



Modelagem Conceitual de Dados Geoespaciais para Defesa Civil: Estudo de Caso em Salvador-Bahia

Conceptual Model of Geospatial Data for Civil Defense: Case Study in Salvador-Bahia

Pablo de Almeida dos Santos¹ e Fabíola Andrade Souza²

¹ Defesa Civil de Salvador - CODESAL, Salvador-BA, Brasil. pabloalsant@hotmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-7987-9354>

² Universidade Federal da Bahia - UFBA, Salvador-BA, Brasil. fabiola.andrade@ufba.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2475-4520>

Recebido: 01.2024 | Aceito: 09.2024

Resumo: Um dos principais problemas enfrentados atualmente pelas administrações municipais está relacionado à ocupação urbana desordenada, que em muitos casos gera desastres como deslizamentos e alagamentos. Infelizmente, observa-se que historicamente as instituições de defesa civil têm dado maior ênfase a ações de resposta do que de prevenção de desastres. Visando mudar esse cenário, a defesa civil do município de Salvador-BA tem buscado um novo modelo de gestão utilizando o mapeamento de riscos de áreas críticas como suporte ao planejamento e prevenção. Para apoiar tal ação, foi elaborada uma modelagem conceitual de dados geográficos que dá suporte à produção da cartografia temática da defesa civil – em aderência à Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV Salvador) – e permitiu a organização e disponibilização de seus dados temáticos para os atores envolvidos no processo.

Palavras-chave: Gestão de risco. Banco de dados geográficos. ET-EDGV.

Abstract: One of the main challenges currently faced by municipal administrations concerns disorderly urban occupation, which usually leads to disasters such as landslides and floods. Unfortunately, it is observed that historically, civil defense institutions have focused more on response actions rather than disaster prevention. Aiming to change this scenario, the civil defense of the city of Salvador-Bahia has been pursuing a new management model using risk mapping of critical areas to support planning and prevention efforts. To support this initiative, a conceptual modeling of geographic data was developed to aid in the production of thematic cartography for civil defense – aligned with the Technical Specification for Structuring Vector Geospatial Data (ET-EDGV Salvador) – and enabled the organization and availability of thematic data for the stakeholders involved in the process.

Keywords: Risk management. Geospatial Database. ET-EDGV.

1 INTRODUÇÃO

A ocupação urbana de forma irregular e desordenada em áreas de encostas é um dos principais problemas enfrentados pelas Administrações Municipais. Os crescentes assentamentos populacionais nessas áreas trazem como consequência deslizamentos de terra e desabamentos de imóveis, que fazem vítimas anualmente em períodos de grandes pluviosidades. O enfrentamento dessas questões por parte da defesa civil dos municípios ainda carece, em sua grande maioria, de soluções eficientes e eficazes, sobretudo no que diz respeito a tecnologias que busquem agilizar o planejamento e as ações de prevenção.

Este trabalho apresenta uma modelagem de dados concebida para alcançar resultados positivos dentro do processo de melhorias nos procedimentos adotados pela defesa civil do município de Salvador-Bahia, abandonando o enfoque tão somente em remediação dos eventos para empreender novas ações de planejamento, mitigação e prevenção de desastres, apoiadas pelo uso de tecnologias já consolidadas, em especial os sistemas de informação geográfica – SIG e bancos de dados geográficos – BDG.

Para defesa civil, é importante conceituar alguns termos-chave, por exemplo, a noção de evento, em especial evento adverso, definido como “um fato já ocorrido, no qual não foram registradas consequências

danosas sociais e/ou econômicas relacionadas diretamente a ele” (Augusto Filho *et al.*, 1990, p.334).

Igualmente, é importante entender o que se define como ameaça, ou seja, um fator externo de risco, representado pela possibilidade de que ocorra um fenômeno ou um evento adverso capaz de gerar dano a indivíduos ou seu entorno. Dessa forma, “ameaça é um fenômeno ou processo do meio físico cuja dinâmica pode gerar consequências negativas (perdas e danos) em relação aos elementos expostos (pessoas, edificações, infraestrutura, bens materiais, serviços, recursos naturais); a caracterização da ameaça, existente ou potencial, não inclui qualquer tipo de previsão” (CPRM, 2018, p.170).

