



Cartografia Rápida: uma Abordagem das Principais Variáveis nos Desastres de Inundação e Modelagem Conceitual da Consciência Situacional

Rapid Mapping: an Approach to the Main Variables in Flood Disasters and Conceptual Modeling of Situational Awareness

Raphael Heleno Pinho Perrut¹ e Luciano Augusto Terra Brito²

¹ Instituto Militar de Engenharia, Seção de Ensino de Engenharia Cartográfica, Rio de Janeiro, Brasil. perrut.raphael@eb.mil.br.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8436-9942>

² Instituto Militar de Engenharia, Seção de Ensino de Engenharia Cartográfica, Rio de Janeiro, Brasil. terra@ime.eb.br.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2687-3892>

Recebido: 09.2021 | Aceito: 03.2022

Resumo: O Brasil é um dos principais países do mundo no que se refere a impactos causados por inundações. Dessa forma, o gerenciamento desse tipo de desastre é de suma importância para que os impactos, como a perda de vidas e prejuízos socioeconômicos, possam ser mitigados. O presente trabalho tem por objetivo, portanto, apresentar uma abordagem para extração das principais variáveis concernentes aos desastres de inundação e também apresentar a modelagem conceitual em UML (*Unified Modeling Language*) da consciência situacional de modo a direcionar a produção cartográfica, agilizando o seu suprimento, e auxiliando, assim, na atuação tempestiva das equipes no enfrentamento desses desastres. Para isso, foi realizado e aplicado um questionário a técnicos das defesas civis dos estados do Rio de Janeiro e de Santa Catarina. Foram elencadas 46 variáveis, extraídas de entrevistas exploratórias com técnicos dos referidos órgãos públicos, da literatura acadêmica, por meio de artigos científicos, e de relatórios de operações de treinamento do Exército Brasileiro. Foi então adotada a escala de Likert para o questionário e, a partir dos resultados obtidos, foi realizada uma análise paramétrica por meio da distribuição T de Student. Com base nessa análise, foi possível separar as 19 variáveis mais importantes dentre as 46. Em seguida, as variáveis foram separadas dentre os níveis da consciência situacional e posterior modelagem conceitual, de maneira que os produtores de geoinformação possam agir de forma melhor direcionada em apoio ao enfrentamento de desastres de inundações, de modo a subsidiar os tomadores de decisão com o suprimento cartográfico tempestivo.

Palavras-chave: Cartografia rápida. Desastres. Inundações. Geoinformação. Modelagem conceitual.

Abstract: Brazil is one of the main countries in the world regarding impacts caused by floods. Thus, managing this type of disaster is of paramount importance so that impacts, such as loss of life and socioeconomic damage, can be mitigated. The present work aims, therefore, to present an approach for extracting the main variables concerning flood disasters and also to present the UML (*Unified Modeling Language*) conceptual modeling of situational awareness in order to direct cartographic production, speeding up its supply, and thus assisting, in the timely action of the teams in dealing with these disasters. For this, a questionnaire was conducted and applied to civil defense technicians in the states of Rio de Janeiro and Santa Catarina. Forty-six variables were listed, extracted from exploratory interviews with technicians from the aforementioned public agencies, from academic literature, through scientific articles, and from reports of Brazilian Army training operations. The Likert scale was then adopted for the questionnaire and, based on the results obtained, a parametric analysis was performed using Student's T distribution. Based on this analysis, it was possible to separate the 19 most important variables among the 46. Then, the variables were separated into the levels of situational awareness and subsequent conceptual modeling, so that geoinformation producers can act in a better directed way in support to face flood disasters, in order to support decision makers with timely cartographic supply.

Keywords: Rapid mapping. Disasters. Floods. Geoinformation. Conceptual Modeling.

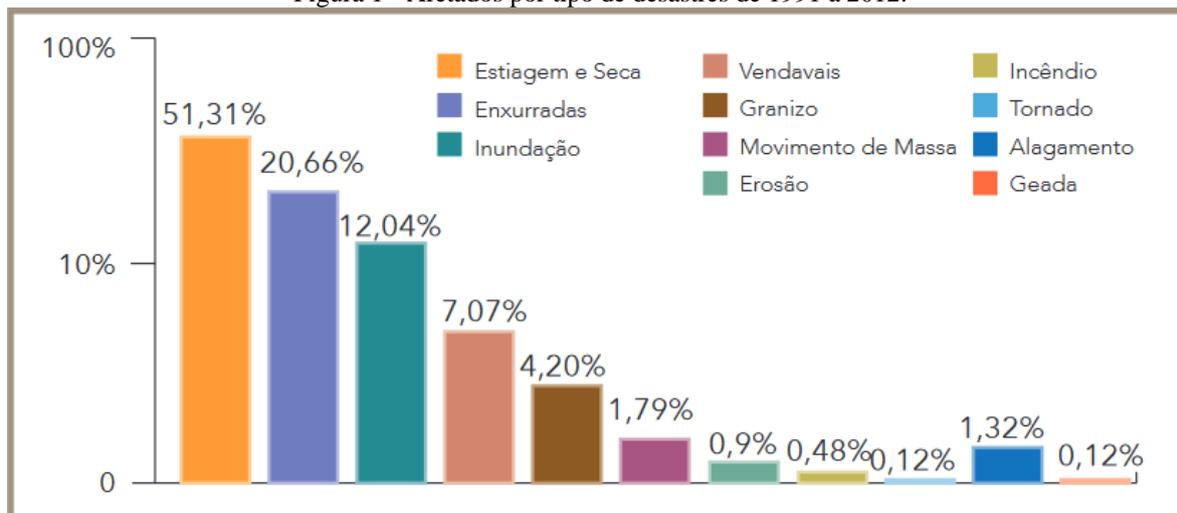
1 INTRODUÇÃO

Segundo UN-OCHA (2020), o Brasil é um dos principais países no que se refere aos impactos causados pelas inundações. Essa situação se agrava com a falta de planejamento urbano, saneamento básico precário e

ocupação do solo desordenada pelas comunidades. Ainda segundo UN-OCHA (2020), no território nacional, quase 70 milhões de pessoas foram afetadas por inundações entre os anos de 2000 e 2019, enquanto o país figura como o mais susceptível a esse tipo de desastre na América Latina e um dos 15 países com maior número de pessoas afetadas por inundações fluviais. Dessa forma, o gerenciamento desse tipo de desastre é de suma importância para que os impactos, como a perda de vidas e prejuízos socioeconômicos, possam ser mitigados.

De acordo com VOLUME BRASIL (2013), entre os anos de 1991 e 2012, mais de 126 milhões de pessoas foram afetadas por algum tipo de desastre e isso traduz o quão importante é a necessidade de pronta resposta em forma de suporte às vítimas, buscando mitigar os impactos sofridos pelas famílias em situação de fragilidade. O Brasil, portanto, é um país com grande número de pessoas afetadas por desastres e isso pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Afetados por tipo de desastres de 1991 a 2012.



Fonte: VOLUME BRASIL (2013).

Em especial, no que diz respeito a inundações, o impacto, para o mesmo período da Figura 1, foi de mais de 15 milhões de pessoas, o que traz relevância para este trabalho. Além disso, duas situações críticas são apresentadas de forma que os moradores expostos por todas as regiões do país possam ser potenciais vítimas das inundações: a pior situação econômica das famílias e a maior concentração de domicílios com esgotamento sanitário inadequado (SAITO et al., 2019).

As regiões com maior vulnerabilidade estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste do Brasil e em algumas localidades da costa do nordeste brasileiro. Nos locais com grande densidade populacional, atrelada ao desenvolvimento urbano com problemas de infraestrutura, há um favorecimento à incidência de desastres causados por inundações (MARENCO et al., 2021).

Em contrapartida, muitas soluções desenvolvidas no contexto de operações para ajuda humanitária não são padronizadas com o passar do tempo e são pouco reaproveitadas, forçando assim que caminhos antes desbravados necessitem ser novamente abordados para solucionar problemas semelhantes (HEASLIP e BARBER, 2014).

Já a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) abrange as cinco ações da gestão de desastres que consiste na prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação, voltadas à proteção e defesa civil. Exige ampla participação da comunidade, por meio Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (SINPDEC), tendo o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil (CONPDEC) como órgão consultivo e coordenador do sistema (BRASIL, 2012).

A Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) exerce o papel de órgão central do SINPDEC, cuja estruturação segue composta por órgãos e entidades da administração pública federal, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, bem como por entidades públicas e privadas de atuação significativa na área de proteção e de defesa civil (SPADER, 2020) e (BRASIL, 2010).

