Attribution of climate change: towardS an operational Service	2024-2026	https://cordis.europa.eu/project/id/101135481
143	AURORA	Demonstrating trAnsformative solUtions to empower climate Resilience tOWards impRoved public health stAtus in the EU Boreal Region	2024-2028	https://cordis.europa.eu/project/id/101157643

Tabela 1: Relação de projetos pesquisados sobre DSS para DN
(Conclusão)

nº	Sigla	Nome do Projeto	Ano (Início-Fim)	Link
144	PRISKADAPT	Asset Level Modelling of RISKS In the Face of Climate Induced Extreme Events and ADAPTtation	2023-2025	https://cordis.europa.eu/project/id/101093939

Fonte: Do autor (2025).

O detalhamento da análise funcional desses projetos encontra-se em um link³².

4.3 DSS PARA DN

A Tabela 2 lista os 75 artigos selecionados sobre DSS para algum tipo de suporte em DN. O detalhamento da análise funcional desses projetos encontra-se em um link ³³.

Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN

nº	Título do Trabalho	Referência
1	<i>Decision Support Method in Risk Communications Using Collaborative Learning.</i>	Yajima, Tanabe (2015)
2	<i>Study on the Collaborative Pattern among Agents of Emergency DSS for the Response of Unconventional Emergency in China [68].</i>	YE <i>et al.</i> , (2015)
3	<i>Common Information Space for Collaborative Emergency Management.</i>	Pottebaum <i>et al.</i> , (2016)
4	<i>Heterogeneous Wireless Sensor Networks for Flood Prediction Decision Support Systems.</i>	Andersson e Hossain (2015)
5	<i>Modelling of context Information for disaster emergency system Application: Flood.</i>	El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016)
6	<i>A Proposed Framework for Enhancing a Supply Chain Management System to Support Flood Disaster Relief Operations.</i>	Husain <i>et al.</i> , (2016)
7	<i>A framework for Evaluation of Resilience of Disaster Rescue Networks, Risks and Resilience of Collaborative Networks.</i>	Jassbi, Camarinha-Matos, Barata (2015)
8	<i>Integrating Risk Perception AND Action To Enhance Civil Protection-Citizen Interaction – RiskPACC.</i>	RiskPACC (2021)

³² Detalhamento da análise funcional dos Projetos em Operação (resumo sobre os projetos) https://drive.google.com/file/d/1HeMr9VSWpempGT4fSzqoaSf-3ZS9P-g/view?usp=drive_link

³³ https://drive.google.com/file/d/17XdhVkPcMX0Dg3J-wkdzf_2hO6BC4o-a/view?usp=drive_link

Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN
(Continuação)

nº	Título do Trabalho	Referência
9	<i>Public opinion changing patterns under the double-hazard scenario of natural disaster and public health event.</i>	XIE, Zilin <i>et al.</i> , (2023)
10	<i>Intelligent decision making and analysis using fuzzy cognitive maps for disaster recovery planning.</i>	Mohammadian, Yamin (2017)
11	<i>Stepping Stone to Smarter Supervision Systems: A Human-centered Multidisciplinary Framework.</i>	Mailliez, at al., (2022)
12	<i>Uma revisão crítica das inovações tecnológicas digitais para alerta precoce de surtos de doenças relacionadas à água associados a riscos climáticos.</i>	Giroto <i>et al.</i> , (2023)
13	<i>A data-driven, scenario-based human evacuation model for passenger ships addressing hybrid uncertainty.</i>	Arshad, <i>et al.</i> , (2024)
14	<i>Are Vietnamese coffee farmers willing to pay for weather index insurance?</i>	Lan, <i>et al.</i> , (2024)
15	<i>Collaborative Management of Traffic Accidents Data for Social Impact Analytics.</i>	Osório, <i>et al.</i> , (2022)
16	<i>Delivering extreme event preparedness education in schools: A systematic review of educational preparedness resources available in England.</i>	Hodson, <i>et al.</i> , (2023)
17	<i>Plan a Condensed Risk Model using Fuzzy Logic for Natural Disaster Management.</i>	Iqbal, <i>et al.</i> , (2021)
18	<i>Information system framework for integrated risk assessment from natural disasters.</i>	Velev, Zlateva (2018)
19	<i>Intelligent process-aware information systems to support agility in disaster relief operations: a survey of emerging approaches.</i>	Rasouli (2019)
20	<i>Networks Matter: Examining migration networks using cellphone data following hurricane Maria.</i>	Schwaller, <i>et al.</i> , (2024)
21	<i>Optimizing search and rescue personnel allocation in disaster emergency response using fuzzy logic.</i>	Berawi, <i>et al.</i> , (2019)
22	<i>Storms and infant mortality in the Philippines.</i>	Orderud (2024)
23	<i>Clarifying “flood experience”: A novel conceptual model demonstrates how a flood experience emerges and what determines its intensity and character.</i>	Andráško, <i>et al.</i> , (2024)
24	<i>Collaborative modelling for goal-oriented scenario planning: A resilience planning case study in the context of greater Sydney.</i>	Debnath <i>et al.</i> , (2024)
25	<i>Model parameter influence on probabilistic flood risk analysis.</i>	Paulik, <i>et al.</i> , (2024)

Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN
(Continuação)

nº	Título do Trabalho	Referência
26	<i>A general method for multi-hazard intensity assessment for cultural resources: Implementation in the region of Eastern Macedonia and Thrace, Greece.</i>	Koudoumakis, et al., (2024)
27	<i>A granular framework for modeling the capacity loss and recovery of regional transportation networks under seismic hazards: A case study on the Port of Los Angeles.</i>	Virtucio, et al., (2024)
28	<i>Debris-flow risk-to-life: Preliminary screening.</i>	Davies, et al., (2024)
29	<i>IOPES, a new full-fledged approach to provide an end-to-end tracking system for emergency staff.</i>	Parés, et al. (2024)
30	<i>Risk analysis of mutual influence relationships among residents under rescue operations in long-term flooded areas.</i>	Matsuki, Hatayama (2024)
31	<i>Towards improved knowledge about water-related extremes based on news media information captured using artificial intelligence..</i>	Costa, et al., (2024)
32	<i>Uses and opportunities of emergency calls as a resource for flood risk management.</i>	Ortiz (2024)
33	<i>Innovative methodologies for the design of Zero-Emission and cost-effective Buildings enhanced by Artificial Intelligence.</i>	Zeb-Ai, (2024)
34	<i>Deep ice - Deep learning. Artificial intelligence revealing the oldest ice climate signals.</i>	Deep Ice, (2024)
35	<i>ClimateSmartAdvisors: Connecting and mobilizing the EU agricultural advisory community to support the transition to Climate Smart Farming.</i>	ClimateSmartAdvisors, (2024)
36	<i>Supporting and Developing Widening Strategies to tackle Hydroclimatic Extreme Events: impacts and Sustainable solutions for cultural heritage.</i>	Wishes (2024)
37	<i>Removing non-CO2 greenhouse gas emissions to support ambitious climate transitions.</i>	Non-CO2 Climate Transitions, (2024)
38	<i>C-NEWTRAL: smart CompreheNsive training to mainstrEam neW approaches for climaTe-neutRal cities through citizen engAgement and decision-making support for innovative governance and integrated pLanning.</i>	C-Newtral (2024)
39	<i>Climate-Resilient Development Pathways in Metropolitan Regions of Europe.</i>	CRD-Pathways (2024)
40	<i>Advancing knowldge for Long-term Benefits and climate Adaptation ThRough hOlistic climate Services and nature-based Solutions.</i>	Albatross (2024)
41	<i>Climate Tipping Points: Uncertainty-aware quantification of Earth system tipping potential from observations and models and assessment of associated climatic, ecological, and socioeconomic impacts.</i>	Climate Tipping Points (2024)

Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN
(Continuação)

nº	Título do Trabalho	Referência
42	<i>Improve offshore infrastructure resilience against geohazards towards a changing climate.</i>	Geohazards Resilience (2024)
43	<i>Towards an Integrated Capability to Explain and Predict Regional Climate Changes.</i>	ReCAP (2024)
44	<i>Integrated Research Infrastructure Services for Climate Change risks.</i>	IRIS-Climate (2024)
45	<i>Detection and Global Risk Assessment of Coastal Transitional Climate and Neo-climate Regions in a Warming World.</i>	Coast-Risk (2024)
46	<i>Uncovering the structure, dynamics and impacts of humid HEATwaves across AFRICA under present and future climate.</i>	Heatafrica (2024)
47	<i>REGIME: Transmission Regimes of Climate-Sensitive Infectious Diseases in Latin America.</i>	Regime (2024)
48	<i>Mediterranean Digital Twin Network for Understanding Climate Extremes.</i>	MeDiTwin (2024)
49	<i>Geologically Enhanced Nature-based Solutions for climate change resiliency of critical water Infrastructure.</i>	Genesis (2024)
50	<i>Filling the Behavioral Gap in Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation.</i>	DRR-Behavioral Gap (2024)
51	<i>Islands in the Stream: Climate-related Disasters and the Rhythms of Caribbean Music.</i>	Islands in the Stream (2024)
52	<i>Lagrangian Climate Risk and Impact Attribution.</i>	Lacrima (2024)
53	<i>Innovative Solutions across the MEDITerranean for mitigation of Climate change-related health risks and enhancing health system resilience.</i>	MED-Health (2024)
54	<i>Urban climate justice and community participation: towards inclusive adaptation strategies.</i>	Urban Climate Justice (2024)
55	<i>Towards Operational Supermodel Climate Prediction.</i>	Climate Supermodel (2024)
56	<i>Toolbox for assessing and mitigating Climate Change risks and natural hazards threatening cultural heritage.</i>	CULTURAL-Heritage Toolbox (2024)
57	<i>Modelling RESTORation of wetlands for Carbon pathways, Climate Change mitigation and adaptation, ecosystem services, and biodiversity, Co-benefits.</i>	Restore (2024)
58	<i>CLIMATE change citizens engagement toolbox for dealing with Societal resilience.</i>	Climas (2024)
59	<i>Improving Climate Resilience of critical Assets.</i>	CA-Resilience (2024)

Tabela 2: Trabalhos selecionados como resultado da SLR sobre DSS para DN
(Conclusão)

nº	Título do Trabalho	Referência
60	<i>EXPloring opportunitiEs for developing a risk and resilience climate service baseD on blg daTa and machinE learning.</i>	Expedite (2024)
61	<i>SOLutions TEsting for Regions through Insurance for climate Adaptation.</i>	Soteria (2024)
62	<i>User driven climate applications empowering regional resilience.</i>	ClimEmpower (2024)
63	<i>MIRRA: Microclimate Real-time Remote Applications.</i>	Mirra (2024)
64	<i>User-driven applications and tools for Climate-Informed Maritime Spatial Planning and integrated seascape management, towards a resilient & inclusive Blue Economy.</i>	Blue Economy Tools (2024)
65	<i>Public–Private Insurance Partnerships for Adapting to Multi-Hazard Climate Change Risks.</i>	PPP-Insurance (2024)
66	<i>CENTAUR - Copernicus Enhanced Tools For Anticipative Response To Climate Change In The Emergency AND Security Domain.</i>	Centaur (2024)
67	<i>Coastal Climate Resilience and Marine Restoration Tools for the Arctic Atlantic basin.</i>	Coastal Tools (2024)
68	<i>Blueprint for Atlantic-Arctic Agora on cross-sectoral cooperation for restoration of marine and coastal ecosystems and increased climate resilience through transformative innovation.</i>	Atlantic-Arctic Agora (2024)
69	<i>Disaster Resilience for Extreme Climate Events providing interoperable Data, models, communication and governance.</i>	Direct (2024)
70	<i>Climate Monitoring and Decision Support Framework for Sand Fly-borne Diseases Detection and Mitigation with COst-benefit and Climate-policy MeasureS.</i>	Climate Sand Fly (2024)
71	<i>Early warning system for soil dEgRadation: a statistical physics Approach to cLimate change aDaptation.</i>	Emerald (2024)
72	<i>Preparing a Pre-Commercial Procurement for end-user services based on environmental observation in the area of climate change adaptation and mitigation - PROTECT.</i>	Protect (2024)
73	<i>Providing operational economic appraisal methods and practices for informed decision-making in climate and environmental policies.</i>	Climate Decision Economics (2024)
74	<i>Infectious Disease decision-support tools and Alert systems to build climate Resilience to emerging health Threats.</i>	Alert (2024)
75	<i>Economic and Financial Impacts from Rapid-Onset Compound and Cascading Climate related Risks.</i>	EFIC-Risks (2024)

Fonte: Do autor (2025).

4.4 SISTEMAS GERAIS PARA DN

A Tabela 3 lista os 38 artigos selecionados sobre sistemas gerais para algum tipo de suporte em DN. Os seus detalhes estão disponíveis em link ³⁴.

Tabela 3: Trabalhos científicos de sistemas gerais para DN

nº	Título do Trabalho	Referência
1	Sistema Especialista para auxiliar no controle contra inundações e escorregamentos.	MANCHEIN (2014)
2	Modelo Digital Terreno (DTM) em 3D para simular progressão de inundação	MIOC <i>et al.</i> , (2011)
3	Sistema Integrado De Informações Sobre Desastres - S2ID	ZANCHETT, RABELO, (2018).
4	Sistema Global de Observação da Terra (GEOSS)	CORDIS (2016)
5	Sistema Global de Alerta e Coordenação de Desastres - Global Disaster Alert and Coordination System (GDACS)	REVILLA-ROMERO <i>et al.</i> , (2014)
6	Sistema de manipulação assistida por telemática das emergências de inundação nas áreas urbanas	(ABEBE, PRICE, 2005)
7	<i>Sistema Integrado de Gestão de Crises (ICMS) (Integrated Crisis Management System - ICMS) – CRISMA PROJECT</i>	(CABAL, ERLICH, 2018)
8	<i>Sendai Framework for Disaster Risk Reduction</i>	(AITSI-SELM, 2015)
9	<i>Sistema Europeu de Conscientização sobre Inundações - European Flood Awareness System (EFAS)</i>	EMERGENCY MANAGEMENT (2020)
10	<i>Sistemas de segurança doméstica Security Guide em Riparius</i>	(CORDIS, 1998)
11	<i>Previsão hidrológica (GRP) para o SCHAPI da França</i>	(BERTIN <i>et al.</i> , 2016)
12	<i>Sistema Pan-Europeu de Alerta de Inundação (EFAS) - Pan-European Flood Alert System (EFAS)</i>	(SMITH <i>et al.</i> , 2016)
13	An Overview of Decision Support System for Integrated Water Resources Management	ARSENE, PAHONTU e MOCANU (2020),
14	<i>Decision Support System for Risk Assessment and Management Strategies in Distributed Software Development.</i>	ASLAM <i>et al.</i> , (2017)

³⁴ https://drive.google.com/file/d/18ye8LmyO1Nv1KIT6WYWP6BpE9snlZVDG/view?usp=drive_link

Tabela 3: Trabalhos científicos de sistemas gerais para DN

(Continuação)

nº	Título do Trabalho	Referência
15	<i>A Framework for Evaluation of Resilience of Disasters</i>	JASSBI, CAMARINHA-MATOS e BARATA (2015)
16	Builders Project	BUILDERS (2018)
17	Engage Project	ENGAGE (2023)
18	Mediate Project - Stampa Multi-Hazard and Risk-Informed System for Enhanced local and Regional Disaster Risk Management	MEDiate (2023)
19	Tomorrow's Cities Decision Support Environment (TCDSE)	CREMEN <i>et al.</i> , (2023)
20	Engage Project. Risk management for Society Resilience	ENGAGE (2023)
21	Promoting disaster preparedness and resilience by co-developing stakeholder support tools for managing the systemic risk of compounding disasters	VAN WESTEN, CEES <i>et al.</i> , (2023)
22	Stampa Multi-hazard and Risk-informed System for Enhanced Local and Regional Disaster Risk Management	MEDIATE PROJECT (2023)
23	A state-of-the-art decision-support environment for risk-sensitive and pro-poor urban planning and design in Tomorrow's cities.	CREMEN, Gemma <i>et al.</i> , (2023)
24	Intelligent decision making and analysis using fuzzy cognitive maps for disaster recovery planning.	MOHAMMADIAN, Masoud; YAMIN, Mohammad (2017)
25	HERMES: Holistic dEcision suppoRt system for infrastructure ManagErS.	HERMES (2024)
26	Cross-sectoral Framework for Socio-Economic Resilience to Climate Change and Extreme Events in Europe.	CROSS-Sector Resilience (2024)
27	COMPASS: COMPOund extremes Attribution of climate change: towardS an operational Service.	COMPASS (2024)
28	DAURA: Demonstrating trAnsformative solUtions to empower climate Resilience tOWards impROved public health stAtus in the EU Boreal Region.	DAURA (2024)
29	ALM-RISK: Asset Level Modelling of RISKS In the Face of Climate Induced Extreme Events and ADAPTtation.	ALM-RISK (2024)
30	A Cloud Based Decision Support System Aimed to Contribute in Policy Making for Natural Disaster Related Incidents.	TAROUSHI, Marilena <i>et al.</i> , (2019)
31	A Framework for Collaborative Virtual Power Plant Ecosystem.	ADU-KANKAM, Kankam O.; CAMARINHA-MATOS, Luis M. (2022)

Tabela 3: Trabalhos científicos de sistemas gerais para DN
(Conclusão)

nº	Título do Trabalho	Referência
32	A Multi-supplier Collaborative Monitoring Framework for Informatics System of Systems.	GONÇALVES, C., DIAS, T., OSÓRIO, A.L., CAMARINHA-MATOS, L.M. (2022)
33	Decision Support for Disaster Risk Management: Integrating Vulnerabilities into Early-Warning Systems.	COMES, Tina; MAYAG, Brice; NEGRE, Elsa (2024)
34	Decision Systems in Disaster Management with Application to Fire.	BOSTENARU DAN, Maria; CRĂCIUN, Cerasella; IBRIC, Adrian.(2024)
35	Designing and Developing Dynamic Decision Support Information for Disaster Response.	HANASHIMA, Makoto; SANO, Hiroaki; USUDA, Yuichiro.(2024)
36	Collaborative Decision-Making: Concepts, Methods, and Supporting Information and Communication Technologies.	FILIP, Florin Gheorghe; ZAMFIRESCU, Constantin Bălă; CIUREA, Cristian.(2021)
37	Integrated Decision Support System for Flood Disaster Management with Sustainable Implementation.	WILLIAM, P. <i>et al.</i> , (2024)
38	A Survey on Decision Support Systems in Water Management	ARSENE; PAHONTU; MOCANU (2020)

Fonte: Do autor (2025).

4.5 SISTEMAS COMPUTACIONAIS DE APOIO A DN

A Tabela 4 lista os 15 sistemas gerais em operação encontrados para algum tipo de suporte em DN.

Tabela 4: Sistemas em operação e gestão de DN

Aplicações	Região	Principais Funcionalidades/Características
1. AlertaBlu	Blumenau - SC/Brasil. Vale do Itajaí-Açu.	O sistema de monitoramento e alerta de eventos extremos de Blumenau o AlertaBlu (2018) traz: (1) Informações em tempo real sobre o nível do Rio Itajaí-Açu e sua quantidade de chuvas. (2) Mostra informações sobre enchentes, cotas do rio, previsão de tempo e temperatura, detalhes sobre abrigos. (3) Envio de dados meteorológicos com informações emergências das chuvas nas próximas horas. (4) Notificações de trânsito - informações sobre engarrafamentos, e o estado do trânsito em Blumenau. (5) Alertas de mudanças no clima como deslizamento e inundações.
2. Alerta Brusque	Brusque - SC/Brasil. Vale do Itajaí-Mirim.	O Alerta Brusque provém do Sistema de Informação Análise Hidrológica (SIAH) que traz (ALERTA BRUSQUE, 2018): (1) Informações referente ao nível do rio Itajaí Mirim. (2) Informações fluviais referente aos principais rios de Brusque, os principais órgãos emergências da cidade e abrigos na cidade;
3. Alert Systems Group (ASG)	EUA.	Segundo seu portal o ASG - Alert Systems Group (2018), atinge 98% da população americana e é capaz de: (1) Funcionar como um rádio meteorológico, mas com alertas locais únicos de notificações de emergência. (2) Prover serviços tecnológicos para apresentar auxílio e soluções em situações de terremotos, furacões, tornados e tsunamis entre outros fenômenos naturais em todo os EUA. (3) Central de alertas de terremotos informando a localização e a intensidade das ondas (tremor lento ou rápido). (4) Capacitar o indivíduo e a agência governamental a salvar vidas, dar assistência de primeiros socorros de segurança pública, parceiros universitários, psicólogos, pesquisadores e profissionais em gerenciamento de desastres e riscos. (5) Usuários recebem alertas meteorológicos e mensagens de autoridades locais de emergência durante a viagem. (6) Notificações via texto ou voz para cidadãos com deficiência visual.
4. SOS Emergency App	Mundo.	SOS Emergency App (2018) o aplicativo considerado um guia de bolso emergencial tem: (1) Oferece alarme para viajante sobre a situação da região visitada. (2) Permite informar sua localização e compartilhar via SMS comentários valiosos ou um pedido de socorro. (3) Fornece ao usuário os números de emergência do país atual como por exemplo: polícia, bombeiros e ambulância. (4) Permite que o usuário notifique uma emergência através do botão de ação da barra de notificação do telefone, botão de energia do telefone e botão SOS.

Tabela 4: Sistemas em operação e gestão de DN

(Continuação)

Aplicações	Região	Principais Funcionalidades/Características
5. India Disaster Resource Network (IDRN)	Índia	A respeito da Rede de Recursos de Desastres da Índia (IDRN) Jain (2014) destaca que: (1) Sistema integrado como o departamento de Meteorologia da Índia e os ministérios da defesa, do desenvolvimento urbano, das comunicações e da tecnologia da informação, da saúde, do petróleo, da agricultura, do poder, do meio ambiente e das florestas e dos bens alimentares e civis, etc., (2) Em caso de sinistro todas as informações são repassadas aos cidadãos e autoridades, para que ações imediatas sejam tomadas.
6. SAP Mobile Platform – HANA	Buenos Aires/Argentina	Para Silvosa (2016) este dispositivo móvel utilizado no Rio da Prata: (1) Solução SAP, big data e IoT para aprimorar a gestão urbana para evitar enchentes e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. (2) Padronização dos processos de manutenção (cobrindo ruas, calçadas, semáforos, espaços verdes e árvores.) por meio de centros de controle para acompanhar as tarefas em tempo real. (3) Solução SAP CRM para gestão de relacionamento, para o gerenciamento das permissões concedidas para construções e consertos em áreas públicas. (4) Garantir a limpeza das ruas e dos sistemas de drenagem, reduzindo os riscos de enchentes para evitar inundações. (5) Os buracos, luzes defeituosas, tubulações de água estragadas são reportadas ao Ministério de Meio Ambiente e Espaço Público, que notifica os empreiteiros acelerando o processo de conserto.
7. S2ID - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres	Florianópolis – SC/Brasil.	No S2ID (2018) traz transparência à gestão de riscos e desastres no Brasil e: (1) Integra diversos produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC. (2) Registrar desastres ocorridos no município/estado. (3) Consultar e acompanhar os processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou de estado de calamidade pública. (4) Buscar informações sobre ocorrências e gestão de riscos e desastres com base em fontes de dados oficiais. Obs.: maiores detalhes constam no case 4 abaixo deste artigo.
8. Google Crisis Response	Mundo.	Silva (2015) apresenta o objetivo de suas ferramentas: (1) Google Public Alerts: divulgar alertas de emergência na web. (2) Google Person Finder: para conectar pessoas e familiares após um desastre. (3) Google Crisis Maps: exibir várias informações geográficas em tempo real, tais como: rota de uma tempestade, locais de abrigo, quedas de energia etc. (4) Google Fusion Tables: Reunir, visualizar e compartilhar dados em tempo real entre equipes. (5) Google Docs and Spreadsheet: compartilhar arquivos, textos, figuras, documentos, tabelas, em tempo real, com voluntários, colaboradores, parceiros e organizações, eliminando a necessidade de enviar Emails e anexos. (6) Google Maps Engine Lite: para criar mapas do Google personalizados de acordo com as necessidades do usuário. No caso dos desastres, podem fornecer informações críticas às equipes ou para o público em geral (como rotas, abrigos etc).

Tabela 4: Sistemas em operação e gestão de DN

(Continuação)

Aplicações	Região	Principais Funcionalidades/Características
9. National Emergency Management Information System (NEMIS) .	USA – da agência americana FEMA (Federal Emergency Management Agency)	Segundo (FEMA, 2018) é um sistema de informação que busca ajudar pessoas antes, durante e depois de desastres: (1) Tem os módulos: gerenciamento de incidentes, avaliação preliminar de danos, suporte emergencial, infraestrutura afetada, mitigação e serviços humanos. (2) Integrar as operações de planejamento e preparação com seus programas de assistência a desastres. (3) Permite que dados sejam coordenados durante um desastre, como por exemplo, o monitoramento de um incidente para prestar assistência às comunidades e indivíduos afetados.
10. AidMatrix	USA - Dallas	Segundo seu site AidMatrix (2018): (1) Conecta os governos e as ONGs fazendo a gestão de doações em espécie e controle do trabalho realizado pelos voluntários. (2) Das ferramentas Supply Chain Management Platforms (SCM) - SCM4Goods, SCM4Given, SCM4Hunger, Volunteer e Fundraising fornece ajuda incluindo assistência em desastres, assistência médica e assistência humanitária. (3) Recrutar, gerenciar e disponibilizar pessoas para ajuda humanitária e auxílio à coleta de doações financeiras.
11. SAHANA	Sri Lanka	Conforme Silva (2015) as principais funcionalidades são: (1) registro de organizações e entidades, módulo de solicitação, (2) registro de abrigo, cadastro de pessoas desaparecidas, (3) envio de mensagens texto, e-mail e rede social. (4) Controle e catálogo inventário automatizando as operações de envio e recebimento de remessas.
12. UICDSe (Unified Incident Command and Decision Support)	USA	Conforme Shafiq <i>et al.</i> , (2012): Um protocolo de middleware capaz de compartilhar informações entre várias outras ferramentas. (2) Fornece padrões e modelos de dados para os seguintes aspectos de aplicações de gerenciamento de desastres: (i) compartilhamento de mapas e dados geoespaciais; (ii) estrutura de comando e coordenação para gerenciamento de incidentes; (iii) gerenciamento de incidentes, recursos e pessoas; (iv) planejamento de incidentes e gerenciamento de documentos; e (v) sistema de alerta. (3) Apresenta informações como relatórios de situação, alertas, tempo, trânsito, situação dos hospitais, localização de escolas, localização das brigadas de incêndio, notícias, dados socioeconômicos, entre outras.
13. DONARE	São Paulo – SP/Brasil. Defesa Civil de Campinas	Gerenciar donativos recebidos pela Defesa Civil durante situações de desastres. Possui as seguintes funcionalidades: (1) Cadastro de transportadoras, armazéns, abrigos, pessoas beneficiadas pelas ações humanitárias. (2) Cadastro de voluntários, de hospedagens, consulta de relatórios referente aos produtos estocados nos armazéns e também sobre as hospedagens realizadas nos abrigos.

Tabela 4: Sistemas em operação e gestão de DN

(Conclusão)

Aplicações	Região	Principais Funcionalidades/Características
14. DesInventar (Disaster Inventory System)	América Latina	O DesInventar é uma ferramenta conceitual e metodológica para a construção de bancos de dados de perdas, danos ou efeitos causados por emergências ou desastres (DESINVENTAR, 2018) e apresenta: (1) Um Sistema de Inventário de Desastres permite consulta e visualização em tempo real de informações sobre desastres de pequeno, médio e grande impacto, com base em dados pré-existentes, fontes de jornais e relatórios institucionais em diversos países. (1) Dados sobre número de mortes, valor prejuízo, valor perda, cultivo, florestas, pecuária, centros educacionais afetados ou destruídos, número de centros de saúde, clínicas, hospitais destruídos ou afetados, número de habitações danificadas, desaparecimentos, feridos, doentes entre outros.
15. HDX - Humanitarian Data Exchange	Mundo	Segundo Silva (2015), esta ferramenta permite: (1) <i>upload</i> e <i>download</i> de informações úteis durante um desastre, como por exemplo: total de habitantes de uma região, informações sobre estradas e rotas, informações sobre telecomunicações, indicadores financeiros da região etc.

Fonte: Zanchett, Rabelo (2018, p. 92-96).

4.6 LACUNAS OBSERVADAS

Como mencionado na Seção 1 e 2, após essa extensa análise, não foram encontrados trabalhos que tivessem como objetivo propor um DSS "completo" para desastres naturais, abrangendo todos os aspectos e tipos de DN. Tampouco identificou-se artigos que tivessem adotado alguma RA como base para projetar os DSS propostos.

Uma outra observação dessa análise foi a de que muitos trabalhos focaram no uso de certas tecnologias para o apoio a DN, tais como algoritmos para previsão do tempo e planejamento; sensores especializados para aquisição de dados; abordagens para aprimorar a interação humano-DSS; uso de IA e Big Data para análise de dados; e modelagem de DN.

5 PROCESSO DE CONCEPÇÃO DA *RADIAN*

5.1 O PROCESSO DE CONCEPÇÃO INICIAL DA *RADIAN*

Considerando os passos da metodologia de pesquisa adotada (descrita na seção 2), e dada a inexistência de trabalhos sobre Arquitetura de Referência (AR) para DN, foram pesquisados trabalhos que pudessem dar um maior suporte sobre como se criam RA, para posteriormente “instanciá-lo” para o domínio de *Decision Support System* (DSS) e para o subdomínio de Desastres Naturais (DN). Neste sentido, foram encontrados e analisados 18 trabalhos³⁵.

Após análise inicial, observou-se que basicamente todos eram, ou descrições de uma dada RA para domínios de aplicação específicos que não o de DSS ou DN, ou um apanhado de RA existentes. Além disto, apresentavam as RA sem descrever (ou com algum nível maior de detalhamento) como foram construídas. O único trabalho encontrado que apresentou uma metodologia clara e sólida e com exemplos foi o de NAKAGAWA *et al.*, (2012), com o *RAModel*. Ele foi, portanto, o tomado como base para a concepção inicial da *RADIAN*.

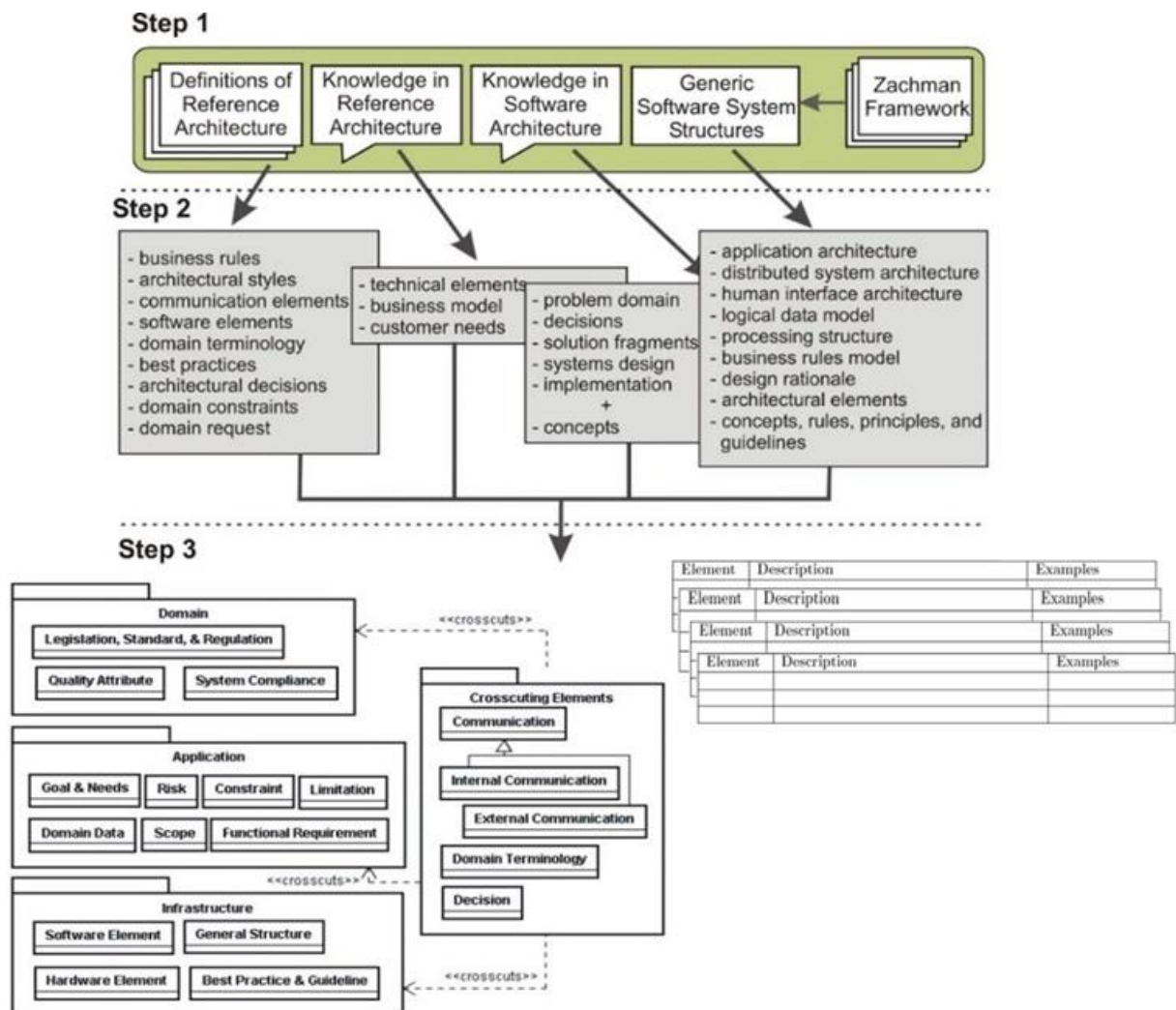
O *RAModel* é um meta-modelo para concepção de RA, representado como um processo racional de desdobramentos/decomposições/instanciações de três grandes etapas (Figura 3). Estas iniciam com conhecimentos de base para uma RA “qualquer” (*Step 1*), passam por um direcionamento geral tendo em vista a RA desejada (*Step 2*), e culminam com a sua instanciação para o artefato final / sistema (*Step 3*). A explicação bastante detalhada do passo a passo do processo de construção das bases da *RADIAN* a partir do *RAModel* está disponível em link³⁶.

Essencialmente, todo esse processo lidou (no *step 2*) com o resultado da análise e compilação feita a partir do estado da arte e da prática em sistemas gerais e DSS para DN (descritas na Seção 4), incluindo seus inter-relacionamentos, fases de um DN, as categorias de ações a serem tomadas, e os atores e sistemas externos a serem considerados quando de DN e nos processos decisórios associados.

³⁵ A tabela com a relação dos trabalhos e uma breve explicação sobre cada um deles pode ser consultada no link https://drive.google.com/file/d/1YNB8jmjwx5Vtd0uN1DQ_7d1DobXE661R/view?usp=drive_link

³⁶ https://drive.google.com/file/d/1732FDSYx84NcEHrl-6yJ1couzjYTNzlg/view?usp=drive_link

Figura 3: Processo do RAModel



Fonte: Nakagawa, Oquendo e Becker (2012)

Relacionado à Etapa 1, foram pesquisados alguns fundamentos e definições relacionadas à RA, DSS, arquitetura de software e padrões, e estilos arquiteturais, sumarizados na Seção 3. Em termos gerais, pode-se dizer que essa etapa forneceu a base inicial para construir a *RADIAN* como uma RA.

Na Etapa 2, com o objetivo de complementar essas fontes de informação e considerando a meta de desenvolver uma RA voltada para DSS, foi realizada uma revisão da literatura. Um conjunto de 17 artigos relacionados a RA³⁷ foi analisado, cujas experiências foram úteis para enriquecer o processo do *RAModel* com novos elementos para a RA planejada. Esses elementos incluíram diversos aspectos, como

³⁷ https://drive.google.com/file/d/1YNB8jmjwx5Vtd0uN1DQ_7d1DobXE661R/view?usp=drive_link

normas, governança, derivação e instanciamento, estilos e métodos de tomada de decisão, comunicação e integração/interoperabilidade, modularidade e escalabilidade, coleta e análise de dados, compartilhamento de dados e conhecimento, conformidade e segurança (AFFONSO *et al.*, (2014), DALINGER (2011), ORUÇ; KOÇYIĞIT (2019) LIU *et al.*, (2012), BAU *et al.*, (2018), PARK; SUGUMARAN; PARK (2018) e BASHIR; GILL (2017). Em termos gerais, pode-se dizer que a Etapa 2 forneceu a base para considerar o aspecto ‘DSS’ na *RADIAN*.

Na Etapa 3, utilizando os elementos da Etapa 2 como insumo e com base em uma meta-análise realizada a partir da revisão da literatura sobre artigos, projetos de pesquisa e sistemas (ver Seção 4 e Apêndice A), um conjunto de princípios de projeto e requisitos gerais foi elaborado, tidos como a lógica básica do *RADIAN*.

Esses princípios e requisitos abrangem as dimensões do *RAModel*, como domínio, aplicações, infraestrutura e elementos transversais. O aspecto de elementos transversais do *RAModel* é representado por esses princípios e requisitos gerais.

Essas dimensões foram tomadas como uma das bases para estruturar os módulos internos do *RADIAN*. Em termos gerais, pode-se dizer que a Etapa 3 forneceu a base para considerar o aspecto ‘gestão de DN’ no contexto de um DSS sob a perspectiva de uma RA.

5.2 ABORDAGEM INDUTIVA E IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DA *RADIAN*

A abordagem indutiva empregada sobre os trabalhos existentes teve três objetivos principais:

1. Identificar as funcionalidades dos sistemas DSS e como elas foram agrupadas em módulos;
2. Identificar as inter-relações e o fluxo de controle lógico entre essas funcionalidades;
3. Identificar as arquiteturas dos sistemas DSS.

A revisão sistemática da literatura (Seções 3 e 4) foi conduzida duas vezes, seguindo os ciclos de refinamento da metodologia DSR:

- a) Primeira revisão: Identificação de 249 funcionalidades comuns de DSS;
- b) Segunda revisão: Identificação de 21 novas funcionalidades, totalizando 270 funcionalidades.

Todas as funcionalidades dos DSS foram analisadas, compiladas e harmonizadas manualmente. O processo de harmonização incluiu:

- a) Agrupar funcionalidades funcionalmente equivalentes que estavam descritas com nomes diferentes;
- b) Processar nomes que eram muito relacionados ao tipo de DN tratado, mas cujo papel principal era o mesmo;
- c) Abstraí-las em termos de papéis principais, terminologias e fluxos de controle lógico.

Considerando o aspecto fundamentalmente indutivo do processo de concepção da *RADIAN*, foi feita uma meta-análise dos 113 artigos selecionados para avaliação visando identificar funcionalidades e conjuntos (*clusters*) em comum. Isto visou, não apenas observar o foco de contribuição maior do trabalho de cada autor em termos de DN, como também servir como uma base inicial para a definição dos módulos e funcionalidades da *RADIAN* (ver seção 6), complementado com uma análise das funcionalidades dos projetos de pesquisa e sistemas existentes.

Como ponto de partida para estruturar a *RADIAN* em termos de módulos principais, o grande conjunto de funcionalidades comuns foi processado por meio da ferramenta de IA generativa *ADAPTA*³⁸. Foram introduzidas as 272 entradas de fontes previamente analisadas: 144 projetos, 15 sistemas e 113 artigos relacionados a desastres naturais (DN). Após o processamento inicial, as sugestões da ferramenta foram analisadas manualmente e refinadas, considerando a familiaridade prévia com as fontes e comparando os resultados com as funcionalidades essenciais que todo DSS deveria ter (Turban et al., 2005), abordadas nas seções 3 e 4. Como resultado, foram identificadas 15 categorias (*clusters*) funcionais, abaixo listadas. A tabela que mostra essa categorização funcional e o trabalho-fonte da origem de cada uma das funcionalidades identificadas é mostrada no **Apêndice D**.

1. Monitoramento e Alerta - deu origem ao "Módulo de Comunicação com Sistemas Externos", que gerencia a recepção e tratamento de dados de sistemas envolvidos com DN, e ao "Módulo de Supervisão de Execução das Decisões", que apoia o envio de alertas a comunidades;
2. Gestão de Desastres e Resposta a Emergências - deu origem ao "Módulo de Planejamento de Execução", que apoia a defesa civil no planejamento detalhado

³⁸ <https://adapta.org/>

das operações, e ao "Módulo de Supervisão de Execução das Decisões", que apoia a supervisão da execução do plano;

3. Análise de Dados - deu origem ao "Módulo de Gestão de Dados", que dá suporte a funções de gestão de conhecimento e tratamentos de IA, e ao "Módulo de Análise e Tomada de Decisões", que utiliza diferentes tipos de sistemas computacionais usando diferentes abordagens e métodos de suporte;
4. Comunicação e Colaboração - deu origem ao "Módulo de Análise e Tomada de Decisões", para o qual convergem todos os dados para análise colaborativa e distribuída, e o "Módulo de Comunicação com Sistemas Externos", que possibilita a interoperabilidade e a troca/compartilhamento de dados;
5. Infraestrutura e Tecnologia – deu origem ao “Módulo de Comunicação com Sistemas Externos” e interacionamentos com as “Entidades Externas” considera a integração com sistemas externos e a utilização de diferentes tecnologias de comunicação, integração e interoperação;
6. Modelagem e Simulação - deu origem ao "Módulo de Análise e Tomada de Decisões", que traça cenários, faz simulações e previsões em tempo real.
7. Conscientização e Educação – deu origem ao “Modo Treinamento & Capacitação” pois definiu as ações a serem feitas usando o DSS, e que podem ser relacionadas a treinamento e capacitação de atores;
8. Gestão de Conhecimento e Lições Aprendidas - deu origem ao "Módulo de Gestão de Dados", responsável pelo armazenamento de todo tipo de dado e conhecimento relacionado a DN e das áreas de responsabilidade ou de influência da defesa civil;
9. Governança e Gestão - deu origem ao "Módulo de Suporte Geral", responsável por propiciar meios em termos de segurança computacional, configuração do modelo de governança e controle de acesso a dados.
10. Análise de Risco e Vulnerabilidade - deu origem ao "Módulo de Análise e Tomada de Decisões", que avalia riscos e traça cenários para lidar com DN;
11. Integração de Sistemas Ciberfísicos – deu origem ao “Módulo de Comunicação com Sistemas Externos” menciona a atuação nos sistemas físicos e a comunicação com sistemas e infraestruturas ciberfísicas;
12. Planejamento de Execução e Gestão de Recursos - deu origem ao "Módulo de Planejamento de Execução", que apoia a defesa civil no planejamento detalhado das operações e no gerenciamento de recursos disponíveis;
13. Supervisão e Monitoração de Ações - deu origem ao "Módulo de Supervisão de Execução das Decisões", que apoia os atores envolvidos na supervisão de execução do plano determinado;
14. Interação com o Usuário e Experiência do Usuário - deu origem ao “Módulo de Interação com Usuários” que abrange todos os processos relacionados à interação da interface com os usuários do DSS derivado;
15. Modelagem Cognitiva e Tomada de Decisão – definiu funções que compõem os “Módulos de Análise e Tomada de Decisões, de Planejamento de Execução, de Supervisão de Execução das Decisões e de Suporte Geral considerando aspecto de "Cognição", que abrange todos os processos de aquisição de dados, análises, processamento e tomadas de decisão.

Com base nessas ações, começou-se a estruturar a *RADIAN* em si de forma mais concreta, tomando como base as diretrizes advindas do *RAModel* (Seção 5.1).

Numa primeira ação, adotando-se fundamentações gerais sobre DSS (Turban et al., (2007), e outras, descritas na Seção 3.2), definiu-se que a RA seguiria a arquitetura clássica e consolidada na literatura, de ser composto por 2 grandes partes: o DSS em si e o sistema exterior com o qual ele interage. Importante salientar que, por essa mesma literatura, o usuário do DSS é visto como um elemento arquitetural *interno* ao DSS.

Numa segunda ação, essas 15 categorias foram tomadas inicialmente como módulos da RA, posicionando-os dentro daquelas 2 partes, e estruturando-os principalmente considerando o fluxo lógico macro de controle definido em Turban et al. (2005), Konate, et al. (2022), Holsapple (2018) e Hall (2008) (ver seção 3.2).

Posteriormente, como uma terceira ação, 270 funcionalidades foram elicitadas a partir da análise da revisão do estado da arte (Seção 4) e submetidas à ferramenta *ADAPTA*. Isto teve como objetivo identificar *subclusters* alinhados àquelas 15 categorias para definir quais daquelas funcionalidades estariam mais relacionadas a qual dessas categorias. Desta *subclusterização* resultaram 42 macro funcionalidades generalizadas.

Numa quarta ação, foram definidos os fluxos lógicos e inter-relações entre essas 42 macro funcionalidades. Esta definição tomou como base o modelo *Inteligência-Projeto-Escolha*, complementado com as etapas *Implementação-Análise*, como adaptação do conceito de “malha fechada” de controle (ver Seção 3.2.4).

Como quinta ação, e em função dessa definição anterior, foi verificada a necessidade de um refinamento naquele agrupamento inicial de 15 categorias. Disto resultou na fusão de algumas, passando de 15 para 13 categorias. Estas 13 categorias foram tidas como os módulos-base da RA. Este refinamento também se inspirou na arquitetura ISO de referência de Gêmeos Digitais (*Digital Twin Reference Architecture*)³⁹. Nesta, a arquitetura de um Gêmeo Digital é composta por 5 partes principais relacionadas à: interface e interação do usuário de suporte; coleta e monitoramento de dados (em tempo real) (de sistemas externos); modelo de dados e gestão baseada em dados; raciocínio orientado a modelos; e aspectos de suporte, como integração e segurança de dados. Este paralelo com um Gêmeo Digital deve-

³⁹ <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:23247:-2:ed-1:v1:en>

se ao fato de que, na abstração, o DSS pretendido (a ser derivado a partir da *RADIAN*) também tem uma grande interação com usuários, coleta dados de um sistema real (um DN, no caso) e pode atuar nele, raciocina sobre esses e outros dados bem como sobre modelos, e toma decisões em algumas ações ou auxilia os usuários nessa tomada de decisão. Paralelamente, o Gêmeo Digital (assim como o DSS) precisa de módulos de suporte (principalmente de cunho computacional) para garantir todo o processo de comunicação entre todas as partes envolvidas, e com segurança. Assim sendo, os 13 módulos foram enquadrados em 5 blocos principais.

Como sexta e última ação geral, as 42 macro funcionalidades foram agrupadas nos 13 módulos principais por similaridade funcional, e suas inter-relações ajustadas.

Em termos de estrutura geral da RA, e embora a *RADIAN* pretenda ser agnóstica, independente de tecnologias e de modelos de implementação, um de seus objetivos é facilitar sua adoção. Isso inclui a derivação do DSS específico e sua posterior e efetiva implementação e implantação.

Nesse sentido, o projeto do RA se baseou parcialmente no consolidado Modelo 3 Camadas (*3 Tiers Model*) de software (TIE, 2011). Este modelo corresponde a uma arquitetura de software que divide um sistema computacional em três camadas lógicas: a camada de apresentação (interface do usuário), a camada de aplicação/lógica (regras de negócios e processamento de dados) e a camada de dados (armazenamento e gerenciamento de dados). Trata-se de um *pattern* que potencializa uma maior escalabilidade, modularidade e flexibilidade no projeto de software, separando as funcionalidades em módulos distintos, desacoplados e independentes, na maioria das vezes em plataformas de software/hardware distribuídas, separadas e heterogêneas.

Isso também é muito útil quando se olha para a abordagem moderna de servitização, geralmente baseada no estilo arquitetônico SOA (*Service Oriented Architecture*) (KRAFZIG et al., 2005). Desta forma, um sistema de computação (como o DSS) é ou pode ser composto por uma composição de pequenos módulos de software (serviços), de acoplamento flexível, de granularidade variável e responsabilidade funcional muito bem delimitada, que podem ser orquestrados inclusive a partir de modernos ambientes BPM (*Business Process Management*) e com processos de negócios modelados na linguagem padrão *de facto* BPMN (*Business Process Model and Notation*), como em SOUZA et al. (2015). No caso desta

tese, todos os 14 protocolos de ação das defesas civis consideradas foram modelados em BPMN.

Essa modularização e desacoplamento funcional facilita a substituíbilidade, integração e interoperabilidade das funcionalidades implementadas do DSS (quando na forma de serviços de software) (OSÓRIO et al., 2023), igualmente importante a ser considerado na arquitetura do sistema visando-se tirar proveito de ecossistemas externos / de inovação de provedores de serviços / soluções para alimentar as necessidades funcionais do DSS derivado.

Em suma, o processo de construção do *RADIAN* resultou dela ser composta/estruturada em 2 partes, 5 blocos, 13 módulos e 42 macro funcionalidades. A descrição detalhada desses elementos é apresentada na Seção 6.

5.3 RACIONAL DA *RADIAN*

Tendo como base todo referencial teórico estudado, os seguintes aspectos foram balizares na concepção da RA proposta, servindo igualmente como racional dos DSS a serem derivados a partir dela:

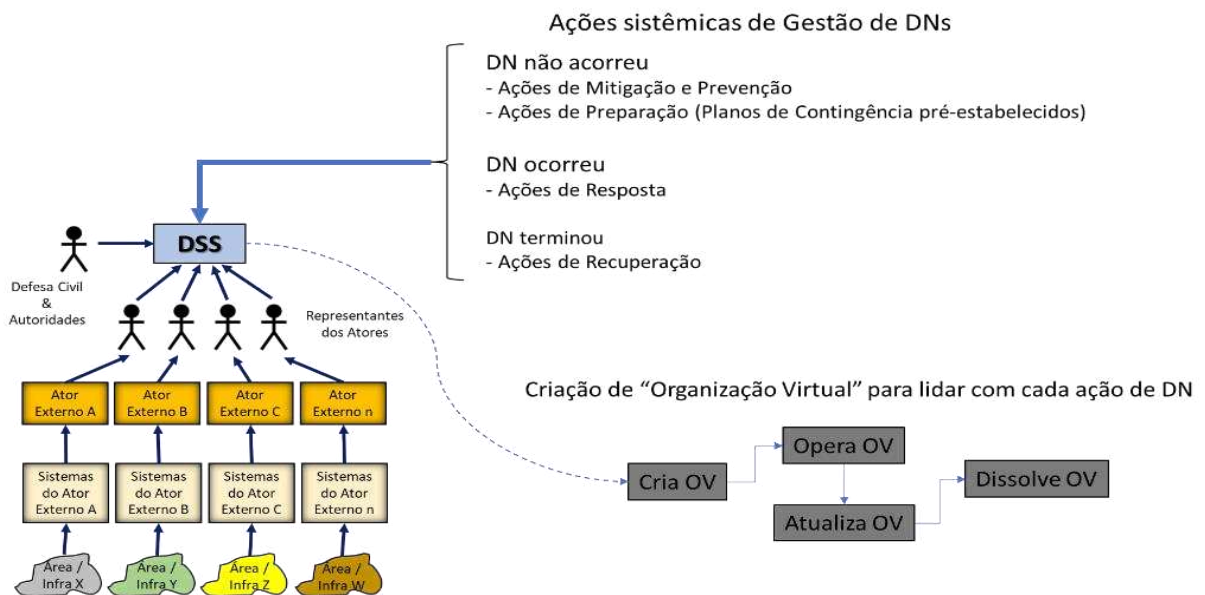
- | | |
|------|--|
| i. | existem dezenas de tipos diferentes de DN (dentro das categorias <i>geológica, hidrológica, meteorológicos, climatológicos, biológicos e tecnológicos</i>), cada um com suas especificidades bem como diferentes regulamentações legais, técnicas e sanitárias, de diferentes cidades, estados e países envolvidos. No caso da taxonomia utilizada pelo governo brasileiro, há 67 tipos/subtipos de DN; |
| ii. | para cada DN existem ações relacionadas à sua mitigação, prevenção, resposta, e recuperação, que por sua vez podem ser feitas em ciclos dentro das fases de antes, durante e depois da ocorrência do DN; |
| iii. | as ações perante um dado DN, conforme a sua fase, podem ser, desde a ações imediatas e de muito curto prazo, a de mitigações, de médio e longo prazos; |
| iv. | os DN têm diferentes níveis de intensidade e gravidade em relação aos seus impactos e consequências; |
| v. | os DN não são estáticos, são de difícil controle e de incertezas de previsibilidade; eles mudam/evoluem ao longo do tempo, para melhor ou para pior, em velocidades diferentes. Além disto, dependendo da abrangência geográfica da defesa civil/região envolvida, mais de um DN, inclusive de diferentes tipos, pode ocorrer simultaneamente; |
| vi. | existem protocolos gerais de operação para os diferentes tipos de DN, envolvendo, tanto atores (legalmente) predefinidos, quanto atores “sob demanda”, contratados de acordo com as necessidades; |

- vii. esses protocolos são apenas gerais e devem ser “instanciados” ao longo do ciclo de vida do DN;
- viii. esta instanciação significa que há uma série de planos/possibilidades para se lidar com um DN, considerando também as áreas naturais, as infraestruturas físicas e críticas, e as áreas habitacionais afetadas;
- ix. tais planos envolvem alocação e análises de disponibilidade de recursos (humanos, materiais, financeiros, alimentares, transporte, hospitais, moradias, entre inúmeros outros), o que o acesso a dados de áreas/infraestruturas e discussões entre inúmeros atores;
- x. as decisões e ações concretas a serem tomadas ao longo do ciclo de vida de um dado DN, e dentro de um dado protocolo, devem ser discutidas com todos os atores envolvidos, distribuídos, de forma colaborativa e coordenada a fim de contemplar as diferentes e complementares visões de análise e planejamento dos atores (LIMA *et al.*, 2018; VISAN *et al.*, 2021);
- xi. As decisões, critérios decisórios, atores envolvidos, etc., devem ser transparentes dentro do que rege os PAC em termos de formas e hierarquias de discussão, e passíveis de serem posteriormente auditados;
- xii. o acesso a fontes de informações e digitais de dados deve ser regido por um modelo de governança explícito (COSTA *et al.*, 2014)⁴⁰;
- xiii. o acesso a fontes de informações e digitais de dados deve ser o mais eficiente possível (e.g., em tempo real, interoperável, etc.), e ter suporte de segurança computacional;
- xiv. cada tipo de ator é responsável por lidar com seus recursos, mas sua alocação e duração dependem do DN, sua gravidade e dos outros atores;
- xv. cada tipo de ator tem responsabilidades legais nos níveis federal, estadual e municipal;
- xvi. as ações a serem feitas usando o DSS podem ser relacionadas não apenas à *operação* (ou seja, ações reais), mas também a *treinamento* e *capacitação* de atores (ou seja, ações ‘fictícias’ simuladas em ambiente controlado, que não atuam ou interferem nos sistemas físicos reais internos ou externos);
- xvii. O DSS deve poder ser acionado de forma *reativa* (quando há uma efetiva ocorrência de DN ou devido a um treinamento/capacitação) ou *proativa* (ações de detecção automática na primeira fase de DN);
- xviii. o escopo de ações do DSS (no modo ‘*operação*’) poderá abranger, não apenas análises lógicas de decisões, mas também de planejamento de ações e suas posteriores supervisões, podendo envolver comandos de atuação nos sistemas físicos/ciberfísicos envolvidos e retroalimentação de informações. Este princípio de retroalimentação é inspirado no conceito clássico de “*closed-loop control*” (DOYLE *et al.*, 2013). Dado a esses aspectos, a arquitetura do DSS é logicamente organizada em camadas hierárquicas: física, dados, comunicação, supervisão, planejamento e decisão;

⁴⁰ Um estudo sobre modelos de governança para redes de atores distribuídos e autônomos foi executado para fins de uma maior compreensão sobre o tema. Poderá ser acessado em https://drive.google.com/file/d/1w5VCeV9PCtSHGWk9Lx4VLYuzeMNb85Gb/view?usp=drive_link.

- xix. tais análises, planejamentos, simulações, predições, etc., podem fazer uso de diferentes tipos de sistemas computacionais usando diferentes abordagens e métodos de suporte;
- xx. todos dados e conhecimento angariado com os DN devem ser armazenados em um repositório de melhores práticas e lições aprendidas;
- xxi. um DSS derivado a partir da *RADIAN* deve ser visto como um sistema de software independente, passível de trabalhar, tanto na forma *stand-alone* e *desktop*, como na forma de um software remoto em Nuvem, como *SaaS* e baseado na web;
- xxii. um DSS derivado deve poder ser facilmente integrável a ecossistemas externos de provedores de serviços de software e de infraestruturas computacionais assim como ser acessado a partir de plataformas web e móveis, incluindo vestíveis e metaverso, por exemplo;
- xxiii. cada plano de operação gera uma *organização virtual* (conjunto temporário e dinamicamente estabelecido de atores e recursos) para executar a instanciação de um PAC, podendo haver várias em simultâneo. Cada organização virtual tem o seu próprio ciclo de vida: criação, operação, evolução (atualização) e dissolução (CAMARINHA-MATOS *et al.*, 2005) (Figura 4).

Figura 4: Organizações Virtuais para atendimento de DN



Fonte: Do autor (2025)

Considerando esses princípios e requisitos gerais bem como a análise do estado da arte (Seção 4 e apêndices), a *RADIAN* foi concebida de forma que o DSS derivado a partir dela possa suportar:

- i. Decisões multi-ator, multinível e multicritério, com governança e auditabilidade, seguindo protocolos de ação apropriados (operacionais, legais, sanitários, técnicos, etc.), que são específicos de cada região, estado ou país;
- ii. Conformidade, compartilhamento, segurança, privacidade de dados e conhecimento, e conformidade com o GDPR;
- iii. Utilização de plataformas colaborativas entre atores diferentes, distribuídos e independentes;
- iv. Incorporação de métodos de gerenciamento, supervisão e monitoramento para diferentes tipos de DN e níveis de maturidade e necessidades das Defesas Cívicas;
- v. Integração e interoperabilidade com sistemas computacionais legados e infraestruturas ciberfísicas críticas dos atores e regiões envolvidos, incluindo coleta e ingestão de dados em tempo real, promovendo a gestão de decisões orientadas por dados;
- vi. Suporte tanto a dados e conhecimentos estáticos quanto dinâmicos;
- vii. Suporte a um raciocínio cognitivo inteligente e abrangente: gestão, planejamento, alocação dinâmica de recursos (atores e seus papéis legais, equipes, equipamentos, finanças e instituições de apoio) e logística, supervisão e monitoramento de qualquer DN durante seu ciclo de vida – antes, durante e após a ocorrência do desastre natural – integrado com análise de dados, gestão de desempenho, previsão, geração e análise de cenários e gestão de riscos. Isso pode também considerar os diferentes níveis de emergência, abrangendo desde intervenções imediatas e ações de curtíssimo prazo até esforços de mitigação de médio e longo prazo, de acordo com as áreas afetadas e seus tipos (áreas residenciais, infraestruturas críticas, fontes de água, etc.), os diferentes níveis de intensidade e gravidade do DN e as consequências reais ou previstas;
- viii. Suporte para discussões e tomadas de decisão distribuídas, síncronas e assíncronas, e colaborativas;
- ix. Capacidade de lidar com mais de um DN ocorrendo simultaneamente, ou com desastres subsequentes inter-relacionados como consequência de um anterior;
- x. Suporte tanto para operação reativa (quando os atores decidem utilizar o DSS) quanto para operação proativa (quando o DSS alerta os atores de que um determinado DN está prestes a acontecer);
- xi. Incorporação de tecnologias avançadas da informação, como chatbots/assistentes digitais, gêmeos digitais, IA, aprendizado de máquina, Pesquisa Operacional ou algoritmos específicos, e big data, para análise, previsão, simulação, inteligência de negócios/analytics, modelagem e gestão de processos, e automação de processos;
- xii. Arquitetura aberta e agnóstica, independente de modelos de implementação, tecnologias, protocolos de comunicação, métodos de integração e padrões, bem como de provedores de sistemas externos e seus modelos de negócio/acesso associados;
- xiii. Atuação também como ferramenta para treinamento, ajudando a preparar os tomadores de decisão.

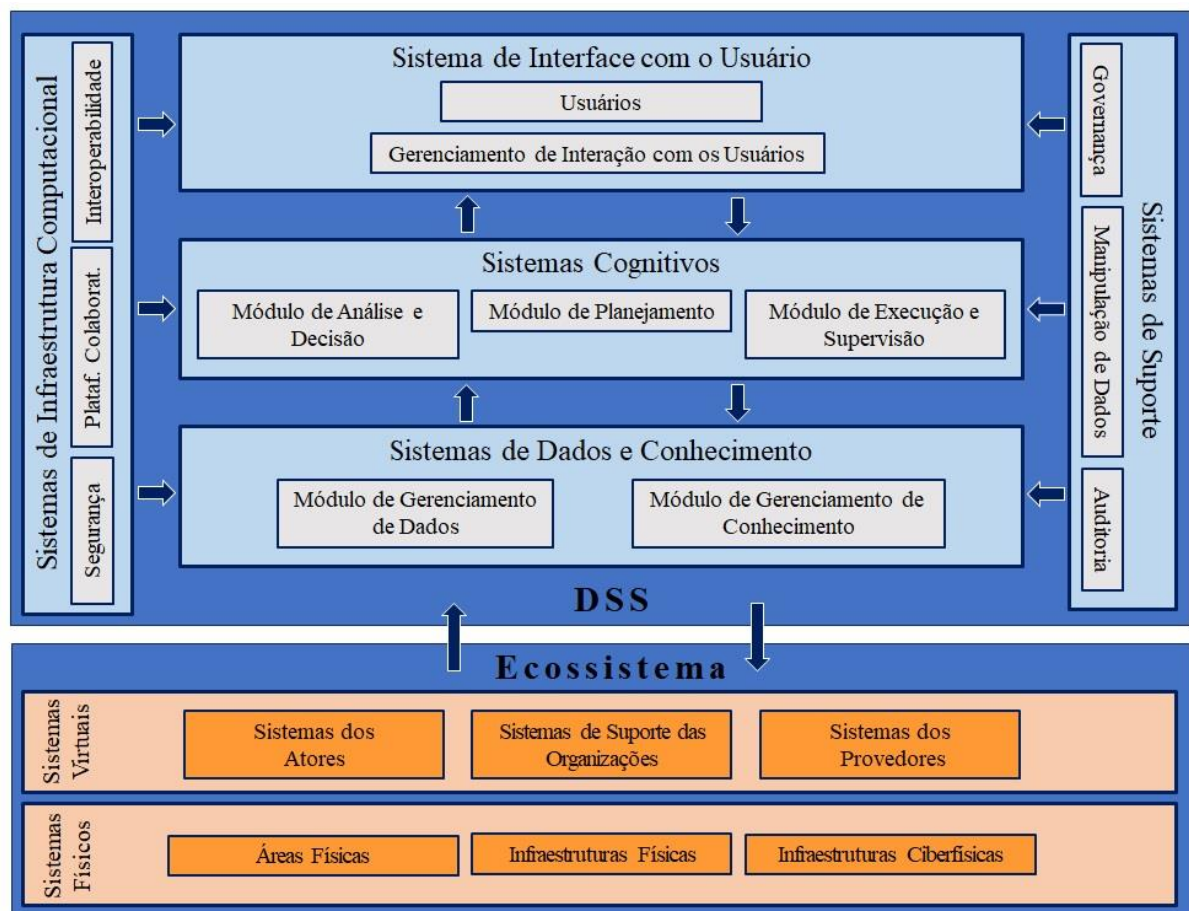
6 PROPOSTA DA ARQUITETURA DE REFERÊNCIA *RADIAN*

Esta seção apresenta a *RADIAN*. Ela é fundamentalmente estruturada em duas partes principais: o **DSS** e o **Ecosistema**. Esta organização reflete uma abordagem sistêmica para o suporte à decisão em cenários de DN, abrangendo desde a coleta de dados até discussões colaborativas, passando pela tomada de decisões, supervisão da execução de ações e obtenção contínua de feedback do Ecosistema.