Por fim, a vulnerabilidade pode ser definida como a suscetibilidade ou a predisposição intrínseca de um elemento ou de um sistema de ser afetado gravemente. Isto é, trata-se do fator interno do risco, dado que essa situação depende da atividade humana. Além disso, a vulnerabilidade pode ser entendida por “um grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo” (Carvalho *et al.*, 2007, p.26).

Consequentemente, os mesmos autores abordam que, integrando a relação entre ameaça e vulnerabilidade, “o risco é uma relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequências sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade, maior o risco” (Carvalho *et al.*, 2007, p.26).

No Brasil, um dos maiores desastres naturais registrados resultou de movimentos de massa generalizados ocorridos em 2011 na região serrana do Rio de Janeiro. Esse evento, oficialmente, causou 947 mortes, com 300 desaparecimentos, deixando mais de 50.000 desabrigados, o que afetou quase 1.000.000 de pessoas (Dourado *et al.*, 2012).

Em Salvador, no dia 27 de março de 2015, ocorreu um de seus maiores desastres, nas comunidades do Barro Branco e do Bom Juá – situadas respectivamente nos bairros de Alto do Peru e de Bom Juá –, uma tragédia envolvendo um deslizamento de terra que resultou em um total de 12 mortes confirmadas. A movimentação de terra teve como vetor as prolongadas e torrenciais chuvas que precipitaram na cidade no período. A grave ocorrência, no entanto, não configurou um episódio isolado, segundo o G1 (2018), pois, ao resgatar o histórico do local afetado, observa-se 19 anos de tragédias por chuvas na mesma região, com destaques para o ano de 1996, com 22 mortes no final de abril, e o ano de 2011, em que não houve vítimas fatais, contudo, 10 pessoas ficaram desabrigadas.

Pelo Brasil, ainda em fevereiro de 2023, o litoral norte do estado de São Paulo foi devastado por deslizamentos de terra provocados por um temporal inédito, o maior registrado em 24 horas na história do país, segundo dados do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) citados pelo G1 (2023). Segundo a fonte, o escorregamento de terra causou a morte de mais de 60 pessoas nos municípios de São Sebastião, o mais impactado, e Ubatuba.

Portanto, ao compreender ocorrências dessa natureza, pode-se evitar que situações similares evoluam para desastres, pois o estudo viabiliza planejar ações adequadas para lidar com esses eventos, seja na prevenção, mitigação e alerta ou no preparo da população. Dessa maneira, um planejamento urbano eficaz – baseado na mitigação e prevenção – busca reduzir o número de afetados e permitir a adaptação para um nível de risco aceitável, com consequências esperadas (Castro, 2007).

No caso específico de Salvador, por conta da topografia acidentada, a cidade sempre esteve exposta ao risco, e diversos eventos históricos atestam essa situação, como os citados anteriormente. A Defesa Civil de Salvador (CODESAL) atua desde a década de 1970 com a missão de promover a segurança da população por meio da redução de risco de desastres. As ações geralmente começam por ligação telefônica pela população para registro de solicitações. No passado, os profissionais de atendimento registravam as ocorrências em formulários impressos, que mais tarde eram encaminhadas ao engenheiro encarregado para realizar a vistoria. Nesse processo, todas as informações eram organizadas de maneira analógica, sem sistematização e automatização.

Após 2004, houve a implantação do Sistema de Gestão da Defesa Civil (SGDC), que trouxe automatização e modernização ao registro, armazenamento, consultas das solicitações e vistorias na CODESAL. Entretanto, apesar dos benefícios do sistema, as ações prioritárias continuavam concentradas apenas na remediação de eventos, sem considerar as necessárias ações de prevenção e mitigação de desastres.

Embora a CODESAL tenha evoluído na automatização de seus processos de registro e gestão das

ocorrências através do SGDC, apenas em 2016 a instituição foi reestruturada – Lei Municipal nº 8969/2016, entendendo que a necessidade principal era aparelhar todo o órgão para sanar as demandas da cidade, com o objetivo de minimizar a ocorrência de acidentes, e não somente reduzir os efeitos pós-ocorrências. Assim, a CODESAL começou a atuar prioritariamente na prevenção de acidentes, através da intensificação de orientação educativa, ação inclusiva da população no processo, elaboração de planos de prevenção e mapeamentos das áreas de risco, visando prevenção e mitigação dos desastres.