Inserida no SINPDEC, o Exército Brasileiro orienta os esforços, atuando como órgão setorial. Ocorrendo o desastre, a SEDEC estabelece um Grupo de Apoio a Desastres (GADE), composta por uma equipe

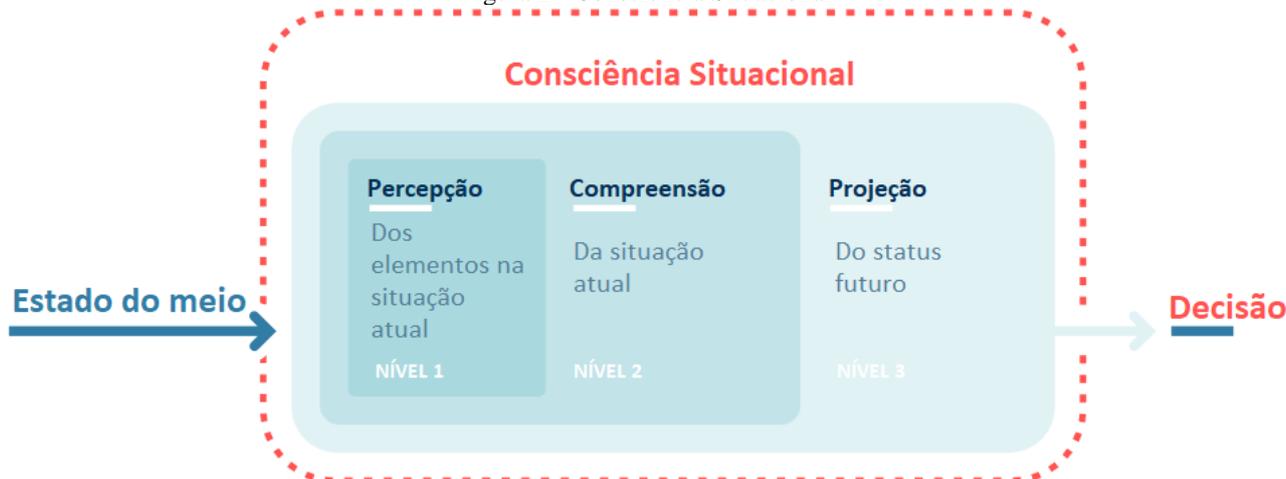
multidisciplinar na qual o Exército Brasileiro faz parte (SPADER, 2020).

As instruções para emprego das Forças Armadas em apoio à Defesa Civil contidas no MD33-I-01 têm por finalidade orientar o Ministério da Defesa (MD) e as Forças Armadas (FA) quanto ao planejamento, à coordenação e à execução das ações em apoio às atividades relacionadas com a Defesa Civil. Possuem como objetivo: Aperfeiçoar a atuação das FA no cumprimento da atribuição subsidiária geral de cooperar com a Defesa Civil; contribuir para a interoperabilidade das FA com os órgãos participantes do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil; reforçar as bases para a elaboração de diretrizes das FA nas ações de prevenção e resposta a desastres (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2015).

De forma a propiciar apoio às operações de apoio à Defesa Civil, a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) é o órgão incumbido de superintender, no âmbito do Exército Brasileiro, as atividades relacionadas à elaboração de produtos cartográficos (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2008).

No contexto da geoinformação, faz-se importante fornecer subsídios à consciência situacional, ou seja, entender o problema em questão, de modo que os atores possam ser supridos para perceber, compreender e projetar cenários dentro do seu campo de atuação o mais rápido possível. A consciência situacional foi descrita como compreendendo três elementos: percepção dos elementos da situação, compreensão da situação e projeção do status futuro, com cada elemento sendo construído a partir do anterior, conforme Reid e Verity (2019) e explicitado na Figura 2 a seguir.

Figura 2 - Consciência Situacional.



Fonte: Adaptada de Reid e Verity (2019).

Como a compreensão e a antecipação são elementos essenciais, a quantidade de informações disponíveis não é o principal na avaliação da consciência situacional. Em vez disso, a consciência situacional eficaz requer que as informações necessárias para a tomada de decisão sejam facilmente acessíveis e compreendidas e não perdidas em um mar de dados menos críticos (REID; VERITY, 2019).

De acordo com Copernicus (2015), Baltsavias et al. (2013), Ajmar et al. (2015), Buehler et al. (2006) e Wang et al. (2018), a cartografia rápida pode ser utilizada no enfrentamento de desastres de inundação e isso se deve ao fornecimento em tempo oportuno de geoinformação aos tomadores de decisão. Conforme Matsuoka e Yamazaki (2004) e Henry et al. (2006), conta com a utilização de diversas tecnologias de sensoriamento remoto, como SAR (*Synthetic Aperture Radar*) orbital e aerotransportado, LiDAR (*Light Detecting and Ranging*), aerofotogrametria, sensores ópticos passivos e VANTs (veículos aéreos não tripulados).

Para que a cartografia rápida possa ser eficiente no cenário de desastres, em especial inundações, faz-se necessário saber, antes de tudo, as principais variáveis para o planejamento e tomada de decisão, de modo que os atores possam estar cientes das dimensões dos problemas enfrentados, bem como das possíveis soluções a serem implementadas neste contexto.

Aliando-se a cartografia rápida, com uma produção focada no melhor atendimento aos requisitos do usuário, à consciência situacional, com um detalhamento maior da problemática daquela necessidade específica, os órgãos provedores de geoinformação podem melhor orientar a produção cartográfica visando o

atendimento das demandas inerentes aos cenários de desastres de inundações.

Conforme Rumbaugh, Jacobson e Booch (1998), UML (*Unified Modeling Language*) é uma linguagem de modelagem visual de uso geral que é usada para especificar, visualizar, construir e documentar os artefatos de um sistema de software. É usado para entender, projetar, navegar, configurar, manter e controlar informações sobre tais sistemas. Tem partes estáticas, dinâmicas, de ambiente e organizacionais. Por esse motivo e por ser possível modelar informações geoespaciais, foi escolhida para ser utilizada neste trabalho.

De acordo com Resch, Schmidt e Blaschke (2007), utilizando-se de interfaces centradas no usuário em colaboração com geoinformação é possível proporcionar consciência situacional para os tomadores de decisão realizarem suas atividades de forma intuitiva no que tange a enfrentamento de desastres. Já conforme Vongkusolkiet e Qunying (2021), é feita uma revisão acerca da extração de consciência situacional em desastres naturais e é pontuado que identificar eficientemente informação relevante e acurada para prover suporte à consciência situacional é a principal prioridade durante um desastre natural. Em Tsou et al. (2017), é apresentado um visualizador geo, utilizando-se de geoinformação, para ajudar os tomadores de decisão no enfrentamento e gerenciamento de desastres, de modo a melhorar a sua consciência situacional. Por fim, em Iqbal et al. (2021), discorre que, melhorando a consciência situacional, é possível ajudar os agentes no enfrentamento a desastres de forma ao seu preparo, proteção, mitigação e recuperação por meio do desenvolvimento de uma aplicação baseada em geoinformação e em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Este trabalho tem por objetivo, portanto, apresentar uma abordagem para extração das principais variáveis concernentes aos desastres de inundação e apresentar a modelagem conceitual em UML da consciência situacional de modo a orientar a cartografia rápida a ser desenvolvida, pois, dessa forma haverá um direcionamento mais claro do que realmente é crucial, de acordo com os técnicos das defesas civis, para o desenvolvimento das atividades de enfrentamento aos desastres, agilizando, assim, o suprimento de geoinformação de forma tempestiva às equipes no gerenciamento desses desastres.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo dos tópicos a seguir, serão apresentados o delineamento da área de estudo onde a pesquisa foi executada, os materiais e a metodologia proposta para aplicação neste trabalho.

2.1 Área de estudo

A área de estudo são as áreas dos Estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Foram entrevistados técnicos das Defesas Civis dos dois Estados e aplicado um questionário nos seus técnicos no que diz respeito ao enfrentamento de desastres de inundações nas suas respectivas regiões geográficas de atuação.

A área de estudo, composta pelos dois referidos Estados do Brasil, foi selecionada porque são duas referências no enfrentamento de desastres de inundações. Além disso, de acordo com Marengo et al. (2021), são estados bastante impactados pelos desastres de inundações, trazendo aderência deste trabalho com a realidade nacional.

2.2 Materiais

Foram realizadas duas entrevistas exploratórias em 14 e 26 de abril de 2021 com dois técnicos, um de cada referido Estado brasileiro. Com elas, foi possível melhor compreender as atribuições e os trabalhos realizados pelas Defesas Civis, bem como identificar algumas das variáveis utilizadas no presente trabalho. Essas entrevistas foram realizadas de modo *online* por videoconferências.

Por meio de acesso *online* à base de dados *Web of Science*, disponibilizado pelo Portal CAPES, com intermédio do Instituto Militar de Engenharia, foi possível realizar uma busca bibliográfica e, conforme Bhagat (2013), Chen et al. (2015), Farooq et al. (2011), Lechner e Gähler (2017), Khan et al. (2015), National Research Council (2007) e Westen (2013), foi possível identificar mais algumas das variáveis utilizadas no presente trabalho.

Foram disponibilizados pela 4ª Brigada de Infantaria Leve de Montanha os relatórios técnicos dos exercícios simulados das Operações Dilúvio realizadas pelo Exército Brasileiro em 2019/RJ e 2020/ES e, a partir dessa documentação, foi possível identificar o restante das variáveis utilizadas no presente trabalho (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2019) e (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2020a).