6.1 A ARQUITETURA DE REFERÊNCIA *RADIAN* – VISÃO GERAL

Tomando como base o racional funcional e estrutural da *RADIAN* explanado nas Seções 5.2 e 5.3, a Figura 5 apresenta a *RADIAN* na sua visão geral.

Figura 5: *RADIAN* - Visão Geral



Fonte: Do autor (2025)

Suas duas partes estão destacadas como caixas em azul-escuro. O *DSS* é o componente central que processa e gerencia informações direcionadas ao enfrentamento de um DN. Ele é composto por 5 blocos interconectados do sistema (caixas em azul-claro) e 13 módulos (caixas em cinza). Já o *Ecossistema* representa os sistemas e entidades externas com os quais o DSS deve se comunicar, tanto virtuais quanto físicas (caixas em laranja). Ele envolve fontes de dados e alvos de ações realizadas pelo e para o DSS.

As áreas geográficas físicas, infraestruturas físicas e infraestruturas ciberfísicas da parte inferior (Sistemas Físicos) podem atuar, tanto como fontes de dados para o DSS, quanto como áreas que podem ser, de alguma forma, afetadas por um DN. Além disso, essas áreas são alvos de ações (realizadas também pelo DSS), que devem ser implementadas de acordo com a fase do DN, seu status de evolução e os dados coletados sobre elas.

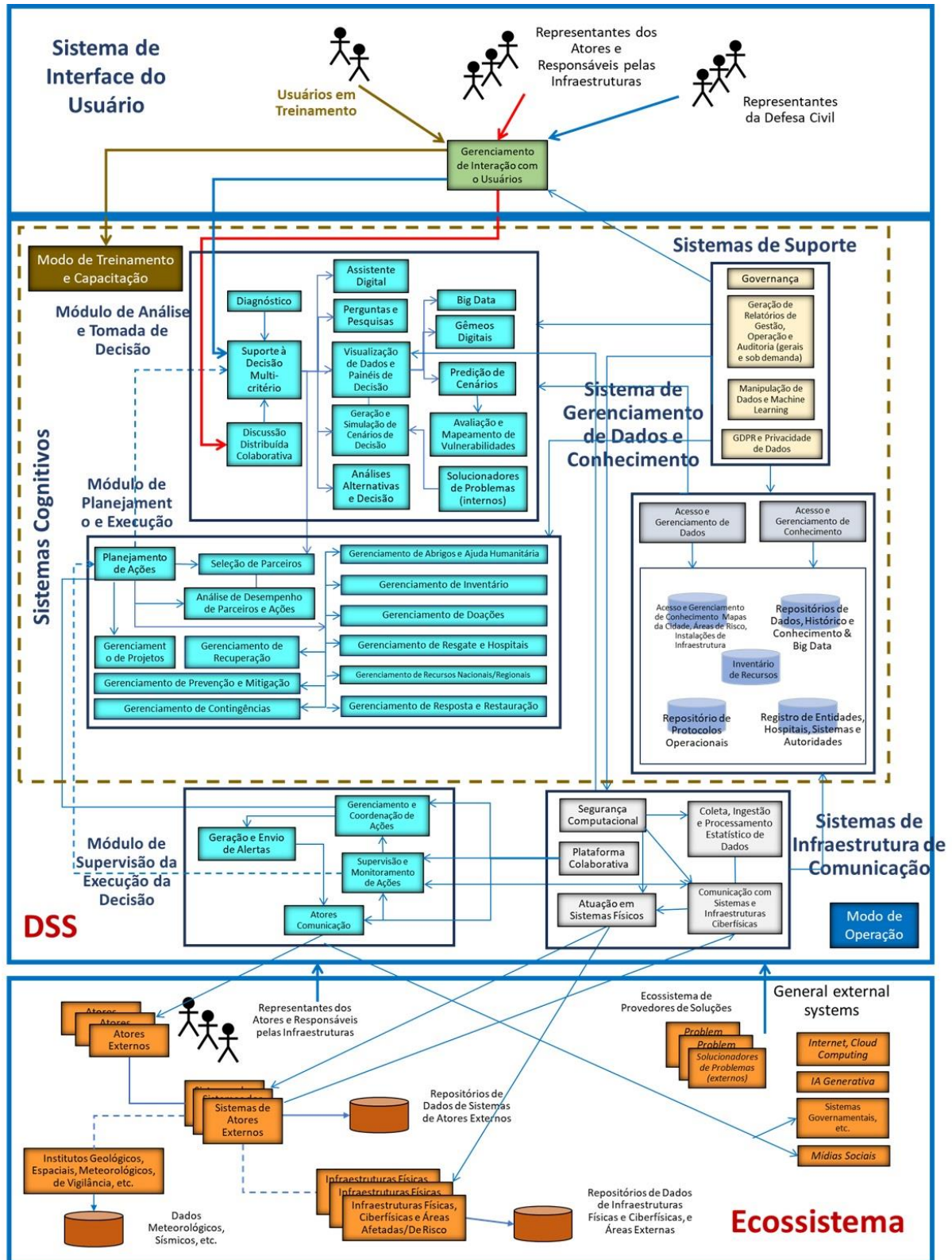
As setas na figura indicam os fluxos gerais de dados e controle entre esses elementos, delineando como a informação circula. Vale notar que os blocos de "Sistemas de Suporte" e "Sistemas de Infraestrutura Computacional" foram propositalmente desenhados de maneira que ultrapassassem graficamente a linha inferior do bloco "Sistemas de Dados e Conhecimento" de forma vertical. Isso visa ilustrar que o papel desses dois blocos não é apenas fornecer suporte a todos os outros blocos *dentro* da parte DSS, mas também que seu papel envolve apoiar o DSS no gerenciamento dos dados que vêm do Ecossistema e vão para ele.

Todos esses elementos são descritos na Seção 6.2 a seguir, juntamente com uma explicação básica de cada uma das 42 macro funcionalidades dentro de cada módulo, que complementam a apresentação da *RADIAN* e o fluxo lógico genérico dentro e entre seus diferentes módulos.

6.2 ARQUITETURA DE REFERÊNCIA RADIANT – VISÃO DETALHADA

Esta seção apresenta uma visão detalhada da *RADIANT* (Figura 6).

Figura 6: *RADIANT* - Visão Detalhada



Fonte: Do autor (2025)

As setas azuis contínuas indicam a direção do fluxo lógico geral entre macro funcionalidades/módulos (representando a direção mais comum, embora alguns fluxos possam ser bidirecionais). Setas azuis pontilhadas indicam o mesmo, mas para ciclos de retroalimentação. A seta vermelha indica que todo o ambiente do DSS está protegido contra uso por outros atores e organizações que não sejam a defesa civil, basicamente limitando-os às salas de discussões colaborativas e de tomada de decisão, de acordo com o modelo de governança e os regulamentos vigentes.

A Figura 6 também destaca as macro funcionalidades que seriam permitidas apenas para fins de treinamento. De maneira geral, isso inclui todas as funcionalidades que: não podem alimentar novos dados nos repositórios de dados utilizados em operação; e não podem atuar sobre sistemas físicos (de qualquer natureza) com base em decisões tomadas. Em outras palavras, o treinamento busca criar um ambiente “fechado e controlado”, mais direcionado para gestores iniciantes, *trainees*, etc. Esse ambiente é ilustrado como uma linha pontilhada marrom. Treinamentos mais avançados, em situações reais de DN, supervisionados por pessoas experientes e autorizadas, podem usar as demais funcionalidades de acordo com as políticas de treinamento de cada defesa civil.

É importante esclarecer que a distribuição das macro funcionalidades e dos fluxos lógicos dentro de cada sistema e módulo devem ser tomados como “padrão”, sugerível. Esse padrão foi elaborado com base nos agrupamentos sugeridos, como explanado na Seção 4. Para uma implementação efetiva de um DSS (ver Seção 6.3), esse padrão pode ser alterado e adaptado a cada caso particular, levando em conta os sistemas existentes/legados, as soluções e as tecnologias de implementação escolhidas.

6.2.1 Sistema de Suporte à Decisão (DSS)

A parte superior e central da RADIANT corresponde a todos os seus módulos e funcionalidades entre usuários e o DSS.

6.2.1.1 Sistema de Interface do Usuário

Gerencia as interações entre o DSS e seus usuários, assegurando uma experiência intuitiva e acessível em diferentes dispositivos e tecnologias.

- a) **Gestão da Interface do Usuário:** gerencia a apresentação visual e funcional do sistema para diferentes dispositivos (notebooks, tablets, smartphones, dispositivos vestíveis) e ambientes (desktop, web, móvel), permitindo personalização e acessibilidade. Isso inclui o uso de outras tecnologias associadas, como assistentes digitais, realidade virtual/aumentada e outros meios de interação. Também lida com as permissões de acesso, controle de interações e acesso aos dados, em conformidade com o GDPR, o modelo de governança e os protocolos de ação em vigor.

Macro funcionalidade:

- ✓ **Gestão de Interação com os Usuários:** responsável por gerenciar as interações entre o sistema DSS e seus usuários de acordo com os níveis necessários. Detalhará como ocorrerão as decisões multiníveis e as decisões distribuídas colaborativas entre os atores;

- b) **Usuários:**

Incluem representantes da Defesa Civil, Representantes dos Atores e Responsáveis pelas Infraestruturas e Usuários em Treinamento.

Macrofuncionalidade:

- ✓ **Modo Treinamento & Capacitação:** detalhará o processo de treino e capacitação dos atores envolvidos na gestão de DN conforme o modelo do DSS adotado e os objetivos, necessidades e contextos específicos dos atendimentos das ocorrências em DN.

6.2.1.2 *Sistemas Cognitivos*

É o “coração” do DSS, onde ocorrem análise de dados e tomadas de decisão colaborativas, sustentando todo o ciclo do DN. Seus três módulos representam uma abordagem de malha fechada de controle, onde o raciocínio inteligente sobre dados compartilhados e discussões colaborativas é concentrado.

1. **Módulo de Análise e Tomada de Decisão:** centraliza a análise de DN de forma colaborativa e multicritério. Estrutura cenários, avalia riscos, realiza simulações em tempo real (inclusive via gêmeos digitais das áreas afetadas) e

pode utilizar Pesquisa Operacional, ferramentas de IA e assistentes digitais para acelerar ou otimizar o processo de tomada de decisão.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Diagnóstico:** análise do tipo de DN, suas causas, impactos e extensão dos danos causados;
- ✓ **Suporte à Decisão Multicritério:** consideração de múltiplos critérios e variáveis relevantes para avaliar cenários de DN e alternativas de resposta;
- ✓ **Assistente Digital:** oferece respostas rápidas e corretas aos usuários, automatizando tarefas, sugerindo medidas e decisões, tanto nos modos de operação quanto de treinamento, a qualquer momento. Essa interação pode ocorrer via voz, realidade aumentada, etc.;
- ✓ **FAQ (Perguntas Frequentes):** fornece uma lista de perguntas frequentes e suas respostas correspondentes aos usuários (incluindo a sugestão de links e vídeos), que podem ser consultadas via voz, digitação ou assistentes digitais;
- ✓ **Visualização de Dados e Painéis de Decisão:** utilização de ferramentas de análise e visualização de dados (como inteligência de negócios) para que os usuários descubram e compreendam melhor padrões, tendências, etc., facilitando a tomada de decisão;
- ✓ **Big Data:** fornece insights e informações relevantes para outras funcionalidades, possibilitando uma tomada de decisão mais estratégica e informada;
- ✓ **Gêmeo Digital:** réplica virtual criada com dados em tempo real para visualizar o comportamento do DN, os impactos em áreas e infraestruturas, etc. Isso permite diagnósticos, simulações e previsões mais precisos;
- ✓ **Predição de Cenários:** antecipação e análise de possíveis cenários futuros de eventos ou situações específicas como suporte ao planejamento e à alocação de recursos;
- ✓ **Avaliação e Mapeamento de Vulnerabilidades:** identificação de áreas e populações mais suscetíveis aos impactos de DN por meio de análises detalhadas das fragilidades existentes. Facilita a priorização de ações preventivas e de resposta e contribui para um planejamento mais eficaz e direcionado às necessidades específicas conforme o DN evolui;

- ✓ **Geração e Simulação de Cenários de Decisão:** simulação de diferentes cenários possíveis e respostas, cada um representando uma combinação única de eventos, tendências, variáveis e condições que podem afetar a tomada de decisão na gestão de DN;
 - ✓ **Solução de Problemas (Internos):** uso de software especializado para problemas específicos ou complexos ao longo de um DN;
 - ✓ **Análise e Decisão de Alternativas:** avaliação sistemática de diferentes opções para fundamentar melhor as discussões e decisões, tendo como base a geração, simulação e predição de cenários;
 - ✓ **Discussão Colaborativa Distribuída:** ambiente integrado e seguro no qual todos os atores envolvidos e autorizados podem interagir, trocar ideias, compartilhar informações, construir soluções e tomar decisões, considerando o modelo de governança e os protocolos operacionais adequados. Isso pode ocorrer de forma **descentralizada e distribuída**, seja **sincronicamente ou assincronamente**.
2. **Módulo de Planejamento da Execução:** Depois que uma decisão é tomada, este módulo apoia a Defesa Civil no planejamento operacional detalhado, incluindo a seleção de atores (criando equipes virtuais) e a gestão de recursos, seguindo os protocolos operacionais apropriados. Ele permite replanejamentos em caso de desvios, com base nos dados coletados sobre o DN, sua evolução, infraestruturas envolvidas, áreas afetadas e a eficácia das medidas adotadas.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Planejamento de Ações:** decompõe a decisão tomada em ações concretas, definindo objetivos, métricas, recursos, etc., para abordar o DN em questão.
- ✓ **Seleção de Parceiros:** identifica os parceiros adequados que precisam ser envolvidos no DN ou em suas diferentes fases, considerando também seus papéis formais e legais;
- ✓ **Análise de Desempenho de Parceiros e Ações:** avalia a capacidade técnica e o desempenho geral dos parceiros, bem como a qualidade das decisões tomadas para o DN em questão, possibilitando melhorias contínuas e uma melhor gestão interna;

- ✓ **Gerenciamento de Projetos:** auxilia no planejamento das atividades, definindo e gerenciando pessoas e atores, recursos (de todos os tipos) e objetivos para executar as atividades planejadas, considerando as restrições existentes e os recursos disponíveis;
- ✓ **Gerenciamento de Abrigos & Ajuda Humanitária:** coordenação e implementação de ações para oferecer abrigo, assistência e apoio às pessoas em situações de emergência, assistência médica, proteção, reabilitação ou reconstrução, ou em crises humanitárias diante de DN;
- ✓ **Gerenciamento de Inventário:** envolve o controle e monitoramento de todos os itens ou recursos físicos necessários para a resposta a DN, podendo incluir ações de previsão de inventário;
- ✓ **Gerenciamento de Doações:** envolve o planejamento, organização, gestão e monitoramento das doações recebidas da sociedade e governos, em nível nacional e internacional, para serem distribuídas às populações afetadas;
- ✓ **Gerenciamento de Resgates e Hospitais:** engloba o planejamento de atividades, procedimentos e protocolos relacionados à coordenação e gestão das operações de resgate, bem como dos hospitais e serviços de saúde pertencentes a municípios, governos e organizações privadas;
- ✓ **Gestão de Recursos Nacionais/Regionais:** manejo das solicitações de recursos financeiros e materiais aos governos, ONGs e organizações privadas para apoiar as áreas e populações afetadas, incluindo recursos para a reconstrução de infraestruturas, entre outros. Essa atividade geralmente é executada por vários atores em diferentes níveis de responsabilidade;
- ✓ **Gerenciamento de Resposta e Restauração:** inclui a gestão de atividades relacionadas à restauração (ex.: água, alimentos, energia, limpeza, saúde, educação, etc.) e ao retorno à normalidade nas áreas afetadas;
- ✓ **Gerenciamento de Recuperação:** trata do gerenciamento das atividades relacionadas ao desenvolvimento de ações de recuperação (ex.: concessão de crédito, reparações, reconstruções, ações complementares aos municípios, ambientais, etc.) após desastres, garantindo que as intervenções sejam realizadas de forma eficiente e segura, minimizando os impactos do desastre e promovendo a reconstrução sustentável das áreas afetadas;

- ✓ **Gerenciamento de Prevenção e Mitigação:** abrange decisões relacionadas a ações que garantam que as intervenções preventivas e de mitigação dos riscos ou eventos de desastre sejam executadas de forma eficiente e sustentável para os DN e regiões-alvo (ex.: promoção de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas sustentáveis e resilientes, desenvolvimento de programas de treinamento e educação para a população e profissionais envolvidos na gestão de riscos de desastres);
 - ✓ **Gerenciamento de Contingência:** engloba decisões relacionadas a ações para sustentar a operacionalização das atividades de preparação para emergências e desastres, incluindo a elaboração de planos de contingência para hipóteses de risco. Garante que as intervenções sejam realizadas de maneira eficiente e sustentável (ex.: desenvolvimento das capacidades necessárias para gerenciar os tipos de DN enfrentados, desde a resposta inicial até a recuperação completa);
3. **Módulo de Supervisão da Execução de Decisões:** Esse módulo apoia os atores envolvidos na supervisão da implementação dos planos elaborados. Ele monitora a execução das ações, envia alertas e permite intervenções em infraestruturas físicas e ciberfísicas. Os dados são continuamente obtidos para verificar a eficácia das ações planejadas e acionar replanejamentos, se necessário.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Geração e Envio de Alertas:** notificação de desastres e ações gerais, permitindo proteção de ativos, ações corretivas e minimização de danos potenciais ou riscos à segurança, com base em dados de sensores, atividades de monitoramento e feedback;
- ✓ **Comunicação entre Atores:** interface básica para receber/enviar dados de/para os atores envolvidos no DN, atuando também como um primeiro nível de filtragem de dados, especialmente ao lidar com dados "sujos", em conjunto com os serviços de interoperabilidade;
- ✓ **Supervisão e Monitoramento das Ações:** abrange a observação, rastreamento e avaliação da execução das ações e respostas ao DN

conforme o planejado. Fornece insumos ao nível superior de análise e decisão para possíveis novas discussões, novas decisões e replanejamento;

- ✓ **Gestão e Coordenação de Ações:** envolve o planejamento, organização, coordenação e gerenciamento de recursos para o controle adequado das atividades em resposta ao DN, respeitando o modelo de governança e as restrições dos protocolos operacionais.

4. Módulo de Sistemas de Gerenciamento de Dados e Conhecimento

Os Módulo de Sistemas de Gerenciamento de Dados e Conhecimento representam o repositório central de informações e conhecimento necessários para a operação do DSS, apoiando todos os outros sistemas e módulos, cada qual em níveis diferentes, utilizando diferentes tipos de dados e conhecimentos, sejam eles estáticos ou dinâmicos.

- a) **Módulo - Acesso e Gerenciamento de Dados:** Responsável por armazenar, acessar e gerenciar todos os tipos de dados relacionados a DN e às áreas de responsabilidade ou influência da Defesa Civil. Este módulo alimenta os outros módulos e oferece suporte às funções de gestão do conhecimento e ao processamento de inteligência artificial/aprendizado de máquina;
- b) **Módulo – Acesso e Gerenciamento de Conhecimento:** Focado em organizar e acessar todos os tipos de conhecimento, incluindo informações históricas, lições aprendidas e melhores práticas para aprimorar as decisões futuras.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Acesso e Gerenciamento de Dados:** controla o acesso aos repositórios de dados de acordo com as permissões concedidas, além de gerenciar a manutenção e atualização desses dados;
- ✓ **Acesso e Gerenciamento de Conhecimento:** controla o acesso aos repositórios da base de conhecimentos de acordo com as permissões concedidas, além de gerenciar a manutenção e atualização da base de conhecimentos.

5. Módulo de Sistemas de Suporte

Os Módulo de Sistemas de Suporte fornecem ferramentas transversais para garantir a operação contínua e em conformidade do DSS. Eles abrangem:

- a) **Governança:** responsável pela configuração do modelo de governança, definição de papéis, responsabilidades e níveis de acesso a dados e funcionalidades para usuários autorizados, garantindo adesão às políticas e regulamentos;
- b) **Manipulação de Dados:** controla o acesso e a manipulação de dados, assegurando conformidade com o GDPR (Lei Geral de Proteção de Dados), protegendo informações sensíveis;
- c) **Auditoria:** oferece suporte para geração de relatórios gerais e personalizados, bem como painéis de controle, permitindo ações de rastreabilidade, avaliação de desempenho e auditoria de processos para garantir transparência e responsabilidade.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Governança:** fornece um conjunto de estruturas, políticas, procedimentos e recursos entre os papéis e responsabilidades daqueles envolvidos nos diferentes tipos e fases de um DN;
- ✓ **Geração de Relatórios de Gestão, Operação e Auditoria:** emissão de relatórios de gestão, operação, auditoria e ad hoc, de forma automática ou sob solicitação de usuários ou funcionalidades;
- ✓ **Manipulação de Dados e *Machine Learning*:** gerencia o processamento, organização e controle eficientes de todos os dados do DSS, garantindo a qualidade, consistência e disponibilidade pontual dos dados. Pode incluir capacidades de aprendizado baseadas nos dados e conhecimentos disponíveis para melhor auxiliar outras funcionalidades e a tomada de decisão;
- ✓ **LGPD e Privacidade de Dados:** garante conformidade legal e ética com as regulamentações de proteção de dados pessoais, estabelecendo regras claras para coleta, uso, armazenamento e compartilhamento de informações sensíveis sobre pessoas, organizações e DN.

6. Módulo de Sistemas de Infraestrutura Computacional

Os Módulo de Sistemas de Infraestrutura Computacional abrangem a infraestrutura subjacente que garante segurança, suporte à colaboração e interoperabilidade entre sistemas heterogêneos dentro do ambiente do DSS, promovendo o intercâmbio eficiente de dados e a coesão do sistema. Componentes Principais:

- a) **Segurança:** apoia a proteção de dados e o acesso ao sistema, alinhado às diretrizes do LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados);
- b) **Plataforma Colaborativa:** fornece suporte para um ambiente de discussões e tomada de decisões entre stakeholders e atores distribuídos;
- c) **Interoperabilidade:** facilita a comunicação contínua e o intercâmbio de informações entre todos os módulos do DSS e os sistemas externos.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Coleta, Ingestão e Processamento Estatístico de Dados:** abrange etapas de coleta de dados, onde os dados coletados (periodicamente ou continuamente) são preparados para serem carregados em ambientes de análise ou sistemas específicos para armazenamento e processamento. Inclui o uso de métodos estatísticos ou de IA para analisar, resumir e interpretar os dados coletados;
- ✓ **Comunicação com Sistemas Ciberfísicos e Infraestruturas:** possibilita o envio e recebimento de dados de/para sistemas de computação, infraestruturas e dispositivos de comunicação (como sensores, drones, etc.);
- ✓ **Segurança Computacional:** protege contra ameaças e ataques cibernéticos, além de salvaguardar dados, comunicações e pontos de acesso aos ativos do DSS, incluindo o próprio DSS, servidores de computação e redes utilizadas. Garante integridade, confidencialidade, autenticação e disponibilidade dos dados, proporcionando comunicação confiável e segura;
- ✓ **Plataforma Colaborativa:** viabiliza comunicação em tempo real e de forma assíncrona, além de espaços de trabalho compartilhados entre diversos atores, promovendo discussões coletivas e insights colaborativos;

- ✓ **Atuação sobre Sistemas Físicos:** permite que o DSS atue sobre sistemas físicos ou infraestruturas cibernéticas com base nas decisões tomadas.

6.2.1.3 *Ecossistema*

O ecossistema do DSS abrange as “entidades externas” através dos sistemas virtuais e sistemas físicos que envolvem diferentes entidades, infraestruturas e áreas afetadas ou relacionadas à gestão de desastres naturais (DN).

Sistemas Virtuais: Incluem sistemas diversos pertencentes a atores e organizações que estão ou podem ser envolvidos na gestão de DN.

- ✓ **Sistemas de Atores:** referem-se aos dados dos sistemas de entidades formal e legalmente envolvidas (ex.: bombeiros, polícia), incluindo os sistemas da própria Defesa Civil;
- ✓ **Sistemas de Organizações de Apoio (Sistemas Externos):** referem-se aos dados de sistemas de entidades que oferecem suporte adicional (ex.: institutos geológicos, espaciais, meteorológicos e de vigilância);
- ✓ **Sistemas de Provedores:** referem-se a sistemas gerais de computação fornecidos por terceiros, como plataformas de internet, computação em nuvem, motores de busca, ferramentas de IA generativa e soluções de software.

Sistemas Físicos: Representam infraestruturas e áreas do mundo real que são afetadas por desastres ou fornecem dados críticos para o funcionamento do DSS.

- ✓ **Áreas Físicas:** referem-se às áreas geográficas que estão ou podem ser impactadas por desastres;
- ✓ **Infraestruturas Físicas:** incluem equipamentos e infraestruturas críticas (ciber)físicas, como barragens, estradas, edifícios, instalações elétricas e de saneamento, etc., que coletam dados, podem ser afetadas por intervenções ou cujos dados podem ser considerados pelo DSS.

Macro funcionalidades:

- ✓ **Atores Externos:** são os atores envolvidos e responsáveis pela infraestrutura do DSS. Exemplo: bombeiros, meteorologistas, empresas provedoras de soluções de software/hardware ou de infraestruturas computacionais, etc.;
- ✓ **Sistemas dos Atores Externos:** são todos os sistemas e respectivos repositórios de dados dos sistemas dos atores externos, como sistemas meteorológicos, hidrológicos, etc. Que são constituídos de:
 - **Institutos geológicos, espaciais, meteorológicos, de vigilância, etc:** representando todas as entidades e órgãos que trabalham com DN's de cada uma das áreas de Geológico, Hidrológico, Meteorológico, Climatológico, Biológico e Tecnológico com suas bases de dados meteorológicos, sísmicos, etc.;
 - **Infraestruturas Físicas, Cibernéticas e Áreas afetadas/de ricos:** são os equipamentos como sismômetros, barômetros, termômetros, GPS entre outros com seus repositórios de dados das infraestruturas físicas e ciberfísicas e áreas externas que coletam dados espaciais, terrestres e aquáticos;
- ✓ **Problem Solvers (externos):** são pessoas (atores, equipes, empresas) ou softwares com conhecimento especializado sobre aspectos específicos para ajudar os tomadores de decisão durante as fases de um DN;
- ✓ **Internet, WWW, ChatGPT, Gemini, ..., Sistemas de Governo..., Redes Sociais:** representando todos os **Sistemas Gerais Externos** utilizados para disseminar, auxiliar ou gerenciar as informações através da tecnologia da informação e comunicação (TIC) usufruindo de recursos como inteligência artificial, dados estatísticos complexos dos órgãos externos com dados de alerta e previsão de DN etc, que estejam amparados por modelos, normas, políticas, diretrizes e regras de governança na área, bem como das informações do público em geral ou das organizações envolvidas com DN via redes sociais.

6.3 PROCESSO DE DERIVAÇÃO E INSTANCIAÇÃO

6.3.1 - Derivação

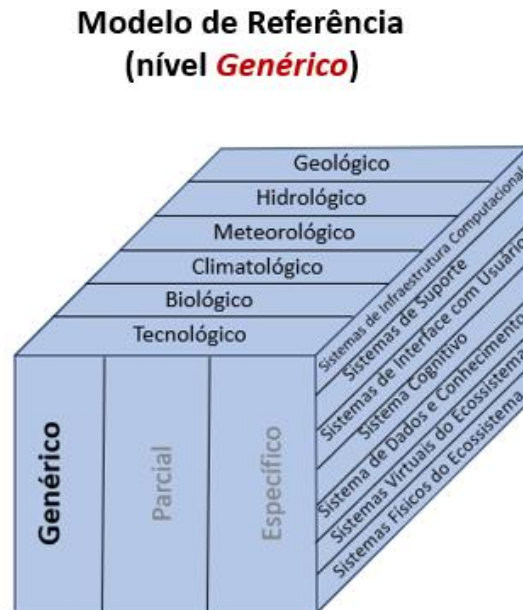
Tomando o *RADIAN* como base, o processo de derivação representa, basicamente, diretrizes gerais para auxiliar as partes interessadas a navegar pelos diversos tipos de DN, identificando quais funcionalidades são necessárias ou desejadas no DSS alvo e, por fim, instanciar os componentes de software que devem ser desenvolvidos ou vinculados ao DSS existente.

Este trabalho baseou-se na visão geral da metodologia ISO GERAM (GERAM, 2019); Saha (2001) para orientar este processo geral. Ele consiste em três etapas de derivação, iniciando com uma arquitetura chamada de "genérica", passando por uma arquitetura "parcial" e concluindo com a definição da arquitetura "específica" final, a partir da qual o software concreto (ou seja, o DSS) será instanciado. A figura 10 ilustra este processo.

1. **Arquitetura Genérica:** a *RADIAN* atua como a Arquitetura de Referência (AR) genérica e abstrata, concebida para abranger, de forma teórica, todos os tipos de DN e funcionalidades das quais DSS específicos para DN podem ser derivados. Ela cobre diretrizes arquiteturais gerais, atores, regras de negócios, funcionalidades (e suas relações) e fontes de dados para DN. É independente de estilos arquiteturais de implementação, abordagens de integração e mecanismos de comunicação, tecnologias de implementação, assim como de provedores de software, serviços e infraestrutura.

A figura 7 mostra o modelo *genérico* de base da *RADIAN*. Na parte superior do “cubo” (na metodologia *GERAM*) são listadas as seis grandes categorias de DN. Na parte lateral do cubo são listados os grandes grupos funcionais da *RADIAN*, agrupados como “sistemas”.

Figura 7: Modelo Genérico de base da *RADIAN*



Fonte: Do autor (2025)

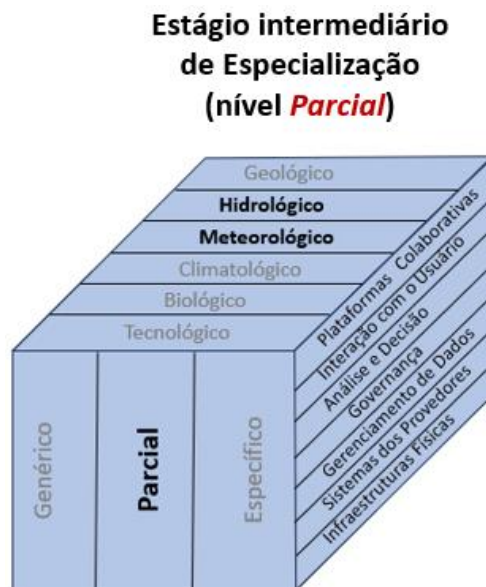
2. **Arquitetura Parcial:** esta etapa corresponde ao primeiro passo de derivação, indo da arquitetura genérica para uma parcial direcionada ao DSS desejado para DN. Nesse passo, inicia-se algum alinhamento com o DSS alvo. Ele envolve a definição do(s) tipo(s) de DN a ser(em) suportado(s) pelo DSS (por exemplo, *hidrológicos* e *meteorológicos*) e os módulos do *RADIAN* como, por exemplo de módulos, plataforma colaborativas, interação com o usuário, *análise e decisão*, *governança*, *gerenciamento de dados*, *sistemas dos provedores* e o *módulo de infraestrutura física*. Além disso, inclui a definição da categoria geral de atores a serem envolvidos e do modelo de governança relacionado, das regras de negócios vinculadas ao(s) tipo(s) de DN escolhido(s) e do tipo de fontes de dados necessárias para alimentar o DSS.

Apesar da possibilidade de escolher quais módulos se adequam melhor ao DSS desejado (especialmente no caso de um desenvolvimento “do zero”), alguns Módulos e Sistemas acabam na prática por ser obrigatórios para o DSS: o *Sistema de Interface do Usuário*, o *Módulo de Análise e Decisão*, e pelo menos um dos dois módulos do *Sistema de Dados e Conhecimento*. Os demais ‘Sistemas’ e ‘Módulos’ referem-se a DSS que seriam mais sofisticados (em termos, por exemplo, de capacidade de raciocínio e análise de dados),

multiusuário, colaborativos, abertos e conectados digitalmente aos sistemas do Ecossistema, etc., de acordo com as necessidades da defesa civil (ou da *software-house* responsável).

A figura 8 mostra o modelo *parcial* de base da *RADIAN*. Na parte superior do “cubo” são listadas as grandes categorias de DN para os quais o desejado DSS será derivado. No exemplo, resalta-se que o DSS pretendido seria para apoiar em DN dos tipos hidrológico e meteorológico. Na parte lateral do cubo são listados os módulos da *RADIAN* (‘plataformas colaborativas’, ..., ‘infraestruturas físicas’), inseridos nos ‘sistemas’ do modelo genérico.

Figura 8: Exemplo de Modelo Parcial da *RADIAN*



Fonte: Do autor (2025)

3. **Arquitetura Específica:** neste segundo passo de derivação, há um alinhamento forte e específico para o DSS alvo. Ele envolve a definição do(s) subtipo(s) de DN a ser(em) suportado(s) pelo DSS (por exemplo, tipo hidrológico e subtipos de *inundações* e *alagamentos*) e das categorias funcionais (dentre as 42 macro funcionalidades, destacadas em amarelo na Figura 10, neste exemplo ilustrativo) dentro dos módulos escolhidos como, por exemplo, *Discussão Colaborativa Distribuída*, *Gestão de Interação com Usuários*, *Geração e Envio de Alertas*, *Privacidade de Dados*, *Auditoria*,

Diagnósticos, Coleta de Dados de Fornecedores de Água, Gêmeo Digital e Gerenciamento de Resposta & Restauração.

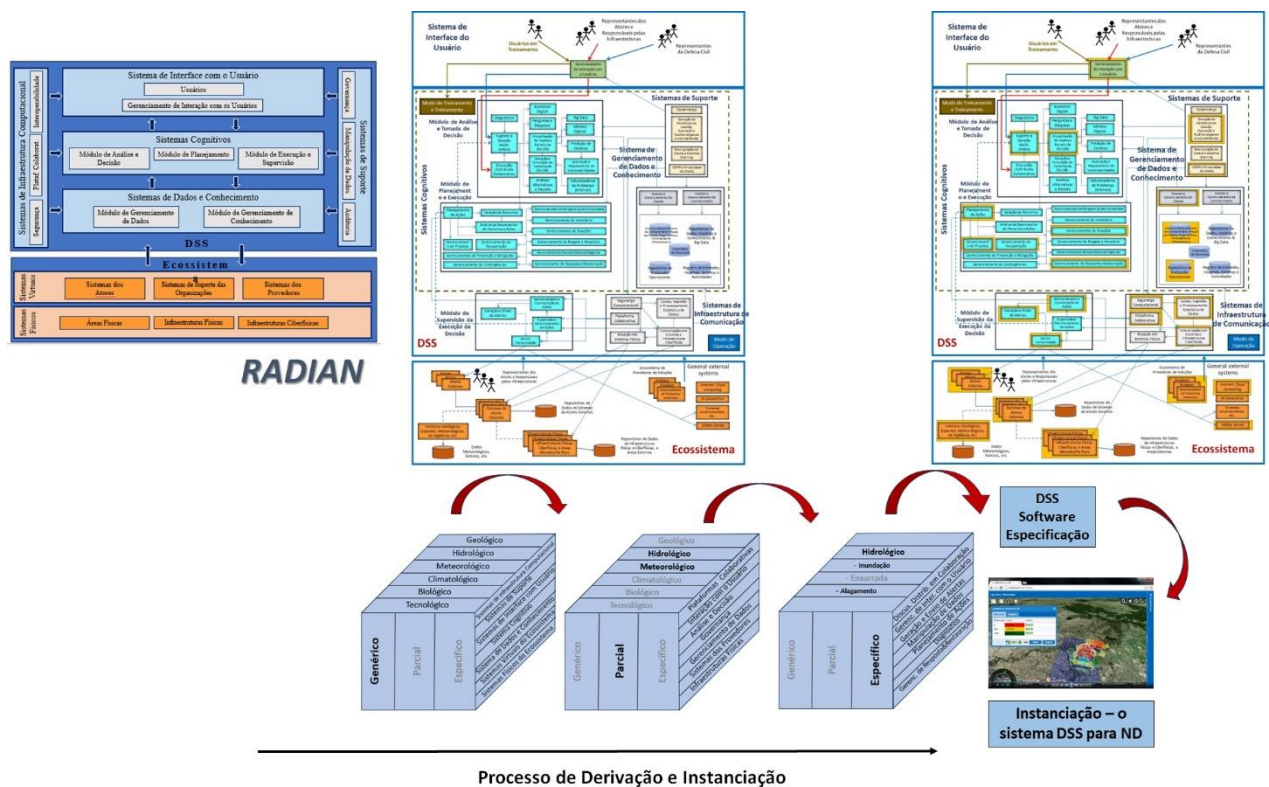
Esse passo também inclui a definição da categoria específica de atores a serem envolvidos (por exemplo, bombeiros, departamento de polícia regional e fornecedores de água) e o modelo de governança específico para guiar suas relações ao longo das diversas fases de DN (incluindo questões de GDPR e privacidade de dados), as regras de negócios específicas (ou seja, os protocolos de operação) vinculadas ao(s) subtipo(s) de DN escolhido(s), e as fontes de dados disponíveis (ou necessárias) para alimentar o DSS específico. O resultado esperado desta etapa é uma especificação geral, mas concreta, do software.

A figura 9 mostra o modelo *específico* de base da *RADIAN*. Na parte superior do “cubo” são listadas duas das subcategorias de DN dentro de uma das previamente escolhidas, de DN hidrológico. No exemplo, ressalta-se que o DSS pretendido seria para apoiar em DN dos subtipos inundação e alagamento. Na parte lateral do cubo são listadas as macro-funcionalidades da *RADIAN* (‘discussão distribuída colaborativa’, ..., ‘gerenciamento de resposta e restauração’) que uma dada defesa civil teria optado para serem implementadas no DSS desejado, inseridos nos ‘módulos’ do modelo parcial.

4. **Instanciação do DSS:** esta etapa corresponde ao desenvolvimento do próprio DSS, implementando o sistema com base na especificação de software e colocando-o em operação efetiva. No exemplo da figura 10, a interface gráfica representa o DSS efetivo que teria sido derivado da *RADIAN* (essa é uma das interfaces gráficas implementadas nos protótipos de DSS desenvolvidos, conforme descrito no **Apêndice B**). Este aspecto é detalhado na Seção 6.3.2.

Figura 9: Exemplo de Modelo Específico da *RADIAN*

Fonte: Do autor (2025)

Figura 10: Ilustração da derivação de um DSS específico a partir da *RADIAN*

Fonte: Do autor (2025)

6.3.2. Aspectos de instanciação

Em termos gerais, instanciar um DSS a partir do *RADIAN* significa lidar com as definições de arquitetura e estilo do software do DSS, linguagem(s) de programação, protocolos de comunicação, padrões e métodos de integração para conectar sistemas legados e/ou módulos/funcionalidades/serviços já existentes do DSS, bem como outros sistemas da defesa civil (por exemplo, um ERP), estratégias e técnicas de interoperabilidade, ferramentas e tipos de segurança para as diversas transações, as plataformas colaborativas a serem utilizadas, tipos e formatos de dados, metodologia de desenvolvimento, etc.

Em mais detalhes, o DSS deve ser definido e preparado em termos de dados, sistemas e plataformas computacionais (software, hardware, infraestruturas de comunicação, etc.), atores, regras, usuários, tecnologias de interação humano-máquina, etc., de todo o ecossistema da Defesa Civil envolvido no gerenciamento do(s) tipo(s) de DN selecionado(s) para uma cidade, região ou país.

Do ponto de vista do DSS, é necessário considerar o formato de representação e armazenamento de dados e conhecimento, os tipos de "resolvedores de problemas" necessários para soluções computacionais a problemas específicos, os tipos de dashboards e indicadores a serem exibidos, os protocolos operacionais e as regras de suporte à decisão, o layout e os aspectos ergonômicos das interfaces gráficas e dashboards, as formas e tecnologias de interação com o usuário, as fontes de informações disponíveis e os métodos de acesso a elas, os tipos e estruturas de dados e arquivos a serem trocados entre módulos e funcionalidades, e os tipos de sistemas críticos envolvidos na cidade/região em questão.

Isso inclui, ainda, a definição de tipos de usuários, o modelo de governança (direitos de acesso às informações e execução de operações no DSS para cada tipo de ação e protocolo operacional, tanto em operações reais quanto no uso para treinamento), o modelo de decisão (hierárquico ou não, poder de atores e usuários, métodos de resolução de conflitos, etc.), procedimentos de auditoria, etc.

Do ponto de vista da implementação de software, diferentes abordagens, arquiteturas e modelos de integração, interoperabilidade sintática e semântica, implantação (em servidores locais e/ou na Nuvem/Fog), desenvolvimento do sistema, cibersegurança, bem como diferentes tecnologias de informação e comunicação (TIC) e sistemas operacionais podem ser adotados.

Como se trata de funcionalidades gerais, a concretização de cada uma delas pode ser feita por um ou mais sistemas computacionais, submódulos ou serviços, sejam eles desenvolvidos pela Defesa Civil (ou pelos seus atores), adquiridos de empresas privadas de software/hardware ou provenientes de empresas que oferecem soluções via Internet. Tais sistemas podem ter níveis variados de sofisticação tecnológica, complexidade, segurança e conformidade com o GDPR, automação, autonomia e inteligência, bem como diferentes níveis de suporte em termos de plataformas colaborativas (por exemplo, para discussões e votações virtuais). Sistemas externos podem ser acessados sob diferentes modelos, como SaaS (*Software-as-a-Service*) e pagamento por uso, com acordos de nível de serviço (SLA) variados, relacionados à Qualidade de Serviço (QoS) requerida.

Outro aspecto importante é que, ao escolher um ou mais tipos de DN a serem suportados pelo DSS, isso pode implicar, no DSS final, mais de um software a ser utilizado de acordo com a especificidade da funcionalidade ou conforme a forma como uma determinada agência de Defesa Civil prefere trabalhar em um certo aspecto. Por exemplo, podem existir duas ferramentas de software diferentes (desenvolvidas internamente, compradas ou acessadas como SaaS) para a mesma funcionalidade, como um sistema de simulação específico para enchentes e outro para incêndios florestais. Ou até mesmo mais de um gêmeo digital, um para cada infraestrutura ciberfísica coberta.

Do ponto de vista do usuário, o DSS pode ser desenvolvido para ser acessado de diferentes maneiras, como por meio de portais digitais web com acesso complementar via dispositivos móveis e vestíveis, dentro de uma Intranet ou Extranet, por exemplo, utilizando diferentes tipos de técnicas de *front-end* e experiência do usuário, incluindo aspectos de acessibilidade.

Do ponto de vista organizacional/estratégico, a incorporação dos diversos módulos e funcionalidades gerais pode ser realizada de forma gradual e modular, conforme as necessidades e possibilidades da agência de Defesa Civil.

Todo esse processo de derivação e instanciação pode contar com algum sistema de suporte para orientar e/ou automatizar/auxiliar parcialmente o "autor humano" responsável pelas etapas e aspectos mencionados acima. Isso pode incluir a possibilidade de ter uma estrutura de referência (classes de software já codificadas em determinadas linguagens de programação) que possa gerar "esqueletos" de DSS

para facilitar o desenvolvimento posterior de funcionalidades. Contudo, esse ponto está além do escopo desta pesquisa.

7 VALIDAÇÃO E ANÁLISES DA RADIAN

Conforme descrito na Seção 2, a validação do RADIAN abrangeu três etapas, em um processo evolutivo de acordo com a metodologia *Design Science Research* adotada, que incluiu ações de verificação, avaliação e validação final. O objetivo principal foi analisar se a RADIAN é correta e se pode servir como base para derivar e desenvolver DSS específicos para DN. Esta seção tem como objetivo descrevê-las.

7.1 VERIFICAÇÃO

Nesta etapa inicial, o objetivo foi verificar se a RADIAN era funcionalmente completa e logicamente correta em termos de inter-relações entre os módulos e funcionalidades identificadas.

Primeiramente, foi realizada uma análise inicial e limitada de trabalhos relacionados a DSS e sistemas de monitoramento de DN. Isso forneceu as bases fundamentais para as principais funcionalidades que um DSS para DN deveria, de forma geral, possuir, bem como sua arquitetura geral. Como resultado desse passo, dois artigos gerais foram publicados em fóruns locais (ZANCHETT; RABELO, 2019a; ZANCHETT; RABELO, 2019b). Nesta primeira etapa, o principal objetivo dessas publicações foi obter um retorno inicial sobre a relevância do problema, ou seja, a necessidade de DSS mais abrangentes para DN, se as funcionalidades identificadas eram coerentes com um DSS para DN, e se uma RA poderia ser útil como modelo para a construção de DSS específicos para DN. Em geral, o feedback dos revisores foi muito positivo, confirmando as hipóteses iniciais da pesquisa.

Em um segundo momento, em um novo ciclo DSR, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, que incluiu a análise de centenas de artigos e projetos de pesquisa na área (Seção 4). Isso permitiu a identificação de um número substancialmente maior de funcionalidades provenientes dos mais diversos tipos de sistemas de suporte para monitoramento e gestão de DN. Conforme mencionado nas Seções 2 e 6), essas funcionalidades foram abstraídas em 42 funcionalidades generalizadas. Uma versão inicial de agrupamento de funcionalidades em módulos, suas inter-relações e fluxos lógicos entre eles e os atores envolvidos foi concebida, assim como uma primeira versão do *RADIAN*. Os autores realizaram ainda um processo de engenharia reversa, verificando se todas as funcionalidades originais

identificadas em cada artigo e sistema se encaixavam nessas 42 funcionalidades. Alguns refinamentos foram feitos, e a *RADIAN* foi considerada *verificada*, isto é, foi preliminarmente considerada completa e correta.

7.2 AVALIAÇÃO

Em uma etapa posterior, a *RADIAN* foi confrontada com alguns casos reais, sendo exposta a duas agências de Defesa Civil como parte de uma avaliação mais rigorosa. Foram realizados três tipos de ações complementares para essa avaliação.

A primeira foi a preparação de cenários de teste para avaliar a corretude da *RADIAN*. Esses cenários representavam grupos de ações que as agências de Defesa Civil (ou órgãos equivalentes em outros países) costumam realizar durante um DN de diferentes tipos (enchentes, secas, incêndios, etc.), momentos (emergências ou situações planejadas) e intensidades (de níveis leves a severos).

Um conjunto de 14 protocolos operacionais gerais da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina foi considerado, localizado na capital do estado, Florianópolis. Santa Catarina é frequentemente atingida por desastres naturais. Cada protocolo é composto por várias ações, que variam em número e complexidade, e estão relacionadas às principais situações de desastres naturais que a agência de Defesa Civil lida. Como todas as ações dos protocolos não eram claramente e explicitamente modeladas pela agência, elas foram completamente rediscutidas e modeladas em BPMN (*Business Process Model and Notation*).

Em seguida, cada protocolo e suas ações foram "percorridos" manualmente na *RADIAN* e verificou-se se todas as funcionalidades da *RADIAN* poderiam cobrir todas as situações funcionais envolvidas na execução de cada ação individual. Isso incluiu os fluxos lógicos entre as funcionalidades e módulos, os papéis dos atores e o acesso às fontes de dados e conhecimento. Como resultado dessa ação, e após alguns ajustes, verificou-se que todos os módulos e funcionalidades da *RADIAN* foram acessadas e em uma lógica correta, e que nenhuma ação ficou descoberta em termos de funcionalidades de suporte.

A segunda ação de avaliação envolveu o desenvolvimento de dois protótipos computacionais de DSS derivados a partir da *RADIAN*, para dois tipos diferentes de DN. Uma descrição geral de cada um deles é apresentada no **Apêndice C**. O objetivo dessa ação foi, tanto verificar se diferentes DSS poderiam ser derivados da *RADIAN*

(confirmando que ele atua como uma Arquitetura de Referência (AR) eficaz), quanto avaliar se esses DSS funcionariam em situações "reais" de ND.

Esses dois protótipos de DSS foram utilizados também na etapa de Validação (ver próxima seção). No entanto, eles puderam ser testados apenas de forma "simulada", em um ambiente computacional controlado. Isso porque seu uso efetivo em situações reais envolveria o acesso a dados reais da Defesa Civil e dos atores, a integração dos protótipos com sistemas legados reais, e a conformidade com diversas regras legais, de segurança e técnicas. Assim, os protótipos utilizaram dados fictícios, embora todos baseados em dados da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, que concedeu formalmente acesso exclusivo a eles para os propósitos desta pesquisa.

Além disso, como o objetivo era demonstrar os protótipos a um grupo inicial de *stakeholders* da Defesa Civil, havia uma restrição de tempo para realizar essa demonstração com eles, o que levou à seleção de alguns protocolos em vez de demonstrar os protótipos sob todas as situações planejadas. Três protocolos operacionais de diferentes complexidades foram, então, utilizados como base para os testes de avaliação. Eles foram selecionados em conjunto com os *stakeholders* com base em sua relevância: um protocolo simples (poucas ações, poucos atores, poucas fontes de dados/conhecimento e pouca necessidade de interações/discussões entre os atores); um de complexidade média (uma quantidade "razoável" de ações, atores, etc.); e um de alta complexidade (uma quantidade muito grande de ações, atores, etc.).

Essa demonstração inicial foi realizada de uma só vez, em uma reunião presencial, na sede da Defesa Civil, para 5 *stakeholders*. Ao final, o feedback foi muito positivo, e constatou-se que os protótipos se comportaram de forma consistente com os protocolos, cobrindo o fluxo correto e as funcionalidades esperadas, corroborando o objetivo de a *RADIAN* atuar como uma RA.

Finalmente, a terceira ação foi a publicação desta versão mais consolidada da *RADIAN* e dos protótipos em uma conferência internacional relevante (ZANCHETT; RABELO, 2024). O feedback também foi positivo, e os revisores não apontaram alterações necessárias na *RADIAN*, exceto a solicitação de esclarecimentos sobre alguns aspectos conceituais específicos.

Após a validação da *RADIAN* (próxima seção), um outro protótipo de DSS derivado dela foi implementado com o objetivo de explorar como a IA generativa

(usando a ferramenta *ChatGPT 4.1*) poderia ser útil para ajudar os tomadores de decisão durante as discussões (ZANCHETT; RABELO, 2025).

7.3 VALIDAÇÃO

A validação constituiu a etapa final de todo o processo. A literatura apresenta vários métodos que podem ser utilizados para validar estudos qualitativos e relacionados à tecnologia. Nesta tese, foi utilizado o método *Expert Panel* (ZELKOWITZ, P. et al, 1998), empregado para validar estudos com base no consenso de especialistas. Algumas de suas características incluem:

- a) Contexto Controlado: O ambiente onde a avaliação ocorre é controlado. Os procedimentos usados para apresentar o objeto de avaliação são pré-estabelecidos, os pressupostos são conhecidos, e as intervenções são temporais e controladas pelo condutor do experimento;
- b) Dados Coletados de Especialistas: Especialistas são a única fonte de dados para o experimento;
- c) Aplicação em Contexto Real: A avaliação deve ser realizada em um ambiente que reproduza suficientemente as condições reais do objeto avaliado.

O instrumento usado pelos especialistas foi um questionário (CRESWELL, 2014). Ele é utilizado para a coleta de informações dentro de um contexto previamente conhecido e específico, composto por um certo número de perguntas escritas, com o objetivo de fornecer conhecimento específico ao pesquisador, sem que haja influência deste sobre o respondente (BABBIE, 2013).

Para a construção do questionário, foi utilizado o método *GQM (Goal, Question, Metrics)*, que possibilita a criação de métricas a partir dos objetivos de pesquisa e suas respectivas perguntas (BASILI *et al.*, 1994). O GQM é amplamente aplicado no setor de software e em diversos contextos de negócios, pois alinha os processos de medição com metas estratégicas e melhora a compreensão dos processos organizacionais (SOLINGEN, 2019). O GQM consiste em três componentes principais:

- a) Metas: Identificam o que se pretende alcançar;
- b) Perguntas: Exploram como medir o alcance das metas;
- c) Métricas: Fornecem dados quantitativos para responder às perguntas formuladas.

Sua aplicação é detalhada nas próximas subseções. Embora seja um método sequencial, ele pode ser realizado em ciclos de refinamento até que a versão final do questionário seja considerada adequada para aplicação. Nesse sentido, dois profissionais foram inicialmente consultados para uma análise preliminar do questionário.

Um dos profissionais era um stakeholder muito experiente do escritório da Defesa Civil da cidade de Blumenau, uma cidade de médio porte do Estado de Santa Catarina também frequentemente atingida por desastres naturais. Ele focou principalmente no conhecimento do domínio, na adequação das perguntas e na terminologia empregada. O outro profissional era um membro da academia, pertencente ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Vale do Itajaí (uma outra instituição de Santa Catarina). Ela focou nos aspectos metodológicos e nas regulamentações éticas relacionadas às perguntas do questionário. Suas sugestões foram analisadas e incorporadas na versão final do questionário.

Como mencionado na introdução deste documento, o principal objetivo desta pesquisa era desenvolver uma RA para DSS voltada para ND. Atuando como um modelo conceitual para a construção de sistemas semelhantes em domínios específicos, a premissa fundamental é que tanto as defesas civis quanto os desenvolvedores de sistemas poderiam contar com um roteiro abrangente e escalável para guiar a evolução de seus sistemas, reduzindo o tempo de desenvolvimento, custos e riscos. Nesse sentido, três categorias de especialistas foram consultadas para a validação final da *RADIAN*: profissionais de defesas civis, desenvolvedores de software e pesquisadores das cidades de Blumenau e Florianópolis.

No geral, quatro procedimentos foram realizados para a validação:

- a) Aprovação desta pesquisa, metodologia e questionário pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil);

- b) Criação de um vídeo explicativo sobre o RADIANT e os dois protótipos de DSS para a gestão de DN⁴¹;
- c) Elaboração do questionário e sua disponibilização online via *Google Forms*;
- d) Coleta de dados e análise final dos resultados do questionário.

A seguir é detalhada a concepção do questionário com a adoção do GQM.

7.3.1. Identificação dos objetivos

Conforme o método GQM, o processo inicial consiste na definição dos objetivos desta medida. No caso desta tese, tais objetivos referem-se aos aspectos essenciais a serem observados/avaliados a partir da premissa fundamentada da pesquisa, da pergunta de pesquisa e dos objetivos da tese.

Para isso, dois conjuntos de perguntas correlacionadas foram preparados para o questionário, num total de 39 perguntas. O primeiro conjunto teve como objetivo verificar se a *RADIANT* é **correta**. O segundo verificar se a *RADIANT* é **aplicável**, em termos de DSS particulares poderem ser derivados a partir dela.

Objetivo 1: Verificar se a *RADIANT* é correta.

A corretude da *RADIANT* deve ser avaliada sob um conjunto de critérios. Para tal, adotou-se o método formulado por Angelov *et al.*, (2008), que adapta o método *ATAM* (*Architecture Tradeoff Analysis Method*), de engenharia de software, para arquiteturas de referência. Os critérios de avaliação são:

- i. *aderência*: em termos de suas funcionalidades serem alinhadas ao domínio de aplicação, ou seja, tenham a ver com gestão de DN;
- ii. *coerente*: em termos de suas funcionalidades e interrelações lógicas com usuários, sistemas e atores suportarem um apoio à decisão para os cenários de DN delineados;
- iii. *completude*: contemplar todas as funcionalidades necessárias para o gerenciamento de DN ao longo dos seus ciclos de vida;

⁴¹ <https://www.youtube.com/watch?v=l8shwx9Lwio&t=465s>

- iv. *modularidade*: ser constituída por módulos menores, autocontidos, cada um com uma funcionalidade-macro específica (agrupamento de funcionalidades), facilitando sua manutenção e escalabilidade;
- v. *finalidade*: seus diferentes módulos e funcionalidades suportarem e poderem ser separadas entre as a serem utilizáveis em situações normais operacionais de gestão de DN das de serem utilizáveis apenas para treinamento de pessoas;
- vi. *escalável*: poder ser incrementada com novos módulos e/ou funcionalidades de forma globalmente coesa à medida que defesas civis desejem incorporar novos suportes ao longo do tempo, considerando suas necessidades, prioridades e maturidades;
- vii. *genericidade*: poder ser derivável para diferentes tipos de DN;
- viii. *agnosticidade*: ser independente de tecnologia de implementação;
- ix. *“abertura”*: permitir que outros atores e/ou sistemas do ecossistema (externo) às defesas civis possam ser integrados a processos decisórios e/ou na execução de funcionalidades.

Objetivo 2: Verificar se a *RADIAN* é aplicável.

A *RADIAN* foi concebida para que os DSS a partir dela derivados para diferentes defesas civis e DN possam: 1) melhorar a forma como ações integradas (frutos de decisões entre os devidos atores) são realizadas quando de um DN (em suas diferentes fases dos seus ciclos de vida) em relação a como é atualmente feito; 2) possibilitar que, com o DSS, tais ações sejam realizadas de forma digital, integrada, governada e auxiliada pelo computador; 3) poder ser usado, tanto para treinamento de pessoas, como para operação do sistema em situação normal de gestão de DN.

Dado que a Tese se trata de um artefato conceitual e que não é viável implantar um DSS “real” na Defesa Civil para avaliar *in loco* o funcionamento do DSS derivado ao longo de vários DN (visão longitudinal) e ainda integrado com todos os sistemas de todos os atores envolvidos numa Defesa Civil e também da área de tecnologia e pesquisadores da área que prestam serviços a Defesa Civil, optou-se por desenvolver uma ‘Prova de Conceito’ (*POC – Proof of Concept*) como base para avaliação; ou seja, um *meio* para se atingir ao objetivo 2. Mais especificamente, foram desenvolvidos dois protótipos computacionais para dois tipos diferentes de DN

(*climatológico e hidrológico*, considerando que são os mais relevantes em Santa Catarina), que executarão pelo menos seis diferentes protocolos de ação conjunta (PAC) da defesa civil, de diferentes níveis de complexidade. Tais protótipos foram implementados num nível de *mock-up*⁴², simulando a execução das diversas funcionalidades dos DSS derivados em certos cenários hipotéticos de DN.

7.3.2. Formulação de Perguntas

Aqui trata-se de se elaborar um conjunto de perguntas objetivas sobre os vários aspectos de interesse da pesquisa no que toca à arquitetura de referência (AR) desenvolvida. As perguntas podem abertas ou fechadas, estruturadas ou não, e numa sequência lógica encadeada, mas que não induza o responder a uma dada resposta. As questões devem ser formuladas de forma clara, objetiva, concisa, sem dubiedade de interpretação, redundância ou sobreposição de objetivos em perguntas diferentes, com terminologias técnicas e científicas da área, sem caráter enviesado, discriminatório ou não ético de qualquer espécie (SILVA; M., 2005).

No contexto do **Objetivo 1**, de verificar se a *RADIAN* é correta, foram concebidas 22 perguntas fechadas e 3 abertas, incluindo-se perguntas com o intuito de se também verificar se a existência de uma RA de DSS para gestão de DN é relevante:

Pergunta P1: Após apresentação da *RADIAN*, você vê relevância de se ter uma Arquitetura de Referência (AR) para conceber Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) voltados ao apoio no gerenciamento das várias fases de variados tipos de Desastres Naturais?

Métrica MP1.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é relevante para conceber um DSS para gerenciamento de DN.

Pergunta P2: Para o Módulo de Interação com Usuário, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP2.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Interação com Usuário e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P3: Para o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP3.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

⁴² Ferreira J., Noble J., Biddle R.: Agile Development Iterations and UI Design. In: Agile2007, pp. 50–58. IEEE Computer Society, Los Alamitos (2007)

Pergunta P4: Para o Módulo de Gestão de Dados, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP4.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Gestão de Dados e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P5: Para o Módulo de Suporte Geral, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP5.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Suporte Geral e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P6: Para o Módulo de Análise e Tomada de Decisões, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP6.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Análise e Tomada de Decisões e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P7: Para o Módulo de Planejamento de Execução, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP7.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Planejamento de Execução e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P8: Para o Módulo de Supervisão de Execução das Decisões, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP8.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Supervisão de Execução das Decisões e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P9: Para o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos, as funcionalidades propostas fazem sentido?

Métrica MP9.1: impressão subjetiva para saber se o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos e suas funcionalidades na *RADIAN* faz sentido e está coerente.

Pergunta P10: A *RADIAN* pôde ser claramente compreendida?

Métrica MP10.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* está claramente entendível após ter sido mostrada e explicada.

Pergunta P11: Todos os inter-relacionamentos entre módulos e funcionalidades fazem sentido, i.e., o fluxo lógico de interação entre as funcionalidades está correto ou sugerem modificações.

Métrica MP11.1: impressão subjetiva para saber os inter-relacionamentos entre módulos e funcionalidades da *RADIAN* fazem sentido e estão corretos.

Pergunta P12: Considerando que *aderência* signifique que as funcionalidades da *RADIAN* são alinhadas ao domínio de aplicação de gestão de DN, ou seja, tenham a ver com um DSS de apoio à gestão de DN, você concorda que a *RADIAN* é aderente?

Métrica MP12.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é aderente.

Pergunta P13: Considerando que *coerência* da *RADIAN* signifique que suas funcionalidades e interrelações lógicas com usuários, sistemas e atores suportem um apoio à decisão para os cenários de DN demonstrados, você concorda que a *RADIAN* é coerente?

Métrica MP13.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é coerente.

Pergunta P14: Considerando que *completude* de uma arquitetura de referência signifique que ela contempla todas as funcionalidades necessárias para o gerenciamento de DN ao longo dos seus ciclos de vida, você concorda que a *RADIAN* é completa?

Métrica MP14.1: impressão subjetiva para saber se todas as funcionalidades da *RADIAN* fazem sentido de existirem no contexto de apoio à decisão no gerenciamento de DN.

Pergunta P15: Considerando que *modularidade* signifique que a *RADIAN* é constituída por módulos menores, autocontidos, cada um com uma funcionalidade-macro específica (agrupamento de funcionalidades), você concorda que a *RADIAN* é modular?

Métrica MP15.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é modular.

Pergunta P16: Considerando que a *RADIAN* deva mapear quais das funcionalidades devem ser usadas em situações normais operacionais de decisão e gestão de DN, e quais devem ser usadas apenas para treinamento de pessoas, você concorda que a *RADIAN* separa corretamente suas funcionalidades para essas duas diferentes *finalidades*?

Métrica MP16.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* suporta corretamente essas duas finalidades.

Pergunta P17: Considerando que *escalabilidade* signifique que a *RADIAN* possa ser posteriormente incrementada com novos módulos e/ou funcionalidades, você concorda que a *RADIAN* é escalável?

Métrica MP17.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* em si é escalável em termos de que novos módulos e/ou funcionalidades podem ser agregadas ao longo do tempo quando necessário.

Pergunta P18: Considerando que *escalabilidade* também signifique que DSS derivados a partir da *RADIAN* possam ser incrementados de forma globalmente coerente à medida que defesas civis desejem incorporar novas funcionalidades dela ao longo do tempo, considerando suas necessidades, você concorda que a *RADIAN* é escalável?

Métrica MP18.1: impressão subjetiva para saber se é correto assumir que uma dada Defesa Civil não requeira inicialmente necessariamente todas as funcionalidades da *RADIAN*, mas que pode adicionar as não usadas à medida que passe a ter necessidade delas.