Medidas para avaliar e reduzir o risco de desastres são, então, iniciadas com a prevenção e mitigação através da gestão de risco. Ainda de acordo com esta linha de abordagem, os programas de Mitigação de Desastres da UNDRO (Agência de Coordenação das Nações Unidas para o Socorro em Desastres) incluem uma sequência de ações de prevenção e preparação, que são: identificação dos riscos, análise dos riscos, medidas de prevenção e treinamento.

Nesse foco houve a implantação do Centro de Monitoramento e Alerta da Defesa Civil do Salvador (CEMADEC) e, concomitantemente, a elaboração de mapeamentos de riscos de áreas críticas, implantação de sirenes de alerta, entre outras ações, a exemplo do desenvolvimento de uma ferramenta de gestão espacial de risco denominada Sistema de Informação e Gestão de Risco (SIGR). O SIGR propicia uma gestão eficiente de áreas de risco que consiste no cadastramento de imóveis vulneráveis e elaboração de mapas, através de tecnologia SIG, fomentando ações de prevenção destinadas a subsidiar a CODESAL na gestão, prevenção e redução de riscos.

Contudo, as informações espaciais produzidas pelo SIGR logo após sua implantação ainda eram armazenadas em pastas digitais, em arquivos *shapefile*¹, dificultando sua segurança, atualização e disseminação, além de não apresentarem uma padronização cartográfica para o relacionamento topológico e o sistema de referência geodésica. Nesse contexto, este artigo apresenta as ações efetuadas no sentido de aprimorar a administração dos dados geoespaciais da CODESAL, através da sua padronização em uma modelagem conceitual para armazenamento em banco de dados geográficos que garanta organização e segurança no armazenamento, tratamento e compartilhamento destes dados entre a Prefeitura Municipal de Salvador e demais instituições autorizadas, garantido o acesso a um conjunto de dados espaciais e alfanuméricos consistente e seguro para as ações de planejamento urbano voltadas à prevenção e mitigação de desastres.

A modelagem de dados é uma atividade complexa que envolve transformar o espaço em uma representação discreta adequada ao fenômeno que se deseja trabalhar, sendo necessária uma abordagem criteriosa dos dados envolvidos. Os modelos tradicionais para dados alfanuméricos, como OMT (*Object Modeling Technique*) ou UML (*Unified Modeling Language*), apresentam limitações para aplicações geográficas, pois não possuem primitivas apropriadas para representar corretamente a semântica dos dados geográficos (Queiroz & Ferreira, 2006), havendo poucas iniciativas voltadas para a representação espacial. Por exemplo, Borges *et al.* (2001) e Borges *et al.* (2005) apresentam um modelo para dados geográficos denominado OMT-G (*Object Modeling Technique for Geographic Applications*), que traz a representação das primitivas e busca ser mais fiel à realidade geoespacial a ser modelada, utilizando um conjunto menor de objetos gráficos do que seria utilizado em outros modelos para dados geográficos existentes.

As técnicas de modelagem empregadas para os dados da CODESAL buscam representar os conceitos mais importantes relacionados à temática da defesa civil, para a adequada representação e estruturação destes fenômenos em BDG e sua utilização em SIG, incluindo o SIGR. Além disso, a modelagem proposta busca garantir aderência e integração com outras modelagens desenvolvidas para gestão pública, a exemplo da Bahia (2013), SPU (2021) e Ramos (2022), visando a padronização e uso comum sobre o espaço físico representado.

Dessa maneira, as técnicas aplicadas são as mesmas presentes na Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais da cartografia de referência de Salvador (ET-EDGV Salvador) (SEFAZ, 2017) e baseadas na ET-EDGV nacional (CONCAR, 2017), no âmbito da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE), ou seja, UML com a inclusão de conceitos da OMT-G.

A modelagem conceitual proposta para Defesa Civil segue normas da ET-EDGV Salvador, sendo um recorte temático específico, onde são definidas categorias, classes, atributos e relacionamentos pertinentes. A

¹ Formato de armazenamento de dados de vetor da Esri para armazenar a posição, a forma e os atributos de feições geográficas (ESRI, 2022).

versão apresentada neste artigo já é uma evolução da proposta inicial elaborada por Santos (2021) e, embora apresente os elementos essenciais para organização dos dados de interesse à defesa civil em Salvador, pode ser adaptada para outras instituições semelhantes, visando futura integração de dados a nível nacional.