Foi então elaborado um questionário com as 46 variáveis extraídas, conforme o Quadro 1, e aplicadas por meio de um formulário *online* enviado por *e-mail* aos técnicos das Defesas Civas de Santa Catarina e do Rio de Janeiro, com coleta de respostas de 28 de julho a 11 de agosto de 2021.

Quadro 1 - Variáveis extraídas da literatura acadêmica, relatórios técnicos e de entrevistas exploratórias.

Variáveis		
Precipitação	Barcos e botes disponíveis	Temperatura
Área de Inunda	População	Umidade do ar
Previsão para início da inundação (horas)	Hospitais	Uso do terreno
Estimativa da duração da inundação (horas)	Escolas	Ferrovias
Vias de acesso (estradas, rodovias etc.)	Órgão de comunicação social	Eletricidade
Telecomunicação	Imagens durante e depois do desastre	Gasodutos
Comunidades carentes	Suprimentos	Aquedutos
Casas	Assistência Social	Cemitério
Órgãos específicos de resposta a emergência	Corpo de bombeiros	Imagens de antes do desastre
Pontes	Rede de esgoto	Aeródromos
Geologia	Prédios públicos	Delegacia de polícia
Tipo de solo	ONGs	Departamento de trânsito
Umidade do solo	Agricultura	Polícia Rodoviária Federal
Vegetação	Gado	Forças Armadas
Altimetria	Penitenciária	Galpões
Declividade		

Elaboração: Os autores (2021).

Responderam ao questionário 26 dos 65 técnicos dentre as duas defesas civis mencionadas. Como as perguntas não possuíam caráter obrigatório, as respostas variaram entre 21 e 26 respondentes para cada variável, sendo representativas em todos os 46 casos.

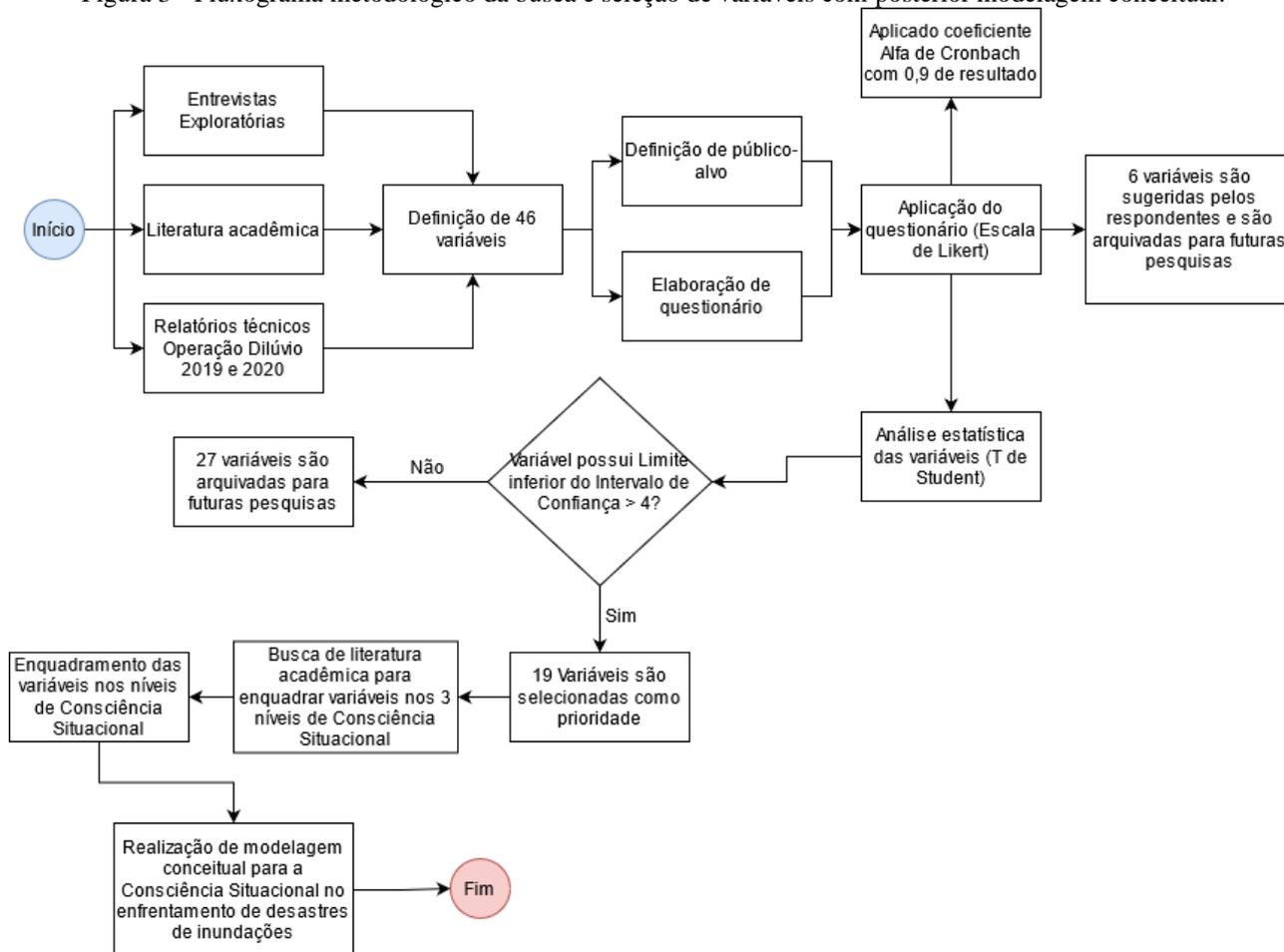
A partir da Tabela 1, foram selecionadas as principais variáveis de acordo com Resultados e Análises a seguir neste trabalho, de modo a subsidiar o desenvolvimento da cartografia rápida. Essas variáveis estão em **negrito** no Quadro 1.

Além disso, foi utilizado o *software* StarUML 4.0.1 para realização da modelagem conceitual em UML da consciência situacional de desastres de inundações.

2.3 Metodologia

O fluxograma a seguir explicita os principais procedimentos utilizados ao longo deste trabalho, com a finalidade de elencar as 46 variáveis e, posteriormente, realizar a modelagem conceitual em UML da consciência situacional no enfrentamento de desastres de inundações.

Figura 3 - Fluxograma metodológico da busca e seleção de variáveis com posterior modelagem conceitual.



Elaboração: Os autores (2021).

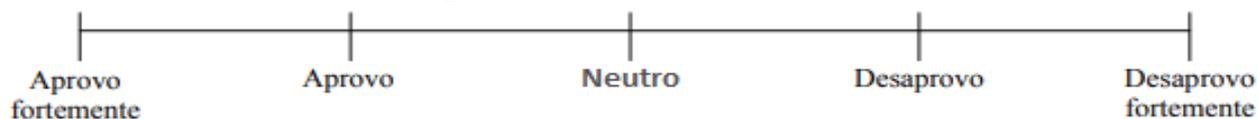
3 ESCALA DE LIKERT E QUESTIONÁRIO

Para o presente trabalho, foi aplicado um questionário utilizando-se da escala de Likert, conforme Likert (1932), e é necessário que algumas observações sejam pontuadas de modo que a análise dos resultados possa ser realizada.

3.1 Escala de Likert

A escala de Likert é geralmente apresentada de modo que os dados sejam coletados de forma qualitativa nominal, conforme é apresentado na Figura 4 a seguir:

Figura 4 - Escala de Likert com 5 itens.



Fonte: Adaptada de LIKERT (1932).

Não se pode afirmar que as distâncias entre os itens da escala da Figura 4 são iguais. Dessa forma, os resultados qualitativos de um eventual questionário nesses moldes deverão ser analisados de acordo com testes não paramétricos, com base na moda dos resultados.

No entanto, conforme Sullivan e Artino (2013), Carifio e Perla (2008), Harpe (2015) e Norman (2010), foram realizados estudos sobre testes paramétricos na escala de Likert e esses se mostraram tão ou mais sólidos que os testes não paramétricos. Portanto, com uma adaptação antes da aplicação do questionário na escala de Likert, é possível que se obtenham resultados quantitativos e, portanto, seja possível realizar esses testes

paramétricos, por meio de médias e variâncias. Esse é exatamente o caso do presente trabalho.

3.2 Questionário

O questionário foi então elaborado de modo que a pergunta fosse adaptada para a escala Likert com resultados quantitativos e, assim, fosse possível aplicar testes paramétricos.

A pergunta foi, portanto, estruturada de forma que os técnicos das defesas civis respondessem para 46 variáveis a seguinte questão: Em uma escala de 1 (nada importante) a 5 (indispensável), avalie as seguintes variáveis de acordo com o fornecimento de suas informações para o desenvolvimento das atividades de uma operação de enfrentamento a desastres de inundação.

A adaptação é justamente retirar os termos nominativos dos valores intermediários da escala, atribuindo-se nomes apenas para os extremos: “nada importante” e “indispensável”.