Pergunta P19: Considerando que *genericidade* signifique que a *RADIAN* possa ser derivável para diferentes tipos de DN, você concorda que a *RADIAN* é genérica?

Métrica MP19.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é genérica.

Pergunta P20: Considerando que *agnostividade* signifique que a *RADIAN* é independente de tecnologia de implementação, você concorda que a *RADIAN* é agnóstica?

Métrica MP20.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é agnóstica.

Pergunta P21: Considerando que ser *aberta* signifique que a *RADIAN* permite que outros atores e/ou sistemas do ecossistema (externo) às defesas civis possam ser integrados a processos decisórios e/ou na execução computacional de certas funcionalidades, você concorda que a *RADIAN* é aberta?

Métrica MP21.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é aberta.

Pergunta P22: Considerando-a a importância de existir uma arquitetura de referência (AR) para processos e sistemas de apoio à decisão projetada exclusivamente para gestão de DN, você concorda que a *RADIAN* é relevante?

Métrica MP22.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* é relevante.

Perguntas Abertas

Considerando os sete módulos gerais, funcionalidades e suas inter-relações, na *RADIAN*:

Pergunta P23: Há módulos faltantes ou desnecessários?

Métrica MP23.1: impressão subjetiva complementar para saber se a *RADIAN* é correta.

Pergunta P24: Há funcionalidades faltantes ou desnecessárias?

Métrica MP24.1: impressão subjetiva complementar para saber se a *RADIAN* é correta.

Pergunta P25: Há fluxos lógicos incorretos de inter-relação entre módulos ou funcionalidades?

Métrica MP25.1: impressão subjetiva complementar para saber se a *RADIAN* é correta.

Com relação ao **Objetivo 2**, as perguntas visaram averiguar se a *RADIAN* é aplicável, ou seja, se um DSS derivado a partir dela poderia fazer com que uma defesa civil pudesse ter um “melhor” suporte à decisão ao gerenciar um DN frente a como isto é feito atualmente. Além disto, visou averiguar se um DSS derivado poderia ser usado, não apenas para a operação em si de ações sobre um dado DN, mas também servir como instrumento de treinamento de pessoas da defesa civil sobre o processo geral de tomada de decisões quando de um DN.

Embora sejam DSS-protótipos e não efetivamente integrados ao ambiente computacional geral e de tomada de decisão das Defesas Civis, esta noção de algo “melhor” deve ser relativizada. Isto porque os usuários não puderam utilizar o DSS nas suas ações diárias e durante um certo tempo em vários DN reais e terem uma visão mais consolidada e longitudinal. Assim sendo, por “melhor” quer-se englobar uma percepção subjetiva de potencial frente a como um DN é lidado atualmente. Ou seja, em termos de, quando de um DN, e quando isso envolver processos de análise da situação para posterior tomadas de decisão e ações correspondentes, o uso do DSS (derivado da *RADIAN*) faria com que esse processo pudesse ser realizado de

forma mais rápida, confiável, digital, integrada, colaborativa e/ou assertiva e, por assim dizer, mais efetiva.

Essa averiguação, e posterior respostas aos questionários, deu-se baseada numa prévia demonstração de dois protótipos computacionais que simularam dois DSS derivados, para dois diferentes tipos de DN, para diferentes PAC.

Isto posto, as seguintes perguntas foram formuladas para com o Objetivo 2:

Pergunta P26: Com base nas demonstrações dos protótipos e em se considerando o como todo um DN é atualmente tratado pela defesa civil e seus atores, você considera que um DSS como este melhora a forma como ações integradas (frutos de decisões entre os devidos atores) são realizadas quando de um DN?

Métrica MP26.1: impressão subjetiva para saber se um DSS derivado a partir da *RADIAN* melhora o processo decisional diante de um DN frente a como é feito atualmente.

Pergunta P27: Com base nas demonstrações dos protótipos e em se considerando o como um DN é tratado pela defesa civil e seus atores atualmente, você considera que os DSS derivados proporcionaram uma ideia suficiente e correta de como um DN passaria a ser tratado pela defesa civil e demais atores em termos de fluxos funcionais e das diversas ações a serem realizadas de forma digital, integrada, governada e auxiliada pelo computador?

Métrica MP27.1: impressão subjetiva para saber se os DSS derivados passaram uma ideia adequada dos seus funcionamentos.

Pergunta P28: Você considera que faz sentido usar o DSS como base para treinamento de pessoal sobre como atuar diante de DN?

Métrica MP28.1: impressão subjetiva para saber se um DSS derivado a partir da *RADIAN* poderia ser também utilizado para treinamento de pessoal.

Pergunta P29: Você considera que a *RADIAN* potencializa um maior desenvolvimento de um ecossistema de desenvolvedores de soluções de software de apoio à gestão de DN à medida que permite que elas sejam “plugadas” no ambiente do DSS?

Métrica MP29.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* pode criar mais potentes bases para a criação de um ecossistema mais amplo de empresas de desenvolvimento de software que possam prover soluções para DN, usando o DSS como “plataforma”.

Pergunta P30: Você considera que a *RADIAN* pode ser utilizada como um roteiro (*roadmap* de módulos/funcionalidades) globalmente coerente e padronizado para guiar as defesas civis na evolução futura do ambiente geral de tomada de decisão atualmente utilizado?

Métrica MP30.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* pode ser usada como base de um *roadmap* de evolução funcional do DSS.

Pergunta P31: Você considera que empresas de software de soluções para DN podem gerar novas soluções de software de forma mais alinhada às necessidades, de forma mais rápida, com menos custo e menos risco, a partir do momento que podem utilizar a

RADIAN como um ‘padrão’ (*blueprint*) globalmente coerente e padronizado de desenvolvimento de novos módulos/funcionalidades?

Métrica MP31.1: impressão subjetiva para saber se a *RADIAN* pode ajudar empresas de software para DN.

Pergunta P37: Você considera que a *RADIAN* pode atender a diferentes cenários de DN para o desenvolvimento/implementação de DSS voltados para o Gerenciamento de DN?

Métrica MP37.1: impressão subjetiva para saber a *RADIAN* poder atender diferentes cenários para o desenvolvimento/implementação de DSS voltados para o Gerenciamento de DN.

Pergunta P38: Você considera que o uso da *RADIAN* contribui para o aumento da confiança na especificação e no desenvolvimento de DSS para o Gerenciamento de DN?

Métrica MP38.1: impressão subjetiva para saber se o uso da *RADIAN* contribui para o aumento da confiança na especificação e no desenvolvimento de DSS para o Gerenciamento de DN.

Perguntas Abertas

Considerando a *RADIAN* em si e os protótipos derivados a partir dela:

Pergunta P32: Quais são os principais pontos fracos, limitações ou recomendações de melhoria para a *RADIAN*, na sua opinião?

Métrica MP32.1: impressão subjetiva para saber o que se poderia melhorar na *RADIAN*.

Pergunta P33: Quais são os principais pontos fortes, vantagens ou sugestões de melhoria na *RADIAN*, na sua opinião?

Métrica MP33.1: impressão subjetiva sobre a proposição de valor da *RADIAN*.

Pergunta P34: Quais seriam as vantagens ou melhorias que o uso de um DSS como esse traria na sua organização, na sua opinião?

Métrica MP34.1: impressão subjetiva para saber no que um DSS derivado a partir da *RADIAN* traria de melhorias à defesa civil e demais atores.

Pergunta P35: Quais seriam os principais obstáculos na sua organização para a implantação de um DSS desse tipo, na sua opinião?

Métrica MP35.1: impressão subjetiva para saber as dificuldades de se usar um DSS derivado da *RADIAN* numa dada defesa civil.

Pergunta P36: A definição do processo de derivação e instanciação da *RADIAN* faz sentido? Há alguma nova regra de negócio e tecnológico a ser incluída?

Métrica MP36.1: impressão subjetiva para saber se o processo de derivação e instanciação da *RADIAN* faz sentido.

Pergunta P39: Quais outras sugestões você recomendaria sobre a *RADIAN* ?

Métrica MP39.1: impressão subjetiva para saber se há novas recomendações para a *RADIAN*.

7.3.3. Definição das medições associadas às perguntas e métricas

Definidas as perguntas e respectivas métricas de avaliação, o próximo passo refere-se a se definir como cada pergunta será respondida.

Respostas podem ser dadas de forma quantitativa e subjetiva com base em alguma escala, ou de forma aberta, por escrito.

Para as questões subjetivas, GLIEM *et al.* (2003) indicam utilizar escalas psicométricas do tipo *Likert*. Ela é usualmente representada por uma escala de 1 a 5, que é oferecida aos respondedores para expressarem suas opiniões perante uma dada pergunta. Tal escala varia de 1 (correspondente a “Discordo Totalmente”) à 5 (correspondente a “Concordo Totalmente”), com 3 opções (entre 2 e 4) para posicionamentos intermediários. No caso, 2 a “Discordo Parcialmente”, 3 a “Neutro / Nem Concordo Nem Discordo”, e 4 a “Concordo Parcialmente”.

Do ponto de vista de análise estatística, considera-se que a pontuação 5 equivale a 100%, a pontuação 3 a 50%, e a pontuação 1 a 0%. No caso da média⁴³ da pontuação de uma dada pergunta for maior ou igual a 70%, considerar-se-á que, em termos gerais, a *RADIAN* obterá uma avaliação positivamente suficiente naquele quesito da pergunta. O resultado final da pontuação das perguntas pode ser computado na forma de percentual individual ou correlacionada, ou pelo número absoluto de ocorrências.

Já respostas descritivas a perguntas abertas, estas servem como fontes de informação complementares, para a identificação de pontos fortes, fracos, pontos de atenção, observações ou comentários gerais sobre o respectivo quesito da *RADIAN*.

7.3.4. Da escolha do público-alvo

Quanto à definição do método de escolha do público-alvo e do número mínimo de entrevistados, foi escolhida a de *Expert Panel*, como inicialmente comentado. Trata-se de um método onde especialistas (“*experts*”) de domínio, afetos ao tema de discussão, são expostos a um ambiente (“*painei*”) onde possam expressar suas

⁴³ Conforme a variância das respostas a uma dada pergunta, poder-se-á optar, não pela *Média Aritmética*, mas pela *Moda* ou *Mediada* como outras medidas de tendência central.

opiniões individualmente. No caso, este ambiente é representado pelo questionário de avaliação da *RADIAN* após terem assistido vídeos explicativos dela e dos protótipos desenvolvidos.

Diferentemente de outros métodos para coletar opiniões, o *Expert Panel* não tem como objetivo buscar consensos, como o *Delphi*, por exemplo.

Considerado o domínio de aplicação de DN e que uma das principais perguntas a serem respondidas têm a ver com a aplicabilidade potencial de um DSS derivado da *RADIAN* para melhoria do processo geral de gestão de DN, foram escolhidos como especialistas: 1) gestores e usuários gerais do próprio órgão da defesa civil envolvidos em análises e decisões relacionadas às diversas fases de um DN; 2) gestores e usuários gerais de demais atores envolvidos em análises e decisões relacionadas às diversas fases de um DN (polícia, bombeiros, etc.); e 3) pessoas do setor de TI de defesas civis e dos demais atores (polícia, bombeiros, etc.). Este perfil de respondedor deve ser identificado quando do preenchimento do questionário.

Dada a cooperações previamente estabelecidas, foram selecionadas as Defesas Civis das cidades de Blumenau e Florianópolis.

Estabeleceu-se um número mínimo de 20 respondedores, sendo 10 de cada defesa civil. Por outro lado, este número dependeu da quantidade de pessoas autorizadas pelas respectivas defesas civis a participarem desse processo de avaliação. As identidades dos respondedores foram preservadas por meio da anonimização dos seus dados. Além disso, procurou-se ter respondedores das duas principais perspectivas a serem analisadas: as pessoas que trabalham na gestão de DN, e as pessoas ligadas à parte de TI dos sistemas computacionais utilizados no suporte à gestão de DN.

7.3.5. Definição do procedimento de coleta de dados

Como já mencionado, o procedimento trata-se de um *questionário*, estruturado. Ele foi elaborado e disponibilizado na Internet juntamente com uma prévia explicação da *RADIAN* e vídeos de demonstração dos dois protótipos.

O formulário ficou disponível na Internet pelo *Google Forms* durante o período de novembro e dezembro de 2024, onde foram obtidas 28 respostas.

As respostas ao questionário foram feitas após as pessoas terem assistido a um vídeo de aproximadamente 40 minutos, preparado pelo doutorado e

disponibilizado no *Youtube*⁴⁴. A primeira parte do vídeo explicou a *RADIAN* em si e a segunda parte mostrou como os dois DSS-protótipos funcionariam diante de dois tipos diferentes de DN com diferentes protocolos de ação. O tempo total estimado entre uma pessoa começar a assistir o vídeo e responder ao questionário foi pensado para ser de 1 hora e 30 minutos.

7.3.6. Análise e síntese final das respostas

Este foi o último procedimento da etapa de validação. Consistiu na análise e síntese final das respostas, de forma quantitativa e qualitativa.

A parte quantitativa foi representada pela compilação e análise das respostas fornecidas via escala *Likert*. A parte qualitativa foi representada pela compilação e análise das respostas às perguntas abertas do questionário.

Na análise global não há ponderação (diferentes pesos de importância) entre as perguntas. A análise foi efetuada de forma analítica, objetiva, direcionada unicamente à pergunta de pesquisa. Tais resultados foram posteriormente enviados às diretorias das duas defesas civis envolvidas, para as quais fora pedido que os resultados fossem repassados aos respondedores para algum comentário final ou correção, mas nenhuma resposta mais foi recebida.

7.4 COMPILAÇÃO DOS RESULTADOS

Como resultado da participação, foram obtidas 42,8% respostas de profissionais ligados a defesas civis que lidam com DN, quer apenas na parte de gestão, quer na parte de TI. Outras repostas, 35,7%, foram provenientes de outros atores que não funcionários das defesas civis, quer de pessoas mais ligadas à gestão, quer à TI. Finalmente, 21,4% dos respondentes são professores/pesquisadores na área (Tabela 6).

⁴⁴ <https://www.youtube.com/watch?v=l8shwx9Lwio&t=465s>

Tabela 6: Número de Participantes

Participantes	Nº	%	% área
Funcionários da DC envolvido em análises e tomadas de decisão sobre DN	9	32.1%	42.8% da DC
Funcionários da DC ligado ao setor de TI, sistemas e infraestruturas gerais sobre DN	3	10.7%	
Não funcionário da DC ligado ao setor de TI, sistemas e infraestruturas gerais sobre DN	7	25%	35,7% da TI
Não funcionário da DC envolvido em análises e tomadas de decisão sobre DN	3	10.7%	
Outros	6	21.4%	Pesquisadores

Fonte: Do Autor (2025)

A seguir os resultados de cada uma das perguntas fechadas do questionário são apresentados. No **Apêndice C** são disponibilizadas as análises detalhadas sobre as respostas à cada pergunta fechada e aberta, incluindo os comentários na íntegra dos participantes para cada uma das questões abertas.

A Tabela 7 exhibe a análise estatística que mostra as médias das pontuações para cada questão, avaliadas através da Escala *Likert*. Pode-se observar que, de forma geral, a *RADIAN* recebeu uma avaliação bastante positiva nas dimensões analisadas dado que em todas elas obteve-se um índice de aprovação maior que 70% na somatória das avaliações 4 e 5. Apenas uma das perguntas houve 2 respondedores (7%) que discordaram fortemente.

Tabela 7: N° de respostas na escala *Likert* por Questão e N° de Comentários

(Continua)

		1	2	3	4	5	%	N° de comentários – Apêndice C
Questão	1	0	0	1	8	19	96,5% concordam parcialmente ou totalmente e 3,6% se mantiveram neutros	15
	2	0	0	1	6	21	96,4% concordam parcialmente ou totalmente e 3,6% se mantiveram neutros	12
	3	0	0	2	7	19	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	12
	4	0	0	4	5	19	85,8% concordam parcialmente ou totalmente e 14,3% se mantiveram neutros	10
	5	0	0	3	3	22	89,3% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	9
	6	0	0	2	4	22	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	10
	7	0	0	2	5	21	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	11
	8	0	0	3	2	23	89,2% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	11
	9	0	0	1	4	23	96,4% concordam parcialmente ou totalmente e 3,6% se mantiveram neutros	8
	10	2	0	2	10	14	85,7% concordam parcialmente ou totalmente, 7,1% se mantiveram neutros e 7,1% discordam totalmente	12

Tabela 7: Nº de respostas na escala Likert por Questão e Nº de Comentários

(Continuação)

		1	2	3	4	5	%	Nº de comentários – Apêndice C
Questão	11	0	0	3	7	18	89,3% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	9
	12	0	0	2	5	21	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	7
	13	0	0	2	5	21	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	8
	14	0	0	3	9	16	89,2% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	9
	15	0	0	2	3	23	92,8% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	8
	16	0	2	2	4	20	85,7% concordam parcialmente ou totalmente, 7,1% se mantiveram neutros e 7,1% discordam parcialmente	8
	17	0	0	2	2	24	92,8% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	6
	18	0	0	4	2	22	85,7% concordam parcialmente ou totalmente e 14,3% se mantiveram neutros	7
	19	0	0	4	4	20	85,7% concordam parcialmente ou totalmente e 14,3% se mantiveram neutros	6

Tabela 7: N° de respostas na escala Likert por Questão e N° de Comentários

(Continuação)

		1	2	3	4	5	%	N° de comentários – Apêndice C
Questão	20	0	0	6	3	19	78,6% concordam parcialmente ou totalmente e 21,4% se mantiveram neutros	6
	21	0	0	2	3	23	92,8% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	6
	22	0	0	2	2	24	92,8% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	7
	26	0	0	3	8	17	89,3% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7%	8
	27	0	0	4	6	18	85,7% concordam parcialmente ou totalmente e 14,3% se mantiveram neutros	7
	28	0	0	3	3	22	89,3% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	7
	29	0	0	3	2	23	89,2% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	7
	30	0	0	3	2	23	89,2% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	6
	31	0	0	1	3	24	96,4% concordam parcialmente ou totalmente e 3,6% se mantiveram neutros	7
	37	0	0	3	6	19	89,3% concordam parcialmente ou totalmente e 10,7% se mantiveram neutros	7

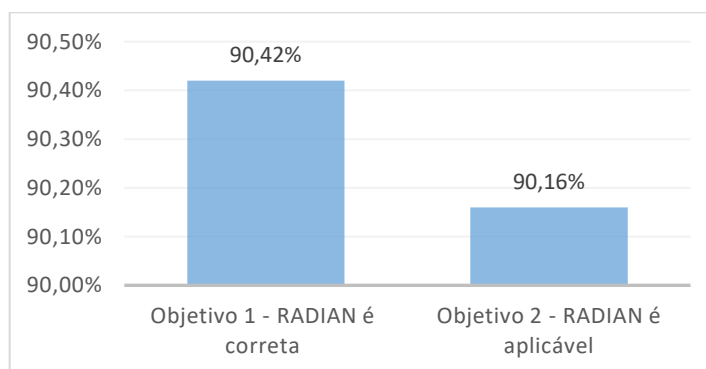
Tabela 7: Nº de respostas na escala Likert por Questão e Nº de Comentários

(Conclusão)

		1	2	3	4	5	%	Nº de comentários – Apêndice C
Questão	38	0	0	2	5	21	92,9% concordam parcialmente ou totalmente e 7,1% se mantiveram neutros	7

Fonte: Do Autor (2025)

Como síntese dos resultados, obteve-se o seguinte quadro (Gráfico 1): quanto ao objetivo 1, sobre se a *RADIAN* era correta, obteve-se 90,42% de aprovação. Quanto ao objetivo 2, sobre se a *RADIAN* era aplicável, obteve-se 90,16% de aprovação.

Gráfico 1 – % de aprovação dos participantes aos objetivos da validação da *RADIAN*

Fonte: Do Autor (2025)

Em resumo, pôde-se comprovar que o objetivo da Tese fora atingido, ao se desenvolver uma RA – a *RADIAN* – correta, completa e globalmente coerente com o tratamento de um DN nas suas várias fases e níveis de gravidade na perspectiva de DSS. Ainda, de ser aplicável, no sentido de que, a partir da *RADIAN*, DSS particulares possam ser derivados, instanciados e escalados à medida que defesas civis se modernizam, amadurecem seus processos, introduzem novas tecnologias, ou expandem seu escopo de ação em termos de tipos de DN a lidar. Finalmente, que pode servir de base para empresas de tecnologia e de ecossistemas de inovação para o desenvolvimento de mais completos DSS para DN.

8 CONCLUSÕES

Os desastres naturais (DN) têm aumentado em frequência e intensidade. É reconhecida a complexidade inerente aos processos de tomada de decisão associados à gestão de DN e as limitações dos sistemas e abordagens atuais para um ambiente virtual mais abrangente, integrado, orientado por dados e colaborativo para melhor apoiar todos os atores envolvidos na gestão de um determinado DN em suas análises e decisões.

A relevância de ambientes computacionais integrados e alimentados por dados de suporte para monitoração, análises e tomadas de decisão é pontuada por inúmeros autores e por vários órgãos nacionais e internacionais. Dados desses mesmos órgãos ressaltam que a maioria das cidades do mundo não dispõem de suporte algum naquele sentido, acarretando ineficiências, maiores perdas ou impactos sobre as pessoas, recursos materiais e financeiros, nas cidades e infraestruturas.

Uma extensa revisão da literatura mostrou que a maior parte dos sistemas de suporte à decisão (DSS) para DN foi desenvolvida de forma *ad-hoc*, sem uma visão mais ampla, escalável e global sobre possíveis extensões no DSS implantado, considerando a variável maturidade das defesas civis e suas necessidades e prioridades em evolução.

Esta Tese visou oferecer uma contribuição para a diminuição deste problema, através de uma abordagem baseada em Arquitetura de Referência (AR). Um seja, um modelo genérico abstrato, mas abrangente e amplo o suficiente para servir como uma referência conceitual, um *blueprint*, para a derivação de DSS particulares para certos tipos de DN. Aquela mesma revisão da literatura mostrou que não há uma AR voltada para DSS direcionados a gestão de ND.

Neste sentido, esta Tese propôs uma AR denominada *RADIAN (Reference Architecture for Decision support system for Natural disaster)*. Além da contribuição científica em si e ineditismo que ela representa, a sua proposição de valor e premissa foram as de que, utilizando-se de uma apropriada AR, as organizações (ligadas a Defesas Civis) e desenvolvedores (ligadas à indústria de software) poderiam ser melhor auxiliadas na criação de DSS particulares a partir de uma referência “completa” e moderna, de forma gradual, modular, escalável, padronizada, funcionalmente globalmente coerentes, independentemente de tecnologias ou modelos de implementação e de integração, potencializado assim um desenvolvimento de DSS

em menor tempo, com menos custos e riscos, e mais efetivos quanto ao gerenciamento de DN.

Com uma visão geral que abrange governança em um ambiente colaborativo e multi-ator para tomada de decisão, a integração de tecnologias avançadas (como IA, gêmeos digitais e IoT), e suporte tanto para operações quanto para o treinamento de gestores, a *RADIAN* almeja ser uma referência para a melhoria das capacidades de resposta e resiliência das defesas civis para enfrentar os desafios futuros associados aos DN. Além disso, tem o potencial de facilitar o surgimento de ecossistemas colaborativos de inovação, promovendo a padronização, escalabilidade, reutilização de funcionalidades, melhoria da qualidade e interoperabilidade entre os diversos sistemas que instanciarão a *RADIAN* para um caso particular de DSS.

A *RADIAN* foi pensada para abarcar todas as fases de variados DN de forma sistêmica, comportado desde a fase de mitigação à de recuperação, desde as etapas de planejado à de intervenção, atuação e monitoração dos sistemas físicos e áreas afetadas. Ainda, oferece uma referência funcional, tanto para a operação do DSS, como para treinamento.

Importante ressaltar que, em sendo uma AR, todas particularizações de como cada uma das macro funcionalidades propostas serão desenvolvidas (por exemplo, em termos de técnicas a serem usadas, modelos e linguagem de implementação, projeto de interface humano-DSS, tipo(s) de DN para os quais o DSS será desenvolvido, etc.) devem ser resolvidas quando da instanciação e implementação do DSS, não cabendo à AR lidar com essas questões. Da mesma forma, cabe aos projetistas do DSS desejado lidarem com aspectos como os de integração dos dados, de tolerância a falhas quando de interrupções de linhas de transmissão ou de telecomunicações, de destruição de áreas físicas, etc. Por outro lado, a *RADIAN* oferece um conjunto geral de diretrizes a serem observadas de ajuda aos ‘derivadores’.

A avaliação, qualitativa e quantitativa dos efeitos da aplicação da *RADIAN* por defesas civis e empresas de desenvolvimento de software (em termos de tempos, custos e riscos de desenvolvimento assim como dos impactos da sua adoção) só poderiam ser realizadas depois de inúmeros projetos reais de implementação e ao longo de um certo tempo. Como isso não era possível de ser realizado e em consonância com o tipo de pesquisa realizado, a avaliação da *RADIAN* foi feita de forma totalmente qualitativa, através da técnica de *Expert Panel*.

Nesse sentido, com base nas respostas a um abrangente questionário para 28 especialistas na área assim como no desenvolvimento de dois protótipos computacionais de DSS derivados a partir da *RADIAN* considerando-se a realidade de duas defesas civis de Santa Catarina e usados como provas de conceito, pode-se afirmar que a Tese respondeu à pergunta de pesquisa e atingiu aos objetivos geral e específicos desejados. Ou seja, identificou-se como deveria ser uma AR de DSS para gerenciamento de DN, e que esta pudesse ser correta e completa o suficiente para servir de base para a derivação de DSS particulares.

A modularidade e a clara identificação dos fluxos lógicos de controle entre os módulos e funcionalidades gerais da *RADIAN* permitem que cada defesa civil, consoante as suas necessidades, prioridades, tipo de DN a suportar, maturidade de gestão de DN, nível tecnológico das cidades e infraestruturas em termos de provisão de dados, entre outros, tenha um 'roteiro' (*roadmap*) de escalabilidade para seus DSS de suporte à DN. Isto também as ajuda na definição dos sistemas computacionais a serem desenvolvidos pelas próprias prefeituras ou adquiridos junto a provedores privados de soluções do ecossistema. Isto, por sua vez, pode fomentar um maior desenvolvimento tecnológico e de inovação na cidade.

Ressalta-se, entretanto, que a *RADIAN* é agnóstica do ponto de vista de tecnologias e arquitetura de implementação, ficando ao encargo de cada defesa civil (ou órgão de suporte) tal tipo de definições uma vez que a *RADIAN* apenas mostra quais devem ser as funcionalidades gerais para cada tipo macro de necessidade. Isso significa dizer que uma dada funcionalidade geral pode vir a ser implementada por um ou mais sistemas ou serviços de software, a terem que depois serem integrados na arquitetura geral vigente. Neste sentido, a adoção de outras tecnologias de suporte, como IA, *chatbots*, gêmeos digitais, IoT, Nuvem, dentre outras, acopladas àquelas funcionalidades/sistemas, é também de responsabilidade das defesas civis e empresas de desenvolvimento de software).

No que toca à interação humano-máquina (usuário do DSS e o DSS em si) e o nível de inteligência ou de autonomia/automação de certas ações, isso igualmente depende da implementação, incluindo da própria cultura da defesa civil, maturidade digital, e nível de sofisticação e disponibilidade de coleta de dados das infraestruturas e sistemas dos diversos atores. Por exemplo, para uma defesa civil madura e já com grande cultura de uso de sistemas de apoio ao monitoramento ou de algum apoio à decisão, algumas funcionalidades podem ser implementadas de forma que o DSS já

sugira ou ele mesmo execute algumas funções sem a intervenção humana, bastando depois que grave a ação num *log* quando ela foi feita, etc. Da mesma forma, com o uso de IA, IA generativa ou IA explanativa, pode-se recorrer a meios mais sofisticados de apoio à decisão, onde o usuário apenas averigua e contextualiza a decisão recomendada, mas ele é quem toma a decisão final. Já para uma defesa civil com ainda baixa cultura digital e de apoio computacional às decisões, ela pode preferir optar por uma abordagem mais “conservadora”, onde todos os sistemas desenvolvidos (atrelados às macro funcionalidades da *RADIAN* selecionadas) sejam desenvolvidos de forma a que necessariamente todas as iniciativas, ações e decisões tenham que passar por e serem analisadas/aprovadas pelos usuários. Ainda, dependendo do caso, uma defesa civil pode exigir que as decisões finais passem por vários níveis de usuários conforme suas hierarquias e em alinhamento ao modelo de governança vigente, enquanto que em outros casos pode ser que apenas e sempre uma determinada pessoa esteja delegada para tomar a decisão final.

A *RADIAN* foi projetada para ser genérica e aplicável a diversos tipos de DN tomando como base centenas de projetos, publicações na área e tendências. Todavia, a especificidade de cada tipo de desastre pode exigir adaptações e personalizações adicionais não totalmente exploradas nesta pesquisa. Portanto, e assim como com qualquer outra arquitetura de referência, a *RADIAN* não deve ser tomada como algo imutável. Novos processos associados ao surgimento de novas tecnologias, realidades sociais, ou mesmo a novos tipos ou subtipos de DN podem fazer com que ela precise ser refinada em termos de módulos, funcionalidades e fluxos lógicos.

8.1 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DA PROPOSTA

Apesar dos resultados promissores e do racional rigoroso científico adotado em todas as suas etapas de concepção que a fez ser, preliminarmente, completa e aplicável, há que se pontuar algumas limitações no tocante à sua validação, em termos dos seus procedimentos e amostra.

A validação formal da *RADIAN* por parte de *experts* foi realizada apenas com base em material escrito e vídeo de dois protótipos parciais, dado que não era viável o desenvolvimento, testes e implantação de um DSS ‘completo’ em uma defesa civil existente no atendimento a um DN real.

Além disso, ela foi realizada por meio de um questionário respondido por especialistas apenas de pessoas do Brasil, do estado de Santa Catarina, e de apenas duas defesas civis, o que *pode* introduzir um viés de subjetividade mesmo que sejam pessoas diretamente envolvidas com DN e defesas civis.

Apesar do processo de derivação ser baseado numa norma ISO, assume-se que as defesas civis tenham pessoas capacitadas para conduzir corretamente todo o desdobramento a partir da *RADIAN* / modelo genérico até o modelo específico e sua instanciação. O trabalho realizado dá apenas diretrizes gerais, mas não dá suporte concreto metodológico ou computacional a essa ação.

8.2 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Com base principalmente nas limitações identificadas, nos resultados obtidos e em algumas questões prementes atuais, sugere-se alguns trabalhos em futuras investigações na área geral e na continuação dos desenvolvimentos da *RADIAN*, tais como:

- a) Estudos de caso em ambientes operacionais reais com a adoção da *RADIAN*, avaliando o desempenho de DSS derivados em situações de efetivo DN;
- b) Desenvolvimento de metodologias e ferramentas de apoio à derivação e instanciação de DSS particulares;
- c) Investigação de modelos de governança para ambientes colaborativos compostos por atores distribuídos e independentes, considerando aspectos como a tomada de decisão multi-ator, a gestão de responsabilidades, a auditoria, e a adaptação a diferentes contextos culturais e organizacionais;
- d) Investigação de modelos de decisão baseados em agentes inteligentes no suporte a análises e operações considerando-se diferentes contextos geográficos, físicos (infraestruturas), culturais e socioeconômicos das regiões impactadas por um dado DN para ações mais assertivas e alinhadas às realidades do local e das pessoas da região;
- e) Criação de um ecossistema de serviços e aplicações, desenvolvendo-se um catálogo de serviços de software "plugáveis" a DSS para DN derivados

a partir da *RADIAN*, facilitando a integração de funcionalidades e a criação de um ecossistema de provedores de serviços especializados;

- f) Desenvolvimento de um sistema de certificação para DSS baseados na *RADIAN*, garantindo que eles atendam a determinados padrões de completude e coerência global funcional;
- g) Modelagem formal da *RADIAN* em *SysML* (*Systems Modeling Language*) para complementar as necessidades da engenharia de sistemas na interpretação da RA para fins de desenvolvimento de DSS;
- h) Avaliar a pertinência de patentear a *RADIAN*;
- i) De caráter não científico, procurar atuar e influenciar positivamente em políticas públicas e práticas de defesas civis para a adoção de modernos DSS, usando a *RADIAN* como exemplo de uma possibilidade de modelo de referência e para certificações.

REFERÊNCIAS

- ABEBE, A. J.; PRICE, R. K. **Decision support system for urban flood management**. Journal of Hydroinformatics, v. 7, n. 1, p. 3-15, 2005.
- ADU-KANKAM, Kankam O.; CAMARINHA-MATOS, Luis M. **A Framework for Collaborative Virtual Power Plant Ecosystem**. In: Working Conference on Virtual Enterprises. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 151-166.
- AITSI-SELM, Amina et al. **The Sendai framework for disaster risk reduction: Renewing the global commitment to people's resilience, health, and well-being**. International journal of disaster risk science, v. 6, p. 164-176, 2015.
- ALBATROSS. **Advancing knowledge for Long-term Benefits and climate Adaptation ThRough hOlistic climate Services and nature-based Solutions**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101137895>>. Acessado em: 20 set. 2024.
- ALERT. **Infectious Disease decision-support tools and Alert systems to build climate Resilience to emerging health Threats**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101057554>>. Acessado em: 20 set. 2024.
- AFFONSO, F. J. et al. Reference Architectures for Self-Managed Software Systems: **A Systematic Literature Review**. In: Software Components, Architectures and Reuse, VIII., 2014. Proceeding [...] [S.l.]: IEEE, p. 21-31, 2015. Disponível em: <<https://ieeexplore-ieee-org.ez71.periodicos.capes.gov.br/document/7012979>>. Acessado em 10 set. 2025.
- AL-DAHASH, H.; THAYAPARAN, M.; KULATUNGA, U. Understanding the terminologies: **Disaster, crisis and emergency**. Association of Researchers in Construction Management (ARCOM), pp. 1191-1200, 2016.
- ALDUNATE, R.; PENA-MORA, F.; ROBINSON, G. Collaborative Distributed Decision Making for Large Scale Disaster Relief Operations: **Drawing Analogies from Robust Natural Systems**. In: Complexity, vol. 11, n. 2, pp. 28-38 (2005).
- ALM-RISK. **Asset Level Modelling of RISKS In the Face of Climate Induced Extreme Events and ADAPTtation**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101093939>>. Acessado em: 22 ago. 2024.
- ALVES, Carlos M. O.; COSTA, Manuel P. **Visualização multinível em sistemas de apoio à decisão: Revisão de literatura**. 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 2018, pp. 1-5, DOI: 10.23919/CISTI.2018.8399179.
- ANDERSSON, Karl; HOSSAIN, Mohammad Shahadat. **Heterogeneous Wireless Sensor Networks for Flood Prediction Decision Support Systems**. The 2015 IEEE INFOCOM International Workshop on Mobility Management in the Networks of the Future World. 978-1-4673-7131-5/15/\$31.00 ©2015 IEEE.

ANDRÁŠKO, Ivan; KLEMEŠOVÁ, Kamila Dolák; DVOŘÁK, Petr. Clarifying “flood experience”: **A novel conceptual model demonstrates how a flood experience emerges and what determines its intensity and character**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104150, 2024.

ANGELOV, S., TRIENEKENS, J. J., GREFEN, P. (2008). Towards a method for the evaluation of reference architectures: **Experiences from a case**. In *ECSA'08: Proc. 2ND European Conference on Software Architecture*, pages 225–240, Paphos, Cyprus.

ANGELOV, Samuil; GREFEN, Paul; GREEFHORST, Danny. A framework for analysis and design of software reference architectures. **Information and Software Technology**, v. 54, n. 4, p. 417-431, 2012.

ARSENE, Diana-Andreea; PAHONTU, Bogdan-Ionut; MOCANU, Mariana. **A Survey on Decision Support Systems in Water Management**. *12th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI) 2020*. DOI: 978-1-7281-6843-2/20/\$31.00 ©2020 IEEE.

ARSHAD, Hossein; EMBLEMSVÅG, Jan; ZHAO, Xilei. **A data-driven, scenario-based human evacuation model for passenger ships addressing hybrid uncertainty**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104213, 2024.

ASIMAKOPOULOU, Eleana; BESSIS, Nik; XU, Xiaolong; ZHANG, Lei; TROVATI, Marcelo Walter; PALMIERI, Francesco; JOHNNY, Olayinka. (2021). **PERMS: An efficient rescue route planning system in disasters**. *Applied Soft Computing*. 111. 107667. DOI: 10.1016/j.asoc.2021.107667. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/352925943_PERMS_An_efficient_rescue_route_planning_system_in_disasters>. Acessado em: 03 mai. 2023.

ASLAM, Adeel et al. **Decision support system for risk assessment and management strategies in distributed software development**. *IEEE Access*, v. 5, p. 20349-20373, 2017.

ATLANTIC-ARCTIC AGORA. **Blueprint for Atlantic-Arctic Agora on cross-sectoral cooperation for restoration of marine and coastal ecosystems and increased climate resilience through transformative innovation**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101093956>>. Acessado em: 20 set. 2024.

AUTOSAR. 2023. **Automotive Open System ARchitecture**. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/cs-392/#:~:text=AUTOSAR.%202020.%20Automotive%20Open%20System%20ARchitecture.>>. Acessado em: 20 ago. 2023.

BABBIE, E. R. **The practice of social research (13th ed.)**. Cengage Learning, 2013.

BASILI, V. R.; CALDIERA, G.; ROMBACH, H. D. The Goal Question Metric Approach. In: **Encyclopedia of Software Engineering**. Wiley, 1994.

BASHIR, M. R.; GILL, A. Q. Towards an IoT Big Data Analytics Framework: **Smart Buildings Systems**. In: High Performance Computing And Communications, 18.; Smart City, 14.; Data Science and Systems (HPCC/SmartCity/DSS), 2., 2016, Sydney, NSW, Austrália. Proceedings [...]

BASS, L.; CLEMENTS, P. and KAZMAN, R. **Software architecture in practice**. 2ND ed. Addison-Wesley, 2003.

BASSANO, Clara *et al.* **An experience-based decision support system for supporting governance in enterprise**. In: *APPLIED HUMAN FACTORS AND ERGONOMICS (AHFE 2015) AND THE AFFILIATED CONFERENCES, AHFE 2015*, 6., 2015, [S.I.]. **Proceedings** Procedia Manufacturing, 2015. p. 3559 - 3566. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.709>>. Acesso em: 12 out. 2021.

BASSANO, C.; D'ANIELLO, G.; GAETA, M.; MIRANDA, S.; ORCIUOLI, F.; SANDKUHL, K.; TOMASIELLO, S. **An Experience-based Decision Support System for Supporting Governance in Enterprise**, *Procedia Manufacturing*, Volume 3, pp. 3559-3566, 2015.

BAU, I. H. et al. **An architecture for component-based software development using microservices**. *International Journal of Computer Science and Network Security*, v. 18, n. 4, p. 1-8, 2018.

BAYANI, Magid (2013). **Web-based Decision Support Systems: A conceptual performance evaluation**. *INES 2013. IEEE 17th International Conference on Intelligent Engineering Systems*. June 19-21, 2013, Costa Rica.

BERAWI, Mohammed Ali et al. **Optimizing search and rescue personnel allocation in disaster emergency response using fuzzy logic**. 2019.

BERTIN, Dominique et al. **Neural networks-based operational prototype for flash flood forecasting: application to Liane flash floods (France)**. In: *FLOODrisk 2016-3rd European Conference on Flood Risk Management*. 2016.

BLUE ECONOMY TOOLS. **User-driven applications and tools for Climate-Informed Maritime Spatial Planning and integrated seascape management, towards a resilient & inclusive Blue Economy**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101112919>>. Acessado em: 20 set. 2024.

BLY, Jared Douglas. **Crisis Resource Management in Disaster**. 2021. Tese de Doutorado. Royal Roads University (Canada).

BLY, Jared; FRANCESCUTTI, Louis Hugo; WEISS, Danielle. Disaster management: A state-of-the-art review. **Natural Hazards-Impacts, Adjustments and Resilience**, 2020. DOI: [http:// dx.doi.org/ 10.5772/ intechopen.94489](http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.94489).

BOSTENARU DAN, Maria; CRĂCIUN, Cerasella; IBRIC, Adrian. **Decision Systems in Disaster Management with Application to Fire**. In: *Fire Hazards: Socio-economic and Regional Issues*. Cham: Springer International Publishing, 2024. p. 67-81.

BONCZEK, R. H.; HOLSAPPLE, C. W. **The Evolving Roles of Models in Decision Support Systems**. Decision Sciences, Vol. 11, No. 2, 1980.

BUCAIONI, Alessio et al. **Reference architectures modelling and compliance checking**. Software and Systems Modeling, v. 22, n. 3, p. 891-917, 2023.

BUILDERS. **Builders Project**. 2018. Disponível em: <<https://buildersproject.eu/>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

CABAL, Agnès; ERLICH, Marc. *Flood risk management approaches and tools for mitigation strategies of coastal submersions and preparedness of crisis management in France*. **International Journal of River Basin Management**, v. 16, n. 3, p. 353-369, 2018.

CAMARINHA-MATOS, Luis M.; AFSARMANESH, Hamideh. **Collaborative networks: a new scientific discipline**. Journal of intelligent manufacturing, v. 16, p. 439-452, 2005.

CAMARINHA-MATOS, Luis M.; AFSARMANESH, Hamideh; OLLUS, Martin. *ECOLEAD: A holistic approach to creation and management of dynamic virtual organizations*. In: **Working conference on virtual enterprises**. Boston, MA: Springer US, 2005. p. 3-16.

CA-RESILIENCE. **Improving ClimAte Resilience of crltical Assets**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101093806>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CRED - CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. **The human cost of disasters 2000–2019**. Brussels: CRED, 2020. Available at: <https://www.cred.be/publications>. Accessed on: Jan. 20, 2025.

CENTAUR. **CENTAUR - Copernicus Enhanced Tools For Anticipative Response To Climate Change**. In The Emergency And Security Domain. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101082720>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMAS. **CLIMAtE change citizens engagement toolbox for dealing with Societal resilience**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101094021>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMATE DECISION ECONOMICS. **Providing operational economic appraisal methods and practices for informed decision-making in climate and environmental policies**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101056734>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMATE SAND FLY. **Climate Monitoring and Decision Support Framework for Sand Fly-borne Diseases Detection and Mitigation with COst-benefit and Climate-policy MeasureS**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101057690>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMATE SUPERMODEL. **Towards Operational Supermodel Climate Prediction.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101101037>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMATE TIPPING POINTS. Climate Tipping Points: **Uncertainty-aware quantification of Earth system tipping potential from observations and models and assessment of associated climatic, ecological, and socioeconomic impacts.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101137601>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMATESMARTADVISORS. ClimateSmartAdvisors: **Connecting and mobilizing the EU agricultural advisory community to support the transition to Climate Smart Farming.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101084179>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CLIMEMPOWER. **User driven climate applications empowering regional resilience.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101112728>>. Acessado em: 20 set. 2024.

C-NEWTRAL. C-NEWTRAL: **smart CompreheNsive training to mainstrEam neW approaches for climaTe-neutRal cities through citizen engAgement and decision-making support for innovative governance and integrated pLanning.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101119603>>. Acessado em: 20 set. 2024.

COASTAL TOOLS. **Coastal Climate Resilience and Marine Restoration Tools for the Arctic Atlantic basin.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101093865>>. Acessado em: 20 set. 2024.

COAST-RISK. **Detection and Global Risk Assessment of Coastal Transitional Climate and Neo-climate Regions in a Warming World.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101111262>>. Acessado em: 20 set. 2024.

COMES, Tina; MAYAG, Brice; NEGRE, Elsa. Decision support for disaster risk management: Integrating vulnerabilities into early-warning systems. In: **Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries: First International Conference, ISCRAM-med 2014, Toulouse, France, October 15-17, 2014. Proceedings 1.** Springer International Publishing, 2014. p. 178-191.

COMES, Tina; MAYAG, Brice; NEGRE, Elsa. Decision support for disaster risk management: **Integrating vulnerabilities into early-warning systems.** In: Information Systems for Crisis Response and Management in Mediterranean Countries: First International Conference, ISCRAM-med 2014, Toulouse, France, October 15-17, 2014. Proceedings 1. Springer International Publishing, 2014. p. 178-191.

COMMUNITY RESEARCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **Natural Disasters.** 2023. Disponível em: <<https://commission.europa.eu/>>. Acessado em: 23 jun. 2023.

COMMUNITY RESERCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **European earth observation tools for effective disaster preparedness and response**. 2005. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/news/rcn/24961_en.html>. Acessado em: 14 mar. 2020.

COMMUNITY RESERCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **Modelling crisis management for improved action and preparedness**. 2017. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/284552>>.

COMMUNITY RESERCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **New research shows climate change couldimp acton 351 millionEuropeansby 2100**. 2017. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/news/rcn/128562_en.html>. Acessado em: 21 mai. 2019.

COMMUNITY RESERCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **New research shows climate change couldimp acton 351 millionEuropeansby 2100**. 2017. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/news/rcn/128562_en.html>. Acessado em: 21 mai. 2019.

COMMUNITY RESERCH AND DEVELOPMENT INFORMATION SERVICE (CORDIS). **Risk of Inundation - Planning and Response Interactive User System**. 1998. Disponível em: <https://cordis.europa.eu/project/rcn/43355_en.html>.

COMPASS. COMPOund extremes Attribution of climate change: **towardS an operational Service**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101135481>>. Acessado em: 22 ago. 2024.

COSTA, Joao Pita et al. **Towards improved knowledge about water-related extremes based on news media information captured using artificial intelligence**. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104172, 2024.

COSTA, S. N.; RABELO, R. J.; ROMERO, D. **A governance reference model for virtual enterprises**. In **Collaborative Systems for Smart Networked Environments: Proceedings PRO-VE 2014** 15th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises (2014).

CRD-PATHWAYS. **Climate-Resilient Development Pathways in Metropolitan Regions of Europe**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101137851>>. Acessado em: 20 set. 2024.

CRED – CENTRE FOR RESEARCH ON THE EPIDEMIOLOGY OF DISASTERS. **The human cost of disasters 2000-2019**. Brussels: CRED, 2020.

CREMEN, Gemma et al. A state-of-the-art decision-support environment for risk-sensitive and pro-poor urban planning and design in Tomorrow's cities. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 85, p. 103400, 2023.

CRESWELL, J. W. W. Projeto de Pesquisa: **métodos qualitativos, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CRESWELL, J. W. Research design: **Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (4th ed.)**. Sage publications, 2014.

CROSS-Sector RESILIENCE. **Cross-sectoral Framework for Socio-Economic Resilience to Climate Change and Extreme Events in Europe**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101081377>>. Acessado em: 22 ago. 2024.

CULTURAL-HERITAGE TOOLBOX. **Toolbox for assessing and mitigating Climate Change risks and natural hazards threatening cultural heritage**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101094818>>. Acessado em: 20 set. 2024.

DALINGER, E.; LEY, D. **A reference model for designing decision support systems in novel work domains**. In: *SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, 2011, Anchorage, AK, EUA. **Proceedings** [...] [S.l]: IEEE, 2011, p. 1615 - 1620. DOI: <<https://doi.org/10.1109/icsmc.2011.6083902>>.

DAURA. **Demonstrating trAnsformative solUTions to empower climate Resilience tOwards impRoved public health stAtus in the EU Boreal Region**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101157643>>. Acessado em: 22 ago. 2024.

DAVIES, Tim et al. Debris-flow risk-to-life: **Preliminary screening**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104158, 2024.

DAWOOD, Imad; ALSHAWI, Mustafa. **Decision Support Systems (DSS) Model for the Housing Industry**. *2009 Second International Conference on Developments in eSystems Engineering*, 2009.

DEBNATH, Ripan et al. Collaborative modelling for goal-oriented scenario planning: **A resilience planning case study in the context of greater Sydney**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104205, 2024.

DEEP ICE. **Deep ice - Deep learning. Artificial intelligence revealing the oldest ice climate signals**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101088125>>. Acessado em: 20 set. 2024.

DEFESA CIVIL. **Relação de desabrigados e desalojados, por causa das enchentes e deslizamentos**. 2009. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20090219124600/http://www.defesacivil.sc.gov.br/imagens/stories/relacao_desabrigado_17_dez_08.doc>. Acessado: 21 mar. 2021.

DIRECT. **Disaster Resilience for Extreme Climate Events providing interoperable Data, models, communication and governance**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101073978>>. Acessado em: 20 set. 2024.

NDSUL.COM. **Inauguração do Cigerd é acompanhada por videoconferência**. 2018. Disponível em: <<https://ndsul.com/2018/geral/inauguracao-do-cigerd-e-acompanhada-por-videoconferencia/>>. Acessado em: 27 set. 2018.

DOYLE, J., FRANCIS, B., TANNENBAUM, A. **Feedback Control Theory**, Macmillan Publishing Co. Courier Corporation, 2013.

DRISSEN-SILVA, M. ; RABELO, R. J. . A collaborative decision support framework for managing the evolution of virtual enterprises. **International Journal of Production Research**, v. 47, p. 4833-4854, 2009.

DRR-BEHAVIORAL GAP. **Filling the Behavioral Gap in Disaster Risk Reduction and Climate Change Adaptation.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101044374>>. Acessado em: 20 set. 2024.

DUNN, T. **Basics of Control Systems, Flexible Packaging**, William Andrew Publishing, pp 103-110, 2015.

EFIC-RISKS. **Economic and Financial Impacts from Rapid-Onset Compound and Cascading Climate related Risks.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101065946>>. Acessado em: 20 set. 2024.

EL MAMOUNE, Soumaya; EZZIYYANI, Mostafa; TAITAI, Achraf. Modelling of context Information for disaster emergency system application: Flood. In: **2016 4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology (CiSt)**. IEEE, 2016. p. 906-911.

EMERALD. **Early warning system for soil degradation: a statistical physics Approach to climate change adaptation.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101069222>>. Acessado em: 20 set. 2024.

EMERGENCY MANAGEMENT. Sistema Europeu de Conscientização sobre Inundações - European Flood Awareness System (EFAS). 2020. Disponível em: <<https://www.efas.eu/>>.

ENGAGE. Engage Project. **Risk management for society resilience.** Disponível em: <<https://www.project-engage.eu/>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

EXPEDITE. **EXPloring opportunitiEs for developing a risk and resilience climate service based on big data and machine learning.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101067784>>. Acessado em: 20 set. 2024.

FAME-FRAMEWORK. FAME (**Framework for an Automatic Metrics Extraction**). [S. l.]: GitLab, [s.d.]. At gitlab.com.

FILIP, Florin Gheorghe; ZAMFIRESCU, Constantin Bălă; CIUREA, Cristian. Collaborative Decision-Making: **Concepts, Methods, and Supporting Information and Communication Technologies.** In: International Conference on Production Research. Cham: Springer International Publishing, 2021. p. 90-106.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa.** 3. edição - Porto Alegre: Bookman, 2009a.

FLICK, Uwe. **Qualidade na pesquisa qualitativa: coleção pesquisa qualitativa.** Bookman editora, 2009b.

FREIRE, Patricia De Sa; HAWAMDEH, Suliman; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida (Ed.). **Knowledge Governance and Learning for Organizational Creativity and Transformation**. World Scientific, 2021.

GARRETT JR, Gilson. **Planeta em chamas. Incêndios no Mundo**. Revista Exame, São Paulo, Ano 57, v. 7, Ed. 1253. p. 68-72, 2023.

GENESIS. **Geologically Enhanced Nature-based Solutions for climate change resiliency of critical water Infrastructure**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101157447>>. Acessado em: 20 set. 2024.

GENERALISED ENTERPRISE REFERENCE ARCHITECTURE AND METHODOLOGY. **Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology - GERAM**. 1999. Wikipedia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Generalised_Enterprise_Reference_Architecture_and_Methodology>. Acesso em: 25 fev. 2025.

GEOHAZARDS RESILIENCE. **Improve offshore infrastructure resilience against geohazards towards a changing climate**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101120236>>. Acessado em: 20 set. 2024.

GHANTOUS, Georges Bou; GILL, Asif. The DevOps Reference Architecture Evaluation: A Design Science Research Case Study. In: **2020 IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT)**. IEEE, 2020. p. 295-299.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª. edição - São Paulo: Atlas, 2010.

Gil, A. C.. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GILLIGAN, Jonathan M. et al. **Participatory simulations of urban flooding for learning and decision support**. In: 2015 Winter Simulation Conference (WSC). IEEE, 2015. p. 3174-3175.

GIROTTTO, Cristiane D. et al. **Uma revisão crítica das inovações tecnológicas digitais para alerta precoce de surtos de doenças relacionadas à água associados a riscos climáticos**. International Journal of Disaster Risk Reduction, p. 104151, 2023.

GLIEM, J. A.; GLIEM, R. R. **Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's Alpha Reliability Coefficient for Likert-Type Scales**. In: MIDWEST RESEARCH TO PRACTICE CONFERENCE IN ADULT, CONTINUING, AND COMMUNITY EDUCATION, 2003, Columbus, OH. Anais... Columbus: Ohio State University, 2003. p. 82-88.

GONÇALVES, C., DIAS, T., OSÓRIO, A.L., CAMARINHA-MATOS, L.M. (2022). **A Multi-supplier Collaborative Monitoring Framework for Informatics System of Systems**. In: Collaborative Networks in Digitalization and Society 5.0. PRO-VE 2022. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 662. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-14844-6_4.

GRAY, P. **The Nature of Group Decision Support Systems**, in **Handbook on D.S.S.**, Eds F. Burstein, W. Holsapple, Springer, 2008.

GROUMPOS, Peter P. *Conceptual modeling and decision making support systems for complex dynamical systems: A critical overview*. **2016 ELEKTRO**, 2016.

GUESSI, Milena et al. Towards a formal description of reference architectures for embedded systems. In: **Proceedings of the 1st international workshop on exploring component-based techniques for constructing reference architectures**. 2015. p. 17-20.

HALL, D. J. **Decision Makers and Their Need for Support**, in **Handbook on Decision Support Systems**, Eds F. Burstein, C. W. Holsapple, Springer, 2008.

HANASHIMA, Makoto; SANO, Hiroaki; USUDA, Yuichiro. **Designing and Developing Dynamic Decision Support Information for Disaster Response**. Proceedings of IAHS, v. 386, p. 189-195, 2024.

HEATAFRICA. **Uncovering the structure, dynamics and impacts of humid HEATwaves across AFRica under present and future climate**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101106066>>. Acessado em: 20 set. 2024.

HERMES: **Holistic dEcision suppoRt system for infrastructure ManagErS**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101105901>>. Acessado em: 22 ago. 2024.

HODSON, Ava et al. Delivering extreme event preparedness education in schools: **A systematic review of educational preparedness resources available in England**. International Journal of Disaster Risk Reduction, p. 104171, 2023.

HOLSAPPLE, C. W. **DSS Architecture and Types**, in **Handbook on Decision Support Systems**, Eds F. Burstein, C. W. Holsapple, Springer, 2008.

HUSAIN, Wahidah et al. A proposed framework for enhancing a supply chain management system to support flood disaster relief operations. In: **2016 3rd International Conference on Computer and Information Sciences (ICCOINS)**. IEEE, 2016. p. 25-30.

INAN, Dedi I.; BEYDOUN, Ghassan; PRADHAN, Biswajeet. **Developing a decision support system for Disaster Management: Case study of an Indonesia volcano eruption**. International journal of disaster risk reduction, v. 31, p. 711-721, 2018.

INDUSTRIAL INTERNET CONSORTIUM. 2023. IIRA (industrial internet reference architecture), version 1.7. Disponível em: <<http://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>>. Acessado em: 20 ago. 2023.

IQBAL, Md Ishtiaq; AFROZ, Sonia; KABIR, Intisar. **Plan a Condensed Risk Model using Fuzzy Logic for Natural Disaster Management**. International Journal of

Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Vol. 10 Issue 04, April-2021

IRIS-CLIMATE. **Integrated Research Infrastructure Services for Climate Change risks**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101131261>>. Acessado em: 20 set. 2024.
ISBN 978-85-69839-80-4

ISLANDS IN THE STREAM. **Islands in the Stream: Climate-related Disasters and the Rhythms of Caribbean Music**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101117162>>. Acessado em: 20 set. 2024.

ISO/IEC/IEEE. Systems and software engineering — **Architecture description**. **ISO/IEC/IEEE 42010:2011**. Geneva: International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2011.

JÄRVINEN, P. **Action Research is Similar to Design Science**. Quality & Quantity, n. 41, Springer. 2007, p.37-54.

JÄRVINEN, P. On Research Methods. Tampere, Finlândia: **Opinpajan Kirja** 2004.

JASSBI, Javad; CAMARINHA-MATOS, Luis M.; BARATA, Jose. **A framework for evaluation of resilience of disaster rescue networks**. In: Risks and Resilience of Collaborative Networks: 16th IFIP WG 5.5 Working Conference on Virtual Enterprises, PRO-VE 2015, Albi, France,, October 5-7, 2015, Proceedings 16. Springer International Publishing, 2015. p. 146-158.

JUNG, Daekyo et al. **Conceptual framework of an intelligent decision support system for smart city disaster management**. Applied Sciences, v. 10, n. 2, p. 666, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/2/666>>. Acessado em: 11 out. 2023.

KRAFZIG, D.; BANKE, K.; SLAMA, D. Enterprise SOA: **Service-Oriented Architecture Best Practices**, Prentice Hall Professional, 2005.

KAISER, J., MCFARLANE, D., HAWKRIDGE, G., ANDré, P., & LEITÃO, P. (2023). A review of reference architectures for digital manufacturing: **Classification, applicability and open issues**. Computers in Industry, 149, 103923. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103923>.

KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering**. Technical Report – Department of Computer Science, University of Durham. Durham. 2007.

KONATE, Jacqueline et al. Collaborative Decision-Making: **A Proposal of an Semi-Automatic Facilitation Based on an Ontology**. International Journal of Information Technology & Decision Making, p. 1-24, 2022.

KOUDOUMAKIS, Panagiotis et al. **A general method for multi-hazard intensity assessment for cultural resources: Implementation in the region of Eastern Macedonia and Thrace, Greece**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104197, 2024.

KOURTIT, Karima; NIJKAMP, Peter; BANICA, Alexandru. **An analysis of natural disasters' effects—A global comparative study of 'Blessing in Disguise'**. *Socio-Economic Planning Sciences*, p. 101599, 2023.

LACRIMA. **LAgrangian Climate Risk and Impact Attribution**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101124572>>. Acessado em: 20 set. 2024

LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. *Archives of Psychology*, 1932.

LIU, Jing et al. CCRA: Cloud computing reference architecture. In: **2012 IEEE Ninth International Conference on Services Computing**. IEEE, 2012. p. 657-665.

LOMBORG, B. **False Alarm: How Climate Change Panic Costs Us Trillions, Hurts the Poor, and Fails to Fix the Planet**. Nova York: Basic Books, 2020a.

LOMBORG, B. **Welfare increasing adaptation strategies outperform the cost-benefit optimum climate policy**. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 156, 2020b.

LOURENÇO, Miguel et al. **An integrated decision support system for improving wildfire suppression management**. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 10, n. 8, p. 497, 2021.

MACKENZIE, C.; LASKEY, K.; MCCABE, F. et al. **Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0**. *OASIS Standard*, 12 October 2006. Disponível em: <<http://docs.oasis-open.org/soa-rm/v1.0/soarm.pdf>>. Acessado em Fevereiro/2009.

MAILLIEZ, M., CHEVROTON, H., BRIAND, C., TRUILLET, P., & LEMERCIER, C., Mélody et al. **Stepping Stone to Smarter Supervision Systems: A Human-centered Multidisciplinary Framework**. 2022.

MAILLIEZ, Mélody et al. **Stepping Stone to Smarter Supervision Systems: A Human-centered Multidisciplinary Framework**. 2022.

MANCHEIN, Mayra Zanchett. **Protótipo de um Sistema Especialista para Controle e Alerta de Desastres Naturais**. 2014. Monografia do Curso de Ciência da Computação. Universidade Regional de Blumenau (FURB).

MARTINEZ-FERNANDEZ, S.; ABU-OBAID, N.; NIETO, A. Reference Architectures: A Survey. In: **IEEE International Conference on Software Architecture**. IEEE, 2015.

MATSATSINIS, N.; MALLIOS, P. **Decision support system applications (1980-2022)**. Classification and statistical analysis. *International Journal of Decision Support Systems*, DOI: 10.1504/IJDSS.2024.10061753, 2024.

MATSUKI, Akira; HATAYAMA, Michinori. **Risk analysis of mutual influence relationships among residents under rescue operations in long-term flooded areas.** International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104216, 2024.

MED-HEALTH. **Innovative Solutions across the MEDiterranean for mitigation of Climate change-related health risks and enhancing health system resilience.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101156653>>. Acessado em: 20 set. 2024.

MEDITWIN. **Mediterranean Digital Twin Network for Understanding Climate Extremes.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101159723>>. Acessado em: 20 set. 2024.

MIDR, **Entenda a diferença entre os tipos de desastres naturais e tecnológicos registrados no Brasil.** 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/ultimas-noticias/entenda-a-diferenca-entre-os-tipos-de-desastres-naturais-e-tecnologicos-registrados-no-brasil>>. Acessado em: 20 jun. 2023.

MIOC, Darka et al. **Flood progression modelling and impact analysis.** In: Efficient Decision Support Systems-Practice and Challenges in Multidisciplinary Domains. IntechOpen, 2011.

MIRRA. **MIRRA: Microclimate Real-time Remote Applications.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101067679>>. Acessado em: 20 set. 2024.

MOHAMMADIAN, Masoud; YAMIN, Mohammad. **Intelligent decision making and analysis using fuzzy cognitive maps for disaster recovery planning.** International Journal of Information Technology, v. 9, p. 225-238, 2017.

MORA, M. et al. *Modeling the Strategic Process of Decision-Making Support Systems Implementations: A System Dynamics Approach Review.* In: **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)**, [S.l.], v. 42, n. 6, p. 899 - 912, nov. 2012, DOI: 10.1109/TSMCC.2011.2171482. Acesso em: 04 mai. 2022.

MUNICH. **Natural disaster figures for the first half of 2023. Earthquakes, thunderstorms, floods: Natural disaster figures for the first half of 2023.** Disponível em: <<https://www.munichre.com/en/company/media-relations/media-information-and-corporate-news/media-information/2023/natural-disaster-figures-first-half-2023.html>>. Acessado em: 10 out. 2023.

MUNICH RE. Natural catastrophe report 2024: **analysis, assessments, positions.** **Munich: Munich Re, 2024.** Available at: <https://www.munichre.com/en/solutions/analytics/natcatservice.html>. Accessed on: Jan. 20, 2025.

NADA, Ayman; NASR, Mora; SALAH, Marwa. **Service Oriented Approach for Decision Support Systems.** 7th IEEE Joint International Information Technology

and Artificial Intelligence Conference (ITAIC 2014). 2014. DOI: 10.1109/ITAIC.2014.7065081 ©2014 IEEE.

NAKAGAWA, E. Y. et al. *Consolidating a Process for the Design, Representation, and Evaluation of Reference Architectures*. In: *IEEE/IFIP SOFTWARE ARCHITECTURE*. 2014. Sydney, NSW, Austrália. **Proceedings [...]** [S.l.]: IEEE, p. 143 - 152, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1109/wicsa.2014.25>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

NAKAGAWA, E.Y; OQUENDO, F; BECKER, M. *RAModel: A Reference Model for Reference Architectures*. In: *SOFTWARE ARCHITECTURE AND EUROPEAN CONFERENCE ON SOFTWARE ARCHITECTURE*, 2012. Helsinki, Finlândia. **Proceeding [...]** [S.l.]: IEEE, p. 297-301, 2012. Disponível em: <<https://ieeexplore-ieee-org.ez71.periodicos.capes.gov.br/document/6337739>>. Acesso em: 12 abr. 2021.