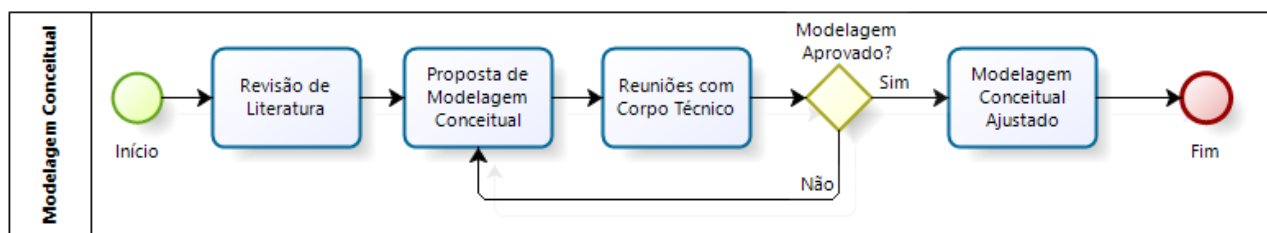
2 METODOLOGIA

Os trabalhos efetuados para realização da modelagem de dados com representação geográfica para defesa civil foram de cunho exploratório, dado o ineditismo da atividade. Como um recurso recentemente estruturado pela Defesa Civil de Salvador, o esquema de dados apresenta potencialidades para futuras pesquisas e evolução. Além disso, o projeto contou com etapa de entrevistas a título de coleta de dados e conceitos, aspecto que reforça a denominação exploratória deste trabalho.

Conforme fluxograma da Figura 1, a metodologia se inicia pela revisão de literatura, com o intuito de conhecer quais os conceitos associados à defesa civil e à modelagem de dados e suas etapas de produção, e também foi preciso aprofundar e entender o desenvolvimento da modelagem da ET-EDGV Salvador (SEFAZ, 2017), seus conceitos e particularidades, para permitir integração.

Em seguida, foi feita uma proposta preliminar da modelagem (diagramas de classes e atributos) discutida em reuniões com os gestores e coordenadores dos setores produtores dos dados geoespaciais na CODESAL. A cada versão desenvolvida, tendo como base as informações e sugestões dos participantes, eram marcados encontros quinzenais para discussão do esquema conceitual até a aprovação final. Essas ações duraram cerca de três meses.

Figura 1- Fluxograma da metodologia de trabalho.



Elaboração: Os autores (2024).

As estruturas previstas no esquema para o armazenamento em banco de dados do mapeamento foram do tipo vetorial, que consiste no principal conjunto de dados geográficos produzidos pela Defesa Civil de Salvador. Em relação à proposição de um esquema de BDG e pelo teor específico dos dados temáticos da Defesa Civil, a proposta da modelagem conceitual teve como referência principal as regras de negócio da CODESAL – ainda que associadas à legislação e prática nacionais. Apesar da modelagem ter como base os dados produzidos pela CODESAL em Salvador, sua estrutura foi referenciada nos aspectos conceituais gerais de defesa civil para facilitar a sua compreensão e leitura do agrupamento.

A ET-EDGV Salvador tem foco na cartografia de referência, o que torna difícil a sua adaptação para os dados da Defesa Civil, que tratam de uma cartografia temática. A modelagem dos dados da CODESAL contribui para complementar a ET-EDGV Salvador inserindo os tipos de dados temáticos mapeados na sua estrutura. Com isso, fez-se necessária a elaboração de um esquema para os dados, constituindo, assim, relevância e contribuições únicas para a área de geoprocessamento dos órgãos da Prefeitura Municipal de Salvador, em particular para a cartografia temática produzida pela CODESAL.