Ressalta-se que o questionário foi aplicado aos técnicos das defesas civis por meio de entrevista estruturada, ou seja, com pergunta padronizada ao lado de um conjunto estabelecido de respostas e foi realizado por meio de formulário *online* enviado por *e-mail*, de forma a garantir a imparcialidade e a objetividade, tanto por parte do aplicador, quanto por parte do entrevistado.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

Eram esperados resultados para o questionário maiores que quatro para as médias das notas atribuídas pelos técnicos em cada variável, visto que as variáveis foram extraídas de três fontes técnicas. Dessa forma, era esperado um resultado bastante alto, entre quatro e cinco, para as notas das variáveis.

Como as amostras são pequenas, menores que 30, e o desvio padrão da população é desconhecido, é indicado utilizar a distribuição t de Student para cada uma das 46 variáveis (MARTIN, 2012). Além disso, foi utilizada a distribuição unicaudal com 95% de confiança.

As variáveis que apresentaram média dentro do intervalo de confiança de 95% com seu limite inferior maior que quatro foram selecionadas como as principais variáveis a serem observadas e supridas pela cartografia rápida para atuação das equipes dentro do gerenciamento de desastres.

Tem-se que n (tamanho da amostra) = 26; \bar{X} (média da amostra) = 4,808; S (desvio-padrão da amostra) = 0,491; G.L. (graus de liberdade) = 25; T de student para 95% unicaudal = 1,708.

$$\text{Limite inferior} = \bar{X} - \frac{T \cdot S}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

Na Eq. (1), substituem-se os valores e obtém-se o valor do Limite inferior = 4,643. Como o Limite inferior > 4, a variável “Precipitação” é selecionada. Aplicam-se os cálculos da variável “Precipitação” analogamente para as demais 45 variáveis. Resulta-se, portanto, na Tabela 1 com os principais cálculos.

Tabela 1: Análise paramétrica para as 46 variáveis selecionadas. (continua)

Variável	Média	Desvio-padrão	Tamanho da amostra	T de Student	Limite inferior do Intervalo de Confiança 95%
Precipitação	4,808	0,491	26	1,708	4,643
Geologia	4,231	0,908	26	1,708	3,927
Tipo de Solo	4,200	0,866	25	1,711	3,904
Umidade do Solo	3,960	0,978	25	1,711	3,625
Vegetação	3,840	0,987	25	1,711	3,502
Altimetria	3,591	0,959	22	1,721	3,239
Declividade	4,231	0,908	26	1,708	3,927
Temperatura	3,417	1,176	24	1,714	3,005
Umidade do Ar	3,409	1,141	22	1,721	2,991
Área de inunda	4,760	0,523	25	1,711	4,581

Tabela 1: Análise paramétrica para as 46 variáveis selecionadas. (conclusão)

Variável	Média	Desvio-padrão	Tamanho da amostra	T de Student	Limite inferior do Intervalo de Confiança 95%
Previsão para início da inundação (horas)	4,769	0,710	26	1,708	4,531
Estimativa da duração da inundação (horas)	4,615	0,752	26	1,708	4,363
Uso do terreno	4,269	0,874	26	1,708	3,976
Vias de acesso	4,538	0,811	26	1,708	4,267
Ferrovias	3,727	1,120	22	1,721	3,316
Eletricidade	4,280	1,100	25	1,711	3,904
Telecomunicação	4,440	0,961	25	1,711	4,111
Gasoduto	3,714	1,231	21	1,725	3,251
Aqueduto	3,727	1,386	22	1,721	3,219
Rede de esgoto	3,840	1,143	25	1,711	3,449
Prédios públicos	4,192	0,939	26	1,708	3,878
Comunidades carentes	4,458	0,779	24	1,714	4,186
Casas	4,654	0,629	26	1,708	4,443
Órgãos específicos de resposta a emergências	4,808	0,491	26	1,708	4,643
Pontes	4,500	0,583	26	1,708	4,305
Barcos e botes disponíveis	4,462	0,761	26	1,708	4,207
ONGs	3,615	1,203	26	1,708	3,213
População	4,609	0,656	23	1,717	4,374
Agricultura	3,692	1,225	26	1,708	3,282
Gado	3,615	1,134	26	1,708	3,236
Penitenciária	3,500	1,334	26	1,708	3,053
Galpões	3,708	0,955	24	1,714	3,374
Hospitais	4,500	0,978	24	1,714	4,158
Cemitérios	3,080	1,320	25	1,711	2,628
Escolas	4,615	0,697	26	1,708	4,382
Órgão de Comunicação Social	4,462	0,811	26	1,708	4,190
Imagens de antes do desastre	4,231	0,992	26	1,708	3,898
Imagens de durante e após o desastre	4,423	0,809	26	1,708	4,152
Suprimentos	4,769	0,514	26	1,708	4,597
Assistência Social	4,769	0,514	26	1,708	4,597
Aeródromos	4,160	0,850	25	1,711	3,869
Delegacia de polícia	3,846	1,008	26	1,708	3,509
Corpo de Bombeiros	4,800	0,500	25	1,711	4,629
Departamento de trânsito	3,769	1,070	26	1,708	3,411
Polícia rodoviária federal	3,885	1,243	26	1,708	3,468
Forças Armadas	4,154	1,120	26	1,708	3,779

Elaboração: Os autores (2021).

Houve também no questionário um espaço para que os técnicos sugerissem outras variáveis, conforme o Quadro 2 a seguir:

Quadro 2 - Variáveis sugeridas pelos técnicos das defesas civis do RJ e de SC.

Variáveis sugeridas
Igrejas
Efetivos das Defesas Civis
Rotas de Fuga e Sinalização existente
Velocidade de escoamento x Profundidade
Estudos e parâmetros antigos de hidrologia
Plano de contingência

Elaboração: Os autores (2021).

Apesar de terem sido sugeridas, como não houve a oportunidade de submetê-las ao escrutínio dos demais técnicos, não entrarão nesse trabalho entre as 19 variáveis selecionadas, mas poderão ser objeto de pesquisas futuras.

Foi então, para as 19 variáveis selecionadas, realizada a modelagem conceitual da consciência situacional de desastres de inundações.

Conforme Rummukainen et al. (2015), os três níveis da consciência situacional enquadram os respectivos grupos ou pacotes da modelagem conceitual e nesses grupos é possível separar as 19 variáveis, facilitando, assim, a organização das classes na modelagem conceitual, de acordo com o Quadro 3 a seguir:

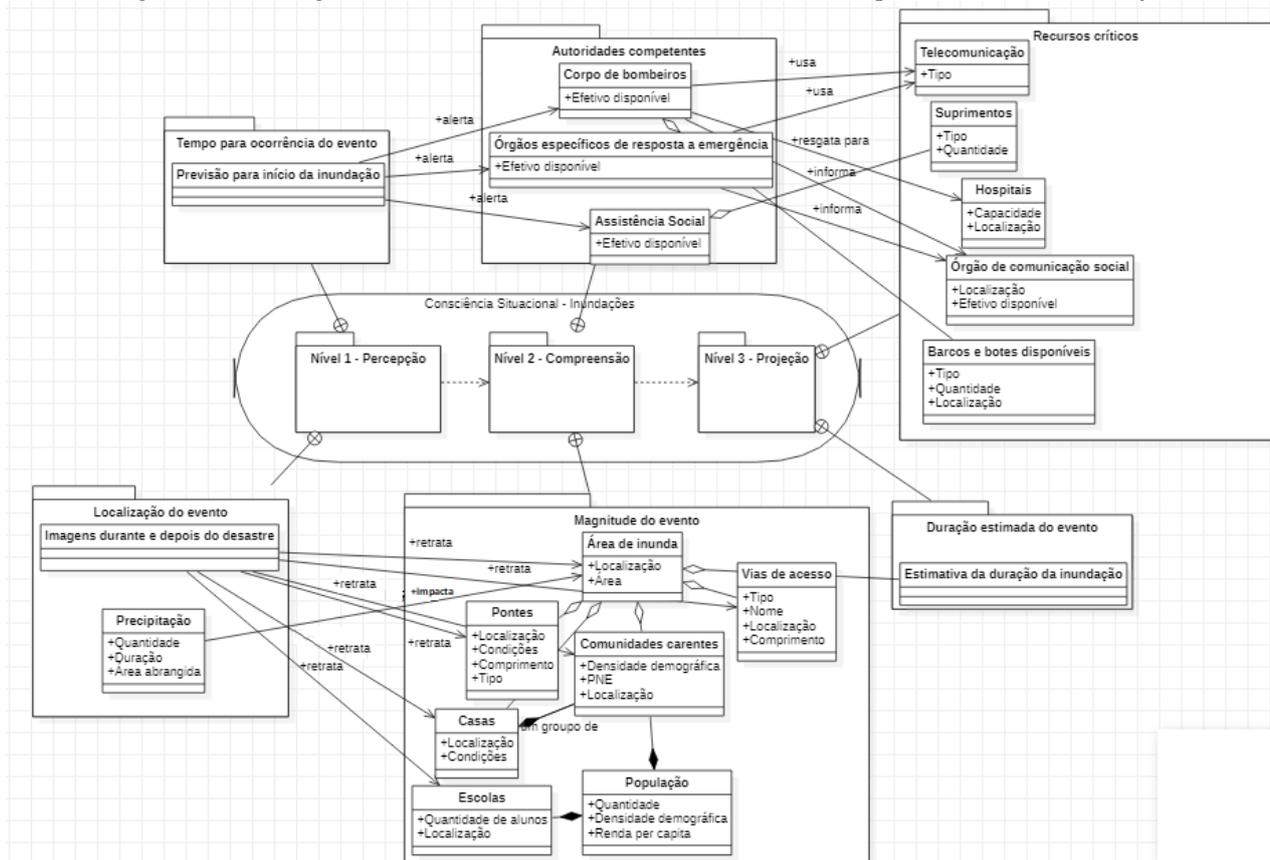
Quadro 3 – Divisão das 19 variáveis dentre os grupos ou pacotes de cada nível da consciência situacional