NAKAGAWA, Elisa Yumi; ANTONINO, Pablo Oliveira (Ed.). *Reference Architectures for Critical Domains: Industrial Uses and Impacts*. Springer Nature, 2023.
NAKAGAWA, Elisa Yumi; OLIVEIRA ANTONINO, Pablo; BECKER, Martin. Reference architecture and product line architecture: A subtle but critical difference. In: **European conference on software architecture**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011. p. 207-211.

NAKAGAWA, Elisa Yumi; OQUENDO, Flavio; BECKER, Martin. **Ramodel: A reference model for reference architectures**. In: 2012 Joint Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture and European Conference on Software Architecture. IEEE, 2012. p. 297-301.

NON-CO2 CLIMATE TRANSITIONS. **Removing non-CO2 greenhouse gas emissions to support ambitious climate transitions**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101069905>>. Acessado em: 20 set. 2024.

NUNES, Ingrid; JANNACH, Dietmar. **A systematic review and taxonomy of explanations in decision support and recommender systems**. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, v. 27, p. 393-444, 2017.

ORDERUD, Hilde. **Storms and infant mortality in the Philippines**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104188, 2024.
ORTIZ, Guadalupe et al. **Uses and opportunities of emergency calls as a resource for flood risk management**. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 100, p. 104160, 2024.

ORUÇ, S.; EREN, P. E.; KOÇYIĞIT, A. **A Reference Model for Personal Process Management (PPM) Systems**. In: *INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGIES - CISTI*, 14., 2019, Coimbra, Portugal. **Proceedings [...]** [S.l.]: IEEE, 2019, p. 1 - 6. DOI: <<https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760708>>

OSORIO, A. L.; RABELO, R. J.; GONCALVES, C.. **A business technology alignment strategy for digital collaborative networks**. In: *Proceedings PRO-*

VE'2023 - 24th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Springer, 2023. p. 380-397.

OUR WORLD IN DATA. **Global mortality rates from disasters, 1900–2020.** Disponível em: <www.ourworldindata.org>. Acesso em: 4 mar. 2025.

PARÉS, M. E. et al. **IOPES, a new full-fledged approach to provide an end-to-end tracking system for emergency staff.** International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104180, 2024.

PAULIK, Ryan et al. **Model parameter influence on probabilistic flood risk analysis.** International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104215, 2024.
PBM, 2016: Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas: **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** [Marengo, J.A., Scarano, F.R. (Eds.)]. PBM, COPPE - UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. 184 p. ISBN: 978-85-285-0345-6.

PARK, G.; SUGUMARAN, V.; **PARK, S. A Big Data Analytics Framework for Decision Support in Customer Relationship Management.** Journal of Computer Information Systems, v. 58, n. 1, p. 25-37, 2018.

PEFFERS, Ken et al. **A design science research methodology for information systems research.** Journal of management information systems, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.

POTTEBAUM, Jens et al. Common information space for collaborative emergency management. In: **2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST).** IEEE, 2016. p. 1-6.

POWER, Daniel J. **Decision support systems: concepts and resources for managers.** 2002. *Faculty Book Gallery*. ISBN 1-56720-497-X HD30.2I3.P69. DOI: 658.4'03-dc2I 2001048807. Disponível em: <<https://scholarworks.uni.edu/facbook/67>>. Acessado em: 02 fev. 2022.

POWER, Daniel J. **Decision support systems: concepts and resources for managers.** 2002. *Faculty Book Gallery*. ISBN 1-56720-497-X HD30.2I3.P69. DOI: 658.4'03-dc2I 2001048807. Disponível em: <<https://scholarworks.uni.edu/facbook/67>>. Acessado em: 02 fev. 2022.

PPP-INSURANCE. **Public–Private Insurance Partnerships for Adapting to Multi-Hazard Climate Change Risks.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101086783>>. Acessado em: 20 set. 2024.

PROTECT. **Preparing a Pre-Commercial Procurement for end-user services based on environmental observation in the area of climate change adaptation and mitigation - PROTECT.** Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101060592>>. Acessado em: 20 set. 2024.

PULKKINEN, U, and SIMOLA, K. **An expert panel approach to support risk-informed decision making**. Finland: N. p., 2000, <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/20130195>

RASOULI, Mohammad Reza. Intelligent process-aware information systems to support agility in disaster relief operations: **a survey of emerging approaches**. International Journal of Production Research, v. 57, n. 6, p. 1857-1872, 2019.

RECAP. **Towards an Integrated Capability to Explain and Predict Regional Climate Changes**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101137656>>. Acessado em: 20 set. 2024.

REGIME: **Transmission Regimes of Climate-Sensitive Infectious Diseases in Latin América**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101109642>>. Acessado em: 20 set. 2024.

REGLI, William C. et al. Development and specification of a reference architecture for agent-based systems. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems**, v. 44, n. 2, p. 146-161, 2013.

REVILLA-ROMERO, B. et al. Evaluation of the satellite-based global flood detection system for measuring river discharge: influence of local factors. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 18, n. 11, p. 4467-4484, 2014.

SAHA, Pallab. **Analyzing The Open Group Architecture Framework from the GERAM Perspective**. Disponível em: <https://www.opengroup.org/architecture/wp/saha/TOGAF_GERAM_Mapping.htm>. . Acessado em: 25 fev. 2025.

SÁNCHEZ-RUIZ, Sergio et al. Combining SMOS with visible and near/shortwave/thermal infrared satellite data for high resolution soil moisture estimates. **Journal of Hydrology**, v. 516, p. 273-283, 2014.

SCHWALLER, Nora Louise; EL-KHATTABI, Ahmed Rachid; NGUYEN, Mai Thi. Networks Matter: **Examining migration networks using cellphone data following hurricane Maria**. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104139, 2024.

SHARDA, Ramesh; DELEN, Dursun; TURBAN, Efraim. **Business intelligence and analytics: systems for decision support**. Pearson, 2014.

SHIM, Jung P. et al. Past, present, and future of decision support technology. **Decision support systems**, v. 33, n. 2, p. 111-126, 2002.

SMITH, P. J. et al. **On the operational implementation of the European Flood Awareness System (EFAS)**. In: Flood forecasting. Academic Press, 2016. p. 313-348.

SOLINGEN, R.; BERGHOUT, E. The Goal/Question/Metric Method: **A practical guide for quality improvement of software development**. Springer, 2019.

SOUZA, A. P.; RABELO, R. J. **A Dynamic Services Discovery Model for better leveraging BPM and SOA Integration**. In: International Journal of Information Systems in the Service Sector, v. 7, p. 1-21, 2015.

SOTERIA. **SOLutions TEsting for Regions through Insurance for climate Adaptation**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101112867>>. Acessado em: 20 set. 2024.

TALARI, Gopaiah et al. State of the art review of Big Data and web-based Decision Support Systems (DSS) for food safety risk assessment with respect to climate change. **Trends in Food Science & Technology**, v. 126, p. 192-204, 2022.

TAROUSI, Marilena et al. **A Cloud Based Decision Support System Aimed to Contribute in Policy Making for Natural Disaster Related Incidents**. International Journal of Reliable and Quality E-Healthcare (IJRQEH), v. 8, n. 3, p. 36-46, 2019.

TEODOSIU, C.; ARDELEANU, C.; LUPU, L. **An Overview of Decision Support System for Integrated Water Resources Management**. *Environmental Engineering and Management Journal* 8(1), 153-162 (2009).

TIANMIN, C. **Design of enterprise decision support system**. In: *BUSINESS AND INFORMATION MANAGEMENT - ICBIM*, 3., 2019, Paris, França. **Proceedings [...]** Nova York, NY, EUA: ACM, 2011, p. 138 - 142. DOI: <<https://doi.org/10.1145/3361785.3364314>>.

TIE, J.; JIN, J.; WANG, X. **Study on application model of three-tiered architecture**. In Proceedings 2011 Second International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, pp. 7715-7718, 2011.

TURBAN, Efraim et al. Business intelligence and analytics: **systems for decision support**. Pearson, 2015.

TURBAN, E. Aronson, J. E., LIANG, T. P., & MACCARTHY, R. V. (2005). **Decision support systems and intelligent systems (Vol. 4)**. Upper Saddle River, NJ, USA:: Prentice-Hall.

TURBAN, E., J., ARONSON, LIANG, T.-P. Decision Support System and Intelligent Systems. 7th edition, Prentice-Hall, 2007.

UNICEF. 2023-HAC-LAC. **Highlights: Latin America and the Caribbean Region**. Disponível em: <chrome-extension://efaindbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.unicef.org/media/131391/file/2023-HAC-LAC.pdf>>. Acessado em: 10 out. 2023

UNIDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION. **Sendai framework for Disaster Risk Reduction**. Disponível em: <https://www.unisdr.org/we/coordinate/sendai-framework/> / https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf. Acessado em: 03 jun. 2023.

UNIDRR - UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION.

UNDRR Strategic Framework 2022–2025. 2022. Disponível em:

<<https://www.undrr.org/publication/undrr-strategic-framework-2022-2025>>. Acessado em: 06 jul. 2023.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. Spreading like wildfire: **the rising threat of extraordinary landscape fires**. Nairobi: UNEP, 2022. Available at: <https://www.unep.org/resources/report/spreading-wildfire-rising-threat-extraordinary-landscape-fires>. Accessed on: Jan. 20, 2025.

UN-HABITAT. World Cities Report 2022: **Envisaging the Future of Cities**. Nairobi: United Nations Human Settlements Programme, 2022.

URBAN CLIMATE JUSTICE. **Urban climate justice and community participation: towards inclusive adaptation strategies**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101150830>>. Acessado em: 20 set. 2024.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, B.; PETTER, S. Design science research in information systems. Assoc. **Inf. Syst**, v. 28, p. 75-105, 2004.

VALLE, Pedro Henrique Dias et al. **Towards suitable description of reference architectures**. PeerJ Computer Science, v. 7, p. e392, 2021.

VAN WESTEN, Cees et al. **Promoting disaster preparedness and resilience by co-developing stakeholder support tools for managing the systemic risk of compounding disasters**. Copernicus Meetings, 2023.

VELEV, D.; ZLATEVA, P. **Information system framework for integrated risk assessment from natural disasters**. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, v. 42, p. 535-541, 2018.

VICENTE, J.; TORTAJADA, S.; FUSTER-GARCIA, E.; GARCÍA-GÓMEZ, J. M.; ROBLES, M. **An audit method suited for decision support systems for clinical environment**, **Proceedings 6th IEEE International Conference Intelligent Systems**, pp. 281-288, 2012.

VIRTUCIO, Michael Benedict et al. A granular framework for modeling the capacity loss and recovery of regional transportation networks under seismic hazards: **A case study on the Port of Los Angeles**. International Journal of Disaster Risk Reduction, v. 100, p. 104164, 2024.

WIKIPEDIA CONTRIBUTORS. **Generalised Enterprise Reference Architecture and Methodology - GERAM**. In: Wikipedia. 1999. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Generalised_Enterprise_Reference_Architecture_and_Methodology>. Acessado em: ago. 12. 2025.

WILLIAM, P. et al. **Integrated Decision Support System for Flood Disaster Management with Sustainable Implementation**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2024. p. 012015.

WISHES. Supporting and Developing Widening Strategies to tackle Hydroclimatic Extreme Events: **impacts and Sustainable solutions for cultural heritage**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101095322>>. Acessado em: 20 set. 2024.

WORLD BANK. World Development Report 2023: **Managing Climate Change for Sustainable Development**. Washington, D.C.: World Bank, 2023.

XIE, Zilin et al. Public opinion changing patterns under the double-hazard scenario of natural disaster and public health event. **Information Processing & Management**, v. 60, n. 3, p. 103287, 2023.

YAJIMA, Hiroshi; TANABE, Naohisa. **Decision Support Method in Risk Communications Using Collaborative Learning**. 2015 International Conference on Computer Application Technologies. CPS (Conference Publishing Services). Japan - Tokyo. DOI 10.1109/CCATS.2015.47. Disponível em: <>. Acessado em: 22 mar. 2020.

YE Xin, CUI Yanxin, LIU Sihao, ZHOU Wenyuan. **Study on the Collaborative Pattern among Agents of Emergency DSS for the Response of Unconventional Emergency in China**. 2015 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology.

YIMAM, Dereje; FERNANDEZ, Eduardo B. Building compliance and security reference architectures (CSRA) for cloud systems. In: **2016 IEEE International Conference on Cloud Engineering (IC2E)**. IEEE, 2016. p. 147-150.

ZAMBIASI, Saulo Popov; RABELO, Ricardo Jose. A proposal for reference architecture for personal assistant software based on soa. **IEEE Latin America Transactions**, v. 10, n. 1, p. 1227-1234, 2012.

ZANCHETT, Pedro S.; RABELO, Ricardo J. **Sistemas de apoio à Gestão de Desastres Naturais**. In: CURY, Mauro J. F. (Org.). *Ambiente e Território: Abordagens e Transformações Sociais*. Mauro José Ferreira Cury, Elisa Magnani, Rita de Cássia Pereira de Carvalho (orgs.). 1. ed. - Londrina: Madreperóla, 2019a. p. 89-110.

ZANCHETT, Pedro S.; RABELO, Ricardo J. **Uma abordagem de Interoperação Semântica para Integração de Sistemas de Gestão de Desastres Naturais**. In: CURY, Mauro J. F. (Org.). *Interdisciplinaridade em Territorialidades Transfronteiriças*. 1. ed. - Curitiba: Editora CRV, 2019b. p. 323-352.

ZANCHETT, P. S.; RABELO, R. J.. **Towards a Reference Architecture for Collaborative Decision Support Systems for Natural Disasters Management**. In: PRO-VE'2024 - 25th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises., 2024, Albi, França. *Navigating Unpredictability: Collaborative Networks in Non-linear Worlds*. New York: Springer., 2024. v. 726. p. 207-223.

ZANCHETT, Pedro S.; LEMOS, Gustavo R.; RABELO, Ricardo J. **An intelligent collaborative decision support system for climate disaster management**. In: PRO-VE 2025: Hybrid Human-AI Collaborative Networks, 2025, Cham. *Anais [...]*. Cham: Springer, 2025. p. 482–499. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-032-05673-3_29>. Acesso em: 01 nov. 2025.

ZEB-AI. **Innovative methodologies for the design of Zero-Emission and cost-effective Buildings enhanced by Artificial Intelligence**. Disponível em: <<https://cordis.europa.eu/project/id/101138678>>. Acessado em: 22 set. 2024.

ZELKOWITZ, M. V.; WALLACE, D. R. Experimental models for validating technology. *Computer*, v. 31, n. 5, p. 23–31, 1998.

APÊNDICE A – FORMALIZAÇÃO DA RADIAN PELA ISO/IEC/IEEE 42010:2022

Para uma completa definição de como deverá funcionar a *RADIAN* foi tomado como base no seu processo de estruturação a norma internacional ISO/IEC/IEEE 42010:2022, usado para descrever, analisar e comunicar arquiteturas de sistemas e software. Ela organiza visões e modelos arquiteturais que atendem às preocupações das partes interessadas, promovendo clareza e cooperação durante o ciclo de vida do sistema. A norma facilita a tomada de decisões e garante uma documentação robusta e auditável, essencial para melhorar a comunicação e integração entre as partes envolvidas no desenvolvimento e evolução dos sistemas de software.

De acordo com Maier et al. (2014), Guessi et al. (2012) e Valle et al. (2021), a ISO/IEC/IEEE 42010:2011 é uma norma que estabelece um quadro de referência para a arquitetura de sistemas e software, definindo os conceitos e práticas essenciais para a descrição, análise e comunicação das arquiteturas. A norma visa assegurar que as arquiteturas sejam compreensíveis e utilizáveis por todas as partes interessadas envolvidas no ciclo de vida do sistema.

Os componentes da norma ISO/IEC/IEEE 42010:2022 incluem visões arquiteturais, que são diferentes perspectivas que descrevem a arquitetura de um sistema, abordando preocupações específicas das partes interessadas. Além disso, a norma contempla modelos arquiteturais, que são representações que capturam aspectos específicos da arquitetura, como estrutura, comportamento e interações. Por fim, a norma aborda as preocupações arquiteturais, que são questões ou interesses que influenciam a arquitetura e que precisam ser tratadas nas descrições arquiteturais (ISO/IEC/IEEE 42010:2022).

A norma ISO/IEC/IEEE 42010:2022 pode ser aplicada em diversas áreas, proporcionando benefícios específicos conforme o contexto de uso. No desenvolvimento de software, ela é utilizada por equipes de desenvolvimento para criar e documentar a arquitetura de software, assegurando que todos os aspectos estruturais e comportamentais sejam bem definidos e compreendidos. Na engenharia de sistemas, a norma é aplicada para garantir que a arquitetura do sistema atenda aos requisitos e preocupações das partes interessadas, promovendo uma abordagem sistemática e integrada para o desenvolvimento de sistemas complexos. Na gestão de projetos, a norma auxilia gerentes de projeto na compreensão e comunicação da arquitetura do sistema, facilitando a coordenação entre as equipes e a tomada de decisões informadas. Dessa forma, a ISO/IEC/IEEE 42010:2022 é uma ferramenta valiosa para assegurar a qualidade, consistência e eficácia na documentação e comunicação da arquitetura em diferentes contextos de engenharia e desenvolvimento (ISO/IEC/IEEE 42010:2022).

VIEWPOINTS DA RADIAN

A Arquitetura de Referência (AR) proposta visa desenvolver um Sistema de Suporte à Decisão para Gerenciamento de Desastres Naturais. Segue a composição dos quatro níveis (**Business Viewpoint, Usage Viewpoint, Functional Viewpoint e Implementation viewpoint**) da ISO/IEC/IEEE 42010:2022, com base nessa RA:

1. BUSINESS VIEWPOINT

Busca identificar claramente os stakeholders e suas visões de negócio, além de delinear os objetivos que o sistema deve cumprir. Esta abordagem garante que o sistema desenvolvido será alinhado com as necessidades e expectativas dos diferentes stakeholders, promovendo a eficiência, escalabilidade, flexibilidade, conformidade e segurança na gestão de desastres naturais.

Stakeholders e suas Visões de Negócio:

1. Gestores/Representantes de Defesa Civil, órgãos ligados ao CIGERD e os Problem Solvers (internos e externos):

Visão de Negócio: Necessitam de um sistema eficiente e confiável para a gestão de desastres naturais (DN), que permita a tomada de decisões rápidas e informadas. Buscam melhorar a coordenação entre diferentes agências e equipes de resposta, garantindo a segurança e bem-estar da população.

Objetivos:

- Melhorar a eficiência na resposta a desastres.
- Reduzir o tempo de resposta e aumentar a precisão das ações.
- Garantir a segurança e bem-estar da população afetada.

2. Analistas de Sistemas:

Visão de Negócio: Buscam uma arquitetura modular e escalável que facilite a integração com sistemas existentes e futuros, permitindo a adaptação a diferentes tipos de desastres e contextos operacionais.

Objetivos:

- Facilitar a integração com sistemas legados e novos.
- Garantir a escalabilidade e flexibilidade do sistema.
- Reduzir custos e tempo de desenvolvimento.

3. Desenvolvedores de Software:

Visão de Negócio: Precisam de uma RA que sirva como guia para o desenvolvimento de sistemas de suporte à decisão (DSS) específicos para diferentes tipos de DN, utilizando tecnologias modernas e eficientes.

Objetivos:

- Prover uma base sólida para o desenvolvimento de DSS.
- Utilizar tecnologias modernas para garantir eficiência e eficácia.
- Facilitar a manutenção e atualização do sistema.

4. Entidades Governamentais:

Visão de Negócio: Visam garantir a conformidade com regulamentações e normas de segurança, além de promover a resiliência e a resposta eficaz a desastres. Buscam transparência e responsabilidade nas ações de gestão de desastres.

Objetivos:

- Garantir conformidade com regulamentações e normas de segurança.
- Promover a resiliência e a capacidade de resposta a desastres.
- Assegurar transparência e responsabilidade nas ações.

5. Comunidade Científica (Institutos geológicos, espaciais, meteorológicos, de vigilância, Universidades, etc):

Visão de Negócio: Interessada em uma AR que permita a realização de pesquisas e experimentos para aprimorar as metodologias de gestão de DN, contribuindo para o avanço do conhecimento na área.

Objetivos:

- Facilitar a realização de pesquisas e experimentos.
- Contribuir para o avanço do conhecimento em gestão de DN.
- Promover a colaboração entre academia e prática.

Outros stakeholders e suas Visões de Negócio poderiam ser incluídos:

1. Instrutores

Visão: Os instrutores desejam uma ferramenta intuitiva e flexível que permita a criação e adaptação de treinamentos imersivos, especificamente voltados para a gestão de DNs, atendendo às necessidades de operadores com diferentes tipos de deficiência.

Necessidades:

- **Facilidade de Uso:** oferecer uma interface amigável e intuitiva, permitindo que instrutores de diferentes níveis de habilidade técnica possam criar e adaptar treinamentos sem dificuldades.
- **Flexibilidade na Criação de Conteúdos:** A arquitetura deve suportar a criação de diversos cenários de treinamento, desde simulações de DNs até procedimentos de resposta e recuperação, adaptáveis a diferentes tipos de deficiência.
- **Ferramentas de Monitoramento e Avaliação:** incluir funcionalidades que permitam aos instrutores monitorar o progresso dos operadores em tempo real, avaliar o desempenho e ajustar os treinamentos conforme necessário.
- **Recursos de Acessibilidade:** integrar recursos de acessibilidade, como legendas, linguagem de sinais e ajustes de cores, para garantir que todos os operadores possam participar dos treinamentos de forma equitativa.

2. Empresas de Tecnologia (Representantes dos atores e responsáveis por infraestruturas):

Visão: As empresas de tecnologia buscam desenvolver e oferecer soluções inovadoras e inclusivas para a gestão de DNs, utilizando a RADIANT como base para criar sistemas de suporte à decisão (DSS) que atendam às demandas de um mercado em constante evolução e contribuam para a responsabilidade social corporativa.

Necessidades:

- **Inovação Contínua:** A RADIANT deve ser uma plataforma que suporte a integração de tecnologias emergentes, como inteligência artificial (IA), realidade virtual (RV) e aumentada (RA), entre outros permitindo que as empresas desenvolvam soluções de ponta.
- **Alinhamento com Tendências de Mercado:** A arquitetura deve estar alinhada com as tendências mais recentes em tecnologia da informação e comunicação (TIC), garantindo que as soluções desenvolvidas sejam competitivas e relevantes.
- **Responsabilidade Social:** A RADIANT deve facilitar o desenvolvimento de soluções que promovam a inclusão e a diversidade, permitindo que as empresas de tecnologia contribuam para a responsabilidade social corporativa.
- **Flexibilidade e Escalabilidade:** A arquitetura deve ser modular e escalável, permitindo que as empresas adaptem e expandam suas soluções conforme necessário, atendendo a diferentes portes de clientes e contextos industriais.
- **Integração com Sistemas Legados:** A RADIANT deve oferecer mecanismos de integração com sistemas já existentes nas empresas, como sistemas de gestão da produção (ERP, CRM), garantindo uma interoperabilidade eficiente.

3. Usuários em Treinamento

Visão de Negócio: Necessitam de uma plataforma de treinamento que seja intuitiva, acessível e adaptável, permitindo o desenvolvimento de habilidades necessárias para a gestão eficaz de DN.

Necessidades:

- **Facilidade de Uso:** Interface amigável e intuitiva para facilitar o aprendizado.
- **Acessibilidade:** Recursos que garantam a participação de todos os operadores, independentemente de suas habilidades.
- **Conteúdos Adaptáveis:** Treinamentos que possam ser ajustados para diferentes níveis de habilidade e tipos de desastres.
- **Feedback e Avaliação:** Ferramentas para monitorar o progresso e fornecer feedback contínuo.

▪ **Entender a RADIANT e seu DSS para Gestão de DN:**

1. Compreensão dos Conceitos Básicos

Descrição: Os usuários precisam entender os conceitos fundamentais da RADIANT e como ela se integra ao DSS para a gestão de desastres naturais.

Conteúdos:

- Introdução à RADIANT: Definição, propósito e benefícios.
- Visão geral do DSS: O que é um DSS e como ele auxilia na gestão de DN.
- Estrutura e componentes principais da RADIANT.

2. Familiarização com a Interface e Funcionalidades

Descrição: Os usuários devem se familiarizar com a interface do sistema e suas principais funcionalidades.

Conteúdos:

- Navegação pela interface do usuário.
- Principais funcionalidades e ferramentas disponíveis.
- Personalização e configuração do sistema.

3. Treinamento Prático e Simulações

Descrição: A prática é fundamental para a compreensão e aplicação dos conceitos aprendidos.

Conteúdos:

- Exercícios práticos utilizando a RADIANT.
- Simulações de cenários de desastres naturais.
- Estudos de caso reais e fictícios.

4. Integração com Sistemas Existentes

Descrição: Os usuários precisam entender como a RADIANT se integra com outros sistemas legados e novos.

Conteúdos:

- Processos de integração com sistemas existentes.
- Ferramentas e técnicas para garantir a interoperabilidade.
- Exemplos de integração bem-sucedida.

5. Análise e Interpretação de Dados

Descrição: Os usuários devem ser capazes de analisar e interpretar os dados fornecidos pelo DSS para tomar decisões informadas.

Conteúdos:

- Métodos de coleta e análise de dados.
- Interpretação de relatórios e dashboards.
- Ferramentas de visualização de dados.

6. Tomada de Decisão e Ação

Descrição: Os usuários precisam aprender a utilizar o DSS para tomar decisões rápidas e eficazes durante desastres naturais.

Conteúdos:

- Processos de tomada de decisão baseados em dados.

- Planejamento e execução de ações de resposta.
- Avaliação de resultados e feedback contínuo.

7. Segurança e Conformidade

Descrição: Os usuários devem estar cientes das normas de segurança e conformidade que regem o uso da RADIANT e do DSS.

Conteúdos:

- Políticas de segurança de dados.
- Conformidade com regulamentações e normas.
- Procedimentos de segurança operacional.

8. Capacitação Contínua e Atualizações

Descrição: É importante que os usuários tenham acesso a capacitação contínua e estejam atualizados sobre novas funcionalidades e melhorias do sistema.

Conteúdos:

- Programas de treinamento contínuo.
- Atualizações e novas funcionalidades do sistema.
- Recursos de suporte e documentação.

Objetivos do Sistema do Ponto de Vista do Negócio:

▪ Eficiência na Gestão de DN:

Descrição: Proporcionar uma plataforma que permita a rápida coleta, análise e disseminação de informações críticas durante DNs.

Metas:

- Reduzir o tempo de coleta e análise de dados.
- Melhorar a precisão das informações disseminadas.
- Facilitar a coordenação entre diferentes agências e equipes.

▪ Escalabilidade e Flexibilidade:

Descrição: Garantir que a AR possa ser adaptada para diferentes tipos de DN e contextos operacionais, suportando tanto pequenos incidentes quanto grandes desastres.

Metas:

- Permitir a adaptação a diferentes tipos de desastres.
- Suportar operações em diferentes escalas.
- Facilitar a integração com novos sistemas e tecnologias.
- Desenvolver uma arquitetura modular.
- Facilitar a adaptação e personalização.
- Suportar diferentes portes de empresas.

▪ Conformidade e Segurança:

Descrição: Assegurar que o sistema esteja em conformidade com as normas e regulamentações aplicáveis, garantindo a segurança dos dados e das operações.

Metas:

- Garantir a conformidade com regulamentações de segurança.
- Proteger os dados sensíveis e críticos.
- Assegurar a integridade e disponibilidade do sistema.

▪ Eficiência Operacional

Descrição: Melhorar a eficiência operacional na gestão de DNs, proporcionando ferramentas que auxiliem na tomada de decisão rápida e informada, reduzindo o tempo de resposta e aumentando a eficácia das ações.

▪ Integração com Sistemas Legados

Descrição: Facilitar a integração do sistema com outros sistemas já existentes nas organizações, para garantir uma interoperabilidade eficiente e a otimização dos processos.

▪ Capacitação e Desenvolvimento Profissional

Descrição: Proporcionar uma plataforma de capacitação contínua para operadores, permitindo o desenvolvimento profissional e a melhoria das habilidades necessárias para a gestão eficaz de desastres naturais.

Objetivos do Sistema para atender às necessidades dos Usuários em Treinamento

- **Prover uma Plataforma Intuitiva e Acessível:**

Descrição: Garantir que a interface do usuário seja amigável e acessível para todos os níveis de habilidade.

Metas:

- Desenvolver uma interface intuitiva.
- Incluir recursos de acessibilidade.

- **Oferecer Treinamento Prático e Simulações:**

Descrição: Proporcionar exercícios práticos e simulações realistas para reforçar o aprendizado.

Metas:

- Implementar módulos de treinamento prático.
- Criar cenários de simulação realistas.

- **Facilitar a Integração com Sistemas Legados:**

Descrição: Assegurar que a RADIAN possa ser facilmente integrada com sistemas existentes.

Metas:

- Desenvolver ferramentas de integração.
- Fornecer guias e suporte para a integração.

- **Capacitar na Análise e Interpretação de Dados:**

Descrição: Ensinar os usuários a analisar e interpretar dados para tomar decisões informadas.

Metas:

- Oferecer treinamentos em análise de dados.
- Incluir ferramentas de visualização de dados.

- **Garantir Segurança e Conformidade:**

Descrição: Assegurar que os usuários estejam cientes das normas de segurança e conformidade.

Metas:

- Implementar políticas de segurança.
- Prover treinamentos sobre conformidade.

- **Promover Capacitação Contínua:**

Descrição: Oferecer programas de capacitação contínua e atualizações regulares.

Metas:

- Desenvolver programas de treinamento contínuo.
- Manter os usuários atualizados sobre novas funcionalidades.

2. USAGE VIEWPOINT:

Descreve cenários de uso específicos que demonstram como o sistema será utilizado para atingir os objetivos de negócio. Esses cenários detalham o fluxo de uso do sistema, desde a coleta e processamento de dados até a coordenação de ações e a análise pós-evento, garantindo que o sistema seja eficaz, seguro e adaptável às necessidades dos stakeholders.

Cenários de Uso:

Uso esperado do DSS a partir da RADIAN

1. Gestão de Interações com Usuários

Objetivo: Facilitar a interação eficiente e intuitiva entre os usuários e o sistema, promovendo a troca de informações e a colaboração.

Envolve os Módulos e Funcionalidades:

a. Módulo de Gestão de Interações com Usuários:

- **Interface de Usuário:** Interface intuitiva para facilitar a navegação e o uso do sistema.

- **Feedback do Usuário:** Ferramentas para coletar feedback e sugestões dos usuários.
- **Assistente Virtual:** Chatbot, IA, etc., para suporte e respostas rápidas a perguntas frequentes.

b. Modo Treinamento & Capacitação:

- **Treinamento Interativo:** Módulos de treinamento para capacitar usuários no uso do sistema.
- **Simulações e Cenários:** Ferramentas para simular situações reais e treinar a resposta dos usuários.
- **Certificação:** Emissão de certificados de conclusão de treinamentos.

2. Comunicação com Sistemas Externos

Objetivo: Integrar o sistema com outras infraestruturas e sistemas externos para garantir a troca de informações e a coordenação eficiente.

Envolve os Módulos e Funcionalidades:

a. Módulo de Comunicação com Sistemas Externos:

- **Coleta, Ingestão e Tratamento Estatístico de Dados:** Ferramentas para coletar e processar dados de diferentes fontes.
- **Comunicação com Sistemas e Infraestruturas Ciberfísicas:** Integração com sistemas ciberfísicos para monitoramento e controle.
- **Atuação nos Sistemas Físicos:** Ferramentas para intervir diretamente em sistemas físicos afetados.

b. Módulo de Gestão de Dados:

- **Gestão de Acesso a Dados:** Controle de acesso e permissões para garantir a segurança dos dados.
- **Gestão de Conhecimento:** Ferramentas para organizar e compartilhar conhecimento dentro do sistema.
- **Machine Learning:** Algoritmos de aprendizado de máquina para análise de dados e predição de cenários.

c. Módulo de Suporte Geral:

- **Governança:** Ferramentas para garantir a conformidade com políticas e regulamentos.
- **Geração de Relatórios Gerais e Ad-hoc:** Ferramentas para criar relatórios de gestão, operação e auditoria.
- **Segurança Computacional e LGPD:** Ferramentas para garantir a segurança dos dados e a conformidade com a LGPD.

3. Cognição

Objetivo: Fornecer suporte avançado para a análise, tomada de decisão e planejamento de ações.

Envolve os Módulos e Funcionalidades:

a) Módulo de Análise e Tomada de Decisões:

- **Diagnóstico:** Ferramentas para análise e diagnóstico de situações em tempo real.
- **Suporte à Decisão Multicritério:** Algoritmos para ponderar diferentes critérios e apoiar a tomada de decisão.
- **Chatbot:** Assistente virtual para suporte e respostas rápidas.
- **Perguntas e Pesquisas:** Ferramentas para coletar informações e opiniões dos usuários.
- **Visualização de Dados e Painéis de Decisão:** Dashboards interativos a partir de predições de cenários e de gêmeos digitais para visualização de dados.
- **Gêmeos Digitais:** Ferramentas que representa virtualmente como um sistema ou processo do mundo real pode ser simulado, monitorado e como analisar seu comportamento em tempo real.
- **Predição de Cenários:** Ferramenta que oferece o uso de modelos computacionais e técnicas analíticas para antecipar possíveis eventos e seus impactos, permitindo que

governos, organizações e comunidades se preparem melhor para enfrentar tais situações.

- **Avaliação e Mapeamento de Vulnerabilidade:** Ferramenta que auxilia em predição de cenários a oferecer uma série de possibilidades para avaliar e mapear vulnerabilidades e riscos para aumentar a capacidades aprimoradas que são cruciais para a gestão eficaz de riscos.

- **Geração e Simulação de Cenários de Decisão:** Ferramentas para criar e simular diferentes cenários de decisão a partir dos especialistas Problem Solvers (internos).

- **Problem Solvers (internos):** Ferramentas para especialistas ou equipes por identificar, analisar e resolver problemas complexos no domínio em DN ou tecnologia para resolução de problemas.

- **Análise e Seleção de Alternativas de Decisão:** Ferramentas para comparar e selecionar as melhores alternativas.

- **Discussão Distribuída Colaborativa:** Ferramentas para facilitar discussões e colaborações entre diferentes stakeholders.

b) Módulo de Planejamento de Execução:

- **Planejamento de Ações:** Ferramentas para planejar e organizar ações de resposta.

- **Seleção de Parceiros:** Ferramentas para avaliar e selecionar parceiros.

- **Análise de Desempenho de Parceiros e de Ações:** Ferramentas para monitorar e avaliar o desempenho.

- **Gestão de Projetos:** Ferramentas para gerenciar projetos de resposta a desastres.

- **Gestão de Abrigos e Ajuda Humanitária:** Ferramentas para gerenciar abrigos e distribuir ajuda humanitária.

- **Gestão de Inventário:** Ferramentas para gerenciar o inventário de recursos.

- **Gestão de Doações:** Ferramentas para gerenciar doações recebidas.

- **Gestão de Resgates e Hospitalar:** Ferramentas para coordenar operações de resgate e gerenciar recursos hospitalares devem permitir a alocação rápida e eficiente de equipes e equipamentos.

- **Gestão de Resposta – Restabelecimento:** Ferramentas para permitir a coordenação eficaz das atividades necessárias para restaurar serviços essenciais e infraestrutura após um desastre.

- **Gestão de Recuperação - Pós-desastre:** Ferramentas para suportar o planejamento de longo prazo para a reconstrução e recuperação das áreas afetadas.

- **Gestão de Solicitação de Recursos Complementares da União:** Ferramentas devem suportar um processo estruturado para a solicitação de recursos complementares, garantindo que todas as informações necessárias sejam coletadas e apresentadas de forma clara.

- **Gestão de Prevenção e Mitigação:** Ferramentas devem suportar o planejamento proativo de medidas de prevenção e mitigação, com base em análises de risco e cenários simulados.

- **Gestão de Preparação e Contingência:** Ferramentas devem permitir o desenvolvimento e a manutenção de planos de contingência que abordem diferentes tipos de desastres e cenários de risco.

c) Módulo de Supervisão de Execução das Decisões:

- **Gestão e Envio de Alertas:** Ferramentas para criar e enviar alertas em tempo real.

- **Comunicação com Atores:** Ferramentas para facilitar a comunicação com diferentes atores.

- **Supervisão e Monitoração de Ações:** Ferramentas para monitorar o progresso das ações.
- **Gestão e Coordenação de Ações:** Ferramentas para coordenar e gerenciar ações de resposta.

Fluxos Lógicos de Inter-relação entre Módulos e Funcionalidades esperado do DSS a partir da RADIANT

- **Interação com Usuários**
 - **Gestão de Interações com Usuários e Modo Treinamento & Capacitação:** trabalham juntos para garantir que os usuários estejam bem treinados e possam interagir eficientemente com o sistema.
 - **Feedback do Usuário e Assistente Virtual:** fornecem suporte contínuo e coletam informações para melhorar o sistema.
- **Comunicação com Sistemas Externos**
 - **Módulo de Comunicação com Sistemas Externos e Módulo de Gestão de Dados:** garantem que os dados sejam coletados, processados e integrados de forma segura e eficiente.
 - **Módulo de Suporte Geral:** assegura que todas as operações estejam em conformidade com as políticas e regulamentos, e que a segurança dos dados seja mantida.
- **Cognição**
 - **Módulo de Análise e Tomada de Decisões:** utiliza dados coletados e processados para fornecer diagnósticos, suporte à decisão e simulações de cenários.
 - **Módulo de Planejamento de Execução:** utiliza as decisões tomadas para planejar e organizar ações de resposta.
 - **Módulo de Supervisão de Execução das Decisões:** monitora e supervisiona a execução das ações planejadas, garantindo que os objetivos sejam alcançados.

Outros cenários de Uso esperado do DSS a partir da RADIANT

- **Monitoramento de DNs:**

Descrição: O DSS coleta dados de sensores hidrológicos, meteorológicos e sísmicos por meio de infraestruturas físicas e ciberfísicas, processa essas informações e fornece alertas em tempo real para as autoridades competentes.

Objetivos Relacionados:

 - **Eficiência na Gestão de DN:** Reduzir o tempo de resposta e aumentar a precisão das ações.
 - **Conformidade e Segurança:** Garantir a segurança dos dados e a conformidade com normas de monitoramento ambiental.

Fluxo de Uso:

 1. Sensores e atuadores enviam dados para o DSS.
 2. O DSS processa os dados e identifica possíveis riscos de DNs.
 3. Alertas são gerados e enviados para as autoridades competentes.
 4. As autoridades utilizam o DSS para coordenar ações de resposta.
- **Planejamento de Resposta a Desastres:**

Descrição: Utilização do DSS para simular diferentes cenários de desastres, permitindo que as equipes de resposta planejem e treinem suas ações.

Objetivos Relacionados:

 - **Eficiência na Gestão de DN:** Melhorar a preparação e a capacidade de resposta das equipes.
 - **Escalabilidade e Flexibilidade:** Adaptar o DSS para diferentes tipos de desastres e contextos operacionais.

Fluxo de Uso:

 1. As equipes de resposta definem os parâmetros do cenário de desastre a ser simulado.

2. O DSS gera o cenário simulado com base nos parâmetros definidos.
3. As equipes utilizam o cenário simulado para planejar e treinar suas ações.
4. O DSS registra as ações e fornece feedback para aprimoramento.

▪ **Coordenação de Resposta em Tempo Real:**

Descrição: Durante um desastre, o DSS facilita a comunicação e a coordenação entre diferentes agências e equipes de resposta, fornecendo uma visão unificada da situação.

Objetivos Relacionados:

- **Eficiência na Gestão de DN:** Melhorar a coordenação e a eficácia das ações de resposta.
- **Conformidade e Segurança:** Garantir a integridade e a disponibilidade das informações críticas.

Fluxo de Uso:

1. As equipes de resposta utilizam o DSS para compartilhar informações em tempo real.
2. O DSS integra e apresenta uma visão unificada da situação.
3. As equipes coordenam suas ações com base nas informações compartilhadas.
4. O DSS registra as ações e eventos para análise posterior.

▪ **Análise Pós-Desastre:**

Descrição: Após um evento, o DSS permite a análise detalhada dos dados coletados, ajudando a identificar pontos de melhoria e a planejar ações futuras.

Objetivos Relacionados:

- **Eficiência na Gestão de DN:** Identificar pontos de melhoria para futuras respostas a desastres.
- **Conformidade e Segurança:** Assegurar a conformidade com normas de auditoria e análise pós-evento.

Fluxo de Uso:

1. O DSS coleta e armazena dados durante o evento de desastre.
2. Após o evento, os analistas utilizam o sistema para acessar e analisar os dados coletados.
3. O DSS gera relatórios detalhados sobre as ações tomadas e os resultados obtidos.
4. As equipes utilizam os relatórios para identificar pontos de melhoria e planejar ações futuras.

▪ **Simulação de Cenários de Desastres Naturais (Predição de Cenários e Gêmeos Digitais)**

Cenário: O DSS é utilizado para simular diferentes cenários de desastres naturais, como inundações, terremotos e incêndios florestais. Os operadores podem praticar a tomada de decisões e a execução de procedimentos de emergência em um ambiente controlado e seguro.

Detalhes:

- **Realidade Virtual (RV):** Criação de ambientes virtuais realistas que permitem a simulação de desastres naturais.
- **Feedback em Tempo Real:** O sistema fornece feedback imediato sobre as ações dos operadores, ajudando a identificar áreas de melhoria.
- Modelagem de Cenários: Utilização de dados históricos e previsões climáticas para criar cenários realistas de desastres naturais.
- **Análise de Impacto:** Ferramentas que permitem avaliar o impacto potencial dos desastres simulados em infraestruturas críticas e comunidades.

▪ **Adaptação a Novas Tecnologias e Equipamentos**

Cenário: O sistema é utilizado para treinar operadores no uso de novas tecnologias e equipamentos introduzidos na indústria. Isso facilita a transição e a adoção de novas ferramentas, garantindo que os operadores estejam preparados para utilizá-las de forma eficaz. O DSS é utilizado para integrar novas tecnologias de monitoramento, como drones

e sensores IoT, que fornecem dados em tempo real sobre a evolução dos desastres naturais e o estado das infraestruturas afetadas.

Detalhes (alguns exemplos):

- **Realidade Aumentada (RA):** Sobreposição de informações digitais ao mundo real para guiar os operadores no uso de novos equipamentos.
- **Tutoriais Interativos:** Instruções passo a passo que ajudam os operadores a se familiarizarem com novas tecnologias.
- **Integração de Drones:** Utilização de drones para monitorar áreas afetadas e fornecer imagens e dados em tempo real.
- **Sensores IoT:** Implementação de sensores IoT para monitorar variáveis ambientais críticas, como níveis de água, qualidade do ar e estabilidade estrutural.

▪ **Colaboração e Suporte em Tempo Real**

Cenário: O DSS permite que operadores e instrutores colaborem em tempo real, tanto no ambiente virtual quanto no mundo real. Isso promove a troca de conhecimento e a resolução de problemas de forma colaborativa.

Detalhes:

- **Módulo de Colaboração:** Ferramentas que permitem a comunicação e a coordenação em tempo real entre operadores e instrutores e entre equipes de resposta, autoridades locais e organizações de ajuda humanitária.
- **Assistente Virtual:** Softbot que fornece suporte e informações adicionais durante o treinamento e no dia a dia da fábrica.
- **Plataforma de Compartilhamento de Dados:** Interface que permite a visualização e o compartilhamento de dados em tempo real, como mapas de áreas afetadas, status de infraestruturas e necessidades de recursos.

▪ **Monitoramento e Avaliação Contínua**

Cenário: O sistema monitora continuamente o desempenho dos operadores durante o treinamento, coletando dados sobre o tempo de conclusão das tarefas, o número de erros e o nível de interação com o softbot. Esses dados são utilizados para personalizar o treinamento e fornecer feedback preciso.

Detalhes:

- **Módulo de Avaliação Contínua:** Coleta e análise de dados de desempenho para personalizar o treinamento em tempo real.
- **Relatórios Detalhados:** Geração de relatórios que ajudam os instrutores a identificar áreas de dificuldade e ajustar o conteúdo do treinamento.
- **Módulo de Avaliação Contínua:** Coleta e análise de dados de desempenho para ajustar as estratégias de resposta em tempo real.
- **Relatórios Detalhados:** Geração de relatórios que ajudam os gestores a identificar áreas de melhoria e ajustar os planos de resposta para futuros desastres.

▪ **Treinamento de Operadores para Resposta a Desastres Naturais**

Cenário: O sistema é utilizado para treinar operadores em procedimentos de resposta a diferentes tipos de desastres naturais, como inundações, terremotos e incêndios florestais. Os operadores podem praticar a tomada de decisões e a execução de procedimentos de emergência em um ambiente virtual seguro.

Detalhes:

- **Realidade Virtual (RV):** Criação de ambientes virtuais realistas que permitem a simulação de desastres naturais, proporcionando uma experiência imersiva para os operadores.
- **Feedback em Tempo Real:** O sistema fornece feedback imediato sobre as ações dos operadores, ajudando a identificar áreas de melhoria e garantindo que os procedimentos sejam seguidos corretamente.

3. FUNCTIONAL VIEWPOINT:

Detalha os requisitos funcionais do sistema, organizados em três partes principais: interação com usuários, comunicação com sistemas externos e cognição. Cada parte abrange diferentes aspectos funcionais essenciais para o funcionamento eficaz do sistema, garantindo que ele atenda às necessidades dos stakeholders e cumpra seus objetivos de negócio.

Parte 1: Interação com Usuários do DSS a partir da RADIANT

a) Gestão de Interações com Usuários

▪ Adaptação da Interface:

Descrição: O DSS deve ser capaz de ajustar a interface do usuário (cores, contraste, áudio, etc.) para diferentes tipos de deficiência, como daltonismo e deficiência auditiva.

Funcionalidades:

- Conversão de texto em fala.
- Ajuste de cores e contrastes.
- Suporte a legendas e linguagem de sinais.
- Customização de layout e temas.
- Ferramentas de tradução em tempo real para comunicação.

▪ Monitoramento em Tempo Real:

Descrição: O DSS deve monitorar continuamente os dados de sensores e outras fontes, detectando eventos críticos e gerando alertas.

Funcionalidades:

- Coleta de dados de sensores.
- Análise em tempo real.
- Geração de alertas e notificações.

▪ Modo Treinamento & Capacitação

a) Treinamento Iterativo:

Descrição: O DSS deve fornecer módulos de treinamento para capacitar usuários no uso do sistema.

Funcionalidades:

- Instruções e tutoriais.
- Simulações e cenários.
- Certificação de conclusão de treinamentos.

b) Informações de Treinamento:

Descrição: O DSS deve fornecer informações relevantes para o treinamento das equipes de resposta.

Funcionalidades:

- Dicas de segurança.
- Alertas e notificações.

Parte 2: Comunicação com Sistemas Externos do DSS a partir da RADIANT

a) Entidades Externas

▪ Gerenciamento de Cenários de Desastre:

Descrição: O DSS deve permitir a criação, simulação e gerenciamento de diferentes cenários de desastres.

Funcionalidades:

- Definição de parâmetros de cenários.
- Simulação de eventos de desastre.
- Monitoramento e ajuste de cenários em tempo real.

▪ Coordenação de Resposta:

Descrição: O DSS deve facilitar a comunicação e a coordenação entre diferentes equipes e agências durante um desastre.

Funcionalidades:

- Comunicação em tempo real.

- Compartilhamento de informações.
- Coordenação de recursos e ações.
- **Módulo de Comunicação com Sistemas Externos**
 - **Coleta, Ingestão e Tratamento Estatístico de Dados:**

Descrição: O DSS deve coletar, ingerir e processar dados de diversas fontes.

Funcionalidades:

 - Coleta de dados de sensores.
 - Análise estatística dos dados.
 - Geração de relatórios e visualizações.
 - Monitoramento de menções e tendências.
 - Divulgação de alertas e informações em redes sociais.
 - Interação com o público através de plataformas sociais.
 - Integração com sistemas de alerta público.
 - Comunicação com serviços de emergência (polícia, bombeiros, etc.).
 - Coordenação com ONGs e organizações de ajuda humanitária.
 - **Comunicação com Sistemas e Infraestruturas Ciberfísicas:**

Descrição: O DSS deve integrar-se com sistemas ciberfísicos para monitoramento e controle.

Funcionalidades:

 - Integração com sistemas externos.
 - Monitoramento de infraestruturas ciberfísicas.
- ✓ **Atuação nos sistemas físicos.**
 - Automação de Processos:
 - Automação de coleta e análise de dados.
 - Integração com sistemas de automação de processos robóticos (RPA).
 - Geração automática de relatórios e notificações.
 - Gestão de APIs:
 - Desenvolvimento e manutenção de APIs para integração com terceiros.
 - Monitoramento de uso e desempenho das APIs.
 - Segurança e controle de acesso às APIs.

Parte 3: Cognição do DSS a partir da RADIANT

- a) **Módulo de Gestão de Dados**
 - **Gestão de Acesso a Dados:**

Descrição: O DSS deve controlar o acesso e as permissões para garantir a segurança dos dados.

Funcionalidades:

 - Controle de acesso.
 - Gestão de permissões.
 - Armazenamento seguro de dados.

Big Data e Análise Avançada:

 - Processamento de grandes volumes de dados.
 - Análise preditiva e prescritiva.
 - Visualização avançada de dados (gráficos, mapas, etc.).
 - **Gestão de Conhecimento e Machine Learning:**

Descrição: O DSS deve organizar e compartilhar conhecimento, utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para análise de dados.

Funcionalidades:

 - Organização e compartilhamento de conhecimento.
 - Algoritmos de aprendizado de máquina.
 - Predição de cenários.

Data Mining e Descoberta de Conhecimento:

 - Algoritmos de mineração de dados.

- Identificação de padrões e tendências.
- Geração de insights acionáveis.

b) Módulo de Suporte Geral

▪ **Governança:**

Descrição: O DSS deve garantir a conformidade com políticas e regulamentos.

Funcionalidades:

- Ferramentas de governança.
- Segurança computacional.
- Conformidade com a LGPD.

▪ **Geração de Relatórios Gerais e Ad-hoc:**

Descrição: O DSS deve criar relatórios de gestão, operação e auditoria.

Funcionalidades:

- Geração de relatórios detalhados.
- Análise de desempenho.
- Ferramentas de visualização de dados.

Compliance e Auditoria:

- Ferramentas de auditoria interna.
- Relatórios de conformidade com regulamentos.
- Monitoramento contínuo de políticas de segurança.

Gestão de Riscos:

- Identificação e avaliação de riscos.
- Planos de mitigação e contingência.
- Monitoramento de indicadores de risco.

c) Módulo de Análise e Tomada de Decisões

▪ **Diagnóstico e Suporte à Decisão Multicritério:**

Descrição: O DSS deve fornecer ferramentas para análise e diagnóstico de situações em tempo real.

Funcionalidades:

- Diagnóstico em tempo real.
- Suporte à decisão multicritério.
- Chatbot para suporte.

▪ **Visualização de Dados e Painéis de Decisão:**

Descrição: O DSS deve oferecer dashboards interativos e gêmeos digitais para visualização de dados.

Funcionalidades:

- Dashboards interativos.
- Gêmeos digitais.
- Predição de cenários.
- Avaliação e mapeamento de vulnerabilidades.

Colaboração e Discussão:

- Plataformas de discussão colaborativa.
- Ferramentas de votação e consenso.
- Histórico de decisões e justificativas.

▪ **Geração e Simulação de Cenários de Decisão:**

Descrição: O DSS deve criar e simular diferentes cenários de decisão.

Funcionalidades:

- Criação de cenários.
- Simulação de cenários.
- Análise e seleção de alternativas de decisão.
- Discussão distribuída colaborativa.

▪ **Simulação de Cenários:**

- Modelagem de diferentes cenários de decisão.
- Simulação de impactos e resultados.

- Ferramentas de análise de sensibilidade.

d) Módulo de Planejamento de Execução

▪ **Planejamento de Ações e Seleção de Parceiros:**

Descrição: O DSS deve planejar e organizar ações de resposta, além de avaliar e selecionar parceiros.

Funcionalidades:

- Planejamento de ações.
- Seleção de parceiros.
- Análise de desempenho de parceiros e ações.

▪ **Gestão de Projetos e Ajuda Humanitária:**

Descrição: O DSS deve gerenciar projetos de resposta a desastres e distribuir ajuda humanitária.

Funcionalidades:

- Gestão de projetos.
- Gestão de abrigos e ajuda humanitária.
- Gestão de inventário e doações.
- Gestão de resgates e hospitalar.
- Gestão de recursos Nacionais/Regionais.
- Gestão de resposta – Restabelecimento.
- Gestão de recuperação.
- Gestão de prevenção e mitigação.
- Gestão de preparação e contingência.

Gestão de Recursos:

- Alocação e monitoramento de recursos.
- Ferramentas de otimização de recursos.
- Relatórios de utilização e eficiência.

Gestão de Cronogramas:

- Planejamento e acompanhamento de cronogramas.
- Ferramentas de Gantt e PERT.
- Alertas de prazos e marcos importantes.

e) Módulo de Supervisão de Execução das Decisões

▪ **Gestão e Envio de Alertas:**

Descrição: O DS deve criar e enviar alertas em tempo real.

Funcionalidades:

- Criação de alertas.
- Envio de notificações.
- Comunicação com atores.

▪ **Supervisão e Monitoração de Ações:**

Descrição: O DSS deve monitorar o progresso das ações e coordenar as respostas.

Funcionalidades:

- Supervisão de ações.
- Monitoração de ações.
- Coordenação de respostas.

Monitoramento de Indicadores de Desempenho:

- Definição e acompanhamento de KPIs.
- Dashboards de desempenho em tempo real.
- Relatórios de desempenho e análise de desvios.

Feedback e Melhoria Contínua:

- Coleta de feedback dos usuários.
- Análise de feedback e sugestões.
- Implementação de melhorias contínuas.

Requisitos Funcionais para a RADIAN

▪ Monitoramento e Detecção de Desastres

Descrição: O DSS deve ser capaz de monitorar continuamente variáveis ambientais críticas e detectar sinais de desastres naturais iminentes, como inundações, terremotos, incêndios florestais, entre outros.

Funcionalidades:

- **Sensores IoT:** Integração de sensores para monitorar variáveis como níveis de água, qualidade do ar, temperatura e atividade sísmica.
- **Análise de Dados em Tempo Real:** Processamento de dados coletados em tempo real para identificar padrões e anomalias que possam indicar um desastre iminente.
- **Alertas Automáticos:** Geração de alertas automáticos para autoridades e equipes de resposta quando um desastre é detectado.

▪ Planejamento e Simulação de Cenários

Descrição: O DSS deve permitir a criação e simulação de diferentes cenários de desastres naturais para avaliar a eficácia dos planos de resposta e identificar pontos fracos.

Funcionalidades:

- **Modelagem de Cenários:** Ferramentas para criar cenários baseados em dados históricos e previsões climáticas.
- **Simulação de Impacto:** Simulação do impacto de desastres em infraestruturas críticas e comunidades.
- **Análise de Resultados:** Ferramentas para analisar os resultados das simulações e ajustar os planos de resposta.

▪ Coordenação e Comunicação em Tempo Real

Descrição: O DSS deve facilitar a coordenação e a comunicação entre diferentes equipes de resposta e autoridades durante um desastre natural.

Funcionalidades:

- **Módulo de Colaboração:** Ferramentas para comunicação em tempo real entre equipes de resposta, autoridades locais e organizações de ajuda humanitária.
- **Plataforma de Compartilhamento de Dados:** Interface para visualização e compartilhamento de dados em tempo real, como mapas de áreas afetadas e status de infraestruturas.
- **Gestão de Recursos:** Ferramentas para monitorar e gerenciar a distribuição de recursos e equipes de resposta.

▪ Avaliação e Relatórios Pós-Desastre

Descrição: O DSS deve ser capaz de avaliar a eficácia das ações de resposta após um desastre e gerar relatórios detalhados para melhorar os planos futuros.

Funcionalidades:

- **Coleta de Dados Pós-Desastre:** Ferramentas para coletar dados sobre as ações de resposta e os resultados obtidos.
- **Análise de Desempenho:** Análise dos dados coletados para avaliar a eficácia das ações de resposta e identificar áreas de melhoria.
- **Geração de Relatórios:** Ferramentas para gerar relatórios detalhados que podem ser utilizados para ajustar os planos de resposta e treinamento.

▪ Treinamento e Capacitação de Operadores

Descrição: O DSS deve oferecer módulos de treinamento para capacitar operadores em procedimentos de resposta a desastres naturais.

Funcionalidades:

- **Ambientes Virtuais de Treinamento:** Criação de ambientes virtuais realistas para simular situações de emergência.
- **Feedback em Tempo Real:** Ferramentas para fornecer feedback imediato durante o treinamento, ajudando os operadores a melhorar suas habilidades.

- **Personalização do Treinamento:** Módulos de treinamento personalizados para diferentes tipos de desastres e níveis de experiência dos operadores.

- **Integração com Tecnologias Emergentes**

Descrição: O sistema deve ser capaz de integrar novas tecnologias de monitoramento e resposta, como drones e inteligência artificial, para melhorar a eficácia das ações de resposta.

Funcionalidades:

- **Integração de Drones:** Utilização de drones para monitorar áreas afetadas e fornecer dados em tempo real.
- **Inteligência Artificial:** Implementação de algoritmos de IA para análise de dados e tomada de decisões automatizada.
- **Realidade Aumentada (RA):** Utilização de RA para sobrepor informações digitais ao mundo real, auxiliando as equipes de resposta no campo.

4. IMPLEMENTATION VIEWPOINT:

Detalha os aspectos técnicos e tecnológicos necessários para a implementação do sistema. Este viewpoint abrange desde as tecnologias utilizadas até a arquitetura do sistema e os aspectos técnicos de desempenho e segurança, garantindo que o sistema seja eficaz, seguro e adaptável às necessidades dos stakeholders.

Tecnologias Utilizadas

- **Realidade Virtual (RV) e Aumentada (RA):**

Descrição: Essas tecnologias são fundamentais para criar o ambiente imersivo de treinamento e operação, permitindo que os usuários interajam com objetos e cenários virtuais.

Ferramentas:

- Óculos de RV (ex.: Oculus Quest, HTC Vive).
- Dispositivos de RA (ex.: Microsoft HoloLens).
- Plataformas de desenvolvimento (ex.: Unity, Unreal Engine).

- **Inteligência Artificial (IA) e Processamento de Linguagem Natural (PLN):**

Descrição: A IA é essencial para o desenvolvimento de funcionalidades avançadas, como a compreensão de comandos de linguagem natural e a adaptação dinâmica do sistema.

Ferramentas:

- Frameworks de IA (ex.: TensorFlow, PyTorch).
- APIs de PLN (ex.: Google Cloud Natural Language, IBM Watson).

- **Sistemas de Gestão de Dados:**

Descrição: Tecnologias para armazenamento, gerenciamento e processamento de grandes volumes de dados.

Ferramentas:

- Bancos de dados relacionais e NoSQL (ex.: PostgreSQL, MongoDB).
- Plataformas de Big Data (ex.: Hadoop, Spark).

Arquitetura do Sistema

- **Arquitetura Modular e Escalável:**

Descrição: A arquitetura do sistema deve ser modular, permitindo que os componentes sejam desenvolvidos e atualizados de forma independente.

Componentes:

- Módulos de coleta e processamento de dados.
- Módulos de simulação e treinamento.
- Módulos de comunicação e coordenação.

- **Integração com Sistemas Legados:**

Descrição: O sistema deve ser capaz de se integrar a outros sistemas já existentes na indústria, como sistemas de gestão da produção (ERP, MES).

Ferramentas:

- APIs de integração.
- Middleware de interoperabilidade.

Aspectos Técnicos

- **Desempenho e Segurança:**

Descrição: O sistema deve ter um bom desempenho, garantindo uma experiência fluida e imersiva para o usuário. A segurança é fundamental para proteger os dados dos usuários e garantir a integridade do sistema.

Ferramentas:

- Técnicas de otimização de desempenho.
- Protocolos de segurança (ex.: SSL/TLS, criptografia de dados).

- **Desenvolvimento e Implantação:**

Descrição: Abordagens e ferramentas para o desenvolvimento e implantação do sistema.

Ferramentas:

- Metodologias ágeis (ex.: Scrum, Kanban).
- Ferramentas de CI/CD (ex.: Jenkins, GitLab CI).
- AWS, Azure).

Aspectos Técnicos e Tecnológicos para a RADIANT

- **Tecnologias de Monitoramento e Sensoriamento**

Descrição: Utilização de tecnologias avançadas para monitorar variáveis ambientais e detectar desastres naturais em tempo real.

Tecnologias:

- **Sensores IoT (Internet das Coisas):** Implementação de sensores para monitorar variáveis como níveis de água, qualidade do ar, temperatura e atividade sísmica.
- **Drones:** Utilização de drones equipados com câmeras e sensores para monitorar áreas afetadas e fornecer dados em tempo real.
- **Satélites:** Integração de dados de satélites para monitoramento de grandes áreas e detecção de desastres naturais.

- **Infraestrutura de Comunicação**

Descrição: Estabelecimento de uma infraestrutura de comunicação robusta e resiliente para garantir a troca de informações em tempo real durante desastres naturais.

Tecnologias:

- **Redes Móveis e Satélites:** Utilização de redes móveis e satélites para garantir a comunicação em áreas remotas ou afetadas por desastres.
- **Protocolos de Comunicação:** Implementação de protocolos de comunicação seguros e eficientes para a troca de dados entre diferentes sistemas e dispositivos.
- **Plataformas de Colaboração:** Ferramentas de colaboração em tempo real para facilitar a comunicação entre equipes de resposta e autoridades.

- **Processamento e Análise de Dados**

Descrição: Utilização de tecnologias de processamento e análise de dados para interpretar grandes volumes de dados coletados e tomar decisões informadas.

Tecnologias:

- **Big Data:** Implementação de plataformas de Big Data para armazenar e processar grandes volumes de dados coletados de sensores, drones e satélites.
- **Inteligência Artificial (IA):** Utilização de algoritmos de IA para analisar dados em tempo real, identificar padrões e prever desastres naturais.
- **Machine Learning (ML):** Aplicação de técnicas de ML para melhorar continuamente a precisão das previsões e a eficácia das respostas.

- **Plataformas de Simulação e Treinamento**

Descrição: Desenvolvimento de plataformas de simulação e treinamento para capacitar operadores e testar planos de resposta a desastres naturais.

Tecnologias:

- **Realidade Virtual (RV):** Criação de ambientes virtuais realistas para simular situações de emergência e treinar operadores.
- **Realidade Aumentada (RA):** Utilização de RA para sobrepor informações digitais ao mundo real, auxiliando no treinamento e na resposta a desastres.
- **Simuladores de Desastres:** Desenvolvimento de simuladores que permitem a criação de cenários de desastres naturais e a avaliação de planos de resposta.

- **Segurança e Privacidade**

Descrição: Implementação de medidas de segurança e privacidade para proteger os dados coletados e garantir a integridade do sistema.

Tecnologias:

- **Criptografia:** Utilização de técnicas de criptografia para proteger os dados durante a transmissão e o armazenamento.
- **Autenticação e Autorização:** Implementação de mecanismos de autenticação e autorização para garantir que apenas usuários autorizados tenham acesso ao sistema.
- **Monitoramento de Segurança:** Ferramentas para monitorar continuamente a segurança do sistema e detectar possíveis ameaças.

- **Integração com Sistemas Legados**

Descrição: Garantir a interoperabilidade e a integração com sistemas legados e infraestruturas críticas existentes.

Tecnologias:

- **APIs e Web Services:** Desenvolvimento de APIs e web services para facilitar a integração com sistemas legados e permitir a troca de dados.
- **Middleware:** Utilização de middleware para garantir a interoperabilidade entre diferentes sistemas e plataformas.
- **Padrões de Interoperabilidade:** Adoção de padrões de interoperabilidade, como o ISO/IEC 42010, para garantir a compatibilidade entre sistemas.

- **Escalabilidade e Flexibilidade**

Descrição: Desenvolvimento de uma arquitetura escalável e flexível que possa ser adaptada às necessidades específicas de diferentes regiões e tipos de desastres naturais.

Tecnologias:

- **Computação em Nuvem:** Utilização de plataformas de computação em nuvem para garantir a escalabilidade e a flexibilidade do sistema.
- **Arquitetura de Microsserviços:** Implementação de uma arquitetura de microsserviços para permitir a adição e a remoção de funcionalidades de forma modular.
- **Contêineres:** Utilização de contêineres, como Docker, para facilitar a implantação e a gestão de diferentes componentes do sistema.

- **Gestão de Infraestrutura Crítica**

Descrição: O DSS deve ser capaz de monitorar e gerenciar infraestruturas críticas, como redes de energia, abastecimento de água e sistemas de transporte, durante e após um desastre.

Funcionalidades:

- **Monitoramento de Infraestruturas:** Ferramentas para monitorar o status de infraestruturas críticas em tempo real. Ferramentas: SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), OSIsoft PI System.
- **Análise de Impacto:** Avaliação do impacto de desastres em infraestruturas críticas e identificação de áreas vulneráveis. Ferramentas: ArcGIS, QGIS, HAZUS. Ferramentas: IBM Maximo, SAP EAM (Enterprise Asset Management).

- **Gestão de Manutenção:** Planejamento e coordenação de atividades de manutenção e reparo. Ferramentas: IBM Maximo, SAP EAM (Enterprise Asset Management).

- **Gestão de Abrigos e Assistência Humanitária**

Descrição: O DSS deve facilitar a gestão de abrigos temporários e a coordenação de assistência humanitária para as populações afetadas.

Funcionalidades:

- **Localização de Abrigos:** Ferramentas para identificar e gerenciar a localização de abrigos temporários. Ferramentas: Google Maps API, ArcGIS Online.
- **Gestão de Recursos em Abrigos:** Monitoramento e distribuição de recursos, como alimentos, água e medicamentos, nos abrigos. Ferramentas: Salesforce Nonprofit Cloud, Tallyfy.
- **Coordenação de Assistência:** Ferramentas para coordenar a assistência humanitária entre diferentes organizações e voluntários. Ferramentas: Microsoft Teams, Slack, Trello.

- **Gestão de Voluntários e Recursos Humanos**

Descrição: O DSS deve permitir a gestão eficiente de voluntários e recursos humanos durante um desastre.

Funcionalidades:

- **Registro de Voluntários:** Ferramentas para registrar e gerenciar informações de voluntários. Ferramentas: VolunteerHub, SignUpGenius.
- **Alocação de Tarefas:** Módulos para alocar tarefas e responsabilidades aos voluntários com base em suas habilidades e disponibilidade. Ferramentas: Asana, Monday.com.
- **Comunicação com Voluntários:** Ferramentas para comunicação em tempo real com voluntários e equipes de resposta. Ferramentas: WhatsApp Business, Microsoft Teams.

- **Análise de Riscos e Vulnerabilidades**

Descrição: O DSS deve ser capaz de realizar análises de riscos e vulnerabilidades para identificar áreas e populações mais suscetíveis a desastres.

Funcionalidades:

- **Mapeamento de Riscos:** Ferramentas para criar mapas de riscos com base em dados históricos e previsões. Ferramentas: ArcGIS, QGIS, RiskWatch.
- **Avaliação de Vulnerabilidades:** Análise de vulnerabilidades de infraestruturas e comunidades. Ferramentas: HAZUS, Palisade @RISK.
- **Relatórios de Riscos:** Geração de relatórios detalhados sobre riscos e vulnerabilidades. Ferramentas: Tableau, Power BI.

- **Gestão de Comunicação Pública**

Descrição: O DSS deve facilitar a comunicação eficaz com o público durante todas as fases de um desastre.

Funcionalidades:

- **Alertas Públicos:** Ferramentas para enviar alertas e notificações ao público através de múltiplos canais (SMS, redes sociais, rádio, etc.). Ferramentas: Everbridge, CodeRED.
- **Centro de Informações:** Plataforma centralizada para fornecer informações atualizadas e precisas ao público. Ferramentas: Drupal, WordPress.
- **Feedback do Público:** Ferramentas para coletar feedback e informações do público sobre a situação no terreno. Ferramentas: SurveyMonkey, Google Forms.

- **Gestão de Dados e Relatórios**

Descrição: O DSS deve oferecer funcionalidades avançadas para a gestão de dados e geração de relatórios detalhados.

Funcionalidades:

- **Armazenamento de Dados:** Soluções para armazenamento seguro e eficiente de grandes volumes de dados. Ferramentas: Amazon S3, Google Cloud Storage.
- **Análise de Dados:** Ferramentas para análise avançada de dados, incluindo mineração de dados e aprendizado de máquina. Ferramentas: Apache Hadoop, Apache Spark.
- **Relatórios Personalizados:** Geração de relatórios personalizados com base nas necessidades dos diferentes stakeholders. Ferramentas: Tableau, Power BI.
- **Integração com Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**

Descrição: O DSS deve integrar-se com sistemas de informação geográfica para fornecer visualizações geoespaciais detalhadas.

Funcionalidades:

 - **Mapas Interativos:** Ferramentas para criar e visualizar mapas interativos das áreas afetadas. Ferramentas: ArcGIS Online, Google Maps API.
 - **Análise Geoespacial:** Análise geoespacial avançada para identificar padrões e tendências. Ferramentas: QGIS, GeoServer.
 - **Camadas de Dados:** Integração de múltiplas camadas de dados geoespaciais para uma visão abrangente. Ferramentas: ArcGIS, Mapbox.
- **Segurança e Privacidade de Dados**

Descrição: O DSS deve garantir a segurança e privacidade dos dados coletados e processados.

Funcionalidades:

 - **Criptografia de Dados:** Implementação de criptografia para proteger dados sensíveis. Ferramentas: OpenSSL, AWS Key Management Service (KMS).
 - **Controle de Acesso:** Ferramentas para gerenciar e controlar o acesso aos dados. Ferramentas: Okta, Microsoft Azure Active Directory.
 - **Conformidade com Regulamentos:** Garantia de conformidade com regulamentos de privacidade e proteção de dados, como a LGPD. Ferramentas: OneTrust, TrustArc.
- **Gestão de Logística e Suprimentos**

Descrição: O DSS deve facilitar a gestão eficiente de logística e suprimentos durante um desastre.

Funcionalidades e Ferramentas:

 - **Rastreamento de Suprimentos:** Ferramentas: SAP Supply Chain Management, Oracle SCM Cloud.
 - **Gestão de Inventário:** Ferramentas: Zoho Inventory, Fishbowl Inventory.
 - **Planejamento de Rotas:** Ferramentas: Route4Me, OptimoRoute.

Exemplos de Implementação

1. Prototipagem de DSS:

Descrição: Implementar pelo menos dois protótipos computacionais de Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) a partir da AR concebida, como provas de conceito e base de validação do trabalho.

Ferramentas:

- Ferramentas de prototipagem rápida (ex.: Figma, Sketch).
- Frameworks de desenvolvimento web e mobile (ex.: React, Flutter).

2. Formalização e Modelagem:

Descrição: Formalizar a RADIAN de acordo com a norma ISO/IEC/IEEE 42010:2022 e modelar em SysML.

Ferramentas:

- Ferramentas de modelagem (ex.: Enterprise Architect, MagicDraw).
- Ferramentas de documentação (ex.: Confluence, LaTeX).

3. Integração de Sensores e Dispositivos IoT

Descrição: Implementar a integração de sensores e dispositivos IoT para monitorar variáveis ambientais críticas em tempo real.

Ferramentas:

- Plataformas IoT: AWS IoT, Azure IoT Hub.
- Protocolos de Comunicação: MQTT, CoAP.
- Dispositivos: Sensores de temperatura, umidade, qualidade do ar, níveis de água.
- Desenvolvimento de Algoritmos de Inteligência Artificial

4. Implementar e treinar IA

Descrição: Desenvolver e treinar algoritmos de IA para análise de dados e previsão de desastres naturais.

Ferramentas:

- Linguagens de Programação: Python, R.
- Bibliotecas de IA/ML: TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn.
- Plataformas de Treinamento: Google Colab, Jupyter Notebooks.

5. Implementação de Infraestrutura de Computação em Nuvem

Descrição: Configurar e gerenciar a infraestrutura de computação em nuvem para garantir a escalabilidade e a flexibilidade do sistema.

Ferramentas:

- Provedores de Nuvem: AWS, Google Cloud Platform, Microsoft Azure.
- Serviços de Computação: EC2, Google Compute Engine, Azure Virtual Machines.
- Serviços de Armazenamento: S3, Google Cloud Storage, Azure Blob Storage.

6. Desenvolvimento de Interfaces de Usuário

Descrição: Criar interfaces de usuário intuitivas e acessíveis para diferentes tipos de usuários, incluindo operadores e gestores.

Ferramentas:

- Frameworks de Frontend: React, Angular, Vue.js.
- Ferramentas de Design: Adobe XD, Figma.
- Linguagens de Marcação: HTML, CSS, JavaScript.

7. Implementação de Mecanismos de Segurança

Descrição: Implementar mecanismos de segurança para proteger os dados e garantir a integridade do sistema.

Ferramentas:

- Criptografia: OpenSSL, Bcrypt.
- Autenticação e Autorização: OAuth 2.0, JWT (JSON Web Tokens).
- Monitoramento de Segurança: Splunk, ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana).

8. Integração com Sistemas Legados

Descrição: Garantir a interoperabilidade e a integração com sistemas legados e infraestruturas críticas existentes.

Ferramentas:

- APIs e Web Services: RESTful APIs, SOAP.
- Middleware: Apache Kafka, RabbitMQ.
- Ferramentas de Integração: MuleSoft, WSO2.

9. Desenvolvimento de Módulos de Simulação

Descrição: Desenvolver módulos de simulação para criar cenários de desastres naturais e testar planos de resposta.

Ferramentas:

- Plataformas de Simulação: AnyLogic, Simul8.
- Ambientes de Desenvolvimento: Unity, Unreal Engine.
- Linguagens de Programação: C#, Java.

10. Implementação de Plataformas de Colaboração

Descrição: Implementar plataformas de colaboração para facilitar a comunicação e a coordenação entre equipes de resposta e autoridades.

Ferramentas:

- Ferramentas de Colaboração: Slack, Microsoft Teams.
- Plataformas de Gestão de Projetos: Jira, Trello.
- Sistemas de Videoconferência: Zoom, Google Meet.

11. Implementação de Sistemas de Alerta Precoce

Descrição: Desenvolver sistemas de alerta precoce para notificar autoridades e a população sobre desastres iminentes.

Ferramentas:

- Plataformas de Alerta: Everbridge, CodeRED.
- Sistemas de Mensagens: Twilio, Nexmo.
- Integração com Redes Sociais: APIs do Twitter, Facebook.

12. Desenvolvimento de Dashboards de Monitoramento

Descrição: Criar dashboards interativos para monitorar em tempo real as variáveis ambientais e a situação dos desastres.

Ferramentas:

- Ferramentas de Visualização de Dados: Tableau, Power BI.
- Frameworks de Frontend: React, Angular.
- Bibliotecas de Gráficos: D3.js, Chart.js.

13. Implementação de Sistemas de Backup e Recuperação

Descrição: Configurar sistemas de backup e recuperação para garantir a continuidade das operações em caso de falhas.

Ferramentas:

- Soluções de Backup: Veeam, Acronis.
- Serviços de Recuperação de Desastres: AWS Backup, Azure Site Recovery.
- Armazenamento em Nuvem: Amazon S3, Google Cloud Storage.

14. Desenvolvimento de Aplicativos Móveis

Descrição: Criar aplicativos móveis para permitir que as equipes de resposta e a população acessem informações críticas em qualquer lugar.

Ferramentas:

- Frameworks de Desenvolvimento Mobile: Flutter, React Native.
- Plataformas de Backend: Firebase, AWS Amplify.
- Ferramentas de Teste Mobile: Appium, TestFlight.

15. Implementação de Sistemas de Gestão de Conhecimento

Descrição: Desenvolver sistemas para capturar, armazenar e compartilhar conhecimento sobre desastres e respostas eficazes.

Ferramentas:

- Plataformas de Gestão de Conhecimento: Confluence, SharePoint.
- Sistemas de Gerenciamento de Documentos: Alfresco, M-Files.
- Ferramentas de Colaboração: Slack, Microsoft Teams.

16. Desenvolvimento de Ferramentas de Análise de Sentimento

Descrição: Implementar ferramentas para analisar o sentimento público em relação a desastres e respostas através de redes sociais e outras fontes.

Ferramentas:

- APIs de Redes Sociais: Twitter API, Facebook Graph API.
- Bibliotecas de Processamento de Linguagem Natural: NLTK, SpaCy.
- Plataformas de Análise de Sentimento: MonkeyLearn, Lexalytics.

17. Implementação de Sistemas de Gestão de Crises

Descrição: Desenvolver sistemas para gerenciar crises e coordenar as respostas de maneira eficiente.

Ferramentas:

- Plataformas de Gestão de Crises: CrisisGo, Noggin.
- Ferramentas de Planejamento de Resposta: D4H, Veoci.
- Sistemas de Comunicação de Emergência: Rave Mobile Safety, AlertMedia.

18. Desenvolvimento de Ferramentas de Previsão Climática

Descrição: Criar ferramentas para prever condições climáticas adversas e desastres naturais.

Ferramentas:

- APIs de Dados Climáticos: OpenWeatherMap, Weather API.
- Modelos de Previsão Climática: WRF (Weather Research and Forecasting), GFS (Global Forecast System).
- Plataformas de Análise de Dados: MATLAB, R.

19. Implementação de Sistemas de Gestão de Recursos

Descrição: Desenvolver sistemas para gerenciar recursos materiais e humanos durante desastres.

Ferramentas:

- Sistemas de ERP: SAP ERP, Oracle ERP Cloud.
- Ferramentas de Gestão de Inventário: Zoho Inventory, Fishbowl Inventory.
- Plataformas de Gestão de Recursos Humanos: BambooHR, Workday.

20. Desenvolvimento de Ferramentas de Análise de Impacto Econômico

Descrição: Implementar ferramentas para analisar o impacto econômico de desastres naturais.

Ferramentas:

- Plataformas de Análise Econômica: IMPLAN, REMI.
- Ferramentas de Visualização de Dados: Tableau, Power BI.
- Linguagens de Programação: Python, R.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLIAN, Ana P. et al. VMTools-RA: **a reference architecture for software variability tools**. Journal of Universal Computer Science, v. 29, n. 7, p. 649, 2023.
- BERNUS, Peter et al. IFIP WG5. 12 Architectures for Enterprise Integration: **Twenty-Five Years of the GERAM Framework**. Advancing Research in Information and Communication Technology: IFIP's Exciting First 60+ Years, Views from the Technical Committees and Working Groups, p. 245-268, 2021.
- GHANTOUS, Georges Bou; GILL, Asif. The DevOps *Reference Architecture* Evaluation: **A Design Science Research Case Study**. In: IEEE International Conference on Smart Internet of Things (SmartIoT), 2020, Beijing. Proceedings [...]. Beijing: IEEE, 2020. p. 295-299.
- SANTOS, José Filipe Marreiros et al. **A Checklist for Evaluation of Reference Architectures of Embedded Systems (S)**. In: SEKE. 2013. p. 1-4.
- GUESSI, Milena; OLIVEIRA, Lucas B. R.; GARCÉS, Lina; OQUENDO, Flavio. **Towards a formal description of reference architectures for embedded systems**. In: Proceedings of the 2012 Joint Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture & European Conference on Software Architecture. IEEE, 2012. p. 302-306.
- VALLE, Alexandre; GARCIA, A. N.; GARCIA, A. C. **Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Acessado em: 07 jun. 2024. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL03/Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm>>.
- MAIER, Mark W.; RECHTIN, Eberhardt. **The Art of Systems Architecting**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.m: 03 jul. 2023.
- ISO/IEC/IEEE 42010:2022. **Systems and software engineering — Architecture description**. Geneva: International Organization for Standardization, 2022. Acesso em: 09 jun. 2024. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/74393.html>.
- ISO/IEC/IEEE. **Systems and software engineering — Architecture description. ISO/IEC/IEEE 42010:2011**. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2011. Acesso em: 09 jun. 2024. Disponível em: <<http://www.iso-architecture.org/ieee-1471/cm/>>.

APÊNDICE B – CONCEPÇÃO DE DSS A PARTIR DA RADIANT

Este apêndice objetiva a apresentação da ação de suporte à avaliação da RA *RADIANT* constituída pelas etapas de especificação e implementação de dois protótipos de software. Eles correspondem a *mock-up's* de Prova de Conceito (POC) para dois tipos diferentes de DN, com diferentes graus de complexidade.

Esta ação visou averiguar se diferentes DSS poderiam ser derivados a partir da *RADIANT* (ou seja, ela atuando como uma arquitetura de *referência* (AR) e como funcionariam em situações hipotéticas de DN. O instrumento POC foi escolhido porque o *RADIANT* é apenas conceitual e neste contexto não é viável implementar um DSS real junto as defesas civis, integrado aos seus sistemas durante todo o ciclo de vida e envolvendo diversos atores.

Esses DN foram concebidos considerando as características e prioridades de duas defesas civis, o que envolveu algumas visitas e reuniões com vários dos seus colaboradores: Centro Integrado de Gerenciamento de Riscos e Desastres (CIGERD) de Florianópolis, e no Grupo de Ações Coordenadas (GRAC) da Secretaria de Defesa Civil de Blumenau. Neste sentido, foram derivados dois DSS, sendo um DN climatológico e um hidrológico listados abaixo.

Os dois DSS detalham diferentes critérios de análise e tomada de decisões perante os diversos tipos de eventos do processo de gerenciamento de DN que podem surgir em diferentes etapas, e estruturar os fluxos de comunicação entre os diversos atores, não necessariamente vinculadas ou subsequentes, das quais se destacam⁴⁵: (1) etapa de aviso e alerta, (2) etapa de gerenciamento de crise (desastre), (3) etapa de levantamento e estimativa de danos e prejuízos e (4) etapa de recuperação.

Com esta parceria de pesquisa notou-se também que, e assim como averiguado em alguns outros artigos, as ações das defesas civis no âmbito de DN seguem majoritariamente protocolos operacionais⁴⁶, que servem de “guia-base” do que deve ser feito nas diferentes fases de certos DN. Tais protocolos são desenvolvidos e aprimorados pelas defesas civis e seus parceiros em função das suas experiências e novas ocorrências, assim como de aspectos regulatórios obrigatórios para os mais variados tipos de DN e situações associadas, antes, durante e depois das suas ocorrências. Na *RADIANT* (seções 5 e 6), os protocolos estão disponibilizados em repositório de protocolos operacionais no “módulo de gestão de dados”.

Esses protocolos atuam como ‘orquestradores de referência’ das funcionalidades (dos sistemas de computação implementados associados às funcionalidades gerais do DSS derivado), como em Drissen-Silva et al. (2009). As várias ações de cada um dos protocolos selecionados devem ser executadas, ora por humanos, ora automaticamente pelos sistemas, dependendo do DN, do protocolo, e do modelo de governança vigente. Isso ocorre porque a execução das etapas de cada protocolo deve ser analisada de acordo com a situação atual, o nível de severidade do DN e os dados obtidos dos sistemas físicos/ciberfísicos das áreas afetadas (parte das “entidades externas” da *RADIANT*).

Pode haver vários protocolos sendo executados simultaneamente, envolvendo vários autores, sendo que um mesmo DN pode requer a execução de mais do que um protocolo. A

⁴⁵ Conforme PAC.003.COMGD - Comunicação no gerenciamento de desastres.

⁴⁶ Em SC, tais protocolos são chamados de PAC – *Protocolo de Atuação Conjunta*. Apenas os 14 principais PACs estão formalmente descritos na defesa civil; porém, de forma parcialmente textual e com diagramas-macro de responsabilização de ações. Essa representação foi posteriormente refinada, detalhada e formalizada na tese na forma de uma matriz FAN (*Functional Abstraction Network*), (DALINGER et al., 2011), definindo com precisão o que cada tipo de ator deve fazer em cada situação. Na sequência, foram transformados em BPMN pelo autor. O detalhamento desses PACs e respectivas modelagens BPMN pode ser visto em <https://encurtador.com.br/Aiy2E>.

escolha de qual protocolo a ser posto em execução num dado momento diante de um DN é definida pela defesa civil, com suporte dos principais atores envolvidos. Por outro lado, dependendo da implementação do DSS particular, essa escolha e “disparo” do protocolo pode ter algum grau de automatismo e inteligência.

Nenhum protocolo de ação – particular a cada defesa civil – requer o envolvimento de todas as funcionalidades do RA. Portanto, as duas implementações realizadas devem ser vistas como uma ‘instância’ dentre centenas de combinações possíveis.

Na implementação dos dois DSS, foi simulada a execução de três protocolos operacionais diferentes (dos 14 protocolos modelados), de complexidades diferentes, em cenários hipotéticos. O detalhamento de cada uma das funcionalidades concebidas foi derivado / programado a partir de conversas com as defesas civis e seus colaboradores. Nessa instanciamento o pessoal das defesas civis sugeriu aspectos para a interface do usuário (tipo de painel, usabilidade, comunicação assíncrona e síncrona, votação e deliberação da notificação e alerta, atendimento de ocorrências, divisão de tarefas entre os envolvidos, etc.). Nestas reuniões pode-se observar que, na ocorrência de um DN, diversas tarefas complexas precisam ser coordenadas por múltiplos atores, como autoridades governamentais e serviços de emergência, que devem trabalhar em conjunto, comunicar-se com efetividade, e tomar decisões rápidas ao longo das diferentes fases do evento.

1. PROCESSO DE DERIVAÇÃO E INSTANCIAMENTO DA RADIANT PARA CONCEPÇÃO DOS DSS CLIMATOLÓGICO E HIDROLÓGICO

Esta seção explica como a **Arquitetura Genérica da RADIANT** foi adaptada para criar a **Arquitetura Específica** de cada DSS. Tal adaptação envolveu a seleção de módulos, macro funcionalidades, atores e elementos do ecossistema da RADIANT, conforme sua pertinência aos cenários específicos de DN.

O **processo de derivação da RADIANT** (figura 1) do **DSS Climatológico** para gerenciar desastres de incêndios florestais priorizou funcionalidades de rápida resposta, previsão e coordenação multi-institucional. Como atores do Sistema de Interface do Usuário fazem parte os Usuários em Treinamento, Representantes dos Atores e Responsáveis pelas Infraestruturas, e Representantes da Defesa Civil, essenciais para a colaboração e tomada de decisão ao atendimento de incêndio florestais. Neste DSS os seguintes módulos e funcionalidades foram selecionados⁴⁷:

- **Módulo de Análise e Tomada de Decisão:** A maioria das funcionalidades foi incorporada, Diagnóstico, Suporte Multicritério, Assistente Digital, Predição, Simulação, Discussão Colaborativa, vitais para a análise e deliberação.
- **Módulo de Planejamento de Execução:** Abordou Planejamento de Ações, Seleção de Parceiros, Gerenciamento de Projetos, Gestão de Abrigos e Ajuda Humanitária, Gerenciamento de Doações e Gestão de Recursos Nacionais/Regionais, focando no suporte logístico.
- **Módulo de Supervisão da Execução das Decisões:** As funcionalidades Geração/Envio de Alertas, Comunicação entre Atores, Supervisão/Monitoramento, Gestão/Coordenação foram consideradas essenciais para o acompanhamento da resposta ao incêndio.

⁴⁷ O detalhamento do porquê destas funcionalidades está explícito na seção 2 abaixo que detalha o DSS Climatológico.

- **Sistemas de Dados e Conhecimento:** O Módulo de Sistema de Gerenciamento de Dados e Conhecimento incluiu Acesso e Gerenciamento de Dados/Conhecimento, Repositórios Históricos e de Protocolos Operacionais, fundamentais para subsidiar as análises em incêndios.
- **Sistemas de Suporte:** A funcionalidade de **Governança** foi crucial para definir papéis e fluxos decisórios multi-institucionais levando em consideração as votações dos alertas a serem realizadas por cada canal de comunicação.
- **Sistemas de Infraestrutura Computacional:** As funcionalidades selecionadas foram Coleta/Ingestão de Dados, Comunicação Ciberfísica, Segurança Computacional, Plataforma Colaborativa, Atuação em Sistemas Físicos) foram incluídas, provendo a base tecnológica e segurança.
- **Ecosistema (Entidades Externas):** Todos os componentes, como sistemas do SAR (EPAGRI/CIRAM) e CENAD, foram considerados fontes de dados e/ou alvos de atuação para o gerenciamento de incêndios.

O **processo de derivação da RADIANT** (Figura 10) do **DSS Hidrológico** com ênfase em operações de resgate durante enchentes e inundações priorizou funcionalidades de monitoramento em tempo real, coordenação de resgates e gestão eficiente de recursos em campo. Neste DSS os atores do Sistema de Interface do Usuário são também os usuários em Treinamento, Representantes dos Atores e Responsáveis pelas Infraestruturas (como operadores de barragens), e Representantes da Defesa Civil (focados nas equipes de resgate) e por fim os seguintes módulos e funcionalidades foram selecionados⁴⁸:

- **Módulo de Análise e Tomada de Decisão:** A maioria das funcionalidades foram incluídas, Diagnóstico, Suporte Multicritério, Assistente Digital, Predição, Gêmeo Digital, Avaliação de Vulnerabilidades, Simulação de Cenários, Discussão Colaborativa, essenciais para análise da situação e decisão em resgate.
- **Módulo de Planejamento de Execução:** Incorporou Planejamento de Ações, Seleção de Parceiros, Gerenciamento de Projetos, Gerenciamento de Inventário, Gerenciamento de Doações e Gestão de Recursos Nacionais/Regionais, focando na logística.
- **Módulo de Supervisão da Execução das Decisões:** As funcionalidades Geração/Envio de Alertas, Comunicação entre Atores, Supervisão/Monitoramento, Gestão/Coordenação foram mantidas, dada a criticidade da supervisão em resgates.
- **Sistemas de Dados e Conhecimento:** O Módulo de Sistema de Gerenciamento de Dados e Conhecimento incluiu Acesso e Gerenciamento de Dados/Conhecimento, Mapas, Áreas de Risco, Infraestruturas, Repositório de Protocolos Operacionais e Registro de Entidades, vitais para o contexto hidrológico.
- **Sistemas de Suporte:** As funcionalidades de Geração de Relatórios de Gestão, Operação e Auditoria e LGPD e Privacidade de Dados foram selecionadas para rastreabilidade e conformidade legal.
- **Sistemas de Infraestrutura Computacional:** Todas as funcionalidades (Coleta/Ingestão de Dados, Comunicação Ciberfísica, Segurança Computacional, Plataforma Colaborativa, Atuação em Sistemas Físicos) foram incluídas, provendo a base tecnológica para monitoramento de barragens e resposta em campo.
- **Ecosistema (Entidades Externas):** Todos os componentes do ecossistema da RADIANT foram considerados, sendo vitais para a obtenção de dados (e.g., níveis de rios, sensores de barragens) e execução de ações de resgate.

⁴⁸ O detalhamento do porquê destas funcionalidades está explícito na seção 3 abaixo que detalha o DSS Hidrológico.

Já o **processo de instanciação** realizada para os dois DSSs compreendeu a definição arquitetural, seleção de tecnologias, integração com sistemas externos e implementação das diretrizes de segurança e conformidade regulatória:

- O **DDS Climatológico** adotou uma arquitetura *serverless* orientada a serviços, utilizando funções *Lambda* como camada de processamento *backend*. O armazenamento de dados foi implementado através do *Cloud Firestore* e do *Realtime Database*, fornecendo soluções de persistência relacional e não relacional em ambiente de nuvem. As funcionalidades de mapeamento interativo foram desenvolvidas com os serviços *Mapbox* e *Google Maps*, consultando dados das APIs da Defesa Civil para informações em tempo real. A integração com sistemas de comunicação foi viabilizada por meio da API do *Twilio* para execução de chamadas telefônicas. As funcionalidades de inteligência artificial, como no caso do chat interativo, foram implementadas utilizando o Gemini da Google. A interface de usuário foi desenvolvida em *React* com *TypeScript*, proporcionando uma experiência web moderna, responsiva e escalável.
- O **DDS Hidrológico** demonstrou uma implementação radicalmente diferente, ilustrando a abstração tecnológica da arquitetura RADIANT. Neste caso, foi adotada uma arquitetura de *microserviços* com orquestração *Kubernetes* hospedada na infraestrutura *Amazon Web Services (AWS)*. O *backend* foi implementado em Python, enquanto o armazenamento de dados foi distribuído em *PostgreSQL* para dados relacionais e *MongoDB* para dados não relacionais, ambos gerenciados pelos serviços *Amazon RDS* e *DocumentDB*. As interfaces de usuário foram desenvolvidas em Angular com *JavaScript*, oferecendo componentes interativos e modularizados.

Ambas as instanciações implementaram diretrizes rigorosas de segurança e conformidade regulatória, com o DDS Climatológico incorporando criptografia de dados em repouso e em trânsito, controle de acesso baseado em *OAuth 2.0* e *JWT*, enquanto o DDS Hidrológico implementou *security mesh* para comunicação segura entre *microserviços* e *AWS IAM* para controle granular de permissões. Em ambos os sistemas, a conformidade com a GDPR foi assegurada através de mecanismos de anonimização de dados pessoais, retenção controlada de informações sensíveis, procedimentos claros para exercício de direitos de acesso e exclusão de dados, protocolos de auditoria contínua com rastreabilidade de operações críticas e *logging* centralizado com detecção de anomalias. A segurança operacional foi garantida através de backup automático redundante de dados críticos, com o DDS Climatológico aproveitando a redundância dos serviços de nuvem pública e o DDS Hidrológico implementando redundância geográfica entre regiões *AWS*, garantindo disponibilidade ininterrupta durante operações de emergência.

Com as instâncias agnósticas em relação a tecnologias e estilos arquitetônicos específicos, é possível que cada defesa civil ou desenvolvedor de software escolha a abordagem mais adequada às suas necessidades operacionais, maturidade tecnológica e requisitos de escalabilidade. Enquanto o DDS Climatológico privilegia agilidade e custo operacional através de uma arquitetura *serverless*, o DDS Hidrológico aproveita a robustez e flexibilidade de uma arquitetura de *microserviços* para suportar processos mais complexos de análise hidrológica. Esta flexibilidade fundamenta a proposta de valor da RADIANT: fornecer um *blueprint* abstrato suficientemente robusto para orientar derivações específicas sem prescrever soluções tecnológicas particulares.

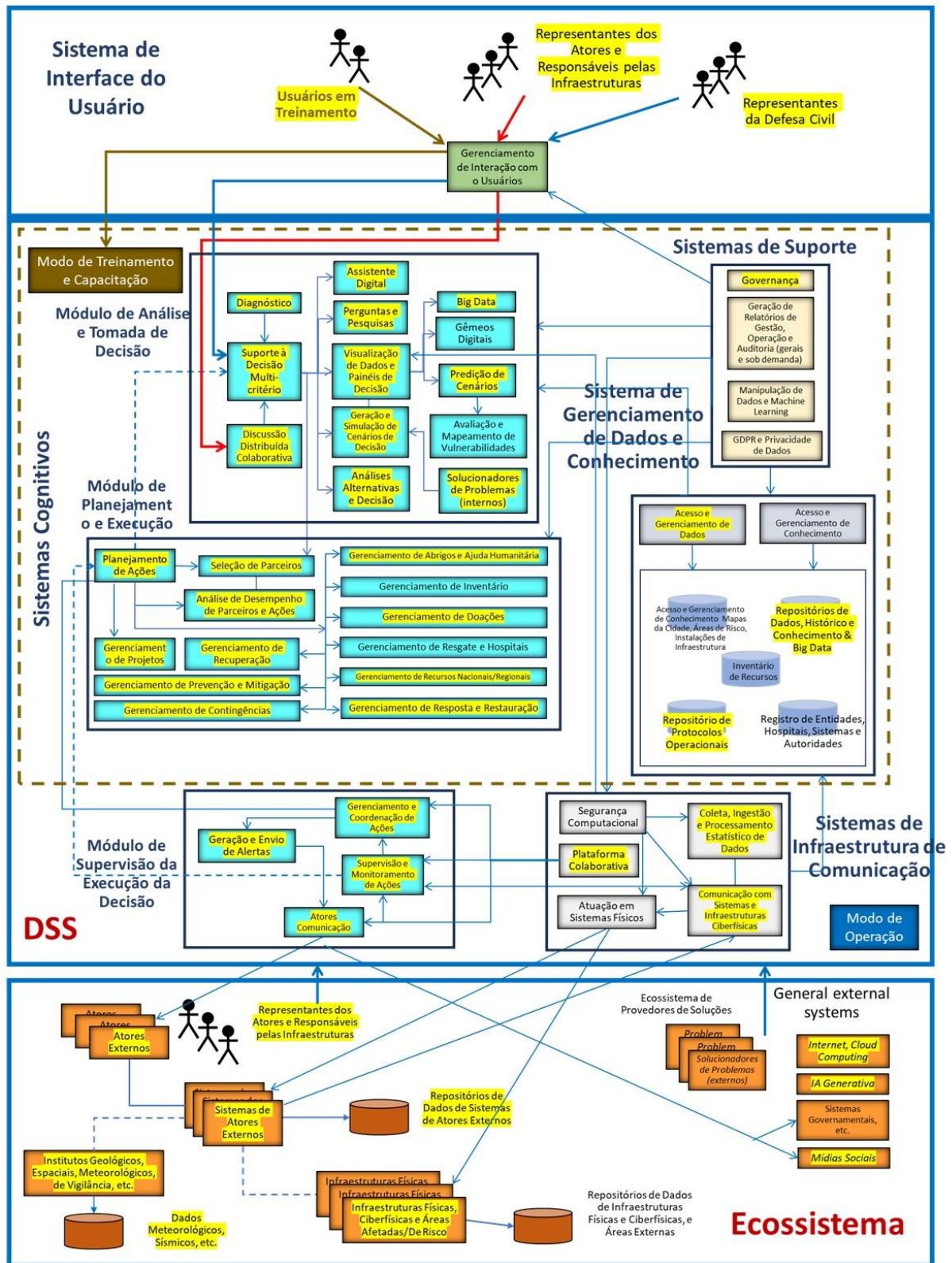
2. DSS CLIMATOLÓGICO

Este protótipo de DSS foi derivado para um DN do tipo climatológico, do subtipo incêndio florestal, voltado para a defesa civil da Grande Florianópolis. Em termos gerais, o seu objetivo é o de apoiar análises e decisões a partir de dados extraídos do sistema *SAR* (da EPAGRI/CIRAM) de previsão do tempo e clima (fenômenos meteorológicos, hidrológicos e marítimos).

O *SAR* é essencialmente um sistema de informações, através do qual a defesa civil e *stakeholders* da área podem analisar, gerar informações, etc., e repassar as decisões e comunicados - Secretaria de Comunicação (SECOM) do Governo - para os devidos órgãos, como *CENAD*, *INMET*, *CPTEC/INPE*, *CEMADEM*, *ANA*, *CPRM* e para o próprio *EPAGRI/CIRAM*.

Como comentado na seção 5, um dos primeiros passos no que toca ao uso da *RADIAN* é a identificação de quais módulos/funcionalidades serão necessários de serem instanciados e programados para o caso. A figura 1 ilustra essa seleção, marcando na cor amarela as funcionalidades requeridas.

Figura 1: Processo de derivação e instanciação do DSS Climatológico



Fonte: Do autor (2025)

O diagrama de caso de uso (figura 2) detalha como será definido os níveis de permissões e trabalhos colaborativos. Pelo diagrama, o grupo envolvido será coordenado pela defesa civil sob liderança do CIGERD onde, a partir dos dados da previsão do tempo e clima,

os especialistas na área irão gerar alertas e notificações⁴⁹ bem como validar/discutir as informações para gerar os relatórios (boletins, laudos...) que por sua vez serão repassadas para os canais de comunicação apropriados (exemplo: rádio, TV, Governo, ...).

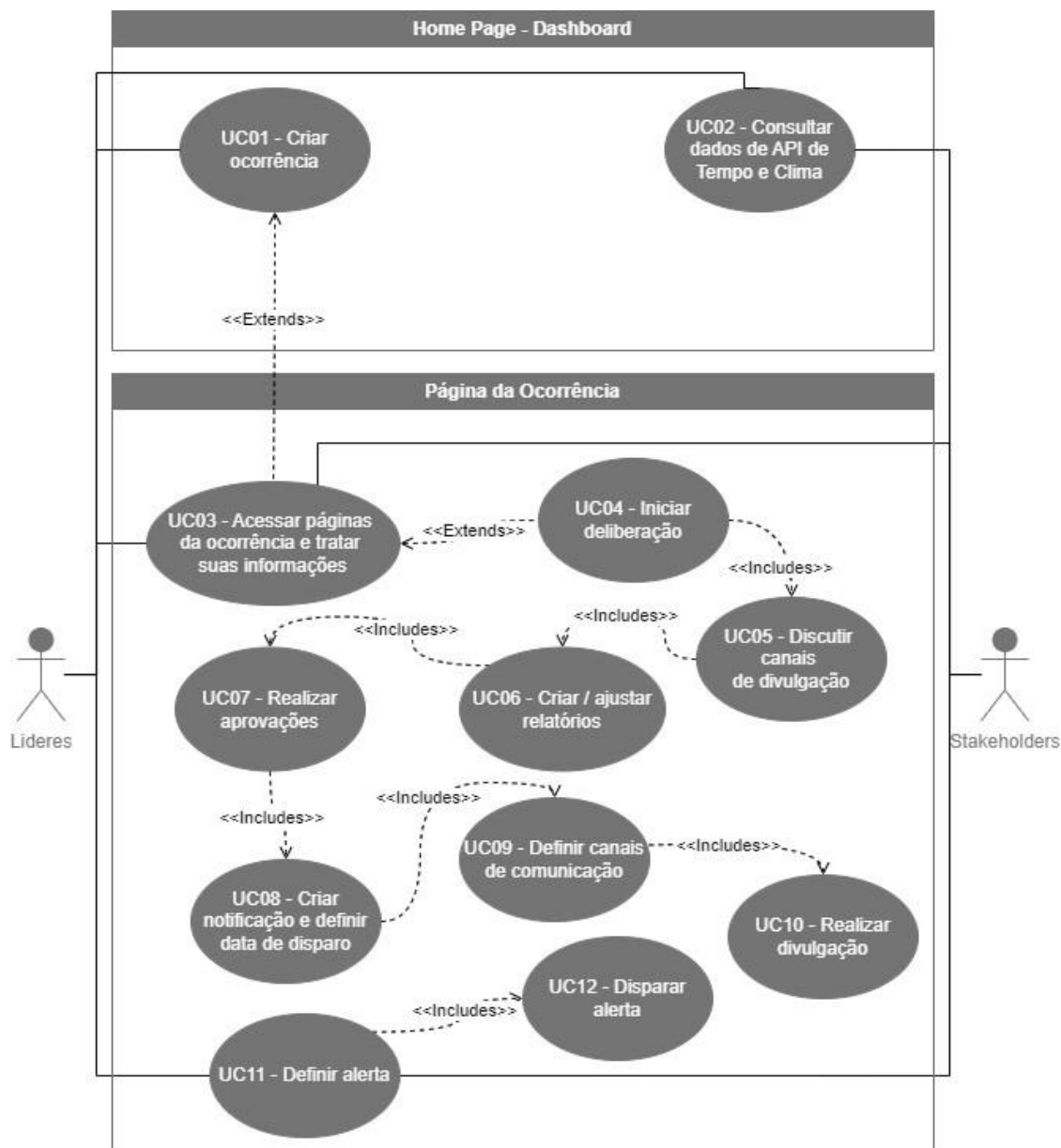
Por meio da interface principal desse DSS são informados os dados estatísticos da previsão do clima e tempo para informar sobre as ocorrências ativas (figura 3 – A), o número de estações meteorológicas, gráficos da velocidade do vento, temperatura, humidade do ar, entre outros. Além disto, cria um mapa que extrai de APIs (*webservices*) da EPAGRI/CIRAM (vistos como ‘sistemas externos’ na RA) quais ocorrências existem ou já existiram na região (figura 3 – B) a fim de auxiliar os gestores e os especialistas de cada órgão a avaliarem o impacto do DN para iniciar o atendimento. Todos os dados são acessados por meio do módulo de gestão de dados da RADIANT⁵⁰. Por fim, há o botão “Nova ocorrência” (figura 3 – C) para abrir um atendimento.

Na tela de “Nova Ocorrência” (figura 4) é necessário informar o local no mapa onde a ocorrência está ocorrendo e o tipo do desastre (neste exemplo é do tipo “Incêndio Florestal”, nível 3 de emergência, e os órgãos envolvidos no atendimento são: defesa civil, corpo de bombeiro, CICERD e CENAD). Ao clicar no botão “Cadastrar Ocorrência”, automaticamente todos os envolvidos de cada área são notificados/convocados para iniciar este atendimento.

⁴⁹ Há critérios para a emissão de avisos e alertas para diferentes tipos de eventos adversos.

⁵⁰ Mapas da cidade, áreas de risco, instalações de infraestruturas, etc. Repositórios de Dados, Históricos e Conhecimento & Bigdata, Inventário de Recursos, Repositório de Protocolos Operacionais e Cadastro de entidades, hospitais, sistemas, autoridades, etc.

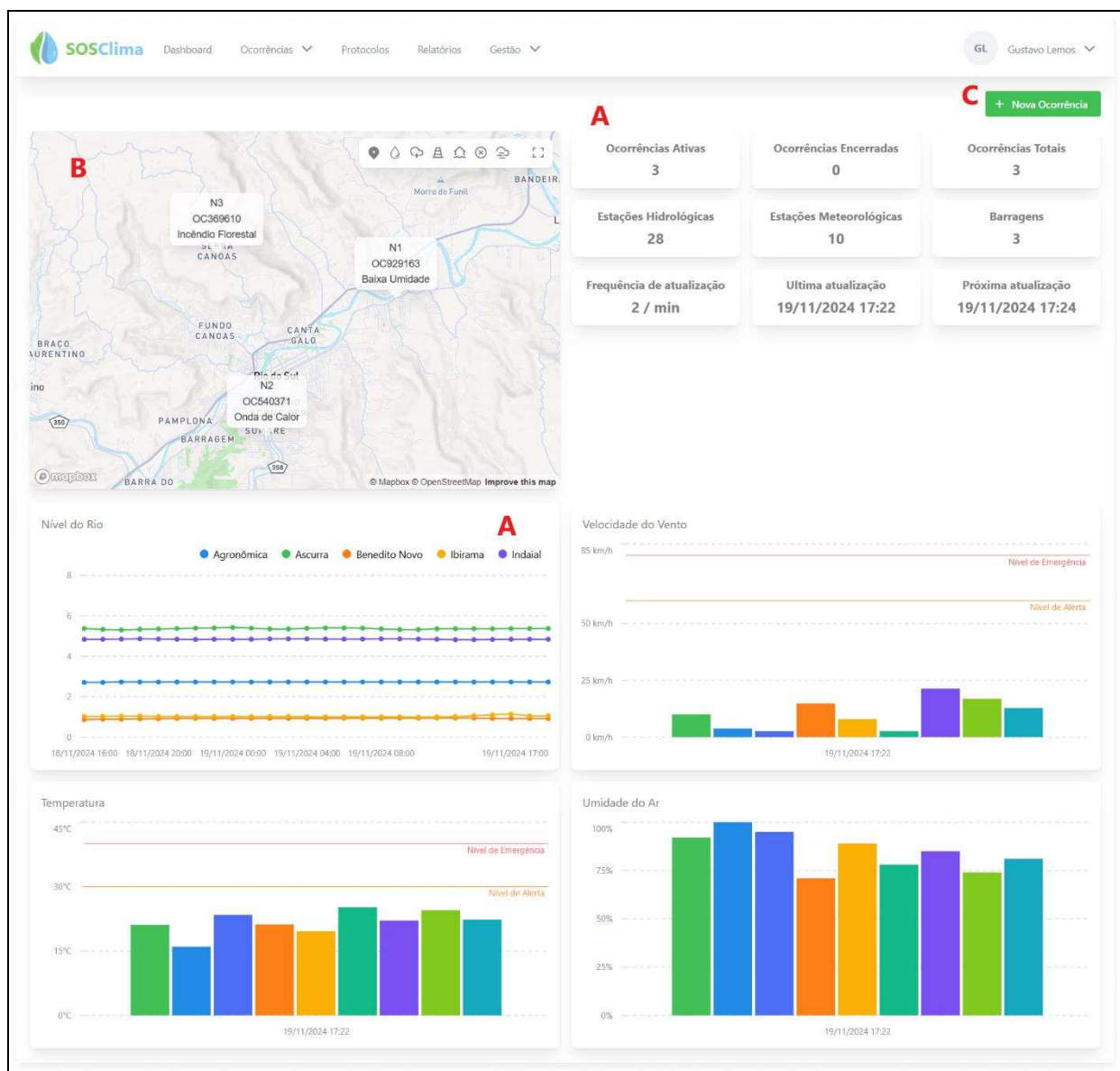
Figura 2: Diagrama de caso de uso do DSS para DN do tipo Climatológico.



Fonte: Do autor (2025)

Esse DSS Climatológico foi idealizado a partir dos seguintes PACs da defesa civil: (1) previsão do tempo e clima, (2) de monitoramento e alerta, (3) de comunicação no gerenciamento de desastre e (4) de mobilização para resposta a desastre, que são disponibilizados na “guia protocolos” (figura 5) (módulo gestão de dados da *RADIAN*).

Figura 3: Interface principal do DSS Climatológico



Fonte: Do autor (2025)

Figura 4: Abertura de ocorrência do tipo Incêndio Florestal

Fonte: Do autor (2025)

Figura 5: Protocolos do DSS para atender um desastre Climatológico

Título	Descrição	Autores	Atualizado em	Criado em
Comunicação no Gerenciamento de Desastre	Protocolo de atuação conjunta para ações de comunicação no gerenciamento de desa...	Gustavo L	Atualizado em 18/11/2024	Criado em 18/11/2024
Previsão do Tempo e Clima	Protocolo de atuação conjunta para ações de previsão do tempo e clima da Defesa Civ...	Gustavo L	Atualizado em 17/11/2024	Criado em 17/11/2024
Mobilização para Respostas a Desastres	Protocolo de atuação conjunta para mobilização para resposta a desastres	Gustavo L	Atualizado em 18/11/2024	Criado em 18/11/2024
Monitoramento e Alerta	Protocolo de atuação conjunta para ações de monitoramento e alerta	Gustavo L	Atualizado em 18/11/2024	Criado em 18/11/2024

Fonte: Do autor (2025)

Por meio da funcionalidade Gestão de Interações do Usuários (interface com usuário - RADIANT), o diretor da defesa civil abre a ocorrência nº OC369610 do tipo “Incêndio Florestal” (figura 6 - A).

Figura 6: Interface da ocorrência do tipo – Incêndio Florestal

SOSClima Dashboard Ocorrências Protocólos Relatórios Gestão GL Gustavo Lemos

Identificação OC369610 **Tipo de Ocorrência** Incêndio Florestal **Nível de Mobilização** N3 **Orgãos Envolvidos** 4 **Membros** 4

Mapa: SDC-SC Trombudo Central 1, SDC-SC Aurora. Dados meteorológicos: Temperatura: 22.20°C, Umidade: 86%, Pressão: 1013.70 hPa, Velocidade do vento: 18.10 km/h, Direção do vento: 273.80.

Eventos:

- Marcos Keller: Recomendo que distribuamos máscaras de tecido para as equipes, a fim de protegê-las da fumaça do incêndio. 19/11/2024 09:54
- IA: Embora as máscaras de tecido ofereçam alguma proteção, é recomendado o uso de máscaras N95 ou PFF2, que são mais eficazes na filtragem de partículas finas presentes na fumaça dos incêndios florestais. 19/11/2024 09:56
- Ana Pereira: Temos algumas dessas máscaras sobrando, vou contabilizá-las no estoque. 19/11/2024 10:02
- Isabela Costa: Os modelos de relatórios para divulgação de informação à população foram criados pelo SECOM, vamos iniciar a deliberação. 19/11/2024 17:03
- Isabela Costa: iniciou uma deliberação. 19/11/2024 17:05

Etapas: Criação da ocorrência e vínculo de participantes, Mobilização interna das entidades, Compartilhamento geral de informações, Deliberação, Votação, Divulgação, Remobilização, Emissão de avisos e alertas, Avaliação pós-evento.

Deliberações:

Título	Status	Relatórios	Participantes	Criado em	Criado por
Divulgação de informações à população	Approvado	2	4	17/11/2024	Gustavo Lemos

Disparo de Notificações:

Título	Descrição	Status	Dispara em
Notificações públicas	Notificações para canais públicos de comunicação	Pendente	22/11/2024 14:00

Recursos:

Item	Descrição	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Capacete	Capacete de segurança h-700	R\$ 100,00	25	R\$ 2.500,00
Luva	Luva de proteção	R\$ 12,90	30	R\$ 387,00
Bota	Bota de segurança com biqueira de aço	R\$ 150,00	10	R\$ 1.500,00

Perguntas e Pesquisas:

- Quais são os principais fatores que contribuem para a propagação rápida de incêndios florestais?
- Quais são os principais riscos à saúde associados à fumaça de incêndios florestais?
- Quais são as melhores práticas para a evacuação de áreas afetadas por incêndios florestais?
- Quais são os métodos mais eficazes para o combate a incêndios florestais?
- Como minimizar os riscos de incêndios florestais?

Fonte: Do autor (2025)

Seguindo o modelo de governança (módulo de Suporte Geral), o diretor da defesa civil pode ter acesso a alguns relatórios (figura 6 - B) relacionados à ocorrência do DN 'OC369610

(figura 6 - C) para que possa centralizar as ações de mobilização levando em consideração que o “incêndio florestal” foi confirmado com nível alto de impacto (N3) e que algumas ações devem ser tomadas imediatamente devido à urgência.

De acordo com o plano concebido e o protocolo de ação legal, quatro órgãos devem estar envolvidos de alguma forma (neste exemplo, a própria defesa civil, o corpo de bombeiros, o CICERD e o CENAD (figura 6 - D). Cada órgão, com seu diretor e respectivos especialistas, devem enviar informações de sua especialidade/área sobre o DN na guia/aba da sua própria área/órgão (figura 6 - D - apenas os membros daquele órgão podem publicar informações). Após finalizado, entre as áreas estas informações devem ser consolidadas na guia/aba “geral” (figura 6 - E). Tanto na guia de cada órgão como na guia geral existe a possibilidade de todos os envolvidos discutirem de forma síncrona ou assíncrona, via chat ou ligação por videoconferência (figura 6 - F), sobre as situações de cada área, com discussões colaborativas, distribuídas em multiníveis e multicritérios. Ao final deste processo, a guia/aba “geral” apresenta o resumo/resultado dos impactos e consequências de todas as áreas.

Por se tratar de um DSS, no chat existe (cor verde - F) um agente inteligente (recursos de Inteligência Artificial (IA)) que irá auxiliar na troca de informações, extraindo evidências externas junto com que os especialistas estão pontuando (escrevendo). Assim que é definida como deverá ficar a notificação e alerta, a especialista ‘Isabela Costa’ (cor laranja - F) delibera para o setor de comunicação SECOM todas as informações das áreas para que esta possa criar a notícia, relatório, boletim, etc., do alerta final, e ser enviada para análise e validação (votações) pelos diretores das áreas.

De acordo com o módulo de planejamento e execução da *RADIAN*, este DSS faz uso de funcionalidades como Perguntas e Pesquisas (figura 6 - G), gestão de recursos através de inventário, e doações e solicitações de recursos (figura 6 - H). Também nesta tela da ocorrência, é possível acompanhar o status do DN e os efeitos do plano estabelecido em tempo real (figura 6 - I)⁵¹, que apresentam o estado em que a ocorrência se encontra (na figura está ‘em deliberação’). Nesta tela principal pode ser mostrada quais deliberações foram feitas (figura 6 - J): divulgação de informações para população) e quais disparos de notificações já foram realizadas (figura 6 - K: Notificações Públicas).

Tomando como referência esta tela principal, nota-se que vários módulos e funcionalidades da *RADIAN* estão sendo explicitamente usados, como no caso do módulo Planejamento de Execução, por exemplo⁵². Neste ponto, vários dados precisam ser considerados sobre as áreas afetadas, dados históricos, mapas geográficos e os recursos disponíveis, que são acessados a partir das funcionalidades do Módulo de Gerenciamento de Dados. Fazer uso de funcionalidades do Módulo de Análise e Tomada de Decisões, com levantamento de diagnósticos, discussões distribuídas e colaborativas e que possa através deste DSS obter, apoia a decisão multicritério⁵³.

No caso de infraestruturas ciberfísicas afetadas, de modo a ajustar o plano atual conforme o DN evolui, dados e relatórios são atualizados. Considerando todos os dados, um

⁵¹ Os status em tempo real da ocorrência são: Criação da ocorrência e vínculo de participantes, Mobilização interna das entidades, Compartilhamento geral de informações, Deliberação, Votação, Divulgação, Remobilização, Emissão de avisos e alertas e Avaliação pós-evento

⁵² Seleção de parceiros, Análise de desempenho de Parceiros e de Ações, Análise de desempenho de Parceiros e de Ações, Gestão de Projetos, Gestão de Abrigos e Ajuda Humanitária, Gestão de Inventário, Gestão de Doações, Gestão de resgates e hospitalar, Gestão de Recursos Complementares da União, Gestão de Resposta –Restabelecimento, Gestão de Recuperação, Gestão de Prevenção e Mitigação e Gestão de Preparação e Contingência

⁵³ Fazendo uso de Chatbot, Perguntas e Pesquisas, Visualização de dados e painéis de decisão (Gêmeos Digitais e Predição de cenários com a Avaliação e Mapeamento de Vulnerabilidade), realizando a Geração e simulação de cenários de decisão por meio de Problem Solvers (internos) e da Análise e seleção de alternativas de decisão.

plano é estabelecido e enviado para a funcionalidade de Ações de Gerenciamento e Coordenação. Isto visa ter e lidar com o DN em mais detalhes, incluindo o tipo de alerta adequado e a forma/mídia de envio de mensagens para parceiros, sistemas, pessoas da área afetada, etc., usando diferentes mecanismos de segurança computacional (módulo de suporte geral da *RADIAN*).

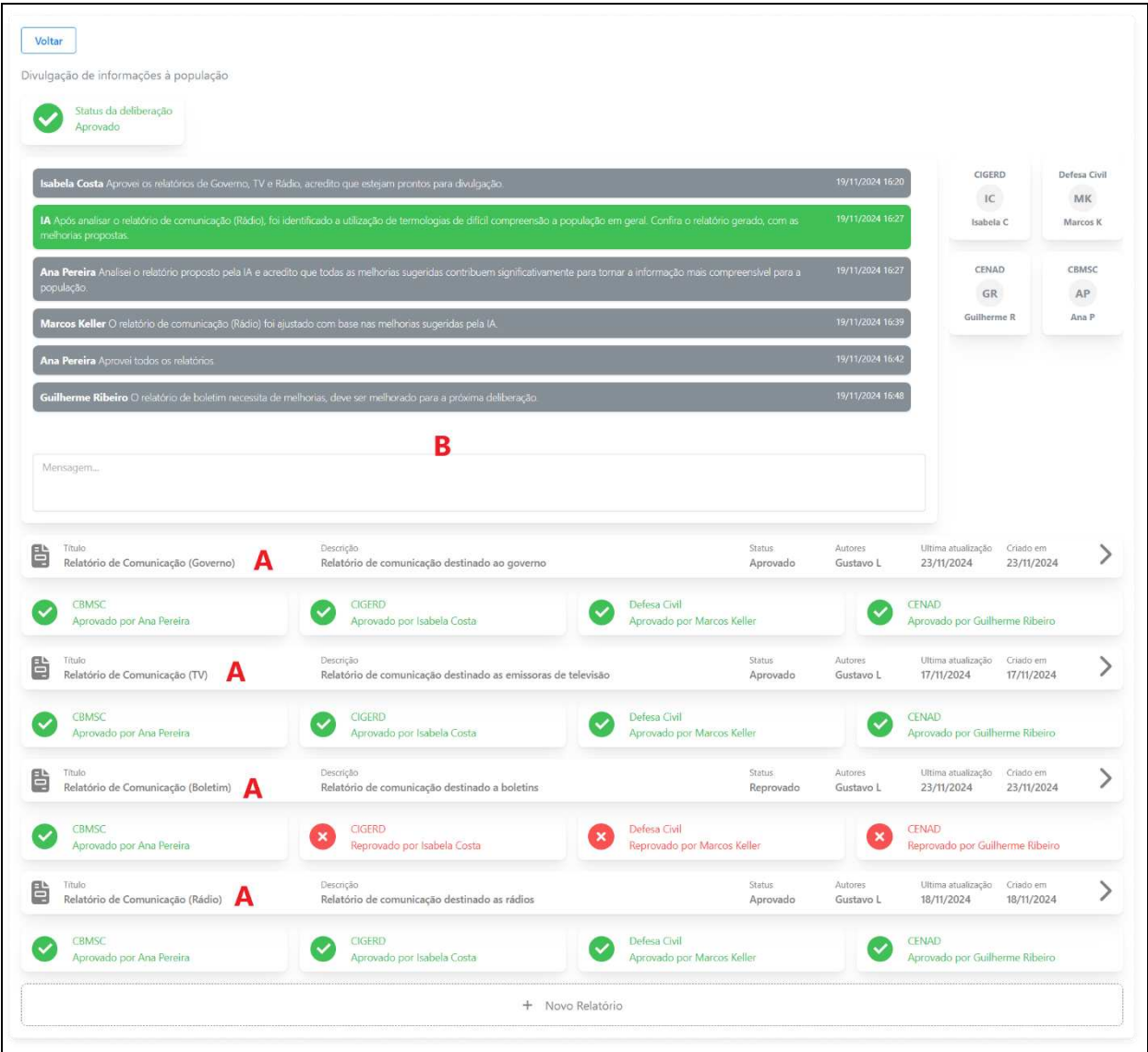
Há muitas decisões específicas que precisam ser tomadas ao longo dessa análise. No contexto do DN, esta é uma informação muito importante e sensível, pois a maneira, a frequência e o estilo/texto/palavras a serem escritos podem impactar muito os outros atores e a população afetada. Nesta ocorrência, após todos os órgãos trazerem as suas evidências sobre o impacto deste desastre do tipo incêndio florestal, o SECOM unifica, na aba Geral, uma só notificação e alerta. Neste exemplo (figura 7), uma das questões se refere aos momentos de deliberação da notificação e alerta a serem enviados (para diferentes diretores das áreas envolvidas). Durante essa etapa, os relatórios são construídos e aperfeiçoados de maneira colaborativa (chat ou chamada de vídeo). Por exemplo, com a interação de uma IA, interativa, que tenta colaborar com a discussão realizada pelos integrantes, fornecendo sugestões e correções.

Para que o relatório possa ser enviado, é necessário que um líder de cada órgão presente na deliberação o aprove. Uma vez aprovado por todos, o status do relatório é alterado para "aprovado". A deliberação é um processo que consiste na discussão colaborativa para a definição das notificações. Esse processo se inicia depois do SECOM ter condensado as informações coletadas e criado relatórios para diferentes contextos, de acordo com cada realidade. Na deliberação, os integrantes irão definir se os relatórios estão prontos para serem emitidos; caso estejam, serão aprovados; caso não estejam, serão reprovados e uma nova versão melhorada deverá ser criada para ser aprovada em uma próxima deliberação.

De acordo com o protocolo de ação, neste exemplo há quatro opções de mensagens de alerta (figura 7 - A) a serem deliberados, ou seja, relatórios de comunicação para o Governo, TV, Boletim e Rádio. Usando um chat (figura 7 - B), os atores iniciam uma conversa para chegar a uma decisão final sobre seu conteúdo e destino, neste chat há um agente inteligente (cor verde no Chat) que auxilia na discussão das informações a serem deliberadas. De acordo com o modelo de governança em vigor, são necessários todos os votos (4) para aprovar. Neste exemplo, o relatório de comunicação do tipo Boletim teve só uma aprovação entre os 4 órgãos responsáveis para ocorrer deliberação; ou seja, somente teria havido uma notificação e alerta para o Governo, TV e Rádio. Este processo define os canais de comunicação, o conteúdo e o momento em que a notificação será disparada. Todas as discussões e decisões são armazenadas para posterior consulta e auditoria.

Neste processo de deliberação os relatórios gerados pela SECOM permanecerão com a status de "Pendente" (figura 8 – A), em revisão. Durante a revisão, o relatório passa por três níveis (figura 8 – B). O primeiro nível, de status em "Relatório Analisado", traz a versão inicial da notificação e alerta elaborada pela SECOM (com base a todas as informações que cada órgão/área apresentou). O segundo nível, em "Pontos de Melhoria" (cor azul - figura 8 - C), há um módulo de IA, via recurso do *Gemini*, para auxiliar na análise do conteúdo e sugerir modificações para melhor atender ao cenário previsto. Se aprovado, é gerada a versão final com o status "Relatório Proposto" para ser aprovado, e após isso este se torna o relatório oficial para ser divulgado.

Figura 7: Interface de Deliberação da Notificação aos Canais de Comunicação



Fonte: Do autor (2025)

Depois de realizada a deliberação e com os relatórios já aprovados, é necessário cadastrar o disparo de notificação e a notificação em si. A figura 9 representa o modal de envio de alerta. Esse modal permite que a SECOM emita alertas em vários formatos, como: alerta interno (em que somente integrantes que estiverem no chat conseguem visualizar); alerta por e-mail (em que os integrantes recebem um e-mail de alerta, independentemente de estarem ou não na plataforma); alerta via SMS (em que os integrantes recebem o alerta como mensagem diretamente no celular); e alerta via chamada telefônica, para serem avisados em áudio e em tempo real sobre a ocorrência.

Figura 8: Interface da Notificação e Alerta Final

Relatório de Análise e Melhoria - Comunicação de Rádio

Relatório de Análise e Melhoria para o relatório de Comunicação de Rádio

Status: Pendente Acesso: Interno Ocorrência: OC2056 Autor: IA Criado em: 18/08/2024 Última atualização: -

Relatório analisado Pontos de melhoria Relatório proposto

B

Objetivo
O objetivo desta análise é identificar áreas onde o relatório de comunicação de rádio sobre a onda de calor pode ser melhorado para garantir uma compreensão mais clara e eficaz pelo público em geral.