Nível	Nível 1 – Percepção		Nível 2 – Compreensão		Nível 3 - Projecção	
Grupos ou pacotes	Tempo para ocorrência do evento	Localização do evento	Autoridades competentes	Magnitude do Evento	Recursos críticos	Duração estimada do evento
Variáveis	Previsão para início da inundação	Imagens durante e depois do desastre	Corpo de bombeiros	Área de inunda	Telecomunicação	Estimativa de duração da inundação
		Precipitação	Órgãos específicos de resposta à emergência	Vias de acesso	Suprimentos	
				Pontes	Hospitais	
				Comunidades carentes	Órgão de comunicação social	
Assistência Social	Casas	Barcos e botes disponíveis				
			Escolas			
			População			

Elaboração: Os autores (2021).

Dessa forma, portanto, foi possível realizar a modelagem da consciência situacional de desastres de inundação para o contexto do presente trabalho, conforme é apresentado na Figura 5 a seguir:

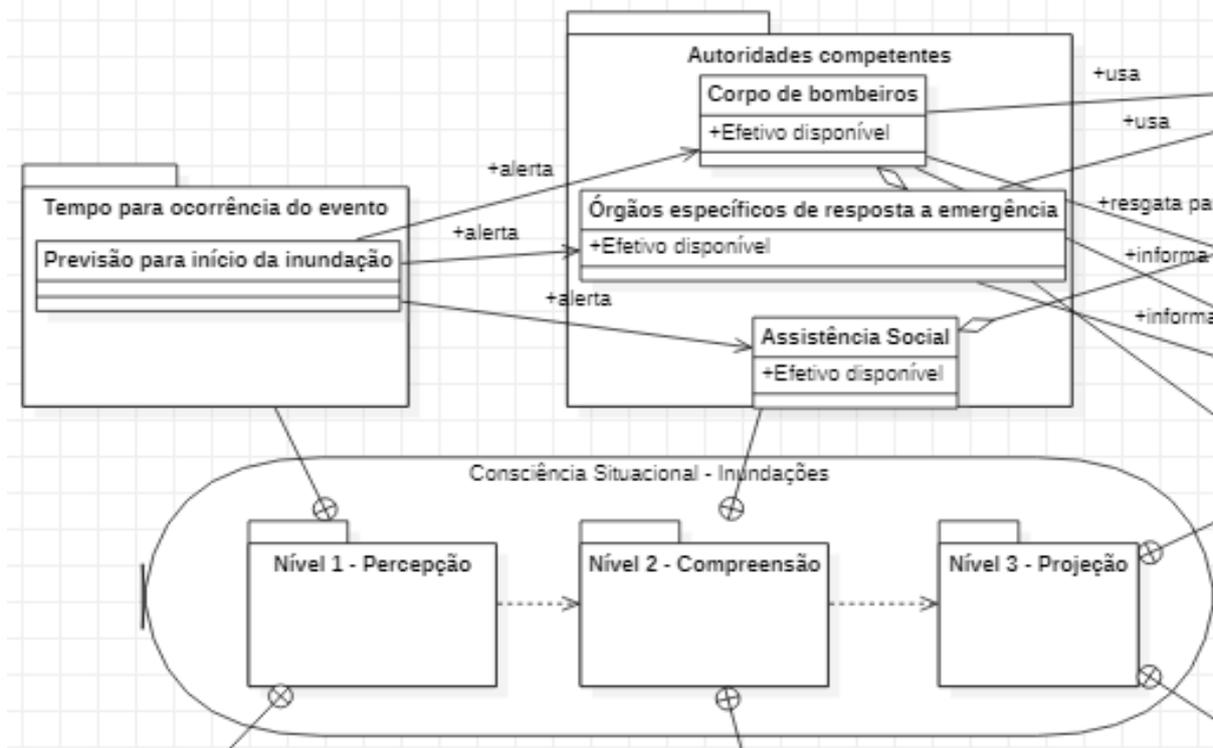
Figura 5 – Modelagem conceitual em UML da consciência situacional para desastres de inundação.



Elaboração: Os autores (2021).

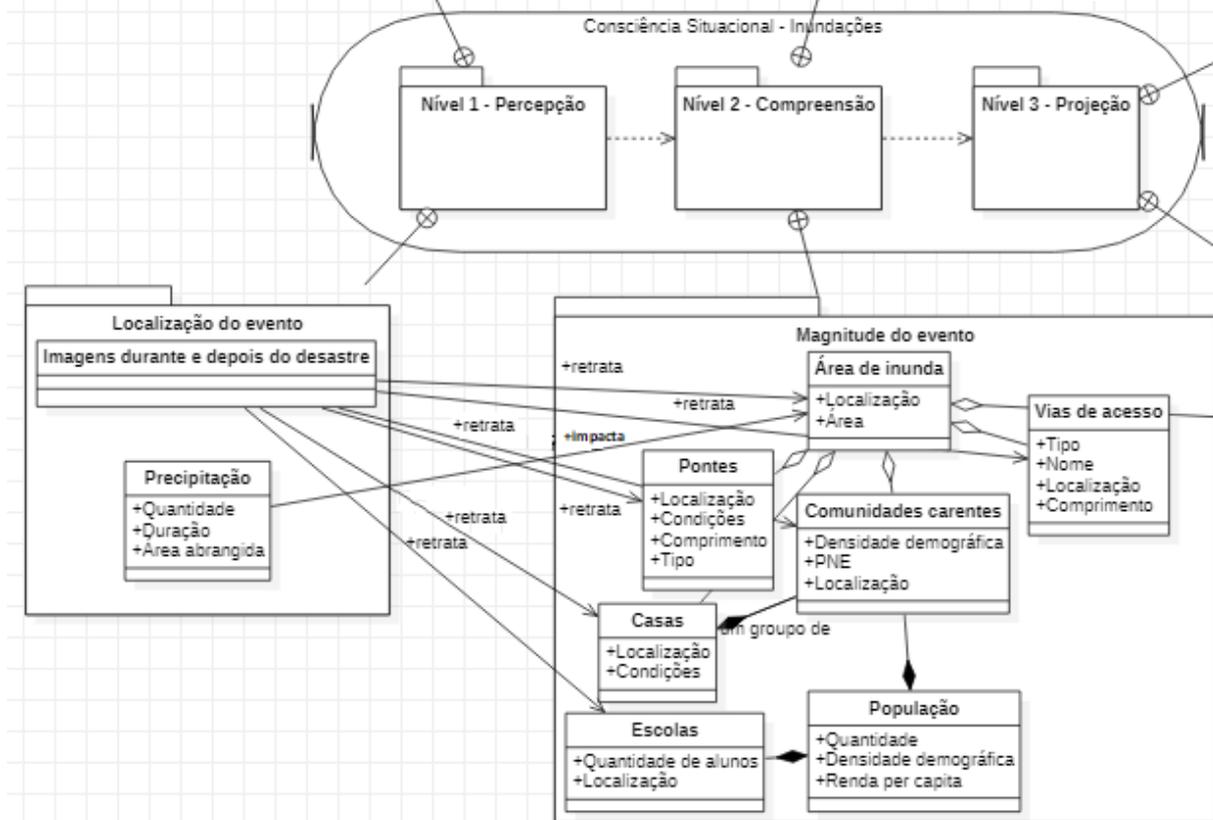
De forma a melhor visualizar os elementos (classes e atributos) constantes na Figura 5, foram realizados quatro recortes da modelagem e apresentados nas Figuras 6 a 9 a seguir:

Figura 6 – Modelagem conceitual em UML da consciência situacional para desastres de inundação – primeiro recorte.



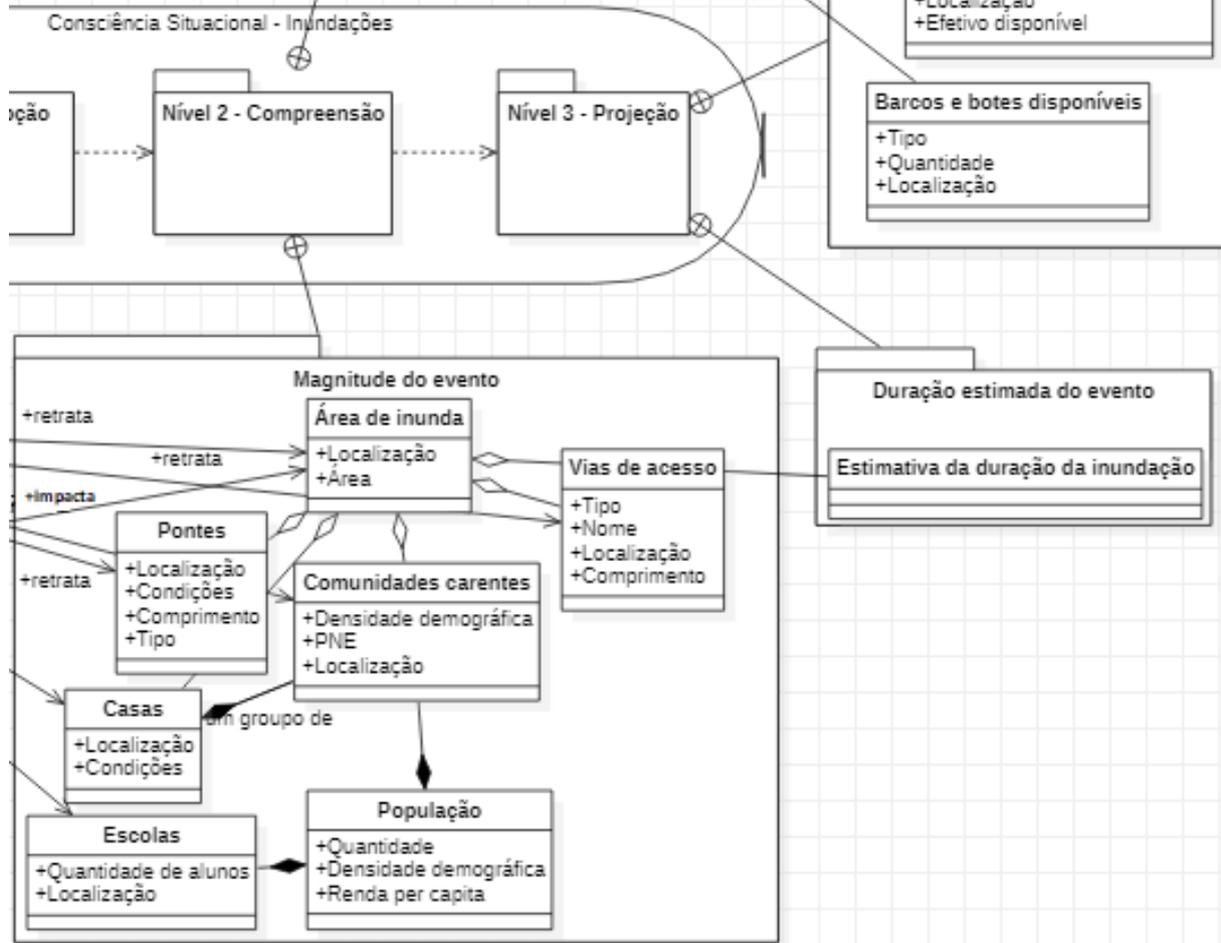
Elaboração: Os autores (2021).

Figura 7 – Modelagem conceitual em UML da consciência situacional para desastres de inundação – segundo recorte.



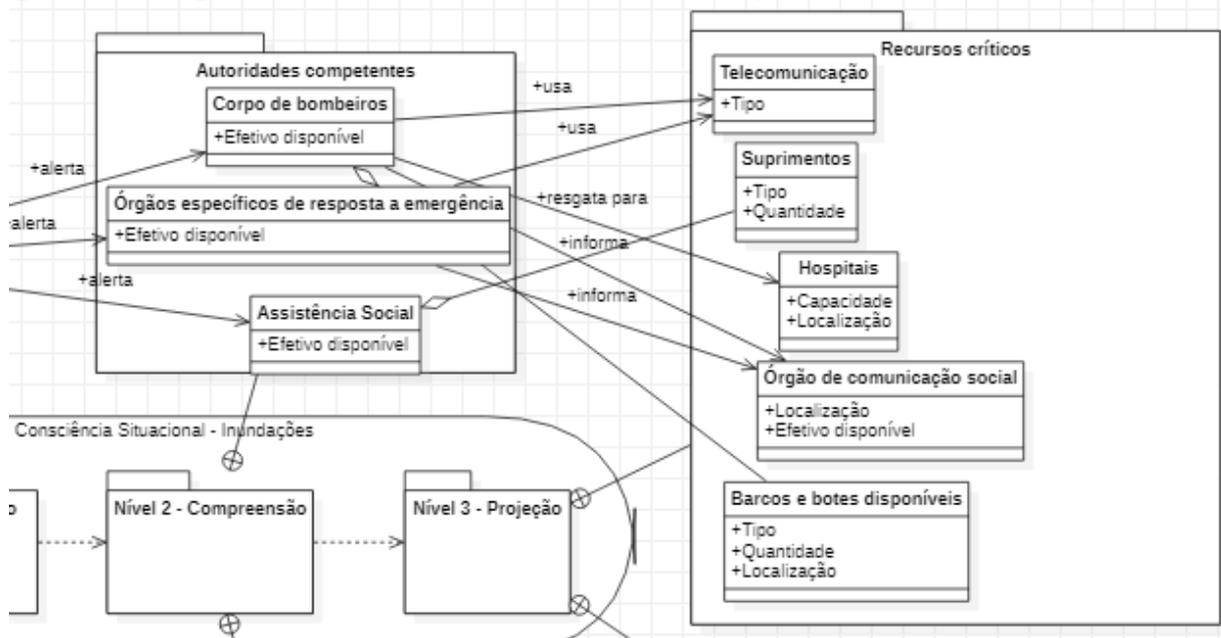
Elaboração: Os autores (2021).

Figura 8 – Modelagem conceitual em UML da consciência situacional para desastres de inundação – terceiro recorte.



Elaboração: Os autores (2021).

Figura 9 – Modelagem conceitual em UML da consciência situacional para desastres de inundação – quarto recorte.



Elaboração: Os autores (2021).

Na modelagem conceitual em UML realizada, as 19 variáveis foram apresentadas na forma de classes, dentro dos seis grupos ou pacotes elencados pela literatura (Rummukainen et al., 2015), e seus principais atributos foram explicitados, de forma que as relações de associação, agregação e composição entre as classes

pudessem ser materializadas.

De forma a detalhar as relações entre as classes da Figura 5 e seus atributos, melhor visualizados nas Figuras 6 a 9, tem-se que:

- a) No nível 1 - Percepção, existem os dois pacotes: Tempo para ocorrência do evento e Localização do evento. Em Tempo para ocorrência do evento, há a classe Previsão para início da inundação, que se relaciona por associação com as classes Corpo de bombeiros, Assistência Social e Órgãos específicos de resposta a emergência, com atributos "Efetivo disponível". Já em Localização do evento, há as classes Imagens durante e depois do desastre e Precipitação, sendo esta com os atributos "Quantidade", "Duração" e "Área abrangida". As suas relações de associação com as classes pertencentes ao pacote Magnitude do evento;
- b) No nível 2 - Compreensão, estão os dois pacotes: Autoridades competentes e Magnitude do evento. Em Autoridades competentes, as classes Corpo de bombeiros, Órgãos específicos de resposta a emergência e Assistência Social possuem como atributos "Efetivo disponível". Relacionam-se por associação com a classe Previsão para início da inundação e por associação e agregação com as classes pertencentes ao pacote Recursos críticos. Note que há relação de "parte-todo" na agregação. Em Magnitude do evento, as classes Área de inunda, Vias de acesso, Comunidades carentes, Pontes, Casas e Escolas relacionam-se por associação com as classes do pacote Localização do evento, ao passo que essas mesmas classes e População relacionam-se entre si por agregação e composição (uma relação em que há dependência "parte-todo"). Área de inunda possui os atributos "Localização" e "Área"; Vias de acesso possui os atributos "Tipo", "Nome", "Localização" e "Comprimento"; Comunidades carentes possui os atributos "Densidade demográfica", "PNE" (Portadores de Necessidades Especiais) e "Localização"; Pontes possui os atributos "Localização", "Condições", "Comprimento" e "Tipo"; Casas possui os atributos "Localização" e "Condições"; Escolas possui os atributos "Quantidade de alunos" e "Localização"; População possui os atributos "Quantidade", "Densidade demográfica" e "Renda per capita". Relacionam-se ainda por agregação com a classe do pacote Duração estimada do evento;
- c) No nível 3 - Projeção, estão dois pacotes: Recursos críticos e Duração estimada do evento. Em Recursos críticos, as classes Telecomunicação, Suprimentos, Hospitais, Órgão de comunicação social e Barcos e botes disponíveis relacionam-se com as classes do pacote Autoridades competentes por associação e agregação. A classe Telecomunicação possui o atributo "Tipo"; a classe Suprimentos possui os atributos "Tipo" e "Quantidade"; a classe Hospitais possui os atributos "Capacidade" e "Localização"; a classe Órgão de comunicação social possui os atributos "Localização" e "Efetivo disponível"; a classe Barcos e botes disponíveis possui os atributos "Tipo", "Quantidade" e "Localização". Em Duração estimada do evento, a classe Estimativa da duração da inundação relaciona-se por agregação com a classe Área de inunda do pacote Magnitude do evento.