- Simplificação da Linguagem**
 - Termos Técnicos - A eliminação de termos técnicos ou a substituição deles por palavras mais simples é essencial. Por exemplo, termos como "Defesa Civil", "CENAD", e "mobilização de recursos" podem ser complexos para alguns ouvintes. Sugere-se explicar brevemente o que essas instituições fazem.
 - Frases Longas - Frases muito longas podem dificultar a compreensão. Recomenda-se dividi-las em frases mais curtas e diretas para facilitar a assimilação da informação.
- Estrutura e Sequenciamento**
 - Ordem das Informações - A sequência das informações pode ser reorganizada para seguir um fluxo mais lógico e acessível. Começar com informações diretas e específicas, como o que o ouvinte deve fazer ou estar ciente, antes de descrever as ações dos órgãos envolvidos.
 - Introdução e Contextualização - Iniciar com uma breve explicação sobre o que é uma onda de calor e por que é perigosa pode ajudar a contextualizar o ouvinte antes de entrar nos detalhes das ações dos órgãos.
- Foco nas Ações Práticas**
 - Ações Imediatas para o Público - É importante destacar claramente o que o ouvinte deve fazer em resposta à onda de calor, como buscar hidratação, evitar exposição ao sol, e onde procurar ajuda em caso de sintomas de insolação ou desidratação.
 - Exemplos Práticos - Usar exemplos práticos para ilustrar as recomendações pode tornar as instruções mais tangíveis e fáceis de seguir.
- Inclusão de Apelo Emocional**
 - Conexão com o Ouvinte - Incorporar um tom mais pessoal e empático pode ajudar a criar uma conexão emocional com o ouvinte, aumentando a eficácia da mensagem. Frases como "Cuidem-se e cuidem dos seus entes queridos" podem ser incluídas.
- Clareza e Ênfase**
 - Palavras-Chave - Reforçar palavras-chave ou frases importantes pode ajudar a destacar as partes mais cruciais da mensagem, facilitando a memorização. Isso pode ser feito com ênfase na entonação ou repetição.

Fonte: Do autor (2025)

Figura 9: Protótipo – Alerta

Envio de Alerta

Título: APOIO SOLICITADO

Mensagem: Apoio solicitado na tratativa da ocorrência.

Visibilidade: Participantes Tipo: Aviso Interno Ações: Acessar ocorrência Tempo de exposição: 3 segundos

Pre-visualização

APOIO SOLICITADO
Apoio solicitado na tratativa da ocorrência.

Acessar ocorrência

Voltar Emitir Alerta

Fonte: Do autor (2024).

3. DSS HIDROLÓGICO

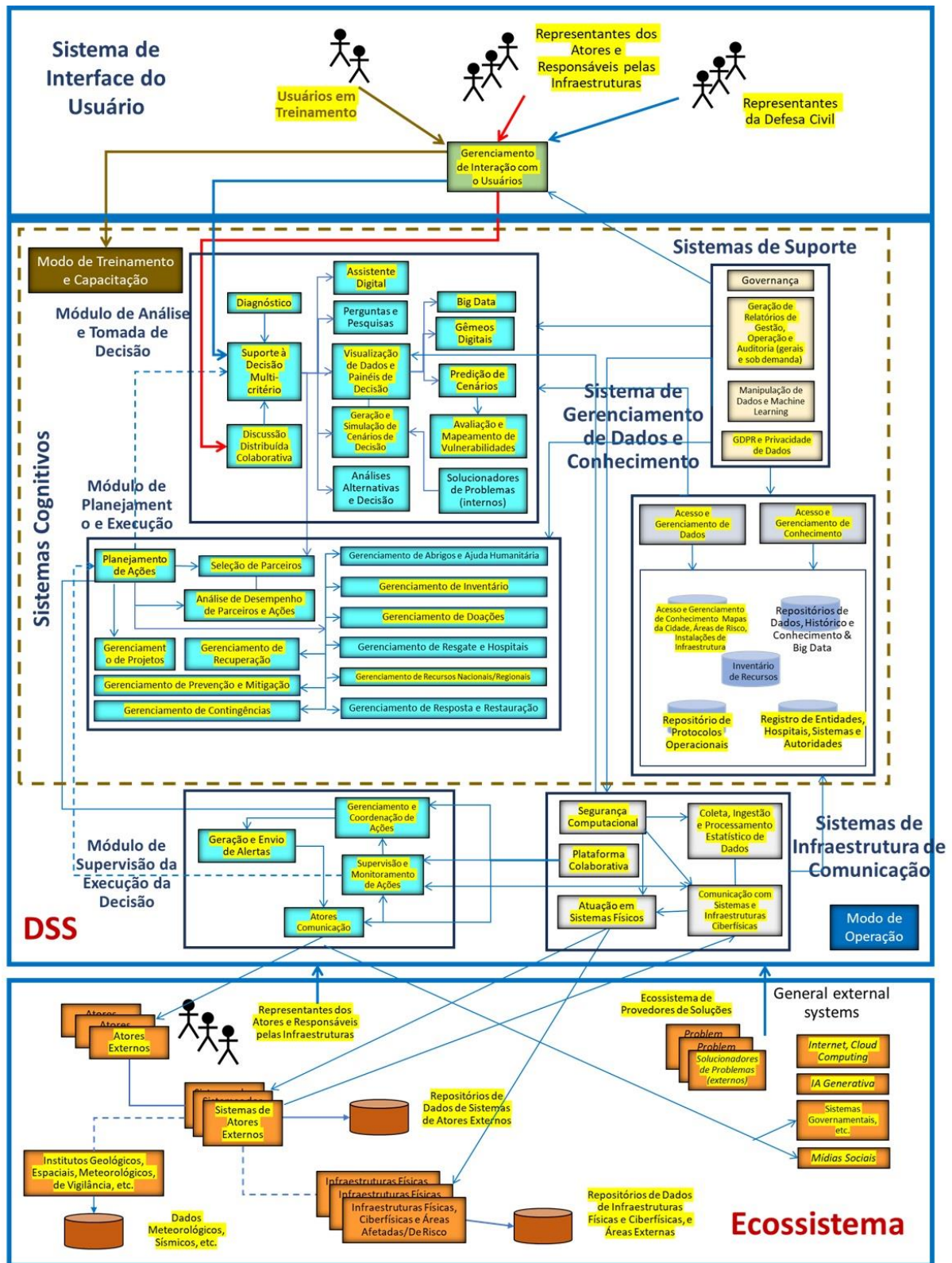
Este DSS tem como proposta auxiliar nos atendimentos de ocorrências de DN hidrográficos por meio de diversas funções do módulo de Análise e Tomada de Decisões⁵⁴ da *RADIAN*. Identifica-se claramente quais são os atores interorganizacionais e intraorganizacionais envolvidos para realizar o atendimento e saber quais os papéis, direitos

⁵⁴ Levantamento de Diagnósticos e Suporte à decisão Multicritério através de chatbot, visualização de dados e painéis de decisão (predição de cenários), geração e simulação de cenários de decisão (Problem Solvers – Internos) e pela análise e seleção de alternativas de decisão.

e deveres de cada ator envolvido no atendimento conforme o Módulo de Suporte Geral pela função de governança da *RADIAN* (tomada de decisões em multiníveis e multicamadas).

Para este DSS Hidrológico foi tomado como exemplo apenas uma solicitação de atendimento do tipo de desastre “Resgate” diante de situações como enchentes, deslizamentos ou inundações. A figura 10 sinaliza em amarelo quais funcionalidades foram concebidas para este sistema a partir da *RADIAN*.

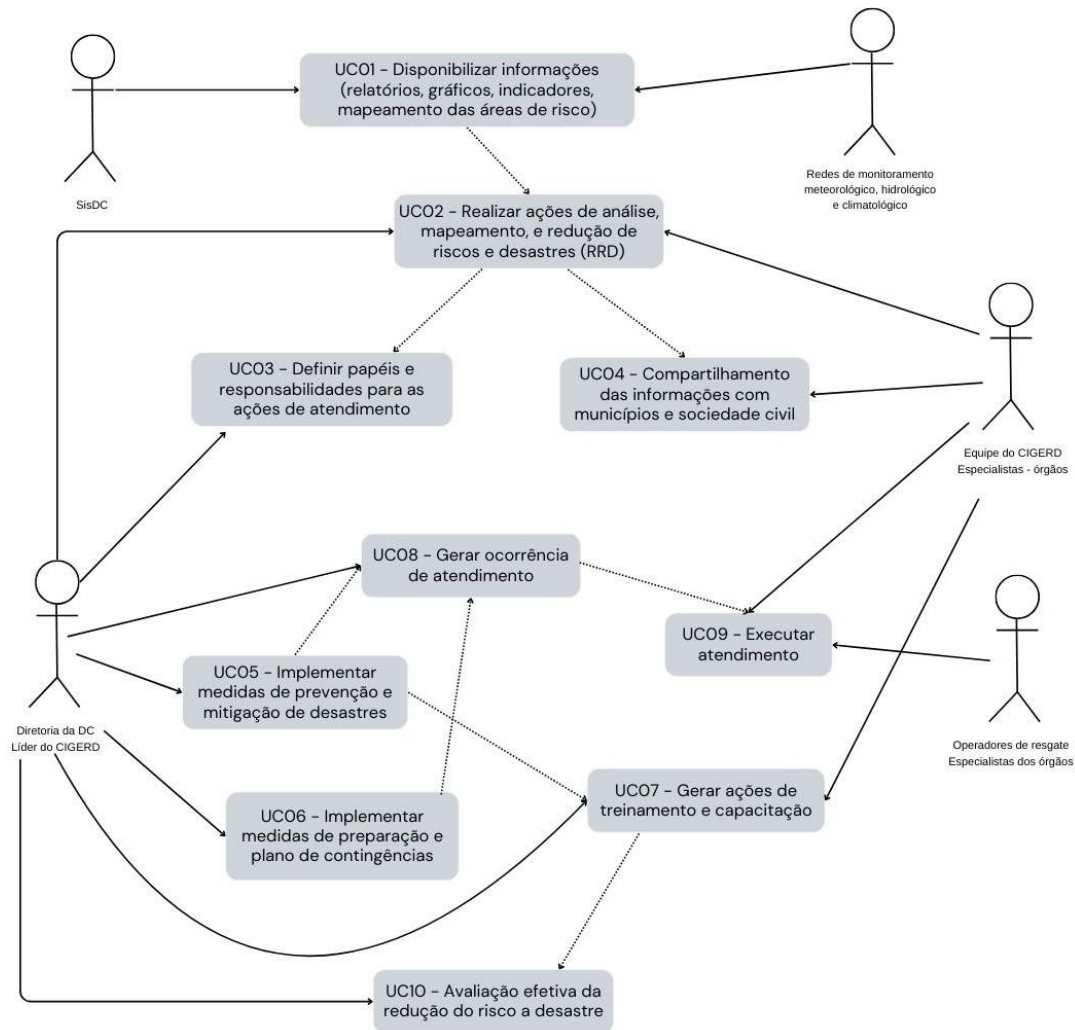
Figura 10: Processo de derivação e instanciação do DSS Hidrológico



Fonte: Do autor (2025)

O diagrama de caso de uso (figura 11) detalha como são as ações de análise, mapeamento e redução de riscos e desastres pela equipe que compõem o Centro Integrado de Operações, com órgãos e entidades públicas e privadas, e com a definição dos papéis e responsabilidades de cada ator para as ações de atendimentos.

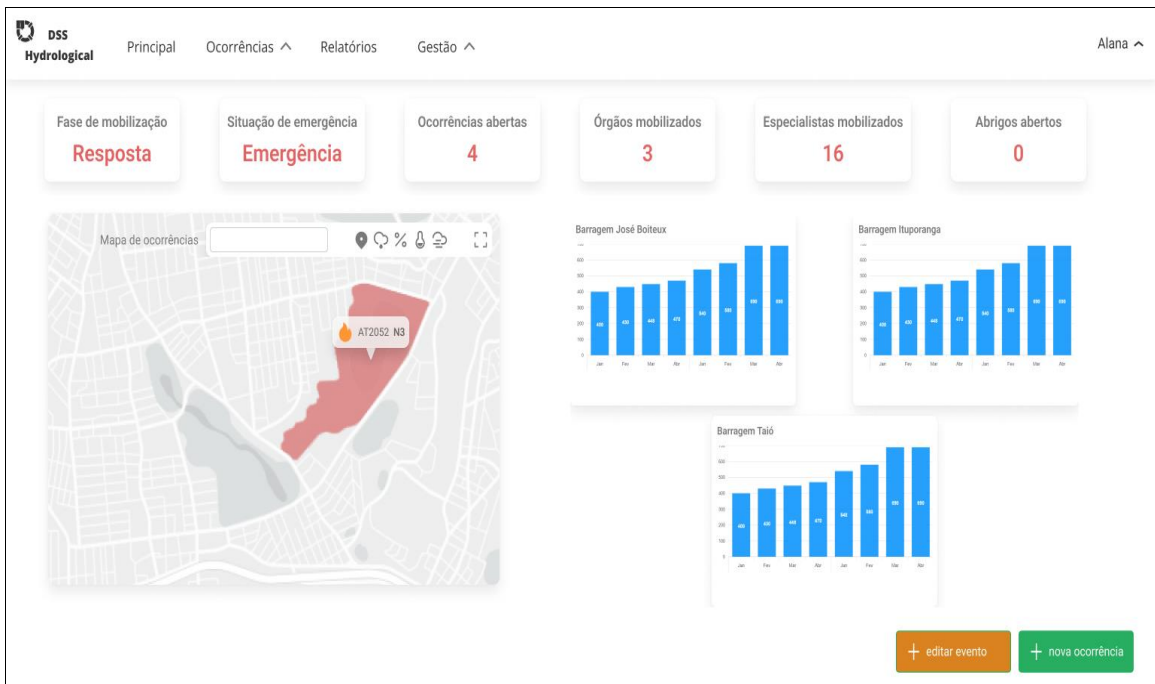
Figura 11: Diagrama de caso de uso do DSS Hidrológico



Fonte: Do autor (2025)

Na tela da interface principal do DSS Hidrológico, na figura 12, o usuário tem acesso às principais informações a respeito da condição climática das regiões do estado. No mapa (obtido por meio de consulta via API a sistemas externos (Sistema dos atores Externos de Entidades Externas da *RADIAN*)), é possível selecionar qual informação desejada à respeito do clima da região, tais como: indicativo de chuva em milímetros, previsão do tempo, temperatura, vento, e situação de emergência da região. Por se tratar de DSS hidrológico, é de suma importância acompanhar o nível das principais barragens da região do Alto Vale do Itajaí - SC, localizadas em José Boiteux, Ituporanga e Taió (região do mapa). O gerenciamento das barragens permite o acompanhamento do nível atual e capacidade de contenção de cheias, permitindo manobras nas comportas para reter ou liberar fluxo de água.

Figura 12: Interface principal do DSS Hidrológico



Na tela inicial, o usuário dispõe de um botão para adicionar o evento climático, conforme exposto na figura 13. A fase de mobilização impacta na decisão de toda operação, pois em situação de normalidade geralmente implica em fase de prevenção. No entanto, quando é identificada a ocorrência de DN, a fase de mobilização requerida é de resposta, o que implica em maior mobilização das equipes envolvidas nos atendimentos. Isto envolve as funcionalidades de módulos da *RIADIAN* de Análise e Tomada de Decisão e de Planejamento de Execução durante as fases de planejamento e resposta ao resgate (figuras 15 e 16), e definições das regras de governança (figuras 17 e 18) do Módulo de Suporte Geral da *RIADIAN*. Nesta tela, é possível selecionar órgãos ou pessoas específicas para serem notificadas da ocorrência de DN em determinada região. Ao clicar em salvar evento, uma ocorrência é criada e de forma automática o DSS realizará as notificações e convocações aos órgãos (diretores e especialistas de cada área).

Figura 13: Novo evento climático

Novo evento climático

Tipo do evento: Hidrológico Fase de mobilização: Resposta Situação de emergência: Emergência

Órgãos relacionados: Todos

Pessoas envolvidas: Todas

Voltar + Salvar evento

Fonte: Do autor (2025)

No registro de uma ocorrência do tipo "resgate", todos os procedimentos a serem seguidos no DSS Hidrológico são definidos de acordo com os Protocolos de Ação da Defesa Civil (PACs). O sistema automaticamente gerencia o processo de mobilização para resposta, levando em consideração as classes de danos e a tipologia do desastre, além do seu grau de criticidade. Dessa forma, o tipo de desastre e seu nível de criticidade e danos (classificados de 0 a 4) determinam como o atendimento será direcionado.

Na tela de nova ocorrência (figura 14), o usuário deve informar o tipo de ocorrência desejada. Esse tipo de ocorrência será previamente cadastrado no DSS, de forma que os principais atores envolvidos no atendimento da ocorrência tenham as suas ações e direitos descritos de forma detalhada (definindo o nível de governança do Módulo de Suporte Geral). Neste exemplo, a ocorrência é do tipo "resgate", com o nível de mobilização (N2) e classificação (emergência), para orientar os demais atores envolvidos em relação à necessidade de agilidade no atendimento da ocorrência. Para fins de notificação, deverão ser informados os órgãos relacionados à ocorrência bem como as pessoas envolvidas.

Figura 14: Nova ocorrência

A interface 'Nova ocorrência' apresenta um formulário com os seguintes campos:

- Tipo de ocorrência:** Resgate
- Nível de mobilização:** N2
- Classificação:** Emergência
- Órgãos relacionados:** Defesa Civil, CIGERD, COBOM, Polícia Civil SC
- Pessoas envolvidas:** Alana, Jaqueline, Julia, Carlos J, Andrei K, Jardel B, Lucia P, Rodrigo G

Os botões de ação são 'Voltar' e '+ Criar ocorrência'.

Fonte: Do autor (2025)

Por meio da funcionalidade Gestão de Interação do Usuário (Módulo de Interação (interface) com Usuário - RDIAN) o diretor da defesa civil pode abrir uma ocorrência identificada como PL2350 (figura 15 – A) e do tipo “Planejamento” (figura 15 – B).

A ocorrência tipo planejamento é para que ela seja iniciada quando os modelos climatológicos indiquem que pode haver evento hidrológico que cause danos ou perdas, significativas ou não. O diretor da defesa civil é o responsável por este tipo de ocorrência, mas a ocorrência pode ser aberta por algum usuário do CIGERD. Nas fases iniciais do atendimento a esta ocorrência, os membros da Defesa Civil e CIGERD devem se reunir e acompanhar a previsão climatológica.

Caso a previsão continue se confirmando, os membros devem seguir as etapas de planejamento (figura 15 – C), que envolve as seguintes etapas:

- Criação de ocorrência e vínculo de participantes;
- Mobilização interna das entidades (comunicação com outras entidades);
- Compartilhamento geral das informações;
- Invocar reunião;
- Detalhamento das ações;
- Comunicação com entidades especialistas;

- Elaboração do gabinete de crise;
- Acompanhamento das ocorrências (nesta fase, o evento hidrológico já se caracteriza como um DN);
- Avaliação pós-evento (quando todas as respostas já foram concluídas, e as perdas estão controladas, é hora de avaliar as ocorrências e processos a serem melhorados).

No tipo de ocorrência de planejamento o usuário pode adicionar “Recomendações” (figura 15 – D), que são avaliações a serem realizadas ao término da fase de resposta ao DN em ações que podem ser melhoradas no processo para redução de riscos.

Por se tratar da fase de planejamento, é possível que várias reuniões sejam realizadas entre os membros envolvidos, indiferente de intraorganizacionais ou interorganizacionais. Para deixar estas reuniões documentadas, é possível informar o agendamento dentro da ocorrência (figura 15 – E). No final da ocorrência, tem uma seção de papéis e responsabilidades, para que o usuário possa usar a fim de consulta (figura 15 – F) definindo claramente quais atividades cada responsável tem ligado a esta ocorrência. Por exemplo, o Diretor abre a ocorrência e convoca os órgãos. O Gestor define o tipo de atendimento com a ajuda do DSS conforme a classificação, tipologia de danos e níveis de criticidade, detalhando todos os passos de como deverá ser realizado o atendimento. Por fim, chega as informações ao Operador, que irá atuar no atendimento deste “resgate” seguindo o que foi descrito/definido na ocorrência por meio da discussão colaborativa (via chat ou videoconferência) entre diretor, gestor e operadores (figura 15 – G).

A ocorrência nº “RE2112” (figura 16 - A) do tipo “Resgate” (figura 16 - B), após passar pelo nível de planejamento, ficará vinculada ao atendimento do desastre hidrológico no nível da fase de “Resposta” (figura 16 – C), ou seja, quando as equipes já forem mobilizadas, existe o gabinete de crise instanciado e o foco das equipes passa a ser na redução de riscos e salvamento de vidas. A estrutura da tela é semelhante à de ocorrência de planejamento; o que diferencia são as etapas que devem ser observadas neste tipo de ocorrência (figura 16 – D).

Neste DSS, quando está na fase de Resgate, as seguintes etapas que devem ser seguidas (figura 16 – D):

- Criação da ocorrência e vínculo dos participantes (Diretor do CIGERD);
- Mobilização interna das entidades (Gestor do CIGERD);
- Compartilhamento geral de informações (Gestor do CIGERD);
- Encaminhamento ao COBOM (Operador – Corpo de Bombeiro);
- Deslocamento ao endereço (Operador – Corpo de Bombeiro);
- Execução do resgate em condições de segurança (Operador – Corpo de Bombeiro);
- Encaminhamento das vítimas para local seguro (Operador – Corpo de Bombeiro);
- Realização dos primeiros socorros e, se necessário, encaminhamento médico (Operador – Corpo de Bombeiro);
- Avaliação pós-evento (quando todas as respostas já foram concluídas, e as perdas estão controladas, é hora de avaliar as ocorrências e processos a serem melhorados).

Figura 15: Ocorrência de planejamento

DSS

Hydrological

Principal

Ocorrências

Relatórios

Gestão

Alana

+

Geral

CIGERD

Defesa Civil

CENAD

Corpo de Bombeiros

Identificação

PL2350

Tipo de ocorrência

Planejamento

Fase

Prevenção

Situação atual

Normalidade

Especialistas mobilizados

8

Órgãos mobilizados

4

Dados da ocorrência

Status

Em andamento

Autor

Augusto (CIGERD)

Criado em:

10/08/2024

Última atualização em:

09/09/2024

Descrição:

Camila R (CIGERD) Com base em análises dos radares, é possível que ocorra evento de grande impacto durante o mês de outubro

Chat Geral

Camila R (CIGERD) Com base em análises dos radares, é possível que ocorra evento de grande impacto durante o mês de outubro

Igor C (Defesa Civil) Com base nos dados coletados, as previsões de chuvas volumosas devem se confirmar para o mês de outubro, com grande impacto na região do Alto Vale do Itajaí - SC

Augusto M (Defesa Civil) Reunir equipes do CIGERD, Defesa Civil, e demais órgãos no dia 20/08/2024, para elaborar o plano de resposta a evento de grande impacto

Camila R (CIGERD) Estabelecer o gabinete de crise para fase de resposta de evento climático de grande impacto

Felipe R (Defesa Civil) Detalhar as ações recomendadas

Mensagem...

Participantes

Defesa Civil

CIGERD

Augusto M

Camila R

COBOM

CENAD

Joana R

Igor C

Defesa Civil

Felipe R

Defesa Civil

Gabriel N

CENAD

Raquel V

CIGERD

Lucas S

Etapas

Criação da ocorrência e vínculo de participantes

Mobilização interna das entidades

Compartilhamento geral de informações

Invocar reunião

Detalhamento das ações

Comunicação a entidades e especialistas

Elaboração do gabinete de crise

Acompanhamento das ocorrências

Avaliação pós-evento

Recomendações

Analisar eficácia dos modelos de previsões adotados pela equipe

Nova recomendação

Agendamentos

Reunião virtual

Discussão entre equipes do CIGERD e Defesa Civil para definições iniciais

Reunião presencial

Discussão colaborativa para instalação do gabinete de crise

Cadastrar novo agendamento

Papéis e responsabilidades

DIRETOR

GESTOR

OPERADOR

Adicionar novo papel

Fonte: Do autor (2025)

Figura 16: Ocorrência de resgate

DSS
Hydrological

PrincipalOcorrênciasRelatóriosGestão

Alana

GeralCIGERDDefesa CivilCENADCorpo de Bombeiros

Identificação
RE2112 A

Tipo de ocorrência
Resgate B

Fase
Resposta C

Situação atual
Emergência

Especialistas mobilizados
12

Órgãos mobilizados
6

Dados da ocorrência

Status
Em andamento

Autor
Camila (CIGERD)

Criado em:
12/08/2024

Última atualização em:
14/08/2024

Descrição:

Camila R (CIGERD) Solicitado resgate de família com cinco pessoas. Necessário envio de botes. Prestar primeiros socorros e verificar necessidade de encaminhamento hospitalar.

Chat Geral

Camila R (CIGERD) Solicitado resgate de família com cinco pessoas em local ílhado e difícil acesso.

Alana A (CIGERD) Necessário uso de botes e veículo com tração.

Joana R (COBOM) Assumindo a responsabilidade pelo atendimento.

Joana R (COBOM) Equipe descolada para o local informado.

Joan N (COBOM) Chegamos ao endereço informado. A família foi socorrida e deslocada para local seguro. Realizados os primeiros socorros. Não identificamos necessidade de descolamento para hospital.

Mensagem...

Participantes

Defesa Civil
Augusto M

CIGERD
Camila R

COBOM
Joana R

Defesa Civil
Felipe R

CENAD
Raquel V

CENAD
Igor C

Defesa Civil
Gabriel N

CIGERD
Lucas S

Etapas

Criação da ocorrência e vínculo de participantes (CIGERD)

Mobilização interna das entidades (CIGERD)

Compartilhamento geral de informações (CIGERD)

Encaminhamento ao COBOM (COBOM)

Deslocamento ao endereço (COBOM)

Execução do resgate em condições de segurança (COBOM)

Encaminhamento para local seguro (COBOM)

Realização dos primeiros socorros e encaminhamento médico (COBOM)

Avaliação pós-evento

Recomendações

Título
Identificar veículos, materiais e procedimentos que podem ser utilizados em atendimentos desta natureza.

Status
Pendente

Aberto por
Augusto M

Aberto em
12/03/2025

+ Nova recomendação

Notificações a outras entidades

Origem
CIGERD

Descrição
Encaminhado ao COBOM para resgate e primeiros socorros

Status
Concluído

Data de validade
16/08/2024

Data de término
16/08/2024

Origem
COBOM

Descrição
Resgate concluído, sem necessidade de encaminhamento médico

Status
Concluído

Data de validade
16/08/2024

Data de término
16/08/2024

+ Cadastrar nova notificação

Papéis e responsabilidades

DIRETOR

GESTOR

OPERADOR

+ Adicionar novo papel

Fonte: Do autor (2025)

No tipo de ocorrência de resgate, o usuário pode adicionar “Recomendações” (figura 16 – E), que neste exemplo informa que deverá identificar veículos, materiais, e procedimentos que podem ser utilizados em atendimento desta natureza. Isso são avaliações a serem realizadas ao término da fase de resposta ao DN, em ações que podem ser melhoradas no processo para redução de riscos.

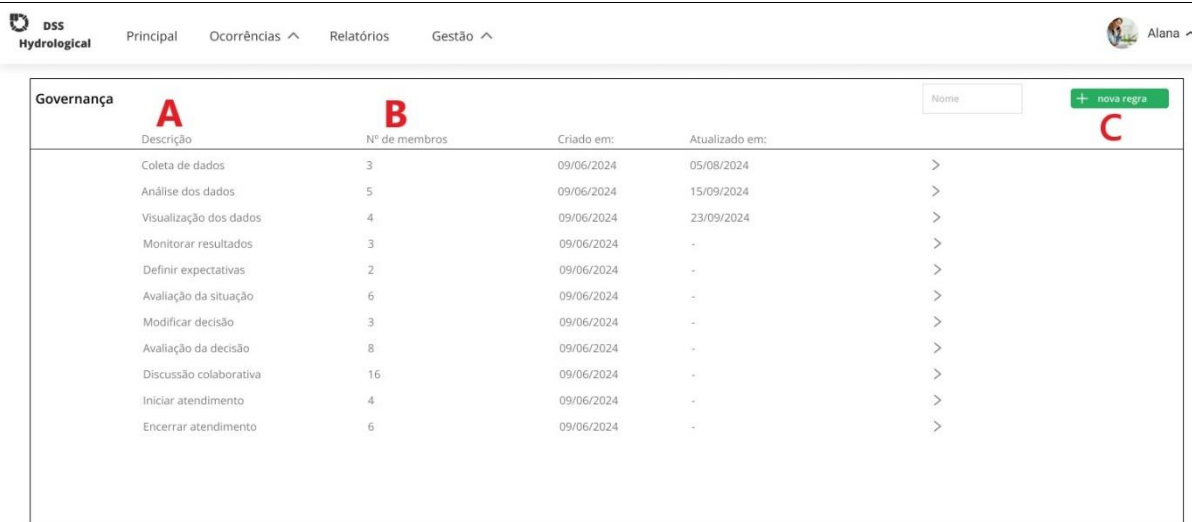
Por se tratar da fase de resposta a um evento de DN, é possível que os papéis e responsabilidades sejam transferidos entre pessoas e órgãos. Para reduzir os riscos de desastres, é possível encaminhar notificações específicas dentro da ocorrência para alertar aos demais membros e órgãos a respeito da continuação da ocorrência (figura 16 – F). No

final da ocorrência há uma seção de papéis e responsabilidades para que o usuário possa usar a fim de consulta (figura 16 – G).

Considerando a importância de ter uma estrutura de papéis e responsabilidades bem definidos no DSS, elaborou-se a tela de regras de governança. Nesta tela, de forma geral, os usuários podem cadastrar situações que ocorrem durante o atendimento a DN, descrevendo ações com a descrição das atividades para serem realizadas conforme o trabalho de análise cognitiva aplicada por Darlinger e Ley (2011)⁵⁵ detalhado em https://drive.google.com/file/d/10htekxSw9_Cck_2BMe9FrRcstmy06gmz/view?usp=drive_link para estes DSS.

A figura 17 – “A” traz como exemplo: Coletar dados, Análise de dados, Visualização de dados, Monitorar resultados, Definir expectativas, Avaliação da situação, Mobilizar decisão, Avaliação da decisão, Discussão colaborativa, Iniciar atendimento e Encerrar atendimento, a figura 17 – “B” traz o nº de membros envolvidos, podendo por exemplo clicar no botão nova regra (figura 17 – C) e incluir mais informações como os prazos, locais, motivações, e se aplicável, o preço para execução da atividade utilizando a funcionalidade Gestão de Recursos Complementares da União do Módulo de Planejamento de Execução da RADIAR, entre outras regras.

Figura 17: Regras de Governança



A	B			C
Descrição	Nº de membros	Criado em:	Atualizado em:	
Coleta de dados	3	09/06/2024	05/08/2024	>
Análise dos dados	5	09/06/2024	15/09/2024	>
Visualização dos dados	4	09/06/2024	23/09/2024	>
Monitorar resultados	3	09/06/2024	-	>
Definir expectativas	2	09/06/2024	-	>
Avaliação da situação	6	09/06/2024	-	>
Modificar decisão	3	09/06/2024	-	>
Avaliação da decisão	8	09/06/2024	-	>
Discussão colaborativa	16	09/06/2024	-	>
Iniciar atendimento	4	09/06/2024	-	>
Encerrar atendimento	6	09/06/2024	-	>

Fonte: Do autor (2025)

A modelagem do modelo de governança pode ser feita de diferentes formas. Neste trabalho optou-se por expressá-lo na forma de regras, através da ferramenta *5W2H*, utilizada por Costa et al. (2014) para representar as regras de direitos e deveres de parceiros de negócio em redes de empresas.

A figura 18 mostra um exemplo de uma regra de governança para um certo grupo de atores com respeito à ação de deliberação para iniciar um resgate. As demais regras

⁵⁵ Para o desenvolvimento da base do que será este DSS, foi utilizado o MR Applied Cognitive Work Analysis (ACWA) de Dalinger e Ley extraindo o princípio de Engenharia de Sistemas Cognitivos (CSE) utilizando o Modelo de Decisão Baseado em Reconhecimento (RPD - Recognition-Primed Decision - Model), a partir do estudo de caso destes autores foi concebido o caminho de execução do DSS de forma colaborativa no atendimento em desastres hidrográficos utilizando a Rede de Abstração Funcional (FAN) aplicada aos padrões estabelecidos pelo modelo RPD (DALINGER, LEY, 2011).

modeladas podem ser encontradas em <https://encurtador.com.br/QCXb9> que detalha o modelo de Gestão de Governança de DSS Hidrológico idealizado a partir da Arquitetura de Referência - RADIAN.

Figura 18: Edição de uma regra de governança

Regra de governança

Descrição

Iniciar atendimento

Cadastrado por:

Alana A. (CIGERD)

Cadastro em:

10/06/2024

O que?

Deliberação para começar o atendimento ao resgate

Membros intra-organizacionais

Diretor, Gestor

Orgão

CIGERD

Membros inter-organizacionais

Gestor, Operador

Orgão

COBOM

Quando?

Operação, evolução

Quanto?

Não se aplica

Onde?

Local do resgate, Centro de Operação e Resgate, Canais de comunicação

Por que?

Anunciar o início das atividades de atendimento aos envolvidos

Como?

Contratos e acordos, SIMCOGI (protocolo), Discord, Canais de comunicação

Cancelar

Editar

Fonte: Do autor (2025)

Atrelada às funcionalidades *Gestão de Inventário*, *Gestão de Doações*, *Gestão de Recursos Complementares da União*, *Gestão de Abrigos e Ajuda Humanitária*, *Gestão de Resposta*, *Restabelecimento*, *Gestão de Recuperação*, *Gestão de Prevenção e Mitigação* e *Gestão de Preparação e Contingência* do módulo de *Planejamento de Execução* da RADIAN, a seguir são detalhadas algumas telas para *Gestão de Estoque*.

A ideia é permitir a gestão de itens de inventário, doações e solicitações (figuras 19, 20 e 21). Pode ser evoluído para que ao fim da fase de resposta de um DN, e começando a fase de recuperação, seja elaborados orçamentos para obras/reconstrução/reformas encaminhadas a órgãos de níveis superiores (governo estadual e federal), de forma que esses orçamentos/solicitações de recursos fiquem documentos no DSS.

Figura 19: Gerenciamento de estoque – inventário

Recursos				
Inventário Doações Solicitações				
Item	Descrição	Valor unitário	Quantidade	Valor total
Capacete	Capacete de segurança h-700	R\$ 100	25	R\$ 2.500
Luva	Luva de proteção	R\$ 12,90	30	R\$ 387
Bota	Bota de segurança com biqueira de aço	R\$ 150	10	R\$ 1.500
Máscara	Máscara respiratória com filtro	R\$ 40	20	R\$ 800
Corda	Corda de resgate de alta resistência	R\$ 150	5	R\$ 750
Rádio	Rádio comunicador	R\$ 120	10	R\$ 1.200
Total			100	R\$ 7.137

Fonte: Do autor (2025)

Figura 20: Gerenciamento de estoque – doações

Recursos

Inventário Doações Solicitações

Item	Descrição	Quantidade
Arroz	Pacote de arroz parboilizado 5Kg	40
Água mineral	Garrafa de água mineral 500ml	500
Cobertores	Cobertor de microfibra	200
Alimentos enlatados	Alimentos com longa durabilidade	500
Kit de higiene pessoal	Sabonetes, escovas de dente e pastas	500
Barras de cereal	Barra de cereal nutritiva 22g	1000
Total		2.740

Fonte: Do autor (2025)

Figura 21: Gerenciamento de estoque – Solicitações

Recursos

Inventário Doações Solicitações

Título	Descrição	Prioridade	Status	Custo Total
Pacote de itens de higiene básica	Itens essenciais para manter a higiene pessoal adequada	Necessário (3)	Aprovado	R\$ 2.750
Pacote de itens de resgate	Itens indispensáveis para operações de resgate	Indispensável (2)	Pendente	R\$ 7.249
Pacote de tratamento para exposição ao calor	Itens essenciais para auxiliar no tratamento de vítimas afetadas por ondas de calor	Urgente (1)	Aprovado	R\$ 3.890
+ Criar nova solicitação de recurso				

Fonte: Do autor (2025)

APÊNDICE C – DISCUSSÃO SOBRE A VALIDAÇÃO DA RADIAN E COMENTÁRIOS DOS PARTICIPANTES PARA CADA QUESTÃO ABERTA

1. DISCUSSÃO SOBRE OS RESULTADOS DA VALIDAÇÃO DA RADIAN

Na **questão 1**, com 96,5% de aprovação entre os 28 participantes, destacou-se a relevância de uma Arquitetura de Referência para Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) no gerenciamento de desastres naturais. Das 15 sugestões nesta resposta enfatizaram a necessidade de melhorias visuais na RADIAN, como aumentar o tamanho da fonte e ajustar espaçamentos para melhor legibilidade. Ressaltou-se a importância da integração e comunicação, destacando-se a capacidade do DSS em situações mistas, oriundas de atividades humanas. Foram valorizados a escalabilidade, a redução de incertezas e a facilidade de manutenção, enquanto o DSS foi universalmente visto como relevante, devido ao aumento da frequência de desastres, ressaltando sua adaptabilidade e eficácia na defesa civil. Por fim, preocupações foram levantadas sobre a usabilidade do sistema em dispositivos menos potentes ou offline, reforçando a necessidade de um entendimento detalhado do seu funcionamento para aplicação eficaz e sua capacidade de lidar com situações inesperadas.

Na **questão 2** sobre o Módulo de Interação com Usuário, 96,4% dos participantes aprovaram sua funcionalidade. Dos 28 participantes, 12 ofereceram sugestões de melhorias: (1) Implementar melhorias visuais, como setas mais claras, agrupamento de itens em categorias especiais – "Infraestruturas Físicas" e "Sistemas Externos" – com bordas coloridas e ícones padronizados para fortalecer a identidade visual. Foi sugerido (2) resumir textos e melhorar o contraste para facilitar a leitura, adicionando legendas para explicar "Atores Externos" e "Sistemas Gerais Externos". Além disso, (3) enfatizou-se o papel crucial da Defesa Civil na gestão de desastres, recomendando que o módulo contemple todas as demandas da população. (4) A centralização do fluxo de interações entre Defesa Civil, Infraestruturas, e Usuários em Treinamento foi considerada eficaz. Foram ressaltadas (5) a inclusão de voluntários em situações de emergência e (6) a importância de um gerenciador de interfaces para um design acessível e usável. (7) A participação do usuário foi vista como vital para o feedback, com as relações entre módulos claras. Houve sugestões para inserir o público que solicita apoio em determinadas situações, destacando essa como uma potencial melhoria. Mesmo assim, os participantes indicaram a clareza e a lógica do módulo, sugerindo que pequenos ajustes podem aumentar ainda mais sua eficácia.

Na análise da **questão 3**, verificou-se que o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos obteve 92,9% de aprovação entre os respondentes, com 12 sugestões principais destacadas. As críticas incluíram a deficiência atual de comunicação da Defesa Civil com entidades externas, indicando a necessidade de um sistema robusto e eficiente. Destacou-se também a importância da independência dos sistemas externos, com bancos de dados próprios para evitar a perda de informações. A flexibilidade do módulo, adaptável a novos atores e tecnologias diante de crises, foi vista como vantajosa. O diagrama do módulo foi elogiado por conectar-se a institutos meteorológicos e geológicos e por integrar soluções tecnológicas variadas, úteis na previsão e mitigação de crises. A necessidade de ferramentas colaborativas para a disseminação ágil de informações em situações emergenciais foi consenso, e sugeriu-se simplificar o sistema para reduzir complexidade. A proposta de criar uma interface pública para acessar informações meteorológicas de órgãos como INMET e EPAGRI/CIRAM foi valorada por promover transparência e credibilidade. Destacou-se, ainda, a importância do fornecimento contínuo de energia elétrica para o funcionamento do sistema e a necessidade de equilibrar informações técnicas com decisões políticas. Finalmente, reconheceu-se que a participação ativa da sociedade e dos voluntários é essencial para o êxito do RADIAN, embora algumas incertezas sobre sua plena eficácia permaneçam.

Na **Questão 4**, que avalia as funcionalidades propostas para o Módulo de Gestão de Dados, 85,8% dos participantes aprovaram. Entre os 10 respondentes que fizeram sugestões: (1) Houve um destaque na necessidade de uma estrutura flexível que facilite a inclusão de novos atores. (2) Valorizaram-se os repositórios por sua importância, como mapas para localização de riscos, históricos para análises preditivas, inventários para a gestão de recursos eficaz, e protocolos operacionais para ações padronizadas. (3) Propôs-se que os dados sejam organizados por temas e sistemas, destacando a importância da integração e homogeneização da informação para suporte em desastres. (4) Houve sugestões práticas para categorização dos recursos em humanos, materiais, e financeiros, com definições claras de responsabilidade e status segundo o Sistema de Comando em Operações (SCO). Provocou-se também a inclusão de rotas alternativas e a consideração das dinâmicas urbanas. Por outro lado, preocupações surgiram quanto à (5) capacidade de armazenamento em tempo real e foi mencionada uma limitação no conhecimento sobre estruturas de banco de dados.

Na **questão 5**, que avaliou as funcionalidades propostas para o Módulo de Suporte Geral, houve uma aprovação de 89,3%, com feedback de 9 participantes. As funcionalidades foram consideradas integradas e flexíveis, facilitando a evolução técnica ao longo do tempo. As áreas de governança, relatórios e segurança, em conformidade com a LGPD, foram vistas como fundamentais para garantir o funcionamento seguro e legal do sistema. Relatórios gerenciais foram valorizados por fornecerem dados para decisões estratégicas, enquanto relatórios ad-hoc atenderam bem necessidades operacionais específicas. A capacidade de auditoria para garantir a rastreabilidade também foi elogiada. O uso de termos como gestão e ad-hoc foi bem recebido, permitindo desenvolvimentos de relatórios personalizados com rapidez via interface de navegador. O módulo foi considerado vital para documentar atividades, oferecer feedback e orientar futuras implementações. Embora a maioria achasse as funcionalidades lógicas e bem-executadas, alguns participantes consideraram que as informações poderiam ser mais claras e menos genéricas, mas no geral, o consenso foi amplamente positivo quanto à sua adequação.

Na **questão 6**, que avalia o Módulo de Análise e Tomada de Decisões e recebeu 92,9% de aprovação, com 10 respondentes, as sugestões principais destacam a incerteza sobre a integração de chatbots de IA para decisões normativas, e apontam a falta de explicitação na previsibilidade do módulo; no entanto, ele é amplamente elogiado por seu planejamento detalhado e capacidade de apoiar decisões rápidas e informadas por meio de tecnologias avançadas como ferramentas digitais e previsões de cenários, além de promover uma abordagem colaborativa e inclusiva. O módulo é visto como flexível e adaptável a diversas situações, com sugestões de incluir feedback pós-implementação para revisão dos impactos das decisões. As ferramentas colaborativas são consideradas essenciais para tomadas de decisão eficazes em situações de crise, embora sua implementação prática possa ser desafiante. Fundamental para a eficácia na gestão de crises e elaboração de instrumentos como os Planos Municipais de Contingência (PLAMCONS), o módulo também é recomendado para um sistema de decisão por votação, crucial para a Defesa Civil coordenar ações sem ter ascendência direta sobre outras unidades, sendo assim positivamente reconhecido pelo impacto potencial na gestão eficaz de crises e riscos.

Na **questão 7**, que avalia as funcionalidades propostas para o Módulo de Planejamento de Execução, houve 92,9% de aprovação entre os respondentes, e 11 participantes ofereceram sugestões sobre sua coerência e relevância. Foi destacada a necessidade de integrar a Gestão de Recursos Locais com a seleção de parceiros, essenciais desde o início do desastre até a etapa de resgate. As funcionalidades, vistas como em linha com as melhores práticas de gestão de emergências, cobrem desde planejamento estratégico até execução prática, com a sugestão de implementar monitoramento em tempo real e painéis interativos para identificar gargalos de forma mais eficaz. O módulo estabelece diretrizes adaptáveis para prevenção, mitigação e resposta, aplicáveis em diversos planos de contingência, mas houve questionamentos sobre a inclusão da “Gestão de Danos” para fundamentar a alocação de recursos externos. Também foi ressaltada a importância de todas as entidades de defesa e sociedade civil organizada desenvolverem planos de contingência. Embora considerado robusto e bem estruturado para suporte operacional, o módulo enfrenta desafios práticos. Recomenda-se adicionar áreas focadas na Gestão de Ocorrências e Eventos para facilitar solicitações de recursos, e também comunicar riscos à comunidade, como feito na Interface de Divulgação de Alertas Públicos. A consideração de decisões estratégicas e táticas pelo comando unificado é vista como essencial, consolidando o módulo como uma abordagem abrangente para o gerenciamento de desastres.

Na **questão 8**, referente às funcionalidades do Módulo de Supervisão de Execução das Decisões, houve uma aprovação de 89,2% entre os 11 participantes, destacando-se sua importância e coesão. O módulo é crucial para monitorar o progresso do planejamento em campo e realizar ajustes necessários, fundamentais para gestão e supervisão efetivas. As funcionalidades propostas tratam de elementos essenciais como monitoramento, progresso, e comunicação, assegurando a eficiência operacional e adaptação a cenários dinâmicos. Sugere-se um detalhamento maior nas comunicações externas (mídia/imprensa) e internas, incluindo plataformas como internet e redes sociais de órgãos oficiais como a Defesa Civil e SECOM. O módulo também divide as ações em fases: monitoramento pré-evento, ação durante o evento, e reconstrução pós-evento, operando como um centro de "responsabilidades" que alinha decisões tanto políticas quanto técnicas. Viável e eficaz, recomenda-se que o controle pontual permaneça com cada instituição participante, enquanto a coordenação supervisione apenas os objetivos estratégicos, tornando o módulo uma ferramenta altamente eficaz na supervisão de decisões.

Na **Questão 9**, que analisa as funcionalidades propostas para o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos, houve uma aprovação de 96,4% entre os respondentes, com 8 participantes destacando a lógica e importância do módulo. Os participantes discutiram a relevância da interação com sistemas internos e externos, sublinhando que, em desastres, a atualização contínua das informações é vital para permitir monitoramentos e ajustes eficazes, tornando o módulo um componente essencial. Seu papel na integração de dados e na promoção

da interoperabilidade entre sistemas foi amplamente reconhecido, com as funcionalidades do diagrama bem alinhadas aos objetivos. Destaca-se a importância da comunicação externa no intercâmbio e gestão de dados entre dispositivos, enfatizando a necessidade de conexão física robusta. Para sistemas de alerta, a integração de diferentes meios de comunicação - como rádio amador, satélite, Wi-Fi e fibra ótica - foi vista como crucial para redundância e eficácia. A interface do módulo é essencial na maneira como as informações são transmitidas ao público, influenciando a percepção e reação através dos meios disponíveis. As funcionalidades propostas foram consideradas coerentes e de fácil aplicação na prática, mesmo que um participante tenha expressado não ter conhecimento aprofundado, o consenso geral é que as funções são indispensáveis para a comunicação externa eficaz e a coordenação em emergências.

Na **questão 10**, 85,7% avaliaram que a *RADIAN* é claramente compreendida. As opiniões de 12 participantes destacam a necessidade de melhorias na apresentação e acessibilidade do sistema. Um comentário foi apontado de que não está claro para quem o sistema é destinado - se é para a federação, estados ou municípios. Como a maioria das municipalidades enfrenta limitações de pessoal para coleta e entrada de dados, o sistema deve ser interativo e fácil de usar. Destacaram que faltam figuras, imagens, exemplos e protótipos para tornar a explicação dos módulos mais acessível. Separar as explicações em partes menores com exemplos práticos poderia ser uma melhora significativa. Destacaram que dado o escopo e a complexidade, é necessário um conhecimento prévio sobre defesa civil para uma compreensão satisfatória da *RADIAN*. Para alguns, a estrutura e as funcionalidades são claras, justificando a organização e comunicação eficazes. Já participantes com formação em TI conseguem entender o sistema como um arcabouço, ressaltando seu potencial como base para outros sistemas na área de Defesa Civil. Houve um destaque de que a *RADIAN* parece clara para aqueles que consideram que ela cobre todos os módulos principais para monitoramento e gerenciamento de crises. Um participante apontou que a proposta da *RADIAN* é complexa, mas pode ser traduzido para um formato mais compreensível ao público geral, tarefa esta que é demorada, mas essencial para garantir credibilidade. Embora compreensível, alguns aspectos são difíceis de aplicar na prática. Sugere-se um guia explicativo para o uso do *RADIAN* e um sumário esclarecendo siglas e termos técnicos, complementando o material. Esses pontos indicam que, embora a *RADIAN* seja potencialmente compreensível, há espaço para melhorar a comunicação e o acesso à informação para um entendimento mais amplo.

Na **questão 11**, 89,3% dos participantes consideraram adequados os inter-relacionamentos entre os módulos e funcionalidades da *RADIAN*, refletindo em sua maioria que o fluxo de interação é eficaz e coerente, embora alguns tenham observado a necessidade de melhorar a organização para compreensão por pessoas com menor familiaridade técnica. Os inter-relacionamentos seguem uma lógica que aprimora a decisão durante desastres, mas ajustes práticos são sugeridos. O fluxo lógico revela uma arquitetura sólida de coleta de dados, análise, planejamento, execução e supervisão, e o diagrama reflete a proposta do *RADIAN* de maneira adequada e adaptável. É salientada a importância da redundância e segurança para garantir a confiabilidade pelas entidades e a comunidade, e a verificação operacional é recomendada. Embora a combinação e sincronia dos módulos sejam vistas como perfeitas, persistem apontamentos sobre a necessidade de revisões em cenários reais para otimização contínua.

Na **Questão 12**, que investiga a adequação das funcionalidades da *RADIAN* no contexto de gestão de DN e sua atuação como um DSS, foi observada uma notável aprovação de 92,9% entre os participantes. As sete respostas coletadas indicam várias visões: a *RADIAN* exibe um alinhamento robusto às necessidades da gestão de desastres não apenas naturais, abrangendo todas as fases do ciclo de desastre e suportando eficazmente a tomada de decisões. As funcionalidades da *RADIAN* demonstram alta aderência através da integração de tecnologias modernas que promovem colaboração, agilidade e precisão, solidificando sua reputação como um sistema totalmente alinhado ao domínio de desastres. Com um módulo tático que inclui relatórios e chatbots, a *RADIAN* propicia soluções gráficas intuitivas, facilitando a tomada de decisões por líderes, sugerindo, portanto, um sólido suporte em tais contextos. Algumas opiniões destacam a necessidade de validação contínua para confirmar essa aderência. O modelo trata adequadamente os pontos críticos, mantendo flexibilidade suficiente para cobrir os requisitos específicos de um sistema de monitoramento, embora alguns notem que avaliação em tempo real poderia aperfeiçoar ainda mais seu desempenho.

Na **questão 13**, que analisa a coerência do sistema *RADIAN* em apoiar decisões em cenários de DN, 92,9% dos respondentes concordaram com sua efetividade. As justificativas destacaram vários pontos: a possibilidade de adicionar informações específicas de cada município foi bem recebida; a coerência é perceptível na sequência e composição dos módulos, atendendo integralmente às necessidades de gestão de desastres; as funcionalidades do sistema são interconectadas e alinhadas com os objetivos de gestão, assegurando integração,

colaboração e eficiência, desde a análise inicial até a supervisão executiva. Foram feitas observações sobre a adequação das representações dos atores no sistema, bem como sobre a necessidade de validação contínua para garantir a coerência. Os respondentes também observaram que a coerência da *RADIAN* depende dos cenários de desastres enfrentados, destacando que maior versatilidade resulta em maior coerência. Estas respostas indicam uma visão amplamente positiva sobre a coerência da *RADIAN*, mas enfatizam a importância de sua versatilidade, capacidade de adaptação a dados locais e necessidade de validação prática para assegurar sua efetividade em diferentes cenários.

Na **questão 14**, que investiga a completude da *RADIAN* como AR no gerenciamento de DN ao longo de seus ciclos de vida, resultando em uma aprovação de 89,2% entre os respondedores, as 9 respostas variam em perspectiva: há consenso inicial de que a arquitetura parece completa, mas muitos reforçam a necessidade de testá-la para validação efetiva; alguns participantes sugerem que certos aspectos precisam ser mais detalhados para clareza; a *RADIAN* é avaliada como completa, suportando decisões em várias fases e estando alinhada às melhores práticas de gerenciamento de desastres; no entanto, é destacada a importância de ajustes contínuos para se adaptar às demandas e tecnologias emergentes, além de observar que uma comparação histórica em médio e longo prazo pode melhor indicar sua completude devido à natureza dinâmica dos desastres; reconhecida também é a oportunidade de buscar uma "completude provisória," adaptando-se através de evoluções sucessivas nos métodos e conceitos, e uma ressalva é feita quanto à eficácia da *RADIAN* frente a desastres súbitos, os quais podem demandar abordagens diferentes. Em suma, apesar de a *RADIAN* ser majoritariamente vista como uma solução robusta para DN, permanece fundamental garantir sua validação prática e adaptabilidade contínua para manter sua eficácia e abrangência.

Na **Questão 15**, que avalia a modularidade da *RADIAN*, entendida como sua configuração por módulos menores e autocontidos, cada um desempenhando uma funcionalidade-macro específica, foi registrado um índice de aprovação de 92,8% entre os participantes. Das justificativas apresentadas por 8 respondentes, destacam-se os seguintes pontos: a modularidade é aceita desde que o sistema possa incluir informações e especificidades das municipalidades; a clareza na divisão de problemas dentro de cada módulo, com cada parte contribuindo para a solução desejada; e a presença de módulos bem definidos e autocontidos, com cada unidade abarcando uma funcionalidade-macro específica. As interconexões entre os módulos são lógicas, promovendo eficiência no apoio à decisão em cenários de desastres naturais. Além disso, a estrutura modular é valorizada pela flexibilidade que oferece em escalabilidade, manutenção, baixo acoplamento, e a possibilidade de adaptações iterativas. Um dos participantes, contudo, expressou desconhecimento aprofundado sobre o sistema. No conjunto, estas respostas refletem um amplo reconhecimento e valorização da modularidade da *RADIAN*, sublinhando sua flexibilidade, capacidade de manutenção e adaptação a diversos contextos e desafios, evidenciando sua resiliência e potencial contínuo de inovação.

Na **questão 16**, que avalia se a *RADIAN* diferencia adequadamente entre funcionalidades para operações normais de decisão e gestão de DN e aquelas voltadas para o treinamento de pessoal, houve uma elevada taxa de aprovação de 85,7% entre os respondentes. As 8 respostas dos participantes destacam diversas perspectivas. Um participante sugere uma maior clareza sobre o papel dos responsáveis pelas infraestruturas, mencionando que atualmente eles participam apenas de discussões colaborativas, sem envolvimento na aprovação final. Há também a percepção de que não existe uma diferenciação clara entre as funcionalidades operacionais e de treinamento, com ambas visando atingir resultados eficazes na gestão de desastres. Diversos participantes reafirmam que a arquitetura da *RADIAN* efetivamente separa suas funcionalidades para uso operacional e treinamento. Além disso, a modularidade do sistema *RADIAN* é ressaltada como uma vantagem, permitindo que suas funcionalidades atendam tanto aos fins operacionais quanto aos de treinamento. Conceitualmente, as descrições claras dos módulos para ambos os usos são consideradas fundamentais para preparar entidades de defesa e a sociedade civil. O reconhecimento da distinção entre funcionalidades operacionais e de treinamento como uma vantagem significativa da *RADIAN* é amplamente observado, ainda que algumas sugestões indiquem a necessidade de aprimorar a clareza na contribuição dos diferentes atores e na diferenciação das funcionalidades para maximizar sua eficácia em diversos cenários de uso.

Na **questão 17**, que abordou a escalabilidade da *RADIAN* — sua capacidade de expansão por meio de novos módulos e funcionalidades — a aprovação chegou a 92,8%, com a maioria concordando sobre sua robustez. Os participantes evidenciam que a arquitetura modular e flexível da *RADIAN* facilita a adição de módulos e capacidades, além de adotar tecnologias que permitem a fácil integração com futuros sistemas. Projetada para ampliar suas capacidades técnicas e adaptar-se a novos contextos, a *RADIAN* garante seu desenvolvimento e adaptação para a gestão de desastres. Um sistema bem estruturado, como indicado pelo diagrama UML, é

inerentemente escalável. A importância da modularidade fica clara na integração gradual e nos contínuos aperfeiçoamentos que atende às necessidades emergentes. As respostas consolidam a percepção unânime da escalabilidade da RADIAN, destacando-se pela flexibilidade e sua relevância na eficácia do atendimento das novas demandas.

Na **questão 18**, que avalia a escalabilidade da RADIAN na expansão coerente de DSS enquanto defesas civis adicionam novas funcionalidades, 85,7% dos respondentes concordam com sua escalabilidade, conforme evidenciam as justificativas apresentadas: A operação modular é crucial para a adição de funcionalidades conforme a evolução das necessidades e há consenso sobre a capacidade da RADIAN de facilitar a ampliação dos DSS de maneira consistente. O sistema é promissor, mas seu sucesso requer o comprometimento da equipe em usá-lo adequadamente e atender às expectativas. A eficácia da escalabilidade da RADIAN, embora intrínseca ao seu design, também depende da infraestrutura de suporte existente; projetada para ser alterável em módulos e atender a demandas diversas, a RADIAN demonstra alta adaptabilidade. Reconhece-se amplamente sua capacidade de adaptação e expansão coerente, destacando-se a importância de uma infraestrutura robusta e o comprometimento da equipe para o sucesso sustentado da sua escalabilidade.

Na **questão 19**, que avalia a genericidade da RADIAN em sua capacidade de adaptação a vários tipos de DN, os participantes demonstraram uma aprovação majoritária de 85,7%, com seis justificativas principais refletindo esse consenso. Em primeiro lugar, a RADIAN é reconhecida por sua aplicação universal em desastres diversos, embora essa abrangência inclua uma complexidade que requer vasto conhecimento para tomadas de decisão eficazes. Sua arquitetura genérica e funcionalidades permitem flexibilidade na adaptação a diferentes catástrofes, solidificando seu papel como arcabouço genérico para variadas necessidades. O modelo teórico da RADIAN é projetado para ser suficientemente flexível, aplicável a uma ampla gama de Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) na gestão de desastres. Com uma estrutura concebida para ser especialmente eficaz em DN, mais de 90% de sua aplicabilidade revela sua potência neste contexto. Apesar da complexidade inerente, a RADIAN é amplamente valorizada pela sua capacidade de personalização adaptativa, garantindo pertinência em múltiplos cenários de emergência.

Na **questão 20**, que trata da capacidade da RADIAN de manter sua agnosticidade tecnológica, definida como a independência frente a tecnologias específicas de implementação, houve uma taxa de aprovação de 78,6% entre os respondentes. As justificativas dos participantes destacam unanimidade e são apresentadas da seguinte forma: embora "agnóstico" tradicionalmente se refira à inacessibilidade dos fenômenos sobrenaturais à compreensão humana, aqui ele é aplicado ao contexto tecnológico. RADIAN é agnóstico porque sua arquitetura flexível não se restringe a nenhuma tecnologia ou ferramenta específica, permitindo sua implementação em ambientes tecnológicos variados, como nuvem, local ou híbrido, além de suportar múltiplas linguagens e frameworks. Isso garante flexibilidade e adaptabilidade organizacional. Além disso, como projeto de software, pode ser configurado com a tecnologia desejada pelos usuários e sua estrutura modular incorpore transparência em métodos e tecnologias. Contudo, é importante que a RADIAN evolua com as inovações tecnológicas para evitar a obsolescência. As justificativas sublinham que a agnosticidade da RADIAN é amplamente reconhecida, ressaltando o design independente de tecnologias específicas e a capacidade de aplicação em variados contextos, destacando as vantagens significativas de adaptação e flexibilidade, embora a necessidade de permanecer atualizada para manter a relevância seja crucial.

Na **questão 21**, que avalia se a RADIAN é aberta, definida pela capacidade de integrar atores ou sistemas externos ao ecossistema das defesas civis nos processos de decisão e execução computacional, 92,8% dos participantes concordam que ela é efetivamente aberta, evidenciando um consenso majoritário. Destacam-se as justificativas de que a estrutura da RADIAN permite a participação plena de terceiros em todas as fases, incluindo a execução computacional de funcionalidades, como aquelas geridas por empresas de infraestrutura, cujos recursos e conhecimentos especializados são essenciais para otimizar soluções. Além disso, o projeto da RADIAN, com sua arquitetura e funcionalidades expansíveis, facilita a eficiente integração com atores e sistemas externos, beneficiando-se de sua capacidade contínua para melhoria dos sistemas de monitoramento e alerta. No entanto, para assegurar sua efetividade, é crucial preservar sua integridade fundamental e propósitos básicos, permitindo ainda adaptabilidade a diversas necessidades regionais. A decisão de manter a RADIAN aberta é vista como fundamental para interações eficazes, reforçando que sua abertura promove integração eficaz, flexibilidade e enriquecimento do sistema, através de conhecimentos e recursos externos, cruciais para o eficaz gerenciamento de desastres.

Na **Questão 22**, sobre a relevância de uma arquitetura de referência para processos e DSS na gestão de DN, 92,8% dos participantes reconheceram a importância da RADIAN, sendo essenciais as funções de previsão de cenários, crucial para alagamentos em regiões como Blumenau e Rio do Sul, usando dados históricos e modelos climáticos para identificação de áreas de risco, com planejamento preventivo preciso. A integração avançada com dispositivos IoT para o monitoramento em tempo real de condições meteorológicas e níveis de água também foi valorizada, aprimorando a precisão das análises. Um dos principais desafios consiste em convencer autoridades e superar a falta de profissionais capacitados nas defesas civis, além da influência política. A RADIAN é destacada como uma arquitetura de referência vital, melhorando a preparação, resposta e recuperação em desastres naturais, com seu desenvolvimento robusto ancorado na contribuição ativa de profissionais da defesa civil. A necessidade torna-se mais premente com a frequência crescente de desastres naturais antes considerados raros, reforçando o papel crucial da RADIAN na resposta a esses novos desafios climáticos. Em suma, as respostas sublinham a RADIAN como ferramenta indispensável para a gestão eficaz de desastres naturais, enfatizando suas capacidades inovadoras e crescente relevância nos tempos atuais.

Na **Questão 23**, os participantes avaliaram a satisfação com a aplicabilidade dos sete módulos gerais da RADIAN e suas inter-relações, com 16 participantes oferecendo seus comentários. A maioria expressou satisfação com a aplicabilidade dos módulos em cenários de gestão integrada e inteligência operacional, salientando a importância da eficácia das inter-relações e da capacidade de cada módulo em integrar suas funções. Destacaram-se os módulos pela sua fundamentalidade como elementos-chaves, essenciais para um acesso rápido e eficaz na tomada de decisões, com o monitoramento sendo crucial para a eficácia das decisões e correção de potenciais erros. Embora alguns participantes tenham sugerido melhorias, como adotar diretrizes de interfaces mais claras voltadas para a usabilidade e eficiência, a arquitetura existente é percebida como robusta e abrangente, capazes de cobrir as principais necessidades em cenários de desastres naturais. Ainda que a avaliação inclua nuances subjetivas, principalmente devido à falta de experiência prática, a estrutura teórico-acadêmica da RADIAN foi amplamente aprovada. Os módulos também são vistos como críticos, sobretudo durante crises, onde a comunicação é vital para assegurar que informações precisas sejam transmitidas de forma oportuna e sem erros. Quanto à presença de módulos faltantes ou desnecessários, dos 11 respondentes que deram sugestões, muitos consideram que todos os módulos necessários estão presentes, sem encontrar redundâncias. No entanto, construções para melhorias potenciais incluem a inclusão de um módulo destinado à melhoria da comunicação interna entre setores, como a defesa civil, desenvolvendo ferramentas que facilitem a criação de informações padronizadas para uso da imprensa e publicação em portais da Defesa Civil. Tendo em vista o avanço tecnológico constante, foi proposta a atualização dos módulos relacionados a previsões de tempo e gestão de ocorrências. Também foi sugerida a adição de um módulo voltado à segurança de dados e conformidade com regulamentos, assegurando a adequação às normas vigentes, como a LGPD. Adotar mecanismos de aprendizado de máquina para melhoria contínua das funcionalidades e adaptação a desafios futuros foi bem-visto, assim como a revisão do Módulo de Suporte Geral para evitar sobreposição de funcionalidades. Além disso, a discussão ao redor da necessidade de um Módulo de Planejamento de Execução independente recomendou fundir suas atividades com os módulos de análise e supervisão para evitar redundâncias. Considera-se fundamental adicionar um módulo focado na integração com sistemas existentes para garantir interoperabilidade eficaz. Assim, enquanto a estrutura atual do RADIAN é considerada funcional e abrangente, mantenha-se a abertura para melhorias que incrementem ainda mais sua eficácia e adaptabilidade.