Foi aplicado o cálculo do coeficiente alfa de Cronbach para as 46 variáveis. Foi encontrado um valor superior a 0,9 e, dessa forma, pelo indicador utilizado, a consistência do questionário foi medida e aprovada para o presente trabalho (FREITAS; RODRIGUES, 2005).

Nota-se que, dentre as 19 variáveis selecionadas, nem todas possuem característica geográfica, ou seja, não podem ser georreferenciadas, porém servem de base para que os produtores de geoinformação possam agir e se pautar para as entregas dos primeiros produtos cartográficos.

As 14 variáveis do Quadro 4 possuem características geográficas, ou seja, podem ser georreferenciadas. Dentre elas, as variáveis "Escolas", "Casas", "Pontes", "Área de inunda", "Hospitais" e "Vias de acesso" podem ser enquadradas nas classes previstas nas Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV), (CONCAR, 2017). Dessa forma, é possível que esses dados sejam produzidos de forma análoga, respeitando-se as peculiaridades que possam surgir, aos que são realizados para o mapeamento sistemático pela Diretoria de Serviço Geográfico (DSG).

Quadro 4 – 14 Principais variáveis selecionadas e que possuem informação geográfica.

Variáveis com informação geográfica		
Precipitação	Escolas	Órgãos específicos de resposta a emergência
Área de Inunda	População	Pontes
Casas	Hospitais	Corpo de bombeiros
Vias de acesso (estradas, rodovias etc.)	Imagens durante e depois do desastre	Assistência Social
	Órgão de comunicação social	Comunidades carentes

Elaboração: Os autores (2021).

Mesmo as variáveis que não possuem características geográficas, possuem importância no que tange a elaboração do boletim de consciência situacional, divulgado normalmente duas vezes por dia nesse tipo de desastre. Esse boletim nada mais é do que a formulação concisa de um documento com as principais informações a serem divulgadas para a população e para a imprensa de modo geral.

Para exemplificar como é estruturado um boletim de consciência situacional, baseando-se em Exército Brasileiro (2020b), foram elencadas perguntas que devem ser respondidas pelo boletim, conforme a seguir.

- a) Quanto precipitou no dia?;
- b) Qual a área onde houve a precipitação?;
- c) Quantos feridos? (no dia e acumulado);
- d) Quantos mortos? (no dia e acumulado);
- e) Quantos desabrigados? (no dia e acumulado);
- f) Quantos desalojados? (no dia e acumulado);
- g) Quantos desaparecidos? (no dia e acumulado);
- h) Qual a capacidade dos abrigos e onde estão localizados?;
- i) Quais pontes foram destruídas?;
- j) Quais vias de acesso foram bloqueadas?;
- k) Quantos suprimentos são necessários para aquele dia?;
- l) Quais hospitais estão prestando apoio?;
- m) Quais equipamentos de telecomunicação são empregados?;
- n) Quais serviços essenciais foram interrompidos?.

5 CONCLUSÃO

Dentro da consciência situacional foi possível realizar a modelagem conceitual das variáveis apresentadas e sugeridas, dando destaque para as 19 selecionadas, de modo que se possa priorizar e direcionar os trabalhos daqueles responsáveis pela produção de geoinformação.

Essa modelagem é um passo importante na busca da consolidação dos conhecimentos acerca do enfrentamento de desastres de inundações, visto que, apesar de ser um cenário bastante recorrente em diversas regiões do país, é ainda bastante incipiente por parte de algumas autoridades no trabalho de auxílio às demandas e tomadas de decisão.

A ausência de modelagem padronizada no Brasil para produtos cartográficos específicos para atendimento às demandas do enfrentamento de desastres de inundações torna o presente trabalho relevante no que tange o desenvolvimento da pesquisa científica visando abordar a consciência situacional, ou seja, o completo conhecimento e desdobramento do problema em questão.

Com base no presente trabalho, os órgãos de produção cartográfica, em especial do Exército Brasileiro, podem se situar nos cenários de crise e buscar melhor atender às necessidades de seus clientes, em especial as organizações militares que prestam apoio às defesas civis, as próprias defesas civis e demais órgãos de apoio, podendo delimitar, assim, as especificações técnicas dos produtos matriciais e vetoriais a serem produzidos.

Essa modelagem é um passo importante na busca da consolidação dos conhecimentos acerca do enfrentamento de desastres de inundações, visto que, apesar de ser um cenário bastante recorrente em diversas regiões do país, é ainda bastante incipiente por parte de algumas autoridades no trabalho de auxílio às

demandas e tomadas de decisão.

A utilização de procedimentos que propiciem uma produção cartográfica rápida é de suma importância para subsidiar os trabalhos executados nos cenários de desastres de inundações, fornecendo tempestivamente produtos cartográficos aos seus demandantes.

É possível ainda realizar a investigação mais a fundo dos atributos inerentes a cada uma das variáveis, de modo que se possa melhor detalhar a modelagem conceitual adotada. Isso pode ser realizado por meio de estudos de caso, abordando cenários de inundações relevantes no contexto das defesas civis de Santa Catarina e do Rio de Janeiro. Um exemplo de estudo de caso que pode ser proposto é utilizar-se do exercício simulado, conforme Exército Brasileiro (2020b), da enchente histórica da cidade de Tubarão em Santa Catarina, que causou a morte de 199 pessoas em 1974, conforme Assunção (2018), e é abordada na atualidade pelos diversos atores das tomadas de decisão em situações de enfrentamento a inundações.

É possível também expandir a pesquisa do presente trabalho ao abordar mais defesas civis, buscando-se, assim, identificar as peculiaridades regionais, bem como as limitações de cada órgão no gerenciamento das ações relativas ao enfrentamento de desastres de inundações, de forma a propiciar uma padronização ampla, incorporando todo o território nacional, definindo as classes mínimas essenciais para o enfrentamento desse tipo de desastre.

Agradecimentos

Aos profissionais técnicos da Defesa Civil do Rio de Janeiro e da Defesa Civil de Santa Catarina que prontamente responderam ao questionário que embasou este trabalho.

Contribuição dos Autores

A conceptualização e a metodologia foram contribuições do autor Luciano. A análise formal, a investigação e a validação foram contribuições do autor Raphael. A visualização e a redação foram realizadas por ambos os autores.

Conflitos de Interesse

Os autores declaram que não há nenhum conflito de interesse.

Referências

- AJMAR, A.; BOCCARDO, P.; DISABATO, F.; TONOLO, F. G. Rapid Mapping: geomatics role and research opportunities. **Rend. Fis. Acc. Lincei** 26, 63–73, 2015. DOI. 10.1007/s12210-015-0410-9.
- ASSUNÇÃO, V. K. Memories of the flood of 1974 and the production of space in Tubarão (SC). **Mercator**, Fortaleza, v. 17, JAN 2018. ISSN 1984-2201. DOI. 10.4215/rm2018.e17001.
- BALTSAVIAS, E.; CHO, K.; REMONDINO, F.; SOERGEL, U.; WAKABAYASHI, H. Rapidmap - Rapid mapping and information dissemination for disasters using remote sensing and geoinformation. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XL-7/W2, 31–35, 2013. DOI. 10.5194/isprsarchives-XL-7-W2-31-2013.
- BHAGAT, M. Parametric Evaluation for Flood Management: A Review. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, Volume 4, Issue 7, July, 2013.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 2012. Seção 1, p.1.
- BUEHLER, Y. A.; KELLENBERGER, T. W.; SMALL, D.; ITTEN, K. I. Rapid mapping with remote sensing data during flooding 2005 in Switzerland by object-based methods: A case study. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, 89, p. 391–400, May 2006. DOI. 10.2495/GEO060391.