Na **questão 24**, que aborda a presença de funcionalidades faltantes ou desnecessárias no sistema RADIAN, 78% dos respondentes (22 de 28) afirmaram não haver lacunas significativas, mas as 6 sugestões apresentadas destacam possibilidades de melhorias. As recomendações incluem o desenvolvimento de funcionalidades robustas que operem offline, essenciais em desastres naturais onde a conectividade à internet pode falhar. Além disso, sugere-se a inclusão de informações abrangentes e opções expandidas nos módulos existentes, junto com ferramentas de previsão que utilizam dados históricos e climáticos para identificar áreas críticas, especialmente em regiões como Blumenau e Rio do Sul. A integração com dispositivos IoT para monitoramento em tempo real de níveis de rios e condições meteorológicas também é considerada crucial. Há uma proposta para que o sistema RADIAN tenha flexibilidade estrutural para incorporar novas funcionalidades, permitindo ajustes de acordo com necessidades específicas de projetos e capacidades locais, como aquelas disponíveis através da Defesa Civil. Embora a funcionalidade atual do RADIAN seja satisfatória, ela pode ser enriquecida, destacando-se potencial para melhorias na resposta do sistema em condições adversas. Adotar ferramentas offline, expandir os módulos detalhadamente, e integrar tecnologias de monitoramento avançadas são áreas críticas para o desenvolvimento contínuo do sistema, assegurando sua eficácia em tempo real e durante a gestão de desastres naturais.

Na **questão 25**, que avaliou a inter-relação entre os módulos do sistema RADIAN, os participantes indicaram que não existem fluxos lógicos incorretos. Um profissional de TI sugeriu que, embora os fluxos atuais sejam adequados, ajustes poderão ser necessários durante a implementação, enquanto um outro apontou que a eficácia dos fluxos também dependerá dos órgãos operativos, como a Defesa Civil. Portanto, apesar da avaliação positiva, é crucial manter flexibilidade durante a implantação para garantir eficiência e adaptação às circunstâncias específicas de diferentes ambientes, assegurando que o RADIAN seja robusto e adaptável.

Na análise da **questão 26**, que investiga a eficácia de um DSS como a RADIAN na melhoria das ações integradas para gestão de DN, a proposta alcançou 89,3% de aprovação entre os respondentes. As justificativas dadas revelam importantes percepções sobre o potencial do sistema: reconhece-se a necessidade de filtros que possibilitem interação local eficaz, considerando as especificidades das 20 regiões estaduais e municipais. Embora a ideia seja promissora, há consciência sobre a complexidade do DSS e a carência de exemplos práticos. Destaca-se a importância da integração de informações para acelerar o entendimento situacional e capacitar gestores com novas tecnologias, além de ampliar o acesso a dados críticos e fortalecer a capacidade de resposta operacional. A RADIAN demonstra potencial em aumentar a rapidez e confiança nas decisões por meio de melhor integração de atores, centralização da informação e ações coordenadas. Embora não tudo possa ser digitalizado, formalizar processos via DSS é útil, tornando o *framework* adaptável às necessidades regionais. A capacidade de integrar dados em tempo real é apreciada, pois acelera a resposta a crises. A aceitação pública dependerá da aplicação prática e explicação clara do sistema ao público. A implementação eficaz e comunicação acessível serão cruciais para maximizar a eficácia e aceitação do DSS.

Na análise da **questão 27**, avaliando se os DSS derivados proporcionam uma compreensão suficiente e precisa de como um DN seria tratado pela defesa civil e seus atores, com fluxos funcionais integrados e geridos digitalmente, obteve 85,7% de aprovação e os participantes apresentaram várias perspectivas significativas: Os participantes destacaram que o sistema promove maior integração intersetorial e comunicação, dois dos principais desafios na gestão de DNs, fornecendo suporte robusto para a tomada de decisões. Foi ressaltado que, embora os DSS e seus derivados sejam cruciais para o progresso das práticas de gestão de desastres, inicialmente podem não ser suficientes para garantir a completa transição para um modelo totalmente digital e integrado. Isto é especialmente verdade quanto ao acesso, compreensão e execução de decisões, particularmente no campo operacional. A clara visão prática dos DSS derivados da RADIAN quanto aos fluxos funcionais e ações integradas digitais foi vista como uma significativa melhoria sobre os métodos existentes. As demonstrações foram consideradas apropriadas para comunicar esta transformação aos usuários. Os protótipos foram elogiados por serem esteticamente agradáveis e fáceis de usar, indicando um design que suporta bem a proposta original dos sistemas. Subentende-se que cada situação pode demandar configurações específicas. Portanto, as funcionalidades devem ser ajustadas para cada caso específico ao serem utilizadas. As respostas sublinharam a lacuna típica entre tecnologias inovadoras e as atualmente empregadas. A transição bem-sucedida para novos sistemas requer tempo e estratégia para assegurar credibilidade e aceitação. Um participante ressaltou desconhecer profundamente o tema, limitando assim sua avaliação das capacidades do sistema. A impressão geral é de que os DSS derivados da RADIAN têm o potencial de transformar significativamente a forma como desastres naturais são geridos, promovendo integração, eficiência e uma abordagem digital mais coerente. No entanto, transições bem-sucedidas dependerão de adaptações contínuas, planejamento estratégico e tempo suficiente para ganhos de credibilidade e familiarização dos usuários com as novas ferramentas. A eficácia plena desses sistemas exigirá ajustamentos que lidem com as especificidades locais e operacionais para maximizar sua utilidade e aceitação no campo.

Questão 28 que pergunta se faz sentido usar o DSS como base para o treinamento de pessoal sobre como atuar diante de DN. Nesta questão, a potencial eficácia do DSS como uma ferramenta de treinamento para lidar com desastres naturais foi avaliada e obteve 89,3% de aprovação, com participantes oferecendo uma ampla gama de justificativas que destacam seus benefícios e possíveis áreas de melhoria. Um sistema que permite simular eventos adversos é crucial para aprimorar a prática da tomada de decisão. Simulações oferecem um ambiente seguro e controlado para que o pessoal possa desenvolver e refinar habilidades críticas necessárias em situações reais de desastre. Houve uma necessidade de esclarecer o escopo e as capacidades do módulo de treinamento. Por exemplo, a pertinência de simular cenários que demandam aprovações multilaterais de núcleos públicos durante o treinamento deve ser bem definida para garantir eficácia prática. A melhoria através da educação é fundamental e integrar o uso de DSS em programas de treinamento pode enriquecer o processo de aprendizagem. Este tipo de abordagem é comparado à utilização prática em corporações há muito tempo, agora modernizada com suporte tecnológico. Utilizar o DSS derivado da RADIAN como base para treinamento é uma estratégia eficaz, pois ele oferece simulações realistas, fluxos funcionais claros, facilita a colaboração, e entrega

feedback substantivo. Esse tipo de treinamento prepara o pessoal para agir de forma integrada, reduzindo erros e aumentando a eficiência operacional. O DSS é destacado por seu potencial para ser integrado em exercícios simulados anuais, provendo um cenário regular de prática que pode ser ajustado para refletir cenários emergentes e variados, ajudando a manter a equipe bem treinada. RADIANT é uma ferramenta eficaz e flexível que pode ser adotada com sucesso no treinamento de pessoal, oferecendo suporte tanto teórico quanto prático para a gestão de DN. Um participante destacou uma limitação de conhecimento aprofundado no sistema, o que pode ser uma barreira para avaliar completamente seu uso potencial no treinamento. De modo geral, os participantes expressaram apoio ao uso do DSS como instrumento de treinamento para desastres naturais. As simulações realistas e a colaboração facilitada são vistas como pontos fortes que podem transformar a preparação tática e operacional. Para maximizar sua eficácia e aplicação prática, é vital que os aspectos de design e escopo dos módulos de treinamento sejam claros, garantindo que as simulações ofereçam cenários aplicáveis e que a plataforma seja usada ao seu máximo potencial na preparação de equipes para ações frente a desastres.

A **questão 29** questiona se a RADIANT contribui para o fortalecimento e desenvolvimento de um ecossistema de desenvolvedores de software focado na gestão de DN. Obtendo 89,2% de aprovação. O conceito central é a capacidade das soluções serem facilmente integradas ao ambiente do DSS. A imensa maioria uma concordância direta à ideia proposta na questão. Facilitar o acesso de empresas e startups a tecnologias inovadoras pode inaugurar um novo paradigma para abordar e gerenciar desastres de maneira mais holística e integrada. A RADIANT é descrita como potencializadora da criação de soluções devido à sua estrutura aberta e adaptável, que permite a personalização e integração de soluções específicas para as necessidades de gestão de desastres. Algumas pessoas não se sentem aptas a avaliar o impacto ou potencial da RADIANT neste contexto. A RADIANT é vista como uma base sólida para o desenvolvimento de sistemas que monitoram desastres naturais, provendo informações essenciais para preparação e resposta. A RADIANT é identificada como uma excelente oportunidade para desenvolvedores de software se engajarem em um campo promissor e em crescimento, contribuindo com inovações significativas. Algumas respostas indicam uma falta de conhecimento profundo necessário para uma avaliação detalhada ou completa da questão. A RADIANT é percebida como uma plataforma capaz de promover inovações através da criação de um ecossistema dinâmico de desenvolvimento de software. Contudo, a maximização desse potencial pode requerer investimentos em treinamento e uma análise mais profunda das necessidades específicas de gestão de desastres para assegurar que a solução atenda a todos os desafios e oportunidades apresentadas.

Questão 30 avalia a eficácia da plataforma RADIANT como um roteiro padronizado e coerente para guiar defesas civis no aprimoramento dos métodos de tomada de decisão em resposta a desastres naturais, alcançando 89,2% de aprovação entre os respondentes. As seis principais justificativas indicam que a proposta necessita de organização e simplificação para ampla compreensão, sugerindo a criação de um roadmap oficial para orientar o desenvolvimento com base na RADIANT. Utilizar a RADIANT como roadmap pode redefinir a maneira como desastres são compreendidos e abordados. Ela oferece um caminho para aprimorar os processos de decisão globalmente, através da modelagem interativa e modular, permitindo personalizações eficazes. RADIANT já possui aplicabilidade mundial, por exemplo práticos, nos recentes DN nas cidades como Paiporta, Valência e Málaga, na Espanha. Contudo, alguns participantes sentem não possuir conhecimento suficiente para uma avaliação completa. Portanto, enquanto a RADIANT mostra seu valor, um entendimento aprofundado e esclarecimento adicional de suas capacidades são essenciais para otimizar sua aplicação global.

Questão 31 avalia se a plataforma RADIANT pode ajudar empresas de software a desenvolver soluções para DNs de forma mais alinhada às necessidades específicas, com rapidez, menos custo e menor risco, através de um roadmap padronizado. Consideram 96,4% como sim, e feitos vários comentários como: Embora a rapidez e o custo reduzido sejam incertos, o alinhamento às necessidades e a redução de riscos são vistos como benefícios evidentes. O principal desafio é iniciar o desenvolvimento e apresentar a ideia para críticas construtivas, o que uma vez superado, facilita novas implementações e visões. A utilização de RADIANT como um roadmap pode melhorar o desenvolvimento de soluções alinhadas às necessidades, sendo eficaz, económico e de menor risco. Oferece dados essenciais para a elaboração de Requisitos Funcionais (RF) e Requisitos Não Funcionais (RNF) em sistemas de monitoramento. A capacidade de adaptação é destacada como uma das principais vantagens da plataforma. Algumas respostas indicam não possuir um entendimento aprofundado sobre o tema. O suporte e a sistematização de dados pela RADIANT são valorizados como fundamentos para o sucesso de novas soluções. A RADIANT é vista como um recurso valioso para empresas de software focadas em soluções para DN, fornecendo um framework padronizado que facilita o alinhamento às necessidades específicas, eficiência de desenvolvimento e mitigação de riscos. No entanto, ainda existem algumas incertezas sobre os aspectos de rapidez e custo, apontando para a importância de uma avaliação contínua e crítica das suas capacidades e aplicações.

Questão 32 busca identificar os pontos fracos, limitações e sugestões de melhoria para a plataforma RADIANT e seus protótipos derivados. Com base em 28 respostas coletadas, destacam-se diversas observações dos participantes onde para os principais pontos fracos e limitações foram: Há uma carência de exemplos específicos que demonstrem o funcionamento e a aplicação prática da RADIANT. Desafios na adaptação da interface para diferentes tipos de usuários e cenários de uso, além de preocupações com compatibilidade e segurança ao integrar com sistemas externos. RADIANT é vista como demasiado generalista, necessitando de adaptações para situações específicas e desastres variados. Percepção de que a plataforma pode ser complexa, destacando a necessidade de simplificação na implementação inicial. Acredita-se que os pontos fracos se revelarão apenas com o uso prático em campo, especialmente em eventos reais de defesa civil. Desafios em comunicação imediata durante emergências e manutenção de operação em condições de baixa de energia ou Internet. Trocas frequentes na equipe cada quatro anos podem afetar a continuidade do conhecimento; também há dificuldades em treinar usuários com níveis variados de habilidade técnica. Algumas funções, como o módulo de planejamento de execução, parecem redundantes ou desnecessárias para alguns usuários. Recomenda-se incorporar tecnologias emergentes e desenvolver ferramentas específicas para cenários multirrisco. Sugerido engajamento com iniciativas privadas para auxiliar no processo, considerando as limitações de eficiência dos órgãos públicos. Já sobre as recomendações de melhorias destacaram: Propõe-se simplificar os conceitos e processos iniciais para facilitar adoção e entendimento. Consulta a municípios e suas defesas civis para avaliação e ajuste da funcionalidade do sistema. Revisar a terminologia usada, incluindo desastres tecnológicos além dos naturais. Realizar mais exercícios práticos e testes em situações reais para validação de eficácia. Estas sugestões, se implementadas, podem maximizar a aplicabilidade e eficácia da RADIANT em ambientes reais e críticos de gestão de desastres.

Questão 33 busca identificar os pontos fortes, vantagens e sugestões de melhoria da plataforma RADIANT para fortalecer seu papel na gestão de DN. Com uma aceitação expressiva, a questão recebeu contribuições de 28 respondentes, destacando como principais pontos fortes e vantagens: A RADIANT é elogiada por sua estrutura modular, que facilita a adaptação a diversos cenários e a integração com sistemas externos. RADIANT oferece capacidades analíticas robustas e eficazes na gestão de grandes volumes de dados, auxiliando em tomadas de decisão mais informadas. A visualização e a facilidade na tomada de ação são destacadas como um ponto forte. O modelo modular permite integração e escalabilidade, reunindo tecnologia aberta e possibilitando a inclusão de diferentes sistemas e agentes. RADIANT centraliza a gestão de informações, unindo todas as fases do ciclo de gerenciamento de desastres em uma única plataforma. Proporciona agilidade na comunicação e no processo de tomada de decisão, além de ser considerada uma abordagem inovadora para a defesa civil. A RADIANT promove a formação de uma comunidade de órgãos voltados a desastres naturais, permitindo uma gestão integrada de riscos e desastres. A unidade e abrangência de sua estrutura são vistas como uma base sólida para futuros desenvolvimentos e evoluções em licitações relacionadas. Já as sugestões de melhoria foram: A inclusão de previsões através de integrações com IoT e monitoramento em tempo real. Recomenda-se simplificar o processo de implementação inicial, especialmente para defesas civis com menor desenvolvimento tecnológico. Focar em funcionalidades essenciais conforme os perfis de uso variam entre diferentes contextos. Limitar dependências de dados externos ajudaria a melhorar a independência e eficácia do sistema. Essas melhorias podem aumentar significativamente a aplicabilidade e implementabilidade da RADIANT, garantindo seu contínuo crescimento e relevância no gerenciamento de desastres.

Questão 34 explora as vantagens e possíveis melhorias que o uso de um DSS como o RADIANT pode oferecer a uma organização, especialmente em contextos de gestão de DN. Entre 28 respondentes, destacaram-se as seguintes vantagens: (1) Agilidade na Tomada de Decisões: O DSS fornece análises rápidas e precisas que facilitam decisões bem-informadas em situações críticas. (2) Integração e Centralização de Dados: O sistema permite uma integração eficiente com outras plataformas e a centralização de dados, garantindo uma visão unificada e consolidada de diferentes fontes de informação. (3) Precisão Analítica e Planejamento Detalhado: Oferece uma precisão analítica que apoia o planejamento estratégico adaptado às necessidades específicas da organização, assegurando uma resposta eficaz aos desastres. (4) Redução de Erros e Eficiência de Recursos: Melhoria na eficiência do uso de recursos e redução de erros devido à integração eficaz de dados e processos. (5) Transparência e Aprendizado Contínuo: A utilização do DSS promove uma maior transparência nas operações e facilita o aprendizado contínuo através de feedback e avaliação pós-evento. (6) Suporte Técnico e Monitoramento em Tempo Real: Fornece suporte técnico contínuo e monitoramento em tempo real, aumentando a rapidez e precisão da resposta a emergências. As principais Sugestões de melhoria são: (1) Adaptação Cultural e Resistência à Mudança: Há uma necessidade de superar barreiras culturais e resistência à tecnologia entre as equipes de defesa civil, sugerindo um esforço em educação e treinamento para fomentar a adoção. (2) Integração com Novas Tecnologias: Sugere-se melhorar continuamente através da incorporação de novas tecnologias e

melhor integração entre diferentes participantes. (3) Apoio a Planejamento e Coordenação de Organizações: Destacar a utilidade do DSS em auxiliar no planejamento estratégico e na coordenação efetiva de ações durante desastres, contribuindo para a unificação das operações. (4) Essas melhorias e vantagens destacam a relevância do RADIANT como uma ferramenta essencial para elevar a eficiência e eficácia nas respostas a desastres naturais, transformando a capacidade organizacional para lidar com emergências de forma proativa e coordenada.

Questão 35 investiga sobre os principais obstáculos que uma organização pode enfrentar ao tentar implementar um DSS como o RADIANT. Os principais obstáculos identificados: (1) Resistência à Mudança (representando 40% dos 28 participantes): A resistência de colaboradores e gestores à adoção de novas tecnologias é uma barreira comum, especialmente sem um programa eficaz de treinamento e capacitação. (2) Limitações Orçamentárias (25%): Restrições financeiras podem dificultar os investimentos necessários em infraestrutura tecnológica e na contratação e treinamento de especialistas. (3) Integração com Sistemas Legados (20%): Sistemas antigos podem não ser compatíveis com o novo DSS, apresentando desafios técnicos para integração e interoperabilidade de dados. (4) Qualidade dos Dados (20%): Inconsistências e falta de padronização nos dados podem comprometer a eficácia do DSS. (5) Governança e Segurança da Informação (10%): A necessidade de conformidade com critérios regulatórios, como a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD), exige planejamento rigoroso, o que pode implicar custos e atrasos adicionais. (6) Cultura Institucional (30%): Uma cultura avessa a mudanças e novas atribuições pode criar resistência interna à adoção do DSS. (7) Capacitação do Pessoal (25%): A falta de pessoal capacitado e a necessidade de treinamento extensivo são obstáculos frequentes. (8) Complexidades Técnicas e Operacionais (25%): Integração e adaptação do sistema às especificidades locais exigem esforços contínuos de manutenção e operação que podem sobrecarregar as equipes limitadas. (9) Burocracia e Políticas Internas (25%): Questões políticas e burocráticas podem atrasar ou complicar a implementação do DSS. (10) Rotatividade e Qualificação da Equipe (25%): Alta rotatividade de equipe e deficiência em qualificação dificultam o estabelecimento e continuidade do sistema. Já sobre as principais recomendações podemos listar: (1) Desenvolvimento de Programas de Treinamento: Criar programas robustos para capacitar o pessoal na utilização do DSS. (2) Planejamento Orçamentário Eficaz: Lidar com os custos de tecnologia e treinamento com orçamentos bem planejados. (3) Estratégias para Vencer a Resistência Cultural: Implementar estratégias de gestão de mudança que suavizem a resistência à nova tecnologia. Estas abordagens podem mitigar os desafios mencionados, aumentando as chances de uma implementação bem-sucedida do DSS.

Questão 36 aborda se o processo de derivação e instanciação da plataforma RADIANT é adequado e se novas regras de negócio ou tecnológicas são necessárias. Entre os 28 participantes, 21 (aproximadamente 80.77%) consideraram que a definição do processo faz sentido sem necessidade imediata de novas regras, devido a sua arquitetura modular e escalável, que é vantajosa para a criação de DSS personalizados. Referente a estrutura modular e escalável comentaram sobre a definição atual é elogiada por sua arquitetura modular e escalável, que facilita a criação de DSS personalizados para contextos variados. Também foram feitas sugestões para novas regras: (1) Escalabilidade Modular: Importe considerar melhorias que assegurem expansão ou redução dos componentes conforme a demanda. (2) Compatibilidade com Normas: Garantir que o sistema esteja alinhado à legislação relevante, como a LGPD. (3) Integração de Envolvidos: Incluir mecanismos que garantam soluções correspondentes às necessidades reais dos usuários. (4) Automatização de Monitoramento e Ajuste: Adotar ferramentas que monitorem e ajustem automaticamente o desempenho dos módulos. (5) Governança e Sustentabilidade: Definir regras de governança e priorização para assegurar a eficiência e sustentabilidade dos DSS. (6) Patrocínio e Suporte: Oportunidade de incorporar apoio empresarial, especialmente sob legislações de proteção de dados. Já sobre as principais recomendações de melhoria: (1) Regras de Negócios: Introduzir guidelines para governança e priorização de módulos para garantir alinhamento estratégico e eficiência. Incentivar a capacitação contínua dos envolvidos para assegurar a longevidade e eficácia do DSS. (2) Regras Tecnológicas: Focar na interoperabilidade e adaptação a cenários multirrisco, promovendo uma plataforma que possa evoluir em múltiplos contextos. Incorporar práticas sustentáveis no desenvolvimento e operação dos sistemas. Essas sugestões podem fortalecer a RADIANT, assegurando que ela continue relevante e eficaz para sua base de usuários ao enfrentar desafios futuros.

Questão 37 investiga se a RADIANT é capaz de atender diferentes cenários para o desenvolvimento e implementação de DSS direcionados ao gerenciamento de DN, obteve 89,3% de aceitação com as principais justificativas: A RADIANT, por ser uma plataforma generalizada, é vista como capaz de atender a diversos cenários; no entanto, sua eficiência em situações especializadas ainda precisaria ser testada. A perspectiva de que a aplicação da RADIANT apenas para desastres naturais poderia ser limitante, já que a plataforma oferece potencial para mais aplicações. Destaca-se a estrutura modular, escalável e flexível da RADIANT, que permite adaptação a diversos cenários e necessidades. A modularização é vista como chave para a configuração e atuação em

múltiplos cenários, permitindo personalizações consoante a demanda. Há um reconhecimento de que a RADIAN tem potencial para ser utilizada em uma gama variada de eventos e situações. Algumas respostas indicam uma falta de conhecimento suficiente para opinar sobre a abrangência completa da RADIAN. Portanto, concluímos que embora tenha potencial generalizado, a eficácia da RADIAN em cenários altamente especializados ainda pode precisar ser validação através de testes práticos. Considere explorar outras áreas além de desastres naturais para maximizar seu potencial. A natureza modular e escalável é um forte diferenciador que pode ser aproveitado para abordar necessidades variadas e específicas. Essas características ressaltam a capacidade da RADIAN em se adaptar e suportar uma ampla gama de cenários no gerenciamento de desastres naturais, garantindo flexibilidade e abrangência nas suas aplicações práticas.

Questão 38 questiona se o uso da plataforma RADIAN aumenta a confiança na especificação e no desenvolvimento de DSS para o gerenciamento de DN, obtendo 92,9% de que aumenta a confiança. As principais justificativas: A RADIAN é valorizada por fornecer acesso rápido e abrangente a um grande volume de informações, reforçando a confiança entre gestores de diversas instituições. O uso da RADIAN é visto como um fator que aumenta significativamente a confiança na especificação e desenvolvimento desses sistemas para gerenciar desastres. A confiança também é percebida como dependente das habilidades e do envolvimento dos indivíduos que utilizam a plataforma. Com o tempo e experiência de uso, a RADIAN oferece uma base teórica sólida que aumenta a confiança dos usuários. A utilização da RADIAN com o aumento dos desastres naturais pode trazer maior visibilidade e credibilidade à plataforma. A RADIAN é reconhecida por proporcionar uma visão mais abrangente do funcionamento e desenvolvimento de DSS dedicados ao gerenciamento de desastres. Algumas respostas refletem uma falta de conhecimento suficiente para fornecer uma opinião embasada sobre a contribuição da RADIAN. Então concluímos enfatizando que comentaram sobre a o quanto a RADIAN oferece suporte robusto, o envolvimento efetivo e bem-informado dos usuários é crucial para maximizar a confiança e a funcionalidade. Com o uso contínuo, especialmente em face do aumento da frequência de desastres, espera-se que a credibilidade e aplicabilidade da RADIAN cresçam. A base teórica proporcionada pela RADIAN complementa a confiança na sua implementação prática, destacando sua relevância em otimizar a gestão de DN. Esses fatores levam à conclusão de que a RADIAN possui o potencial de aumentar significativamente a confiança no desenvolvimento e uso de DSS para gerenciamento de desastres naturais, contanto que acompanhados por uma efetiva gestão humana e experiência prática.

Questão 39 solicita sugestões para aperfeiçoar a tese que idealizou a *RADIAN*. Sendo apontado como principais sugestões: (1) Estudos de Caso Detalhados: Incluir exemplos práticos sobre como o sistema é aplicado em diferentes cenários de desastres e realizar comparações com outras soluções do mercado. Explorar a integração com tecnologias como inteligência artificial para melhorar coleta de dados e eficiência na tomada de decisões. Desenvolver um plano de implementação escalável que inclua treinamento contínuo e suporte técnico. (2) Comunicação e Acessibilidade: Apresentar informações de maneira menos técnica para alcançar municipalidades locais, facilitando um feedback mais eficaz. (3) Apresentações Dinâmicas: Simplificar a apresentação e torná-la mais dinâmica, usando formatos adicionais como texto. (4) Engajamento Comunitário e Mídia: Convidar peritos durante a apresentação da tese para obter opiniões diversificadas e usar mídia para divulgação. (5) Tecnologias Avançadas e Cenários-Tipo: Utilizar inteligência artificial e drones, definir cenários de aplicação padrão como em casos de enchentes e deslizamentos. Incluir ferramentas para coletar dados comunitários e realizar avaliação econômica de desastres e ações preventivas. (6) Glossário para Siglas: Fornecer um glossário explicando siglas técnicas usadas na tese para facilitar compreensão. (7) Teste e Prototipagem: Criar dashboards interativos e continuar testando o sistema através de simulações. Visão Prática de Blumenau: Considerar como a Defesa Civil de Blumenau opera para tornar a tese mais aplicada na prática. (8) Parabéns e Reconhecimentos: Agradecimentos e votos de sucesso pelo trabalho realizado. Essas sugestões buscam assegurar que a RADIAN continue sendo uma proposta eficaz e relevante, beneficiando-se de insights práticos, avanços tecnológicos, e engajamento com diferentes partes interessadas e comunidades afetadas.

2. COMENTÁRIOS DOS PARTICIPANTES PARA CADA QUESTÃO APLICADA SOBRE A RADIAN

Questão 1: Após apresentação da RADIAN veem relevância de se ter uma Arquitetura de Referência para conceber Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) voltados ao apoio no gerenciamento das várias fases de variados tipos de Desastres Naturais?

Entre as **principais justificativas** podemos destacar 15 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. O diagrama pode ser aprimorado simplificando sua estrutura visual e reduzindo a densidade de informações em cada módulo, tornando-o mais intuitivo. A utilização de ícones mais claros para diferenciar usuários, entidades externas e módulos internos ajudará na compreensão rápida. Padronizar as cores para destacar interações importantes, como entrada e saída de dados, trará uniformidade. A inclusão de uma legenda clara explicando símbolos e setas facilitará a interpretação. Um fluxo sequencial ou numeração pode ser adicionado para orientar a leitura do processo. Aumentar a legibilidade dos textos menores, ajustando o tamanho da fonte ou o espaçamento, garantirá que as informações sejam acessíveis a todos os públicos.
2. A integração e comunicação é ponto fundamental para a gestão de desastres. Um suporte para a tomada de decisão, desde que integrado, é fundamental.
3. Por qual motivo desastres naturais é abreviado para DN?
4. Partindo do princípio de que tudo pode ser melhorado, entendo que a estrutura apresentada segue e amplia a estrutura do ICS (Incident Command System), bem como a estrutura apresentada não está restrita ao atendimento de desastres naturais, já que a tendência é cada vez maior de serem desastres MISTOS, devido a interferência cada vez maior do homem.
5. A adoção de uma Arquitetura de Referência para Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) voltados ao gerenciamento de Desastres Naturais é de extrema relevância devido a diversos fatores que envolvem a complexidade e a dinâmica dos desastres naturais. Podemos observar diversos pontos que justifiquem a adoção de DSS, onde apresento alguns abaixo: 1 - Complexidade e Multidimensionalidade dos Desastres Naturais 2 - Facilidade de Integração de Sistemas 3 - Escalabilidade e Adaptação 4 - Tomada de Decisão Baseada em Dados 5 - Redução de Incertezas e Riscos 6 - Facilidade de Manutenção e Evolução 7 - Coordenação Interinstitucional. Diante disso, posso dizer que uma arquitetura de referência é uma de suma importância para a gestão de desastres.
6. É importante ter um estudo focado num arcabouço de software para sistemas de Defesa Civil com um estudo tão vasto nas práticas já usadas na área.
7. Os eventos naturais que causam catástrofes vêm ocorrendo com mais frequência e com mais intensidade em todo o mundo. Sistemas como este devem ser apoiados para o monitoramento e mitigação destes eventos, tendo como objetivo diminuir danos sociais e humanos.
8. Os sistemas computacionais de suporte à tomada de decisão são realmente importantes, bem como as suas reais facilidades de funcionamento nos momentos de crise.
9. Acho importante ter um Sistemas de Suporte à Decisão (DSS) voltados ao apoio no gerenciamento das várias fases de variados tipos de Desastres Naturais
10. A organização dos processos é ponto fundamental quando falamos em gerenciamento de riscos e desastres. Em algumas situações, os gestores municipais de proteção e defesa civil, bem como em áreas correlatas, não possuem qualquer instrumento ou base para a organização dos processos que envolvem, não só a fase de resposta ao desastre, mas também o gerenciamento de riscos, nos momentos de normalidade.
11. A tomada de decisões fica apoiada com suporte da RADIAN e não fica apoiada por decisões pessoais. Todas as fases ficam registradas.
12. Existe um equilíbrio entre todos os ambientes envolvidos no processo na Tomada de Decisão em Desastres Naturais.
13. Tenho preocupação quanto a plataforma, será leve para rodar nos dispositivos? Funcionará sem internet? Pessoas com pouco conhecimento em informática conseguirão usar?
14. É necessário entender o funcionamento de forma detalhada para aplicar soluções.
15. Pode ocorrer uma situação inusitada.

Questão 2: Para o Módulo de Interação com Usuário as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre as **principais justificativas** podemos destacar 12 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Organizar as conexões entre os elementos com setas mais claras e menos sobrepostas, reduzindo a confusão visual. Agrupar os itens em categorias visuais bem definidas, como "Infraestruturas

- Físicas" e "Sistemas Externos", usando bordas coloridas para diferenciá-los. Reduzir textos longos nos blocos, resumindo informações e utilizando palavras-chave. Aumentar o contraste entre texto e fundo para facilitar a leitura, especialmente nas caixas menores. Adicionar uma legenda ou explicação lateral para descrever melhor o papel dos "Atores Externos" e os "Sistemas Gerais Externos". Padronizar os ícones e cores para representar os diferentes tipos de entidades, promovendo uma identidade visual uniforme.
2. Reflete a participação genérica de três grupos, onde teoricamente quase tudo pode ser incluído. Entendo que a Defesa Civil municipal deve ter fator de destaque, já que a sua organização vai determinar o sucesso no atendimento dos desastres. Estando organizada, a partir da deflagração dos desastres, qualquer ator que venha a ser inserido terá melhor noção das suas responsabilidades. Ainda, no Módulo de Interação com os Usuários, deve-se contemplar a população integralmente, de forma a capacitá-la dos procedimentos em situação de desastre.
 3. O diagrama demonstra claramente o fluxo entre os Representantes da Defesa Civil, os Responsáveis por Infraestruturas e os Usuários em Treinamento. A gestão de interações parece centralizada em um módulo específico, o que faz sentido do ponto de vista organizacional.
 4. Penso que faltou apenas os usuários voluntários, que trabalham temporariamente como numa enchente para fazer cadastros operacionais básicos, como de uma ocorrência. Mas o restante parece estar dentro do certo.
 5. Na minha opinião a gerenciador de interfaces do usuário é muito importante, pois viabiliza a criação de interfaces gráficas (UI/UX). Assim o protótipo a ser instanciado a partir da referência, permitiram interfaces gráfica mais amigáveis e fácil de usar (usabilidade).
 6. Este módulo se torna imprescindível na medida que as pessoas estejam treinadas e conscientes das suas tarefas e dos seus papéis no sistema.
 7. O Módulo de Interação com Usuário as funcionalidades propostas fazem sentido sim.
 8. Perfeito, sem propostas de alterações a relatar.
 9. A participação do usuário é fundamental com o intuito de retroalimentar o processo.
 10. Existe uma clara relação entre os módulos.
 11. Ótimo!
 12. Precisa inserir o público que está solicitando o apoio da Defesa Civil (Estado) para resposta em alguma ocorrência ou situação preventiva.

Questão 3: Para o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre as **principais justificativas** podemos destacar 12 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. A comunicação com entidades externas é uma deficiência da Defesa Civil em termos gerais e a nível nacional. Ter um sistema que possibilite essa comunicação de forma eficiente é essencial.
2. Desde que os sistemas externos sejam independentes, com bancos de dados isolados, concordo. para prevenir apagões de informações.
3. Considerando que é uma apresentação genérica, onde a inclusão de qualquer ator considerado necessário é possível, ele pode vir a ser utilizado conforme a evolução do desastre, das tecnologias disponíveis e de recursos para melhoria dos atendimentos.
4. O diagrama do Módulo de Comunicação com Sistemas Externos apresenta diversas conexões e interações com entidades externas. O módulo se conecta a sistemas externos, como com os Institutos de vigilância e monitoramento meteorológico, geológico, sísmico: Esses dados são fundamentais para decisões rápidas em emergências. Também se integra com os sistemas de operadores externos e infraestrutura física/cibernética. Tem ainda um ecossistema de provedores de soluções e solucionadores de problemas (IA, redes sociais, sistemas de governo), sendo muito útil para prever, comunicar e mitigar crises.
5. Essa parte de sistemas externos podem surgir várias fontes, parece bem abrangente o arcabouço proposto.
6. A integração de ferramentas colaborativas/sociais é muito importante para a disseminação de informação em situações de emergência.
7. O cerne deste sistema reside na energia e na comunicação. Há necessidade de um fornecimento contínuo de energia elétrica para o funcionamento de todo o sistema. E haverá sempre um embate entre as informações técnicas e as decisões políticas frente à divulgação destas informações.
8. O Módulo de Comunicação com Sistemas Externos as funcionalidades propostas fazem sentido. Porém, acho que a complexidade deste sistema poderia ser mais simplificada.
9. A participação destes atores poderá promover a inclusão de informações relevantes para as ações dos órgãos de proteção e defesa civil, como a inclusão de informações meteorológicas de órgãos

como INMET, EPAGRI/CIRAM, DCSC, ANA, SGB, entre outros. Uma sugestão importante seria a inclusão de uma interface que possibilite ao grande público o acesso a estas informações, compiladas, resumidas e de fácil entendimento. Acredito que para os órgãos públicos isso gere maior credibilidade e transparência dos processos.

10. A participação da sociedade é fundamental para o êxito do RADIAR.
11. Importante para os voluntários também.
12. Não tenho conhecimento aprofundado se é a melhor solução.

Questão 4: Para o Módulo de Gestão de Dados as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 10 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Igualmente a questão anterior, uma apresentação genérica, onde a inclusão de qualquer ator considerado necessário é possível.
2. Observando os repositórios, posso identificar a relevância de cada repositório, conforme descrito abaixo: Mapas e Áreas de Risco: Essenciais para localização geográfica de riscos e infraestruturas críticas. Histórico e Conhecimento: Permitem análises preditivas e aprendizado contínuo dos eventos. Inventário de Recursos: Fundamental para saber onde estão os recursos alocados e disponíveis durante emergências. Protocolos Operacionais: Garantem que as ações sejam padronizadas e bem documentadas (o óbvio deve ser dito e escrito). Cadastro de Entidades e Sistemas: Viabiliza comunicação e integração ágil com partes interessadas. Vejo que as funcionalidades propostas fazem sentido, com um foco adequado em centralizar, organizar e usar dados para apoiar decisões no desastre.
3. Parece correto. O ideal é dividir as bases por assuntos ou sistemas e parece atender bem, inclusive indicando que poderão existir outras novas.
4. A integração de dados é fundamental para a gerar as informações antes durante e após um evento catastrófico. Além disso, é importante encontrar ferramentas/métodos de homogeneizar os dados oriundos das diversas fontes de informação.
5. Módulo importante e essencial para o funcionamento do sistema. Talvez haja problema de armazenamento de dados em tempo real.
6. Acho que o Módulo de Gestão de Dados as funcionalidades propostas fazem sentido.
7. Excelentes informações inclusas neste módulo. Como sugestão, dividiria o cadastro dos recursos em humanos, materiais e financeiros, com definição de localização do recurso, quem é o responsável e em que momento estará disponível. Além disso, em momentos de anormalidade, um dos aspectos fundamentais, inclusive citado nas bases administrativas do Sistema de Comando em Operações (SCO), é o gerenciamento de recursos durante as operações. Desta forma, como uma segunda sugestão, dar a possibilidade de que possamos alterar o status do recurso em disponível, mobilizado, indisponível e desmobilizado.
8. A cidade é dinâmica, portanto, a caracterização dos espaços é necessária.
9. Acredito que pode adicionar dados de rotas alternativas.
10. Não tenho conhecimento aprofundado em estrutura de banco de dados.

Questão 5: Para o Módulo de Suporte Geral as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 9 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Levando em conta que cada um dos quatro grupos têm um conceito abrangente, que permite uma constante evolução técnica e temporal, as funcionalidades estão intimamente integradas.
2. Observo que as funcionalidades propostas são consistentes e bem alinhadas com os objetivos de um Módulo de Suporte Geral. As áreas de governança, relatórios, segurança em conformidade com a LGPD são fundamentais para sustentar as operações e garantir integridade e legalidade no uso do sistema. Importe dizer que pode ser observado algumas funcionalidades relevantes, com os relatórios de Gestão, o que possibilita dados qualificados e consolidados para decisões estratégicas. Já os relatórios ad-hoc, podem trazer informações por meio de relatórios customizáveis, fundamentais para necessidades específicas da operação ou do desastre. E por fim a auditoria, que permite a rastreabilidade das ações e operações no sistema.
3. Ali usa termos como gerais, como gestão e ad-hoc, que pode abranger para o suporte fazer desenvolvimentos próprios como relatórios via uma interface de browser, o que parece interessante para ser rápido o desenvolvimento.
4. Este módulo de documentação e fluxo de secretaria é importante para o ordenamento das atividades, para feedback e para o futuro das ações e novas implementações.
5. Pra mim o Módulo de Suporte Geral as funcionalidades propostas fazem sentido.

6. Sem mais complementações, acredito estar ótimo desta maneira.
7. Não está suficientemente claro para mim.
8. Top.
9. Acredito que estão bastante genéricas as informações.

Questão 6: Para o Módulo de Análise e Tomada de Decisões as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 10 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Na minha opinião, integração com chatbots de IA não fazem sentido para um trabalho relacionado a DN.
2. Me parece que este seguimento foca a análise e o fornecimento de informações para tomada da decisão, embora previsível, ela não está expressa no módulo.
3. O Módulo de Análise e Tomada de Decisões apresenta funcionalidades bem planejadas e adequadas ao objetivo de apoiar decisões rápidas e embasadas. Ele utiliza tecnologias avançadas, como ferramentas digitais e previsão de cenários, o que aumenta sua eficácia. Posso observar alguns benefícios na estrutura, como: Contempla todas as etapas da análise e decisão, desde diagnóstico até implementação. Baseada em Dados, assim usa ferramentas como previsão de cenários e geometrias digitais para melhorar a qualidade das decisões. Colaborativa e Inclusiva, permite e decisões coletivas. Como sugestões de melhoria, gostaria de propor, um feedback pós-implementação, onde poderia ser adicionado a funcionalidade para revisar o impacto das decisões tomadas.
4. Parece uma solução de arcabouço bem completa, que como template pode ser adaptado. Assim, por exemplo, uma questão simples, como apenas aprovar uma publicação de previsão do tempo por uma chefia, ou algo mais complexo que possa envolver IA para dar algum relatório para as chefias escolherem uma alternativa proposta e tomar sua decisão. Claro podem sempre haver mais itens, novas tecnologias, ou passos, mas acredito que conceitualmente como arcabouço acredito ser um bom arcabouço para um módulo de tomada de decisões.
5. Ferramentas colaborativas para tomada de decisão colegiada é fundamental. Neste sentido, todas as ferramentas e dados disponíveis devem ser integrados para melhor entender uma situação de crise.
6. Este módulo é o mais delicado, pois é nele que as análises e previsões são feitas, ou seja, onde se "fabrica" o produto final e em cima dele, se tomam as decisões.
7. Acredito que o Módulo de Análise e Tomada de Decisões as funcionalidades propostas fazem sentido. Talvez haja dificuldade numa implementação prática.
8. Possivelmente o grande diferencial da sua proposta. Esse arcabouço para auxílio à tomada de decisões é o que definirá se o gerenciamento de uma crise ou as condutas durante a gestão de riscos será efetiva ou não. Inclusive, servirá de subsídio para a formulação de outros instrumentos de gerenciamento, como Planos Municipais de Contingência (PLAMCON's).
9. Ótimo!
10. A Defesa Civil é um órgão de coordenação, muitas vezes não possui ascendência funcional sobre outros órgão e estruturas, talvez precise de um módulo de decisão por votação.

Questão 7: Para o Módulo de Planejamento de Execução as funcionalidades propostas fazem sentido?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 11 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Embora possa ser uma visão limitada aos conhecimentos e experiência e certamente está inserida dentro de uma das fases de atuação da defesa civil, entendo que a GESTÃO DE RECURSOS LOCAIS deveria esta inserida juntamente com a seleção de parceiros, devido a importância da sua participação desde a deflagração do desastre e momento da resposta/resgate.
2. As funcionalidades propostas para o Módulo de Planejamento de Execução fazem todo sentido e estão bem alinhadas com as melhores práticas de gestão de emergências. Eles cobrem um amplo espectro de necessidades, desde o planejamento estratégico até a execução prática. Com uma sugestão de melhoria, poderia ser implementado o monitoramento em Tempo Real, trazendo a condição de implementar painéis interativos para acompanhar o andamento das ações e identificar gargalos.
3. Parece bem levantado para Defesa Civil diretrizes para gestão tanto de prevenção, mitigação e resposta. Acredito que poderá ser estendido para outros casos como os planos de contingência de várias situações que podem ocorrer.
4. Tive dúvidas se algum ponto inclui a "Gestão (estimativa) de Danos", para subsidiar tomadas de decisão e liberação de recursos provenientes de instituições externas.

5. Todas as entidades de defesa e a sociedade civil organizada devem ter o seu plano de contingência. O sistema deve viabilizar tópicos de treinamento e preparação de todas as entidades para um momento de crise.
6. Este Módulo tem boa parte estruturada e organizada de forma permanente, sem depender de cada situação. Trata-se de uma atividade de suporte operacional, que vai funcionar quando aplicado a um determinado evento iminente.
7. Acho que o Módulo de Planejamento de Execução as funcionalidades propostas fazem sentido. Talvez haja dificuldade numa implementação prática.
8. Acredito que uma área que poderia ser contemplada na arquitetura proposta no módulo de planejamento de execução é o a Gestão de Ocorrência e Gestão de Evento. Ocorrência é cada situação causada ou não por um evento de desastre natural. Esta ocorrência pode ser uma situação que coloca em risco uma construção ou pessoas, como por exemplo uma árvore que necessita de corte por estar por cima da rede elétrica ou prestes a cair. Ou também essa ocorrência pode ser algo causado por um desastre ambiental, como um destelhamento, dano a patrimônio público entre outros. Evento seria os desastres ambientais em si, por exemplo: vendaval, enchente, ciclone, entre outros. Mas com as informações de período de ocorrência do evento registrada e relacionado com as ocorrências registradas, contabilização financeira de perdas, tomadas de decisões e notícias geradas. Com essas duas áreas contempladas é possível relacionar com a área de "Gestão de Recursos Nacionais/Regionais", formatando os dados de maneira que facilite a solicitação de recursos.
9. Excelente. Abrange praticamente todas as etapas do processo de gerenciamento de desastres. Como sugestão incluir um módulo referente à comunicação de riscos para a comunidade, a exemplo do que é feito através da Interface de Divulgação de Alertas Públicos (IDAP).
10. Top!
11. Penso que em operações as decisões do comando unificado serão de natureza estratégica também, de forma mais local serão decisões de nível tático.

Questão 8: Para o Módulo de Supervisão de Execução das Decisões as funcionalidades propostas fazem sentido? Entre **as principais justificativas** podemos destacar 11 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Esta fase permite avaliar como o planejamento está se desenvolvendo no terreno, de forma a poder realizar implementações e/ou correções das ações conforme as necessidades, que entendo estarem presentes dentro da gestão e supervisão.
2. Ao observar o Módulo de Supervisão de Execução das Decisões, tem as funcionalidades propostas que fazem total sentido. Elas abordam aspectos essenciais de monitoramento, progresso e comunicação, que são fundamentais para garantir a eficiência operacional e a adaptação a cenários dinâmicos.
3. Acredito que está ótimo, contempla, mas na parte de comunicação de atores poderia especificar mais como: comunicação com mídia/imprensa; comunicação interna e após comunicação em mídias próprias como Internet, redes sociais da própria Defesa Civil ou órgão responsável, como a SECOM.
4. É importante este módulo para separar a atuação em pelo menos três momentos: monitoramento (pré-evento), ação (durante evento) e (pós-evento) reconstrução.
5. Este é um Módulo de "responsabilidades", onde as ações decididas são encaminhadas para a operação. Tem seus aspectos técnicos e políticos, cada um com seu grau de responsabilidade.
6. O Módulo de Supervisão de Execução das Decisões as funcionalidades propostas fazem sentido e me parece de fácil aplicação na prática.
7. Ótimo!
8. Esse controle pontual deve ser feito por cada instituição o participante, apenas objetivos estratégicos devem ser monitorados pela coordenação da operação.

Questão 9: Para o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos as funcionalidades propostas fazem sentido? Entre **as principais justificativas** podemos destacar 8 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Foi considerada a criação de um módulo de comunicação, que atua com sistemas externos e internos?
2. Durante o atendimento do desastre, a alimentação permanente das informações possibilita o acompanhamento e a possibilidade de implementação de medidas mais adequadas a situação, desta forma se configura como sendo vital ao sistema.

3. O Módulo de Comunicação com Sistemas Externos desempenha um papel fundamental na integração de dados e no suporte à interoperabilidade entre sistemas, e nas funcionalidades no diagrama aparentemente adequados e bem alinhados com seus objetivos.
4. Essa parte de comunicação com sistemas externos acredito que a parte física será algo assim, o objetivo é buscar, gerir, enviar dados entre dispositivos.
5. Para sistema de alerta é fundamental sistemas redundantes de comunicação. Radio amador, comunicação por satélite, wifi e fibra ótica são apenas alguns modos que devem ser integrado ao modelo.
6. A divulgação à população sempre vai depender desta interface (de que forma ela transmite a informação, com frieza, com emoção, com preocupação etc.) e dos meios de comunicação disponíveis.
7. o Módulo de Comunicação com Sistemas Externos as funcionalidades propostas fazem sentido e me parece de fácil aplicação na prática.
8. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 10: A RADIAN pode ser claramente compreendida?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 12 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Não fica claro para quem é o sistema... federação, estados, municípios. Pergunto pois, a municipalidade em 99% dos casos é carente de efetivo para coleta e abastecimento de dados. Concordo que devam se organizar, contudo o sistema deve ser interativo e de fácil utilização.
2. Uma explicação clara é extremamente importante, na minha opinião faltou figuras, imagens, exemplos, protótipos e analogias durante a explicação dos módulos. Uma sugestão seria separar as explicações dos módulos em containers com exemplos de funcionalidade.
3. Devido a abrangência, complexidade e multiplicidade de temas envolvidos, ela exige um conhecimento prévio de temas ligados a defesa civil/desastres para que tenha uma compreensão ao menos mediana da sua integralidade.
4. A RADIAN (Rede de Apoio à Decisão Integrada com Análise e Navegação) pode ser claramente compreendida por que sua estrutura e funcionalidades atendem aos princípios fundamentais de organização e comunicação eficaz, justificando sua clareza.
5. No meu caso como tenho formação na área de TI eu consigo compreender o sistema como um arcabouço, tal como outros em padronizações na área de Engenharia de Software. Acredito ser uma base para vários sistemas da área em Defesa Civil darem aproveitarem este conhecimento e poderem ter uma solução mais adequada e abrangente para sua finalidade em sua cidade ou região.
6. Depende do público ouvinte.
7. Na minha opinião sim, pois contempla todos os principais módulos para atuação em situações de monitoramento e gerenciamento de crise.
8. A RADIAN é um sistema complexo, sem dúvida. Mas ela pode ser "traduzida" para uma linguagem que qualquer cidadão possa entender o seu funcionamento básico. Esta é uma tarefa demorada, mas necessária para que haja credibilidade nos seus resultados.
9. Pode ser entendido. Porém, alguns itens são bastante complexos para ser aplicado na prática.
10. Alguns tópicos do RADIAN estão vinculados às áreas bastante específicas, principalmente vinculadas às tecnologias da informação. Como sugestão, formular um guia de como ele deve ser utilizado, e um sumário, indicando o significado de algumas siglas e palavras vinculadas às áreas técnicas específicas, complementando o material.
11. É um assunto um pouco complexo que demanda uma extensa quantidade de tempo em estudo, mas é possível se compreender sim
12. Não entendi exatamente o que significa RADIAN.

Questão 11: Se todos os inter-relacionamentos entre módulos e funcionalidades fazem sentido? Ou seja, o fluxo lógico de interação entre as funcionalidades está correto ou sugerem modificações.

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 9 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Correto, mas poderia estar melhor organizado para leitura de terceiros, principalmente por pessoas com menor conhecimento técnico.
2. Na minha visão, os inter-relacionamentos entre módulos e funcionalidades estão distribuídos dentro de uma lógica adequada a melhoria das decisões no atendimento aos desastres dentro de toda sua amplitude. Porém, o próprio uso na prática do atendimento aos desastres pode impor ajustes para melhoria do sistema.

3. Observo que o fluxo lógico de interação entre os módulos do RADIAN está bem estruturado, refletindo uma sequência consistente de coleta de dados, análise, planejamento, execução e supervisão. A arquitetura proposta é sólida e coerente.
4. Em nível macro o diagrama apresentado apresenta-se atender a trazer bem a proposta do RADIAN que o autor quis nos explicar neste questionário. O que poderá ser feito é evoluir a partir destas diretrizes, como já foi apresentado numa interface no browser, demonstrando que o sistema é factível de ser feito e o arcabouço é adaptável.
5. Acredito que as partes mais importantes estão contempladas no modelo. As questões de redundância (comunicação, ferramentas, sistemas) e segurança da informação deve ser bem atendidas para que o modelo seja suficientemente confiável pelas entidades de defesa e a comunidade.
6. Nunca o fluxo estará totalmente correto e finalizado, enquanto não for utilizado em 2 ou mais eventos em tempo real, pois só assim haverá condições dele ser depurado, reorganizado, simplificado e finalmente, "instalado" como ferramenta útil e necessária.
7. Parece-me que os inter-relacionamentos entre módulos e funcionalidades fazem sentido. Porém, teria que ser checado num órgão operativo,
8. Sim, os módulos representam uma combinação e sincronia perfeita.
9. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 12: Considerando que aderência signifique que as funcionalidades da RADIAN são alinhadas ao domínio de aplicação de gestão de DN, ou seja, tenham a ver com um DSS de apoio à gestão de DN, você concorda que a RADIAN é aderente?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Concordo integralmente que aderência às funcionalidades da RADIAN estão alinhadas ao domínio de aplicação na gestão de desastres, e não só dos desastres naturais, podendo ser utilizado podendo ser utilizado em todas as fases dos desastres, auxiliando nas decisões envolvidas. A RADIAN é aderente.
2. A RADIAN demonstra alta aderência ao domínio de gestão de desastres, pois suas funcionalidades: Participe de todas as fases da gestão de DNs. Integramos tecnologias modernas e relevantes. Promovemos colaboração, rapidez e precisão na tomada de decisões. Estamos alinhados com os objetivos de um DSS eficiente. Portanto, considerando os aspectos técnicos e funcionais, concordo que a RADIAN é totalmente aderente ao domínio de gestão de desastres.
3. Eu vi que o sistema traz o módulo de nível tático, com relatórios, chatbot e várias soluções que trazem uma visão mais gráfica ou fácil de entender para humanos, com isto, facilita para as chefias a tomada de decisão. Assim, acredito que poderá ajudar neste nível.
4. A princípio concordo, mas é importante validar.
5. Na minha opinião os pontos mais relevantes são devidamente tratados no modelo, sendo genéricos o suficiente para contemplar eficientemente, todos os requisitos de um sistema de monitoramento específico.
6. Acredito que a RADIAN só poderá ser aderente após sua utilização e depuração em tempo real. Mas tem todas as condições de alcançar este nível ao longo do processo.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 13: Considerando que coerência da RADIAN signifique que suas funcionalidades e interações lógicas com usuários, sistemas e atores suportem um apoio à decisão para os cenários de DNs demonstrados, você concorda que a RADIAN é coerente?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 8 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Sendo possível a inclusão de informações, peculiaridades, por parte da municipalidade. concordo
2. A coerência da RADIAN, está retratada na atenção entre a sequência e composição de cada módulo levando integralmente em conta problema (desastres) e a solução mais adequada ao problema (decisão).
3. Concordo que a RADIAN é altamente coerente no contexto de apoio à decisão para gestão de desastres naturais. Pode ser observado que as funcionalidades são claramente conectadas e alinhadas com os objetivos de apoio à decisão em gestão de DNs. O fluxo lógico entre módulos garante integração, colaboração e eficiência operacional. Ela oferece suporte completo, desde a análise inicial até a supervisão de execução, cobrindo todas as necessidades de um SAD para cenários de DNs.
4. Sim, a forma apresenta parece adequada dos atores com o sistema.

5. A princípio concordo, mas é importante validar.
6. Todos os módulos fazem sentido e estão associados.
7. A coerência da RADIAR vai estar sempre dependente dos tipos de situação (DNs) enfrentadas. Quanto mais versátil a RADIAR for, maior a possibilidade de ter coerência.
8. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 14: Considerando que completude de uma arquitetura de referência signifique que ela contempla todas as funcionalidades necessárias para o gerenciamento de DN's ao longo dos seus ciclos de vida, você concorda que a RADIAR é completa?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 9 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. acredito que sim. contudo seria necessário testar.
2. Na minha visão, conforme respostas anteriores, alguns pontos deveriam estar mais claros (expressos) dentro da arquitetura apresentada.
3. A RADIAR é completa, pois, contempla todas as fases do ciclo de vida dos DN's, integra as funcionalidades essenciais para suportar decisões e ações em diferentes cenários, alinha-se às melhores práticas e tecnologias para gerenciamento de desastres.
4. A princípio concordo, mas é importante validar.
5. Pela análise conceitual sim, parece atender todos os requisitos demandados para um DSS de apoio à gestão de DN, mas uma instância baseada na RADIAR, poderá ser paulatinamente incrementada e melhorada conforme as demandas de cada sistema.
6. Na verdade, a completude só será alcançada após uma avaliação "histórica", em médio e longo prazo. A natureza é dinâmica e está sempre mudando. Qualquer ferramenta que a estude buscará sempre uma "completude provisória", pois sempre haverá a necessidade de evoluir os conceitos e os métodos de análise e explicação da natureza. Isso é a próprio da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade.
7. Concorde que a RADIAR como está é completa.
8. Em desastres súbitos não será utilizado.
9. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 15: Considerando que modularidade signifique que a RADIAR é constituída por módulos menores, autocontidos, cada um com uma funcionalidade-macro específica (agrupamento de funcionalidades), você concorda que a RADIAR é modular?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 8 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Desde que seja possível a inclusão de informações, peculiaridades, por parte da municipalidade. concordo
2. A modularidade fica expressa dentro da divisão do problema (desastre) dentro de cada módulo, porém com uma abordagem onde as partes inseridas dentro de cada módulo têm contribuições na solução pretendida.
3. Posso observar que a RADIAR é modular, pois é composta por módulos bem definidos e autocontidos, cada módulo tem uma funcionalidade-macro específica que agrupa funcionalidades relacionadas, as interconexões entre os módulos são lógicas e coerentes, garantindo eficiência no apoio à decisão em cenários de desastres naturais.
4. Foi bem dividido as áreas do sistema.
5. A solução baseada em módulos oferece essa flexibilidade. Permitindo ser escalável, baixo acoplamento, melhor manutenção e iterativo.
6. Sim. O aspecto modular da RADIAR é um ponto altamente positivo, pois fica mais fácil para "aceitar" algumas modificações evolutivas em alguns dos seus módulos internos, de modo que não a descaracterize no seu todo e nos seus objetivos primordiais.
7. Sim, concordo que a RADIAR é modular.
8. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 16: Considerando que a RADIAR deva mapear quais das funcionalidades devem ser usadas em situações normais operacionais de decisão e gestão de DN's, e quais devem ser usadas apenas para treinamento de pessoas, você concorda que a RADIAR separa corretamente suas funcionalidades para essas duas diferentes finalidades?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 8 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Seria interessante deixar mais claro o nível de contribuição dos atores responsáveis por infraestruturas. Pelo que eu entendi, eles somente participarão das discussões colaborativas, mas

- não haverá necessidade da aprovação deles na ocorrência final. Além disso, um quadriculado vermelho para melhor clareza também ajudaria.
2. Entendo que não há distinção entre o mapeamento das funcionalidades a serem usadas em situações normais operacionais de decisão e gestão de Desastres Naturais ou a serem usadas em situação de treinamentos de pessoas. A definição das funcionalidades a serem utilizadas serão definidas pelos objetivos especificados entre uma e outra. Afinal, presume-se que mesmo em situações de treinamento o objetivo é que o sistema seja operado de forma a atingir o melhor resultado na gestão do desastre de acordo com as decisões tomadas.
 3. Sim, a RADIAN separa corretamente suas funcionalidades para situações normais operacionais e para treinamento de pessoas, conforme observado em sua arquitetura.
 4. Parece-me que sim, pois o sistema apresenta uma boa modularidade e suas funcionalidades poderão atender ao operacional e de decisão.
 5. Conceitualmente sim. Claramente se descreve ambos os módulos. Na minha opinião isso é um requisito importante para a melhor preparar entidades de defesa e a sociedade civil.
 6. Essa é uma das vantagens da abordagem modular da RADIAN.
 7. Sim
 8. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 17: Considerando que escalabilidade signifique que a RADIAN possa ser posteriormente incrementada com novos módulos e/ou funcionalidades, você concorda que a RADIAN é escalável?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 6 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Concordo integralmente com a escalabilidade da RADIAN, pois a origem, a evolução, os meios disponíveis/empregados, entre outros fatores ligados ao desastre vão determinar o crescimento da estrutura de atendimento de acordo com as necessidades para o atendimento do desastre. A afirmação vale para mobilização ou desmobilização.
2. Sim, a RADIAN é escalável, pois, sua arquitetura modular e flexível permite a adição de novos módulos e funcionalidades, utiliza tecnologias e padrões que facilitam a integração com sistemas e dados futuros, está preparada para crescer tanto em capacidades técnicas quanto em aplicação a novos contextos e necessidades. Essa escalabilidade garante que a RADIAN pode se adaptar e evoluir para atender às demandas emergentes no gerenciamento de desastres.
3. Todo o sistema bem construído é escalável. O RADIAN neste diagrama UML parece bem modularizado e planejado.
4. sim, conforme dito anteriormente. A proposta modular viabiliza a integração por partes.
5. Sim, suas melhorias são possíveis por causa do seu caráter versátil.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 18: Considerando que escalabilidade também signifique que DSSs derivados a partir da RADIAN possam ser incrementados de forma globalmente coerente à medida que defesas civis desejem incorporar novas funcionalidades dela ao longo do tempo, considerando suas necessidades, você concorda que a RADIAN é escalável?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. extremamente importante a possibilidade de operação modular e de incremento de necessidades.
2. Resposta na questão anterior.
3. Sim, concordo que a RADIAN é escalável no sentido de que Sistemas de Suporte à Decisão (DSSs) derivados a partir de sua arquitetura podem ser incrementados de forma globalmente coerente à medida que novas funcionalidades sejam incorporadas por defesas civis ao longo do tempo.
4. O sistema parece muito bom, tem que ver a equipe que tem que se comprometer a usá-lo para seu objetivo e atender ao esperado.
5. Sim. Mas a escalabilidade não depende apenas da RADIAN. Fundamentalmente, vai depender da infraestrutura ofertada para a solução.
6. Sim. Assim como ela pode ser modificada em módulos específicos apenas, ela também pode "atuar" em demandas diferentes da que foi inicialmente programada. A forma que foi concebida permite isso.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 19: Considerando que genericidade signifique que a RADIAN possa ser derivável para diferentes tipos de DN, você concorda que a RADIAN é genérica?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 6 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. O RADIANT é genérico na sua aplicação, ou seja, é compatível para o atendimento de qualquer desastre. No entanto, é complexo devido a gama de conhecimentos necessários para o atingimento das decisões mais adequadas a cada caso.
2. Sim, a RADIANT é genérica, pois sua arquitetura e funcionalidades são projetadas de forma a permitir sua derivação e aplicação para diferentes tipos de desastres (DNs).
3. Como arcabouço é genérico e pode ser adaptável.
4. O modelo teórico é genérico o suficiente para ser instanciado em um amplo domínio de DSS de apoio à gestão de DN
5. Sim, mas creio que mais de 90% dela "enxerga" sua aplicabilidade (com maior potencialidade) em DNs.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 20: Considerando que agnosticidade signifique que a RADIANT é independente de tecnologia de implementação, você concorda que a RADIANT é agnóstica?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 6 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Considerando que agnóstico é aquele que considera os fenômenos sobrenaturais inacessíveis à compreensão humana. Atualmente, a compreensão dos fenômenos causadores de desastres naturais é explicado pela ciência e a tecnologia, que são objeto da aplicação do RADIANT. Ainda, sendo o RADIANT uma ferramenta tecnológica, que em determinados pontos para atendimento aos desastres será empregada por gnósticos ou agnósticos, não entendo a relevância da pergunta.
2. Sim, a RADIANT é agnóstica, pois, sua arquitetura é independente de qualquer tecnologia ou ferramenta específica, pode ser implementada em diferentes ambientes tecnológicos (nuvem, local, híbrido), é compatível com múltiplas linguagens de programação e frameworks. Essa agnosticidade tecnológica garante que a RADIANT seja adaptável a diferentes contextos organizacionais e tecnológicos, promovendo maior flexibilidade e longevidade.
3. Como projeto de software pode ser aplicado na tecnologia desejada.
4. A modularização permite implementar conceitos de transparência (localização, plataforma, ferramentas, métodos, tecnologias etc...)
5. Sim, mas como a tecnologia está sempre evoluindo, se a RADIANT não for nesse sentido, pode correr o risco de ficar obsoleta.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 21: Considerando que ser aberta signifique que a RADIANT permite que outros atores e/ou sistemas do ecossistema (externo) às defesas civis possam ser integrados a processos decisórios e/ou na execução computacional de certas funcionalidades, você concorda que a RADIANT é aberta?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 6 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. A estrutura apresentada na RADIANT, permite integralmente a participação em todas as fases da aplicação, inclusive na execução computacional de certas funcionalidades, como por exemplo de empresas de construção de infraestruturas (túneis, estradas, pontes, barragens, mineradoras, etc). Devido a expertise de integrantes de empresas particulares, eles terão acesso a tecnologias, máquinas e outros elementos melhor adequados a solução pretendida.
2. Sim, a RADIANT é aberta, pois sua arquitetura e funcionalidades permitem a integração de outros atores e sistemas externos ao ecossistema das defesas civis, tanto nos processos decisórios quanto na execução computacional de funcionalidades.
3. Plenamente. O sistema aberto pode trazer os benefícios de melhoria contínua no monitoramento e alerta de sistemas.
4. Sim, desde que sua natureza não possa ser modificada, seus propósitos básicos não sejam alterados, o fato de ser "aberta" pode ajudar na sua maior adaptabilidade regional, por exemplo.
5. Sim, concordo que a RADIANT deve ser aberta.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 22: Considerando-a a importância de existir uma arquitetura de referência para processos e sistemas de apoio à decisão projetada para gestão de DN, você concorda que a RADIANT é relevante?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Entre as funcionalidades faltantes a necessidade de ferramentas de previsão de cenários, especialmente úteis em contextos como os problemas de alagamento em Blumenau e Rio do Sul. Essas ferramentas poderiam utilizar dados históricos e modelos climáticos para prever áreas críticas e planejar ações preventivas. Outra funcionalidade relevante seria a integração avançada com

- dispositivos IoT, permitindo o monitoramento em tempo real de níveis de rios e condições meteorológicas, ampliando a precisão dos dados analisados.
2. Concordo integralmente, acreditando que a dificuldade para implantação e difusão dos novos conhecimentos ficam por conta do convencimento da autoridade decisora, em conjunto com a falta de profissionais capacitados nas estruturas de defesa civil, da rotatividade de funcionários e interferência política.
 3. Sim, a RADIANT é altamente relevante como uma arquitetura de referência para processos e sistemas de apoio à decisão projetados para a gestão de desastres naturais (DNs). Essa relevância destaca a RADIANT como uma ferramenta essencial para aprimorar a preparação, a resposta e a recuperação em cenários de desastres.
 4. Sem dúvida muito relevante. Além disso, conforme a apresentação muitos profissionais da defesa civil contribuíram com o desenvolvimento deste modelo, que poderá servir de base conceitual para inúmeros domínios de aplicação.
 5. Sim, sua relevância fica cada vez mais evidente com o aumento de DNs "improváveis" (como eventos de 30 a 100 anos de recorrência) ocorrendo com maior frequência atualmente. Sua aplicabilidade torna-se a cada dia, mais necessária.
 6. Sim, concordo que a RADIANT é relevante.
 7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 23a: Considerando os sete módulos gerais, funcionalidades e suas inter-relações, na RADIANT, favor avaliar sua satisfação em relação a aplicabilidade relativa aos módulos:

Obtivemos 16 respostas:

1. Todos os módulos apresentam alta aplicabilidade em cenários de gestão integrada e inteligência operacional. A satisfação geral estará relacionada à eficiência das inter-relações e à capacidade de cada módulo em atender suas funções específicas de forma integrada.
2. Elementar e fundamental; 2. Essencial; 3. Garante a acessibilidade de forma rápida e eficaz; 4. Essencial; 5. Fundamental para fornecer opções na tomada de decisão; 6. Essencial; 7. O monitoramento é essencial tanto para garantir a eficácia das decisões tomadas quanto corrigir possíveis erros.
3. Satisfeito
4. Gostaria de uma diretriz de interface descrita no módulo de interação com Usuário. Explicando requerimentos de usabilidade e eficiência.
5. Cabe ressaltar que a falta de experiência com a ferramenta pode expressar uma avaliação parcial, já que a base é devido a experiência na área e com o uso de outras ferramentas. Porém, dentro de uma avaliação teórico-acadêmica, me parece que a distribuição modular, dentro do conjunto de funcionalidades é bastante completa, com grande possibilidade de aplicabilidade prática.
6. A arquitetura proposta para a RADIANT é robusta, bem estruturada e cobre as principais necessidades de um sistema de suporte à decisão para gestão de desastres naturais (DNs). A combinação dos sete módulos faz da RADIANT uma arquitetura abrangente, escalável e eficaz para suporte à decisão em desastres naturais. As inter-relações entre os módulos garantem que todas as fases do processo, desde a coleta de dados até a supervisão da execução, sejam tratadas de forma integrada e eficiente.
7. Como sistema como um todo foi bem elaborado pensando na inter-relação entre os módulos. Com isto parece-me atender ao que se propõe.
8. Satisfatoriamente abrangente e integrado. Aparentemente atende aos objetivos.
9. Todos os módulos são muito importantes para um sistema de monitoramento. Entre eles, em situação de crise, o módulo de comunicação parece ser fundamental no sentido de que os dados/informações devem chegar na hora certa às pessoas certas e sem erros.
10. Os Módulos 1 e 2 são importantes pela sua interação com a população-alvo, tanto da confiabilidade dos dados de entrada do sistema como das informações corretas de saída do RADIANT. Os demais Módulos internos "de trabalho" têm a sua importância pela dependência das análises e avaliações feitas pelos "experts" (técnicos e cientistas), gestores e políticos, nos processos de tomada de decisão quanto à abordagem e enfrentamento de cada DN ou outra ação requerida.
11. Isto teria que ser checado nos órgãos operativos para verificar a aplicabilidade relativa aos módulos. Teria que ficar flexível para ajustes.
12. coerente
13. Se faz necessário a aplicação deste modelo.

14. Ótimo!
15. Os módulos parecem ser adequados a uma questão de defesa civil
16. Acredito que muitos sistemas já existem, o que precisa acontecer é uma interoperabilidade entre os sistemas existentes.
17. A proposta necessita ser testada na prática.

Questão 23b: Há módulos faltantes ou desnecessários? 17 não e 11 com sugestões.

1. Talvez um módulo interno para comunicação entre setores da, por exemplo, defesa civil.
2. Uma sugestão. Ferramentas para a geração de informações padronizadas para órgãos de imprensa e publicação do portal da Defesa Civil.
3. O software é algo que está sempre mudando e aprimorando, como a vida de novas tecnologias. Poderia especificar mais os módulos de ocorrências, previsão do tempo.
4. A primeira vista, não. No entanto, só com a aplicação prática, em situações hipotéticas e reais vai determinar a necessidade de correção e implementação.
5. Como pouco conhecedor do assunto acredito que todos os módulos são relevantes
6. acredito que, conforme o vídeo, não falem módulos e se não modular não existem módulos desnecessários.
7. A estrutura apresentada com os sete módulos cobre de forma abrangente as principais funcionalidades necessárias para o sistema RADIANT. No entanto, é possível considerar a adição de um Módulo de Segurança e Conformidade, dedicado exclusivamente à proteção de dados e à aderência a normas como a LGPD, garantindo maior robustez no tratamento de informações sensíveis. Além disso, um Módulo de Aprendizado Contínuo poderia agregar valor ao sistema, permitindo otimizações baseadas em aprendizado de máquina para melhorar decisões futuras e se adaptar a novos desafios. Nenhum dos módulos existentes parece desnecessário, mas o Módulo de Suporte Geral pode ser revisado para identificar possíveis sobreposições de funcionalidades com outros módulos, como a integração de chatbots ao Módulo de Interação com Usuário
8. Eu acredito que o Módulo de Planejamento de Execução é redundante em comparação com os módulos de análise e supervisão, e suas atividades poderiam ser facilmente integradas ou substituídas entre cada módulo.
9. A arquitetura atual é funcional e suficiente.
10. Módulo de integração de sistemas.
11. Parece-me que os módulos são bem completos.

Questão 24. Há funcionalidades faltantes ou desnecessárias? 22 não e 7 com sugestões.

22 - Não

1. Além de um módulo interno, talvez seja necessário um módulo de funcionalidades robustas que funcionam com ausência de conexão à internet. Devido à interferência que surge de muitos desastres naturais.
2. Não há módulos faltantes. Destaco a importância de conter todas as informações relevantes à cada módulo, que não estão descritas inicialmente. Em cada módulo devem se abrir diversos outros menus e opções para que o RADIANT seja eficaz.
3. Entre as funcionalidades faltantes a necessidade de ferramentas de previsão de cenários, especialmente úteis em contextos como os problemas de alagamento em Blumenau e Rio do Sul. Essas ferramentas poderiam utilizar dados históricos e modelos climáticos para prever áreas críticas e planejar ações preventivas. Outra funcionalidade relevante seria a integração avançada com dispositivos IoT, permitindo o monitoramento em tempo real de níveis de rios e condições meteorológicas, ampliando a precisão dos dados analisados.
4. Gestão de Ocorrência e Gestão de Evento
5. Como se trata de um arcabouço acredito que tem que trazer mais itens o possível e adaptar ao projeto.
6. Creio que sim, já especifiquei em questões anteriores.
7. A funcionalidade dependerá dos órgãos operativos (Defesa Civil)

Questão 25. Há fluxos lógicos incorretos de inter-relação entre módulos ou funcionalidades? 21 não e 2 com sugestões.

21 - Não

1. Como profissional de TI acredito que pode ocorrer ajustes durante o processo de implantação
2. A funcionalidade dependerá dos órgãos operativos (Defesa Civil)

Questão 26: Com base nas demonstrações dos protótipos e em se considerando o como todo um DN é atualmente tratado pela defesa civil e seus atores, você concorda que um DSS como esse melhora a forma como ações integradas (frutos de decisões entre os devidos atores) são realizadas quando de um DN?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 8 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Desde que existam filtros de ações regionais (que são 20 no estado) e filtros municipais, que possibilitem a interação local, concordo.
2. No papel, essa blueprint seria interessante no desenvolvimento de DSS e também na criação de demandas para aplicações. Porém, deve ser considerado a alta complexidade e falta de exemplos práticos.
3. A integração das informações de possível uso vai agilizar o entendimento dos fatos e daquilo que é necessário; O emprego de novas tecnologias com ferramentas desenhadas para um objetivo específico (desastres), vai capacitar de forma mais ágil os gestores/decisores dos processos envolvidos; A ampliação dos grupos de acesso as informações dará maior capacidade de resposta aos atendentes da área operacional; A possibilidade de evolução e melhor capacitação para futuros atendimentos.
4. Sim, um DSS derivado da RADIANT pode melhorar significativamente a forma como as ações integradas são realizadas durante a gestão de DNs, em termos de: Rapidez e confiança nas decisões; Melhor integração com atores; Acesso centralizado e simplificado à informação; Ações mais coordenadas e eficazes; Mesmo sem uso extensivo prévio, as demonstrações e protótipos já indicam que a RADIANT tem o potencial de transformar a gestão de DNs de maneira mais integrada e proativa.
5. Acredito que um software que possa integrar tudo isso seria interessante. Embora nem tudo vai para o computador, certas decisões são tomadas em reuniões pessoais, e nem tudo seria rápido de ir para o computador. Mas pode-se pegar processos mais formalizados e tornar software e ser bem útil, pois cada local tem sua necessidade e o arcabouço poderá ajudar a cada região estudá-lo e decidir o que usará.
6. sim, o protótipo permite integrar diversas informações em tempo real.
7. Acredito que só haverá melhora na percepção da população quanto a RADIANT a partir da sua aplicabilidade em situação real, e "exaustiva" explicação do sistema utilizado, de forma simples e objetiva, à população.
8. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 27. Com base nas demonstrações dos protótipos e em se considerando o como um DN é tratado pela defesa civil e seus atores, você concorda que os DSS derivados proporcionaram uma ideia suficiente e correta de como um DN passaria a ser tratado pela defesa civil e demais atores em termos de fluxos funcionais e das diversas ações serem realizadas de forma digital, integrada, governada e auxiliada pelo computador?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Sim. o sistema possibilita a integração intersetorial e a comunicação (dois maiores problemas de gestão de DNs) fornecendo suporte para a tomada de decisões.
2. Não há como discordar da importância do uso da tecnologia para melhorar o atendimento de desastre de forma integral. No entanto, os Sistemas de Suporte à Decisão e seus derivados não são suficientes, ao menos inicialmente, para garantir que a empregasse os fluxos funcionais e ações serem realizadas de forma digital, integrada, governada e auxiliada pelo computador, em especial pelo acesso, entendimento e abrangência das decisões a serem executadas, principalmente no campo operacional.
3. Os DSS derivados da RADIANT apresentaram uma visão clara e prática de como os fluxos funcionais e as ações integradas poderiam ser realizadas de forma digital, integrada, governada e auxiliada pelo computador. Isso representa uma melhoria significativa em relação aos métodos atuais de gestão de DNs, e as demonstrações foram suficientes para comunicar essa transformação aos usuários.
4. Gostei dos protótipos, muito bonita e fácil de usar e parece atender a proposta.
5. Para cada caso há suas especificidades, todos estes aspectos devem ter configurados (reconfigurados) conforme o seu uso.
6. Há sempre um degrau entre a "nova" tecnologia e a tecnologia "atual" (utilizada a mais tempo). Modificar e adquirir credibilidade demanda tempo e estratégia.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 28: Você concorda que faz sentido usar o DSS como base para treinamento de pessoal sobre como atuar diante de DN's?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Sem sombra de dúvidas um sistema onde você possa simular eventos adversos é fundamental para a prática da tomada de decisão.
2. Não ficou claro completamente o escopo do módulo de treinamento, por exemplo, faria sentido alguém em treinamento abrir uma ocorrência que pede aprovação de diversos núcleos públicos?
3. O conhecimento resolve problemas, só se melhora com educação. De forma arcaica já é usado por diversas corporações.
4. Usar o DSS derivado da RADIANT como base para treinamento é uma estratégia lógica e eficaz, pois, oferece simulações realistas, ensina fluxos funcionais claros e bem definidos. Facilita a colaboração entre atores e equipes, garante feedback objetivo para melhoria contínua, essa abordagem prepara o pessoal para lidar com DN's de forma integrada, governada e eficiente, reduzindo erros e aumentando a eficácia operacional em situações reais.
5. Acho que tem um grande potencial de uso para os simulados que são realizados a cada ano,
6. Sim. Nesse sentido, a RADIANT também é uma ótima ferramenta.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 29: Você concorda que a RADIANT potencializa um maior desenvolvimento de um ecossistema de desenvolvedores de soluções de software de apoio à gestão de DN's à medida que permite que elas sejam "plugadas" no ambiente do DSS?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. sim
2. Disponibilizar a possibilidade de acesso a novas tecnologias por meio de empresas e startups pode gerar um novo ciclo para pensar desastres de forma integral.
3. Sim, concordo que a RADIANT potencializa o desenvolvimento de um ecossistema de desenvolvedores de soluções de software de apoio à gestão de desastres (DN's). A arquitetura modular, aberta e escalável da RADIANT favorece que novas soluções sejam criadas, integradas e personalizadas para atender às demandas específicas da gestão de DN's.
4. Não saberia avaliar.
5. Acredito que a RADIANT pode ser uma eficiente base para a modelagem e implementação de sistemas de monitoramento de desastres naturais.
6. Sim. É uma ótima oportunidade aos desenvolvedores de software.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 30: Você concorda que a RADIANT pode ser utilizada como um roteiro (roadmap de módulos/funcionalidades) globalmente coerente e padronizado para guiar as defesas civis na evolução futura do ambiente geral de tomada de decisão atualmente utilizado?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 6 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Sim, porém será necessário organizar a proposta e simplificar diversas explicações sobre. Além disso, a criação de um roadmap oficial seria benéfico para o desenvolvimento com base na RADIANT.
2. É uma proposta que certamente vai motivar outros profissionais a pensar o desastre sobre outra ótica.
3. Sim, concordo que a RADIANT pode ser utilizada como um roteiro (roadmap) globalmente coerente e padronizado para guiar as defesas civis na evolução futura de seus ambientes gerais de tomada de decisão.
4. A RADIANT permite a modelagem e a implementação de sistemas de forma interativa e modular.
5. Sim. A RADIANT pode ser utilizada em qualquer lugar do mundo onde houver um DN, por exemplo, nos recentes DN's nas cidades de Paiporta, Valência e Málaga, na Espanha.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 31: Você concorda que empresas de software de soluções para DN's podem gerar novas soluções de software de forma mais alinhada às necessidades, de forma mais rápida, com menos custo e menos risco, a partir do momento que podem utilizar a RADIANT como um roteiro (roadmap) globalmente coerente e padronizado de desenvolvimento de novos módulos/funcionalidades.

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Não sei se mais rápida e com menos custo. Mas com certeza será mais alinhada as necessidades e terá menos risco.
2. O mais difícil é começar e colocar a ideia no papel de forma a expô-la à críticas. A partir deste momento se torna menos difícil criticar e até aplicar uma nova visão.
3. Sim, concordo plenamente que empresas de software especializadas em soluções para desastres (DNs) podem desenvolver novas soluções de forma mais alinhada às necessidades, rápida, econômica e com menos risco utilizando a RADIAN como um roteiro (roadmap) globalmente coerente e padronizado.
4. sem dúvida, o modelo oferece as informações mais relevantes para o levantamento de RF e RNF aplicáveis ao sistema de monitoramento
5. Sim. A adaptabilidade é um dos pontos fortes da RADIAN.
6. Não tenho conhecimento aprofundado.
7. Toda estrutura de suporte e de sistematização dos dados e das ações ajudam.

Considerando a RADIAN em si e os protótipos derivados a partir dela:

Questão 32. Quais são os principais pontos fracos, limitações ou recomendações de melhoria para a RADIAN, na sua opinião?

1. Creio que aqui faltou trazer mais exemplos do funcionamento geral
2. Pode haver dificuldades em adaptar a interface para diferentes tipos de usuários e cenários de uso, problemas de compatibilidade e segurança ao integrar com diversos sistemas externos, etc.
3. Só colocando em prática pra saber.
4. Entendo que a solução de software apresentada até agora está alinhada a arquitetura
5. consultar municípios.
6. Um dos principais pontos fracos é ser muito generalista. Porém, como uma base de referência é natural que derivados especializados em desastres específicos surjam a partir dela. Além disso, a explicação para servidores com menor conhecimento técnico em deixa muito a desejar.
7. Buscar um decisor para implantá-la como laboratório. Já possui um plano de formação do grupo que irá ser responsável pela implantação. Conforme os desastres forem surgindo, a divulgação dos resultados, em comparação com caso anteriores, dará maior ou menor impulso na evolução da implantação.
8. A RADIAN é uma proposta muito bem estruturada, mas pode ser fortalecida ao: Simplificar a implementação inicial. Incorporar tecnologias emergentes. Engajar mais diretamente as comunidades. Desenvolver ferramentas específicas para cenários multiriscos. Essas melhorias garantiriam maior aplicabilidade, eficácia e relevância da RADIAN em diferentes contextos de gerenciamento de desastres.
9. :)
10. Talvez trazer itens mais detalhados de situações como exemplo.
11. Como se comportaria em situação críticas do ponto de vista do abastecimento de energia e acesso a internet
12. Validação na prática, ou seja, na Defesa Civil durante um evento.
13. Módulo de Planejamento de Execução parece ser redundante.
14. Acredito que os pontos fracos da RADIAN aparecerão na medida do seu uso em tempo real.
15. Creio que poderia fazer uma checagem na Defesa Civil para ver a funcionalidade do RADIAN.
16. Não identifiquei pontos fracos.
17. Sem opinião formada
18. Acredito que seja contemplar a Gestão de Ocorrência e Gestão de Evento
19. Apenas uma recomendação quanto à definição do RADIAN para os ditos "desastres naturais". Sugiro incluir a expressão desastres naturais e tecnológicos, ou apenas desastres. Desta forma, o RADIAN estaria englobando todos os desastres enumerados na Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE).
20. Não consigo opinar, visto que, não atuo diretamente nos fluxos da defesa civil
21. Nada a declarar
22. Devido a Emergência a comunicação deve ser imediata.
23. Habilidade das equipes, uma vez que boa parte é trocada a cada 4 anos. Fazer o aplicativo rodar e alimentá-lo quando estamos sem internet.

24. Eu acho que o ponto fraco em si é a própria defesa civil como praxe órgãos públicos são ineficientes por natureza e isso pode ser um agravante nesse processo acredito que deveria ser incluir iniciativas privadas para auxiliar
25. Não tenho conhecimento aprofundado.
26. Sempre será a capacidade da equipe em praticar
27. Complexidade
28. Não tenho conhecimento técnico para tal

Questão 33. Quais são os principais pontos fortes, vantagens ou sugestões de melhoria na *RADIAN*, na sua opinião?

1. Pontos Fortes e Vantagens: A RADIAN possui flexibilidade modular, integração entre sistemas, e capacidade analítica robusta, o que facilita adaptação a diferentes cenários e tomada de decisão eficiente. Sugestões de Melhoria: Incluir previsão de cenários e integração com IoT para monitoramento em tempo real, além de revisar possíveis redundâncias entre módulos, como chatbots e armazenamento de dados.
2. Capacidade de integração com sistemas externos, gestão de grandes volumes de dados, capacidade de fornecer análises que vão auxiliar nas tomadas de decisão, etc.
3. Só colocando em prática pra saber.
4. A simplicidade de visualização e tomada de ação é o principal ponto forte da RADIAN
5. modularidade, capacidade de integração com outros sistemas, condensação de informações em uma única plataforma.
6. Aglomerar a informação e criar uma certa comunidade de órgãos públicos voltados a desastres naturais é algo muito importante.
7. Entendo que a estrutura é muito boa, tem-se que implantar para evidenciar o que é bom, e o que tem que melhorar.
8. A RADIAN é uma arquitetura sólida e abrangente, mas algumas áreas podem ser otimizadas: Reduzir a dependência de dados externos de alta qualidade. Simplificar a implementação inicial para defesas civis menos maduras tecnologicamente. Priorizar funcionalidades essenciais para diferentes perfis de uso. Expandir o suporte para engajamento comunitário e gestão de cenários multirrisco. Essas melhorias ajudariam a ampliar a aplicabilidade e eficácia da RADIAN, consolidando-a como uma referência ainda mais robusta para a gestão de DN's.
9. :)
10. É uma abordagem inovadora, não lembro de ter visto um arcabouço de software para Defesa Civil, e ainda mais tão abrangente.
11. Integração de diferentes agentes e processos
12. Proposta baseado em módulos, permite a flexibilidade, integração, escalabilidade, tecnologias abertas entre outros.
13. A habilidade de absorver informação de múltiplas fontes
14. Acredito que a cada utilização da RADIAN, seja em testes concretos (simulação de eventos passados), o sistema vai se fortalecendo.
15. Por si só a proposta do RADIAN uma inovação positiva.
16. Principais pontos fortes: abrangência e atendimento às necessidades
17. Sem opinião formada
18. O principal ponto forte é ser uma arquitetura de referência que pode evoluir até para um termo de referência afim de auxiliar em licitações
19. Gestão integrada de informações, união de todas as fases do ciclo de gerenciamento de riscos e desastres em uma só "plataforma", informatização dos processos, apoio técnico para tomada de decisões.
20. Agilidade na comunicação e o processo de tomada de decisão
21. Nada a declarar
22. O modelo organizacional.
23. A oportunidade de visualizar dados de outros setores e tomar decisões sem se reunir presencialmente.
24. Ser uma plataforma centralizada em casos de ações facilita bastante o processo e esse é o principal Ponto forte acredito que deva se permitir a inclusão de plugins e ferramentas externas de API
25. Não tenho conhecimento aprofundado.
26. A existência de uma estrutura de sistematização.
27. Completude, agnoscidade e escalabilidade

28. Não tenho conhecimento técnico para tal

Questão 34. Quais seriam as vantagens ou melhorias que o uso de um DSS como esse na sua organização, na sua opinião?

1. Vantagens: Agilidade na tomada de decisões, maior precisão analítica e integração eficiente de dados. Melhorias: Melhor gestão de riscos e planejamento estratégico mais adaptado às demandas específicas da organização.
2. Implementar a RADIAR na Defesa Civil de Blumenau pode melhorar significativamente a gestão de desastres naturais, oferecendo análises precisas para decisões informadas, centralização e segurança de dados, comunicação eficiente com sistemas externos, planejamento detalhado e flexível, monitoramento em tempo real e suporte técnico contínuo. Essas melhorias aumentam a eficiência, precisão e rapidez na resposta a emergências, transformando a capacidade de gestão da Defesa Civil.
3. Que todos cumpram suas funções de forma segura
4. Na minha organização apoiaria na tomada de decisão para preservar os colaboradores dos impactos gerados por DNs
5. capacidade de integração com outros sistemas, condensação de informações em uma única plataforma. integração com órgãos estaduais a nível regional
6. Principalmente, diminuir o tempo de resposta da população diante a um desastre natural.
7. Creio que a principal restrição é cultural, onde a resistência dos integrantes dos Corpos de Bombeiros e Defesas Cíveis pode ser uma barreira para implantação. Ver a possibilidade de implantar em uma prefeitura que esteja aberta a novas ideias.
8. O uso de um DSS baseado na RADIAR traria à organização as seguintes vantagens: Maior rapidez e precisão nas decisões. Integração mais eficaz de dados, atores e ações. Redução de erros e maior eficiência no uso de recursos. Aumento da transparência e aprendizado contínuo. Essas melhorias tornam a gestão de DNs mais proativa, organizada e impactante, reduzindo os danos e salvando vidas.
9. :)
10. Pode melhorar com novas tecnologias, integrações, colaboração de participantes.
11. Integração de diferentes agentes e processos
12. Organizar os dados/informações e a tomada de decisão durante um evento climático
13. Eu não sei dizer
14. Não tenho como opinar nesse aspecto.
15. A vantagem seria na organização e o planejamento dos órgãos operativos.
16. Auxiliar todo o processo de planejamento e atendimento às ocorrências.
17. Unificação e homogeneidade da operação
18. ---
19. As melhorias seriam as já mencionadas no item 33, principalmente vinculadas à melhor gestão das COMPDEC's locais no gerenciamento de ações que fazem parte do ciclo da proteção e defesa civil.
20. Não consigo opinar, visto que, não atuo diretamente nos fluxos da defesa civil
21. O suporte do uso de um DSS permite a segurança nas decisões.
22. Comunicação
23. Na minha organização não dispomos de equipe com capacidade técnica para usá-lo. Alguns funcionários mal sabem usar o celular para mandar mensagem.
24. É relevante para todos estar integrado ajuda uma boa coordenação
25. Não tenho conhecimento aprofundado.
26. Auxiliar na organização e na tomada de decisão.
27. Não se aplica
28. Não tenho conhecimento técnico para tal

Questão 35: Quais seriam os principais obstáculos na sua organização para a implantação de um DSS desse tipo, na sua opinião?

1. A implantação de um DSS desse tipo enfrenta vários obstáculos organizacionais significativos. Primeiramente, a resistência à mudança por parte de colaboradores e gestores pode dificultar a adoção do sistema, especialmente se não houver um programa robusto de treinamento e capacitação. Além disso, limitações orçamentárias podem restringir os investimentos necessários em infraestrutura tecnológica e contratação de especialistas. Outro desafio importante é a integração com sistemas legados, que frequentemente não são compatíveis ou apresentam dificuldades

- técnicas para compartilhar dados. Problemas relacionados à qualidade dos dados, como inconsistências ou falta de padronização, também podem comprometer a eficácia do sistema. Por fim, questões de governança e segurança da informação, como conformidade com a LGPD, exigem planejamento e adequação rigorosa, o que pode gerar custos e atrasos adicionais.
2. Investimentos significativos em infraestrutura tecnológica e treinamento de pessoal, integração complexa com sistemas existentes, garantia de segurança e privacidade dos dados, resistência à mudança por parte dos usuários, adaptação do sistema às especificidades locais e a manutenção contínua para garantir a eficácia e atualização do DSS entre outros.
 3. Talvez resistência em relação a mudanças.
 4. Seríamos apenas usuários dos informativos.
 5. Redução da visão regionalizada de gestão de desastres, abrindo um caminho ainda duvidoso nas capacidades apoio aos municípios, conhecimento das peculiaridades regionais e locais. Ainda questões político burocráticas e resistências pessoais.
 6. Tempo, dinheiro e boa vontade
 7. Carência de pessoal para destinação específica ao projeto; Cultura institucional avessa a mais atribuições; Questão hierárquica, onde o de maior grau, nem sempre é a opção adequada.
 8. A implementação de um DSS baseado na RADIANT em uma organização, como uma defesa civil, enfrenta alguns obstáculos que podem ser categorizados em desafios técnicos, financeiros, organizacionais e culturais.
 9. :)
 10. Acredito que as pessoas poderão ter resistência no uso, e preferirem usar algo rápido ou que já conheçam ou o que é mais fácil para si.
 11. Pessoas capacitadas
 12. Conscientização dos órgãos públicos. Investimento inicial.
 13. O alcance da Uniasselvi para além de SC
 14. Não tenho como opinar nesse aspecto.
 15. Obstáculos poderia ser a complexidade teórica com a prática do dia a dia.
 16. Resistência das pessoas
 17. Sem opinião formada
 18. ---
 19. Custo financeiro, treinamento da equipe para utilizá-lo.
 20. Não consigo opinar, visto que, não atuo diretamente nos fluxos da defesa civil
 21. É necessário o convencimento dos Gestores da Defesa Civil.
 22. Não sei.
 23. Equipe reduzida, pouca qualificação, rotatividade de equipe.
 24. Cultura e irracionalidade humana
 25. Não tenho conhecimento aprofundado.
 26. Treinamento da equipe ligada a operação.
 27. Não se aplica
 28. Não tenho conhecimento técnico para tal

Questão 36. A definição do processo de derivação e instanciação da RADIANT faz sentido? Há alguma nova regra de negócio e tecnológico a ser incluída? 21 pessoas dizem que sim faz sentido e que não houve alguma nova regra de negócio e tecnológico a ser incluída e 9 com sugestões de novas regras.

1. Sim, a definição do processo de derivação e instanciação da RADIANT faz sentido, pois oferece uma estrutura modular e escalável que facilita a criação de DSSs específicos para diferentes organizações e contextos. No entanto, algumas regras de negócio e tecnológicas poderiam ser incluídas ou ajustadas para aumentar a clareza, eficiência e aplicabilidade do processo.
2. Acredito que cada setor, ou problema haverá várias novas regras de negócio. Mas em nível macro parece estar atendido.
3. A definição do processo de derivação e instanciação da RADIANT é coerente, pois permite a personalização dos módulos e funcionalidades de acordo com as necessidades específicas de cada aplicação, o que é essencial em sistemas complexos como este. No entanto, para aprimorar a eficiência e aderência às boas práticas, seria interessante incluir novas regras, como a escalabilidade modular, que garante que os componentes possam ser expandidos ou reduzidos conforme a demanda, e a compatibilidade com normas, assegurando que o sistema esteja alinhado às legislações, como a LGPD. Além disso, a integração com envolvidos no processo de derivação é fundamental para que as soluções atendam às reais necessidades dos usuários. Por fim, a adoção

de mecanismos automatizados de monitoramento e ajuste de desempenho dos módulos pode garantir maior robustez e eficiência na operação, elementos essenciais para o sucesso em sistemas de suporte à decisão.

4. Sim, ambas fazem sentido. Quanto a regra de negócio, talvez o fato de aproveitar o patrocínio de empresas (públicas ou privadas) com base na Lei Geral de Proteção de Dados.
5. Isto teria que ser checado na Defesa Civil.
6. Justificativas: Regras de negócio para governança, priorização de módulos e capacitação. Regras tecnológicas para interoperabilidade, cenários multirrisco e sustentabilidade. Essas adições tornariam a RADIANT ainda mais eficiente, garantindo que os DSSs derivados atendam plenamente às necessidades das organizações e mantenham sua relevância a longo prazo.
7. Acredito que essas questões ficam mais claras no momento da modelagem. Por se tratar de uma referência, acho que está bem atendido.
8. Não tenho como opinar nesse aspecto.
9. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 37. A RADIANT poder atender diferentes cenários para o desenvolvimento / implementação de DSS voltados para o Gerenciamento de DN?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. conforme o vídeo sim.
2. Com certeza pode atender diversos cenários, por ser generalizada. Mas sua eficiência em atender diversos tipos de cenários especializados deve ser testada.
3. Conforme já me manifestei, a aplicação dela só para Desastres Naturais é restritiva, ela tem inúmera aplicações.
4. Sim, a RADIANT pode atender diferentes cenários de desenvolvimento e implementação de DSSs voltados para o gerenciamento de desastres (DNs), graças à sua estrutura modular, escalável e flexível.
5. A modularização vai permitir a configuração para vários cenários de atuação.
6. Há uma variada gama de eventos na qual a RADIANT pode ser utilizada.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 38. O uso da RADIANT contribui para o aumento da confiança da especificação e desenvolvimento de DSS para o Gerenciamento de DN?

Entre **as principais justificativas** podemos destacar 7 respostas sendo elas apresentadas abaixo:

1. Sim, em especial pela amplitude do uso de gestores de diversas instituições e possibilidade de acesso ao maior número e volume de informações disponíveis e de forma rápida.
2. Sim, o uso da RADIANT contribui significativamente para o aumento da confiança na especificação e no desenvolvimento de DSSs para o gerenciamento de desastres (DNs).
3. Dependerá das pessoas envolvidas
4. Acredito que esta resposta vem com a experiência de uso. Mas certamente traz uma base teórica muito importante.
5. Sim, porque, com o aumento da frequência crescente dos DNs, sua utilização poderá obter maior visibilidade, aplicabilidade e aumento de credibilidade.
6. Acredito que RADIANT também contribui para uma visão mais ampla da funcionabilidade e o desenvolvimento de DSS para o Gerenciamento de DN.
7. Não tenho conhecimento aprofundado.

Questão 39. Quais outras sugestões você recomendaria para a proposta desta tese que idealizou a RADIANT?

1. Se possível, incluir estudos de caso detalhados que demonstrem a aplicação prática do sistema em diferentes cenários de desastres naturais, além de uma análise comparativa com outras soluções existentes no mercado. Também seria útil explorar a integração com a inteligência artificial por exemplo, para aprimorar a coleta de dados e a tomada de decisões. Um plano de implementação escalável que inclua o treinamento contínuo e suporte técnico, entre outros.
2. trazer de forma menos técnica a informações para as municipalidades a fim de se ter um feedback a nível local.
3. Para ser sincero, só assisti o vídeo por cima. Recomendo uma simplificação e uma apresentação mais dinâmica. A melhor parte da apresentação, os protótipos visuais só são mostrados no final. Disponibilizar uma apresentação em texto também é interessante.

4. Quando da apresentação da tese, convidar vários conhecedores do tema, bem como usar a mídia para divulgação.
5. A RADIAR já é uma proposta sólida, mas para fortalecê-la ainda mais, algumas melhorias poderiam ser feitas: Definir Cenários-Tipo: Crie exemplos práticos para guiar o desenvolvimento de DSSs em contextos como enchentes ou deslizamentos. Usar Tecnologias Avançadas: Inclua IA e drones para melhorar análises, monitoramento e transparência. Engajamento Comunitário: Adicione ferramentas para coletar dados e feedback das comunidades afetadas. Avaliação Econômica: Inclua funções que estimem custos de desastres e os benefícios de ações preventivas. Foco na Resiliência: Estenda a RADIAR para planejar recuperação sustentável e adaptação climática. Cenários Multirrisco: Ajuste a RADIAR para lidar com desastres simultâneos ou inter-relacionados.
6. Acredito que na tese deverá ter, mas segue como sugestão de trazer as siglas em um glossário, algumas eu tive de pesquisar para entender. Se possível ver a possibilidade de prototipar mais, eu gostei das telas que foram criadas. Penso que outros módulos mais nível micro deverá ser um trabalho a parte de longa duração, que acredito que seria algo para futuros trabalhos. Parabéns pela tese, bom trabalho.
7. Na medida do possível criar dashboard interativos.
8. Um sistema como a RADIAR precisa ser cada vez mais testado e utilizada.
9. Acredito que a proposta do RADIAR será uma evolução para ser aplicada num órgão operativo. No entanto, em muitas questões respondidas precisaria ter uma visão de como a Defesa Civil de Blumenau opera na prática. Sei que eles (Defesa Civil) responderão com maiores detalhes estas particularidades. Boa sorte no teu trabalho da Tese.
10. Parabéns, Pedro. Sucesso na sua Tese. Um grande abraço.
11. Parabéns pelo trabalho!
12. Sem sugestões a princípio, Como eu disse todo o processo deve ser adequado em sua implantação
13. Teste com ocorrências simuladas.
14. Simplicidade e objetividade na inserção de informações e na apresentação dos resultados.

APÊNDICE D – PRINCIPAIS CATEGORIAS E FUNCIONALIDADES PARA DN

Tabela 1: Principais categorias e funcionalidades de DSS e sistemas para DN

(Continua)

Categoria	Área/Funções	Referências
1. Monitoramento e Alerta	Alerta e Previsão: - Sistema de Alerta Antecipado para Eventos Sísmicos - Sistemas de Alerta Precoce - Monitoramento por Satélite - Determinação da Probabilidade/Intensidade - Análise da Evolução Temporal das Inundações Comunicação e Notificação: - Criação de Catálogo de Mensagens de Aviso - Sistema de Alerta Integrado com Redes Sociais - Sistema de Detecção de Terremotos no Twitter - Notificações Push para Conscientização Ambiental - Módulo de Alerta e Notificação - Central de Monitoramento, Notificações e Alertas Módulos de Monitoramento e Alerta: - Módulo de Monitoramento Hidrológico - Módulo de Alerta de Desastres Integração de Dados e Sistemas: - Integração com Sistemas de Informação Geográfica (GIS) - Integração de Múltiplas Fontes de Dados - Integração de Dados de Sensoriamento Remoto para Monitoramento Ambiental Coleta e Análise de Dados: - Coleta de Notícias Online - Análise de Dados Hidrológicos - Coleta e Geolocalização de Dados de Chamadas de Emergência - Coleta de Dados em Tempo Real de - Dados Históricos dos Sensores	Andersson e Hossain (2015); Velez e Zlateva (2018); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Ortiz <i>et al.</i> , (2024); Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Costa <i>et al.</i> , (2024); Ahmad <i>et al.</i> , (2013); Seal <i>et al.</i> , (2012); Furquim <i>et al.</i> , (2014); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016).

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
1. Monitoramento e Alerta	6. Mapeamento e Monitoramento: ○ Mapeamento da Localização dos Eventos ○ Mapeamento de Áreas de Risco ○ Atualização de Mapas de Risco de Inundações ○ Comparação com Cartografia Oficial ○ Exibição de Mapas de Anomalia Hidrográfica ○ Mapas de Precipitação Acumulada ○ Monitoramento e Vigilância ○ Monitoramento em tempo real ○ Módulo de Monitoramento do Ambiente Urbano e Rural ○ Módulo de Monitoramento Espacial ○ Monitoramento de Qualidade da Água em Tempo Real ○ Geolocalização para Identificação de Regiões Afetadas ○ Monitoramento de Tráfego de Aeronaves e Veículos ○ Monitoramento de Desastres com Drones e Veículos Aéreos Não Tripulados ○ Imagens de Observação da Terra em Tempo Real	Andersson e Hossain (2015); Velez e Zlateva (2018); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Ortiz <i>et al.</i> , (2024); Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Costa <i>et al.</i> , (2024); Ahmad <i>et al.</i> , (2013); Seal <i>et al.</i> , (2012); Furquim <i>et al.</i> , (2014); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016).
	7. Infraestrutura de Detecção: ○ Sensores para Medição de Temperatura e Gases Químicos ○ Monitoramento de Saturação e Drenagem do Solo	
2. Gestão de Desastres e Resposta a Emergências	1. Gestão de Recursos e Logística: ○ Gestão de Recursos ○ Gestão da Cadeia de Suprimentos em Desastres ○ Registros de Abrigos ○ Gestão de Doações em Espécie ○ Controle de Trabalho Voluntário ○ Controle de Inventário ○ Catálogo Inventário de Mantimentos ○ Logística e Distribuição de Suprimentos ○ Cadastro e Gerenciamento de Voluntários e Hospedagens	Husain <i>et al.</i> , (2016); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015); Matsuki e Hatayama (2024); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); Rasouli (2019); Sistemas: S2ID, CRISMA.

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
2. Gestão de Desastres e Resposta a Emergências	○ Recrutamento e Gerenciamento de Ajuda Humanitária 2. Comunicação e Coordenação: ○ Facilitação da Comunicação e Coordenação ○ Módulo de Comunicação em Tempo Real Módulo de Comunicação de Emergência ○ Tecnologias de Comunicação Móvel para Resposta a Emergências 3. Resposta e Atendimento: ○ Módulo de Atendimento Pronto-Socorro ○ Assistência Médica ○ Assistência Humanitária ○ Protocolos de Atendimento e Inventário ○ Atendimento de Resgate e Pronto-Socorro ○ Resposta Rápida e Mobilização ○ Ferramentas de Localização de Vítimas ○ Plataformas Motorizadas com Sensores para Resgate 4. Módulos de Gestão e Apoio: ○ Módulo de Gestão de Crises ○ Módulo de Avaliação de Danos ○ Módulo de Reabilitação de Infraestrutura ○ Módulo de Apoio Psicossocial ○ Módulo de Equipamentos e Recursos ○ Módulo de Coordenação de Resposta ○ Módulo Adaptativo Orientado ao Socorro 5. Resiliência e Adaptação: ○ Redes de Resgate e Resiliência ○ Sistemas Adaptativos em Gestão e Resposta a Desastres ○ Avaliação de Resiliência de Redes de Resgate ○ Sistemas de Gestão de Crises Gestão de Desastres Baseados em Realidade Virtual 6. Estrutura de Comando: ○ Estrutura de Controle e Comando Integrada Móvel (MICS) 7. Recomendações: ○ Recomendações Baseadas em Análises e Simulações ○ Agrupamento de Partes Interessadas	Husain et al. ,(2016); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015); Matsuki e Hatayama (2024); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); Rasouli (2019); Sistemas: S2ID, CRISMA.

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
2. Gestão de Desastres e Resposta a Emergências	8. Coleta, Análise e Simulação de Dados: ○ Coleta de Dados de Múltiplas Fontes ○ Análise de Dados em Tempo Real ○ Coleta de Dados Relevantes ○ Árvore de Decisão ○ Análise de Inter-relações entre Residentes ○ Simulações e Estudos de Caso ○ Análise do Impacto da Capacidade dos Equipamentos	Husain <i>et al.</i> , (2016); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015); Matsuki e Hatayama (2024); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); Rasouli (2019); Sistemas: S2ID, CRISMA.
	9. Planejamento e Otimização: ○ Planejamento de Rotas de Evacuação ○ Técnicas de Otimização ○ Otimização da Alocação de Pessoal de Busca e Resgate ○ Planos de Contingência ○ Planos de Ações Emergenciais ○ Mapas de Referência para Resposta a Crises	
3. Análise de Dados	1. Modelagem e Simulação: ○ Mapas Cognitivos Fuzzy ○ Lógica Fuzzy ○ Modelagem de Evacuação Humana ○ Otimização Baseada em Cenários ○ Análise de Sensibilidade ○ Modelo Digital de Terreno ○ Modelagem Matemática e Analítica ○ Simulação Baseada em Múltiplos Agentes 2. Aprendizado de Máquina e Inteligência Artificial: ○ Técnicas de Aprendizado de Máquina ○ Recursos de Inteligência Artificial (IA) ○ Aprendizado de Máquina ○ Análise Preditiva com Machine Learning ○ Algoritmos de Processamento de Linguagem Natural e Machine Learning ○ Sistema de Previsão de Inundações com Redes Neurais Artificiais ○ Automação e Inteligência Artificial 3. Análise e Classificação de Dados: ○ Análise de Acidentes de Trânsito ○ Classificação em BI ○ Mineração de Dados ○ Análise Cognitiva ○ Análise de Dados de Mídias Sociais para Desastres	Mohammadian e Yamin (2017); Lan <i>et al.</i> , (2024); Osório <i>et al.</i> , (2022); Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Arshad <i>et al.</i> , (2024); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Costa <i>et al.</i> , (2024); Yajima e Tanabe (2015); Velez e Zlateva (2018); Ye <i>et al.</i> , (2015); Xie <i>et al.</i> , (2023); Virtucio <i>et al.</i> , (2024); Rasouli (2019). Sistema: RiskPACC Project (2021);

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
3. Análise de Dados	4. Previsão e Modelos Preditivos: - Modelos de Seguros Sistemas de Previsão de Desastres com Big Data 5. Infraestrutura de Dados: - Data Warehouses e Data Marts 6. Tomada de Decisões: - Tomada de Decisões em Tempo Real 7. Sistemas de Suporte à Decisão (DSS): - Motores de Apoio à Decisão - Sistemas Baseados em Conhecimento - Sistema de Suporte à Decisão Colaborativo (CDSS) - Sistemas de Suporte à Decisão Baseado no Conhecimento (KBDSS) - Automação da Tomada de Decisão - Sistema Distribuído de Apoio à Decisão (DDSS) - Sistemas de Apoio à Decisão com Inteligência Coletiva - Sistemas de Apoio à Decisão para Gestão de Crises 8. Avaliação de Impacto: - Ferramentas de Análise de Impacto de Desastres em Infraestruturas Críticas	Mohammadian e Yamin (2017); Lan <i>et al.</i> , (2024); Osório <i>et al.</i> , (2022); Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Arshad <i>et al.</i> , (2024); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Costa <i>et al.</i> , (2024); Yajima e Tanabe (2015); Velez e Zlateva (2018); Ye <i>et al.</i> , (2015); Xie <i>et al.</i> , (2023); Virtucio <i>et al.</i> , (2024); Rasouli (2019). Sistema: RiskPACC Project (2021);
4. Comunicação e Colaboração	1. Comunicação e Interação: - Comunicação de Risco - Interação Cidadão-Proteção Civil - Comunicação / Interação com os Usuários - Interação entre Proteção Civil e Cidadãos - Notificações para Cidadãos com Necessidades Especiais 2. Colaboração e Redes: - Módulo de Redes Colaborativas - Trabalho Colaborativo - Colaboração em Tempo Real - Plataformas Colaborativas - Internacional para Resposta a Desastres - Plataformas de Colaboração para Gestão de Desastres 3. Análise e Gestão de Dados: - Análise e Gestão de Dados de Acidentes de Trânsito (DSS-TRAM) - Recursos de BI (Business Intelligence) - Identificação de Causas de Acidentes - Recomendações Baseadas em Dados 4. Planejamento e Simulação: - Planejamento Colaborativo e Orientado a Objetivos	Yajima e Tanabe (2015); RiskPACC Project (2021); Pottebaum <i>et al.</i> , (2016); Xie <i>et al.</i> , (2023); Osório <i>et al.</i> , (2022); Debnath <i>et al.</i> , (2024); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015).

Categoria	Área/Funções	Referências
4. Comunicação e Colaboração	○ Framework de GeoDesign ○ Ferramenta de Suporte ao Planejamento ○ Criação e Simulação de Cenários de Resiliência 5. Espaços de Informação e Suporte: ○ Módulo para Conectar Familiares pós um Desastre ○ Rede de Suporte 6. Comunicação e Alerta: ○ Sistema de Alerta Integrado com Redes Sociais ○ Comunicação e Coordenação Automatizada ○ Módulo de Comunicação em Tempo Real ○ Módulo de Comunicação de Emergência 7. Discussão e Decisão: ○ Módulo de Discussão Descentralizada para Decisões Consensuais ○ Módulo de Facilitação de Discussões 8. Visualização e Integração: ○ Visualização Interativa ○ Integração de Dados Espaciais e Estatísticos ○ Integração de Tecnologias Móveis e Redes Sociais 9. Opinião Pública: ○ Opinião Pública 10. Análise de Risco: ○ Comunicação e Análise de Risco Colaborativa	Yajima e Tanabe (2015); RiskPACC Project (2021); Pottebaum <i>et al.</i> , (2016); Xie <i>et al.</i> , (2023); Osório <i>et al.</i> , (2022); Debnath <i>et al.</i> , (2024); El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015).
5. Infraestrutura e Tecnologia	1. Redes de Comunicação e Sensores: ○ Redes de Sensores Sem Fio ○ Rede de Comunicação Ad Hoc Temporária ○ Redes de Sensores e Previsão de Inundações ○ Redes de Sensores Sem Fio para de Rede Sísmica e Tecnologia de Fibra Óptica ○ Transmissão de Sinal via Wi-Fi e Telemetria de Rádio ○ Adoção de Tecnologias de Comunicação 5G 2. Sistemas de Informação Geográfica (GIS) e Mapeamento: ○ Sistemas de Informação Geográfica (GIS) ○ Atualização e Melhoria de Mapas de Risco ○ Comparação com Cartografia Oficial	Andersson e Hossain (2015); Velez e Zlateva (2018); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Ortiz <i>et al.</i> , (2024); Parés <i>et al.</i> , (2024); Pottebaum <i>et al.</i> , (2016).

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
5. Infraestrutura e Tecnologia	○ Integração em Cloud e Mapeamento Georreferenciado ○ Infraestrutura de Informação Espacial (SII) 3. Tecnologias de Integração e Interoperabilidade: ○ Interoperabilidade (API) ○ Barramento de Integração ○ Interface Padrão para Integração de Sistemas ○ Troca de Recursos Padronizada via HTTP ○ Sensores Autônomos 4. Infraestrutura de Nuvem e Sistemas: ○ Sistemas Externos (Serviço Cloud) ○ Sistema Baseado em Nuvem para Integração (CIS) ○ Ambiente Colaborativo para Dados Espaciais ○ Central de TI Multinível ○ Infraestrutura de Auto Implantação ○ Infraestrutura Resiliente ○ Implementações de Referência para Soluções Interoperáveis ○ Acesso Descentralizado a Dados ○ Pontos Hidrográficos e Meteorológicos 5. Tecnologias de Monitoramento e Rastreamento: ○ Sistemas de Rastreamento ○ Coleta e Geolocalização de Dados de Chamadas de Emergência ○ Time-stamping e Geocoding de Dados 6. Integração e Análise de Dados: ○ Integração de Tecnologias de Informação ○ Integração de Dados Multidimensionais ○ Análise da Evolução Temporal das Inundações ○ Tecnologias Digitais ○ Inteligência Artificial 7. Segurança e Gestão: ○ Segurança e Escalabilidade ○ Repositório de Armazenamento de Fluxo de Trabalho ○ Reconexão de Internet com Tecnologia 4G ○ Integração de Tecnologias de Blockchain para Gestão de Recursos	Andersson e Hossain (2015); Velez e Zlateva (2018); Giroto <i>et al.</i> , (2023); Ortiz <i>et al.</i> , (2024); Parés <i>et al.</i> , (2024); Pottebaum <i>et al.</i> , (2016).

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
5. Infraestrutura e Tecnologia	8. Tecnologias de Apoio: ○ Integração de Tecnologias de Comunicação por Satélite ○ Integração de Tecnologias de Drones para Monitoramento Aéreo ○ Integração de Tecnologias de Sensoriamento Remoto para Análise de Desastres.	
6. Modelagem e Simulação	1. Modelagem de Desastres e Processos: ○ Modelagem de Inundações ○ Modelagem de Evacuação ○ Modelagem Climática ○ Modelagem Baseada em Autômatos Celulares ○ Modelagem de Processos Decisórios 2. Criação e Simulação de Cenários: ○ Criação e Simulação de Cenários de Resiliência ○ Modelagem e Simulação de Cenários ○ Simulação de Processos ○ Simulações de Cenários 3. Ferramentas de Suporte e Visualização: ○ Ferramenta de Suporte ao Planejamento ○ Visualização Interativa 4. Avaliação e Estimativa de Riscos: ○ Estimativa da Probabilidade de Fluxos de Detritos ○ Estimativa da Probabilidade Anual Máxima ○ Geração de Mapas de Risco ○ Avaliação da Eficácia dos Cenários 5. Plataformas e Ambientes de Simulação: ○ Módulo de Simulação ○ Módulo de Geo-Simulação ○ Simuladores / Cálculos ○ Simulador de Limpeza e Reaproveitamento de Recursos ○ Ambiente de Simulação e Treinamento para Resposta a Desastres ○ Plataformas de Simulação de Riscos Multidimensionais 6. Desenvolvimento de Modelos e Simuladores: ○ Desenvolvimento de Modelos de Simulação de Impacto de Desastres ○ Desenvolvimento de Simuladores de Resiliência Urbana 7. Lógica Fuzzy: ○ Lógica Fuzzy	Mioc <i>et al.</i> , (2011); Arshad <i>et al.</i> , (2024); Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Paulik <i>et al.</i> , (2024); Debnath <i>et al.</i> , (2024); Davies <i>et al.</i> , (2024).

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
7. Conscientização e Educação	Educação e Treinamento: ○ Educação em Escolas sobre DN ○ Treinamento e Capacitação ○ Módulo de Aprendizagem ○ Módulo de Instrução Operacional ○ Treinamento e Exercícios ○ Integração de Tecnologias de Realidade Aumentada para Treinamento ○ Módulo de Educação e Conscientização ○ Educação e Comunicação Preparatórias para Desastres Engajamento Cidadão e Comunitário: ○ Engajamento Cidadão ○ Auto-avaliação Preparadora Comunitária ○ Empoderamento de Civis para Autoajuda em Desastres Comunicação e Divulgação: ○ Palestra de Divulgação dos Resultados ○ Eventos de Conscientização ○ Notificações Push para Conscientização Ambiental	Hodson <i>et al.</i> , (2023); RiskPACC Project (2021).
8. Gestão de Conhecimento e Lições Aprendidas	Bases de Conhecimento e Informação: ○ Base de Conhecimento em Nuvem com Modelo Semântico Avançado ○ Gerenciamento de Base de Dados de Grandes Acidentes Tecnológicos ○ Espaços de Informação Comum ○ Processos de Aprendizagem e Melhoria: Lições Aprendidas ○ Memória Organizacional e Lições Aprendidas ○ Oficina Módulo de Gestão: ○ Módulo de Gestão de Informação e Conhecimento Opinião Pública: ○ Opinião Pública	Pottebaum <i>et al.</i> , (2016); Xie <i>et al.</i> , (2023).

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Continuação)

Categoria	Área/Funções	Referências
9. Governança e Gestão	Planejamento e Resiliência: - Modelo de Processos de Negócio - Otimização de Rotas - Módulo de Planejamento Urbano - Módulo de Implementação de Medidas Estruturais - Módulo de Revisão de Políticas Públicas - Módulo de Definição de Abordagens de Implementação - Módulo de Monitoramento e Planejamento de Infraestrutura Gestão de Recursos e Suprimentos: - Gestão da Cadeia de Suprimentos - Gestão de Água - Gestão de Estoques Governança e Ética: - Governança Participativa - Aspectos Legais e Éticos - Módulo Legal - LGPD - Módulo de Proteção de Dados - Módulo de Governança em TI Habilidades e Personalização: - Habilidades em Gestão - Personalização para Tipos de Desastres Gestão de Dados e Decisões: - Gestão de Dados e Conhecimento - Hierarquização e Coordenação de Decisões - Módulo de Grau de Precisão e Melhoria - Módulo de Inventário de Desastres Passados	Husain <i>et al.</i> , (2016); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015); Debnath <i>et al.</i> , (2024); ClimateSmartAdvisors (2024); .
10. Análise de Risco e Vulnerabilidade	Avaliação e Análise de Riscos: - Frameworks de Avaliação - Módulo de Análise de Risco - Avaliação de Riscos com Abordagem Multidimensional - Análise de Impacto - Módulo de Avaliação Contínua - Análise e Seleção de alternativas de decisão Mapeamento e Estudo: - Mapeamento de Condições de Solo Instáveis - Estudo de Enchentes com Dados Históricos Extensos - Avaliação e Mapeamento de Vulnerabilidade Simulação e Cenários: - Simulação de Cenários	Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Paulik <i>et al.</i> , (2024); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015);

Tabela 1: Principais categorias e funções de DSS para DN

(Conclusão)

Categoria	Área/Funções	Referências
10. Análise de Risco e Vulnerabilidade	4. Classificação e Agrupamento: ○ Classificação e Agrupamento de Artigos 5. Modelagem e Lógica: ○ Modelagem de Risco ○ Lógica Fuzzy	Iqbal <i>et al.</i> , (2021); Berawi <i>et al.</i> , (2019); Paulik <i>et al.</i> , (2024); Jassbi, Camarinha-Matos e Barata (2015);
11. Integração de Sistemas Ciberfísicos	1. Infraestrutura Ciberfísica: ○ Redes de Sensores ○ Sistemas de Informação Geográfica (GIS) ○ Tecnologias Digitais	Andersson e Hossain (2015); Velez e Zlateva (2018); Giroto <i>et al.</i> , (2023);
12. Planejamento de Execução e Gestão de Recursos	1. Gestão de Recursos e Suprimentos: ○ Gestão da Cadeia de Suprimentos ○ Alocação de Recursos	Husain <i>et al.</i> , (2016); Berawi <i>et al.</i> , (2019);
13. Supervisão e Monitoração de Ações	1. Sistemas de Supervisão: ○ Sistemas de Supervisão	Mailliez <i>et al.</i> , (2022)
14. Interação com o Usuário e Experiência do Usuário	1. Interação e Contexto do Usuário: ○ Modelagem de Contexto ○ Engajamento Cidadão	El Mamoune, Ezziyyani e Taitai (2016); RiskPACC Project (2021);
15. Modelagem Cognitiva e Tomada de Decisão	1. Mapas Cognitivos Fuzzy: ○ Mapas Cognitivos Fuzzy	Mohammadian e Yamin (2017)

Fonte: Do autor (2025).

ANEXO A – CARTA DE ACEITE DO CEP/UFSC

CONFIRMAR APROVAÇÃO PELO CAAE OU PARECER		
Informe o número do CAAE ou do Parecer:		
Número do CAAE: 79680624.3.0000.0121	Número do Parecer: 7061190 Pesquisar	
<i>Esta consulta retorna somente pareceres aprovados. Caso não apresente nenhum resultado, o número do parecer informado não é válido ou não corresponde a um parecer aprovado.</i>		
DETALHAMENTO		
Título do Projeto de Pesquisa: Uma proposta de Arquitetura de Referência de Sistemas de Suporte à Decisão para		
Número do CAAE: 79680624.3.0000.0121	Número do Parecer: 7061190	
Quem Assinou o Parecer: DANIELLE DE OURO MAMED	Pesquisador Responsável: PEDRO SIDNEI ZANCHETT	
Data Início do Cronograma: 27/07/2024	Data Fim do Cronograma: 30/11/2024	Contato Público: PEDRO SIDNEI ZANCHETT
Voltar		

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Uma proposta de Arquitetura de Referência de Sistemas de Suporte à Decisão para Gerenciamento de Desastres Naturais **Pesquisador:** PEDRO SIDNEI ZANCHETT **Área Temática:**

Versão: 2

CAAE: 79680624.3.0000.0121

Instituição Proponente: Universidade Federal de Santa Catarina

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.061.190

[Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:]

Informações retiradas primariamente do formulário com informações básicas sobre a pesquisa gerada pela Plataforma Brasil e/ou do projeto de pesquisa e demais documentos postados, conforme lista de documentos e datas no final deste parecer.

Tese de doutorado de Pedro Sidnei Zanchett, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas, orientado/a por Ricardo José Rabelo.

Estudo nacional e [unicêntrico | multicêntrico], prospectivo. Financiamento: [próprio].

País de origem: [Brasil].

Número de participantes no Brasil: [20].

Previsão de início do estudo: [11/09/2024].

Previsão de término do estudo: [11/10/2024].

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentados todos os documentos.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após os ajustes solicitados, a documentação encontra-se apta. Pela aprovação.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tabela 1: Paracer do CEP/UFSC.

(Continua)

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2298297.pdf	03/08/2024 16:44:46		Aceito
Outros	Carta_Resposta_do_parecer_consultado.docx	03/08/2024 16:41:53	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Carta_Resposta_do_parecer_consultado.pdf	03/08/2024 16:41:32	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anexo_6_Novo_Projeto_Detalhado_PedroZanchett.pdf	03/08/2024 16:32:45	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_5_TCLE_Novo_Questionario_PedroZanchett.docx	03/08/2024 16:32:17	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_5_TCLE_Novo_Questionario_PedroZanchett.pdf	03/08/2024 16:32:09	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	Folha_Rosto_Autenticador_Assinaturas_UFSC_PedroZanchett.pdf	27/07/2024 21:37:47	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_5_TCLE_Novo_Questionario_PedroZanchett.pdf	27/07/2024 21:36:35	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anexo_6_Novo_Projeto_Detalhado_PedroZanchett.pdf	27/07/2024 21:35:42	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito

Tabela 1: Paracer do CEP/UFSC.

(Conclusão)				
Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Declaração do Patrocinador	Declaracao_Instituicao_DefesaCivil_SecretariaBlumenau_assinada.PDF	27/07/2024 21:35:11	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_Instituicao_DefesaCivil_Estadual_assinada.pdf	27/07/2024 21:34:12	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Anexo_7_Processo_Metodologico_de_Concepcao_do_Questionario_Metodo_GQM_Goal_Question_Metric.pdf	06/05/2024 19:07:29	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anexo_6_Projeto_Detalhado_PedroZanchett.docx	06/05/2024 19:06:34	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Anexo_6_Projeto_Detalhado_PedroZanchett.pdf	06/05/2024 19:05:40	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_5_TCLE_Questionario_PedroZanchett.docx	06/05/2024 19:04:36	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Anexo_5_TCLE_Questionario_PedroZanchett.pdf	06/05/2024 19:04:29	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Anexo_4_Doc_Qualificacao_PedroSidneiZanchett.pdf	06/05/2024 19:03:01	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Anexo_3_MemoraDNo_UFSC_Secretaria_de_DC_de_Florianopolis.pdf	06/05/2024 19:02:30	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Anexo_2_MemoraDNo_UFSC_Secretaria_de_DC_de_Blumenau.pdf	06/05/2024 19:02:12	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	Anexo_1_Questionario_Fedback_RA	06/05/2024	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito
Outros	DIAN.pdf	19:01:52	ZANCHETT	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_UFSC_PedroZanchett.pdf	06/05/2024 18:50:02	PEDRO SIDNEI ZANCHETT	Aceito

Fonte: Plataforma Brasil – CAAE nº 79680624.3.0000.0121 (2025)

Situação do Parecer: Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP: Não

FLORIANOPOLIS, 07 de setembro de 2024

Danielle O Mamed
(Coordenador(a))