- CARIFIO, J.; PERLA, R. Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales. **Medical Education**, 42(12), 1150–1152, 2008. DOI. 10.1111/j.1365-2923.2008.03172.x.
- CHEN, N.; DU, W.; SONG, F.; CHEN, Z. FLCNDEMFC: An Event Metamodel for Flood Process Information Management under the Sensor Web Environment. **Remote Sensing**, ISSN 2072-4292, 7, no. 6: 7231-7256, 2015. DOI. 10.3390/rs70607231.
- COMISSÃO NACIONAL DE CARTOGRAFIA (CONCAR). **ET-EDGV: Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais 3.0**, 2017.
- COPERNICUS. Rapid Mapping Product portfolio Emergency Management Service. **European Commission**, 2015.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. **Portal da Diretoria de Serviço Geográfico**. Missão da Diretoria de Serviço Geográfico. 14 mar. 2008. Disponível em: <<http://www.dsg.eb.mil.br/index.php/missao>>. Acesso em: 23 fev. 2022.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. 4ª Brigada de Infantaria Leve de Montanha. **Relatório do exercício da força de apoio à Defesa Civil/CML "Operação Dilúvio"**, realizada de 30/09/19 a 04/10/19 em Petrópolis/RJ, 2019.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. 4ª Brigada de Infantaria Leve de Montanha. **Relatório do exercício da força de apoio à Defesa Civil/CML "Operação Dilúvio"**, realizada de 26/10/20 a 30/10/20 em Vila Velha/ES, 2020a.
- EXÉRCITO BRASILEIRO. 4º Exercício da Força de Ajuda Humanitária da 14ª Brigada de Infantaria Motorizada. **Documentações do exercício simulado da inundação do rio Tubarão**, realizado de 27/09/20 a 29/09/20 em Florianópolis/SC, 2020b.
- FAROOQ, U.; AHMED, K.; SAEED, Y.; ABBAS, S. GIS Framework Using SDI for Disaster Management. **11th Islamic Countries Conference on Statistical Sciences (ICCS-11)**. Vol. 21, 2011.
- FREITAS, ANDRÉ LUIS; RODRIGUES, SIDILENE. A avaliação da confiabilidade de questionários: uma análise utilizando o coeficiente alfa de Cronbach. **XII SIMPEP**, Bauru, SP, Brasil, 7 a 9 Nov. 2005. DOI. 10.13140/2.1.3075.6808.
- HARPE, S. E. How to analyze Likert and other rating scale data. **Currents in Pharmacy Teaching and Learning**, 7(6), 836–850, 2015. DOI. 10.1016/j.cptl.2015.08.001.
- HENRY, J. B.; CHASTANET, P.; FELLAH, K.; DESNOS, Y. L. Envisat multipolarized ASAR data for flood mapping. **International Journal of Remote Sensing**, 27(10), 1921–1929, 2006. DOI: 10.1080/01431160500486724.
- HEASLIP, G.; BARBER, E. Using the military in disaster relief: systemising challenges and opportunities. **Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management**, Vol. 4 No. 1, pp. 60-81, 2014. DOI. 10.1108/JHLSCM-03-2013-0013.
- IQBAL, MUHAMMAD SHADID; AZHAR, SOHAIB; GUL, DR SHABNAM; AFSAR, MUHAMMAD MUNIR; ASGHAR, MUHAMMAD FAIZAN. Enhancing situational awareness in emergency operations through GIS in context of Pakistan. **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)**. Volume 12, Issue 5, pp. 169-180, May 2021. DOI: 10.34218/IJARET.12.5.2021.016.
- LECHNER, K.; GÄHLER, M. Earth observation based crisis information — Emergency mapping services and recent operational developments. **4th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)**, pp. 1-7, 2017. DOI. 10.1109/ICT-DM.2017.8275682.
- KHAN, A.; ALI, A.; ALI, Z.; QASIM, S. Methodological framework for Flood Risk Assessment. **Journal of Science and Technology**. 39. 23-35, 2015.
- LAKATOS, EVA MARIA; MARCONI, MARINA DE ANDRADE. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª edição. São Paulo: Atlas, 2003.

- LIKERT, R. A technique for the measurement of attitudes. **Archives of Psychology**. n. 140,p. 44-53, 1932.
- MARENGO, JOSE; CAMARINHA, PEDRO IVO; ALVES, LINCOLN; DINIZ, FÁBIO; BETTS, RICHARD. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. **Frontiers in Climate**. 3. 2021. DOI. 10.3389/fclim.2021.610433.
- MARTIN, B. R. **Statistics for Physical Sciences - An Introduction**. Academic Press, 2012. ISSN 978-0-12-387760-4. DOI. 10.1016/C2010-0-68810-9.
- MATSUOKA, M.; YAMAZAKI, F. Use of satellite SAR intensity imagery for detecting building areas damaged due to earthquakes. **Earthquake Spectra, - EARTHQ SPECTRA**. 20(3), pp. 975–994, 2004. DOI. 10.1193/1.1774182.
- MINISTÉRIO DA DEFESA. **MD33-I-01: instruções para emprego das Forças Armadas em apoio à Defesa Civil**. 2015.
- NORMAN, G. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. **Advances in Health Sciences Education**, 15(5), 625–632, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10459-010-9222-y>.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Successful Response Starts With A Map: Improving Geospatial Support for Disaster Management. **The National Academies Press**. Washington, DC. 2007. DOI. 10.17226/11793.
- REID, R. J.; VERITY, A. Resources For Situational Awareness In Humanitarian Emergencies - An Overview of Sources of Information, Tools and Services. **Digital Humanitarian Network**. Mar 2019.
- RESCH, BERND; SCHMIDT, DIRK; BLASCHKE, THOMAS. Enabling Geographic Situational Awareness in Emergency Management. **Proceedings 2nd Geospatial Integration for Public Safety Conference**. Apr 2007.
- REVISTA PESQUISA. **A more vulnerable Brazil in the 21st century**, 2016. <<https://revistapesquisa.fapesp.br/en/a-more-vulnerable-brazil-in-the-21st-century/>>. Acesso em 5 fev. 2021.
- RUMBAUGH, JAMES; JACOBSON, IVAR; BOOCH, GRADY. **The Unified Modeling Language Reference Manual**. Addison-Wesley. ISBN 0-201-30998-X. 1998.
- RUMMUKAINEN, L.; OKSAMA, L.; TIMONEN, J.; VANKKA, J. Situation Awareness Requirements for a Critical Infrastructure Monitoring Operator. **IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)**, pp. 1-6, 2015. DOI. 10.1109/THS.2015.7225326.
- SAITO, SILVIA MIDORI; DIAS, MARIANE CARVALHO DE ASSIS; ALVALÁ, REGINA CÉLIA DOS SANTOS; STENNER, CLAUDIO; FRANCO, CAYO; RIBEIRO, JULIA VICENTE MARTINS; SOUZA, PILAR AMADEU DE; SANTANA, RODRIGO AMORIM SOUZA DE MORAES. População urbana exposta aos riscos de deslizamentos, inundações e enxurradas no Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 31, p. 1-25, Nov. 2019. DOI. 10.14393/SN-v31-2019-46320.
- SPADER, R. **Operações de cooperação e coordenação com agências: contribuições para o emprego da Força de Apoio à Defesa Civil em resposta a inundações no território nacional**. Dissertação (Mestrado) — Escola de Aperfeiçoamento de Oficiais, Rio de Janeiro, 2020.
- SULLIVAN, G. M.; ARTINO, A. R. Analyzing and Interpreting Data From Likert-Type Scales. **Journal of Graduate Medical Education**, 5(4), 541–542, 2013. DOI. 10.4300/JGME-5-4-18.
- TSOU, MING-HSIANG; JUNG, CHIN-TE; ALLEN, CHRISTOPHER; YANG, JIUE-AN; HAM, SU YEON; SPITZBERG, BRIAN H.; DOZIER, JESSICA. Building a Real-Time Geo-Targeted Event Observation (Geo) Viewer for Disaster Management and Situation Awareness. **Peterson, M. (eds) Advances in Cartography and GIScience - ICACI**. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Cham. 2017. DOI: 10.1007/978-3-319-57336-6_7.
- UNITED NATIONS OFFICE FOR THE COORDINATION OF HUMANITARIAN AFFAIRS (UN-OCHA). **Natural Disasters In Latin America And The Caribbean, 2000 – 2019**, 2020.

VOLUME BRASIL. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 A 2012** – 2ª edição revisada e ampliada, 2013.

VONGKUSOLKIT, JIRAPA; HUANG, QUNYING. Situational awareness extraction: a comprehensive review of social media data classification during natural hazards. **Annals of GIS**. Vol.27, Nº1, 5-28. 2021. DOI. 10.1080/19475683.2020.1817146.

WANG, Z., TU, J., LIU, G., ZHAO, Q. Application of GIS rapid mapping technology in disaster monitoring. **ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. XLII-3. 1849-1851. 2018. DOI. 10.5194/isprs-archives-XLII-3-1849.

WESTEN, J. C. Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management. **Treatise on Geomorphology, Academic Press**, pp. 259-298, ISBN 9780080885223, 2013. DOI. 10.1016/B978-0-12-374739-6.00051-8.

Biografia do autor principal



Raphael Heleno Pinho Perrut, Rio de Janeiro, 1989, possui graduação e mestrado, ambos em Engenharia Cartográfica pelo Instituto Militar de Engenharia (RJ). Atua como Engenheiro Cartógrafo na Diretoria de Serviço Geográfico, Exército Brasileiro. Em sua experiência destacam-se os temas Sensoriamento Remoto com tecnologia RADAR SAR, Mapeamento Sistemático e Produção Cartográfica. Trabalhou no processamento digital de imagens RADAR SAR do projeto de mapeamento Cartografia Terrestre - Radiografia da Amazônia, no 2º Centro de Geoinformação (DF) e atuou como cientista convidado do Instituto de Micro-ondas e Radar da Agência Espacial Alemã (DLR).



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.