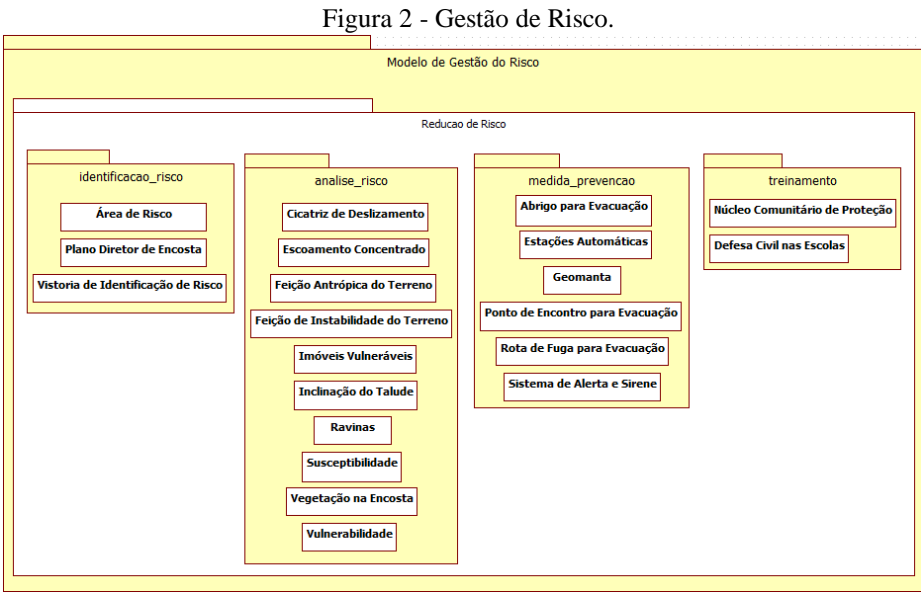
Vale citar os materiais utilizados para a produção deste trabalho, sendo todos livres e de uso pela Defesa Civil. O *software* utilizado para a modelagem conceitual foi o *StarUML* 3.1.0, por ser de conhecimento de uso dos autores, embora haja outros adequados para uso, como o *OMT-G Designer*, e para o esquema físico do banco de dados o *PostgreSQL 9.5 + PostGIS 2.3*. Em SIG, utilizou-se o *QGIS* versão 3.10 para tratamento dos dados e carga no BDG, além do servidor de dados *Geoserver* versão 2.10. O acervo de dados vetoriais foi oriundo da produção do mapeamento das áreas de risco no formato *shapefile*. E a documentação das modelagens ET-EDGV Salvador versão 2017 e ET-EDGV nacional versão 3.0. A escolha dos *softwares* e suas versões foi influenciada pela necessidade de compatibilidade com sistemas legados na infraestrutura da

CODESAL, pois atualizações poderiam causar complicações na integração e interoperabilidade com outros sistemas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A modelagem conceitual seguiu conceitos gerais de Gestão de Risco, previstos na bibliografia e na legislação pertinente. O intuito do material é tornar clara a leitura e a compreensão da estrutura e dos elementos dos dados de risco da CODESAL. A seguir serão descritos os resultados.

O universo de informações está inserido no esquema de Gestão do Risco, apresentado na Figura 2. Nesse contexto, a gestão do risco apresenta um agrupamento denominado redução de risco, que atende à Lei Federal nº 12.608, de 10 de abril de 2012.



Elaboração: Os autores (2024).

O grupo Redução de Risco é composto por 4 categorias: Identificação de Risco, Análise do Risco, Medida de Prevenção e Treinamento. A descrição deste grupo é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1- Definição do grupo de informação da CODESAL.

Grupo	Definição
Redução de Risco	As atividades de identificação, análise de fenômenos potencialmente perigosos, a medida de prevenção em áreas de risco e a capacitação da comunidade formam o conjunto de dados geoespaciais de identificação e análise do risco, visando sua redução.

Elaboração: Os autores (2024).

A estrutura dos dados da modelagem conceitual (classes, atributos e relacionamentos) foi organizada e distribuída nas quatro categorias deste grupo. Suas definições e conceitos, além de utilizar o referencial teórico, passaram por discussões internas na CODESAL, com o corpo técnico que atua na temática, cujos resultados aparecem no Quadro 2.

Quadro 2 - Definição das categorias de informações da CODESAL.

Categoria	Definição
Identificação do Risco (IDR)	Essa categoria refere-se aos trabalhos de reconhecimento de ameaças ou perigos e da identificação das respectivas áreas de risco.
Análise do Risco (ANR)	A categoria análise do risco inicia-se a partir dos resultados gerados pela identificação dos riscos, objetivando reconhecer mais detalhadamente o cenário presente em um determinado espaço físico, de acordo com os diferentes tipos de processos previamente reconhecidos.
Medida de Prevenção (MPR)	A partir dos dados obtidos nos estudos de análise do risco, são realizadas atividades para o gerenciamento das áreas de risco, o que compreende a definição, formulação e execução de medidas estruturais e não estruturais mais adequadas ou factíveis de serem executadas a curto, médio e longo prazo, no sentido de reduzir o risco de acidentes.
Treinamento (TRE)	Identificação de locais de atuação da Defesa Civil na difusão da cultura de prevenção, seja através de organizações de cursos, oficinas e palestras, possibilitando a capacitação de equipes locais e da população.

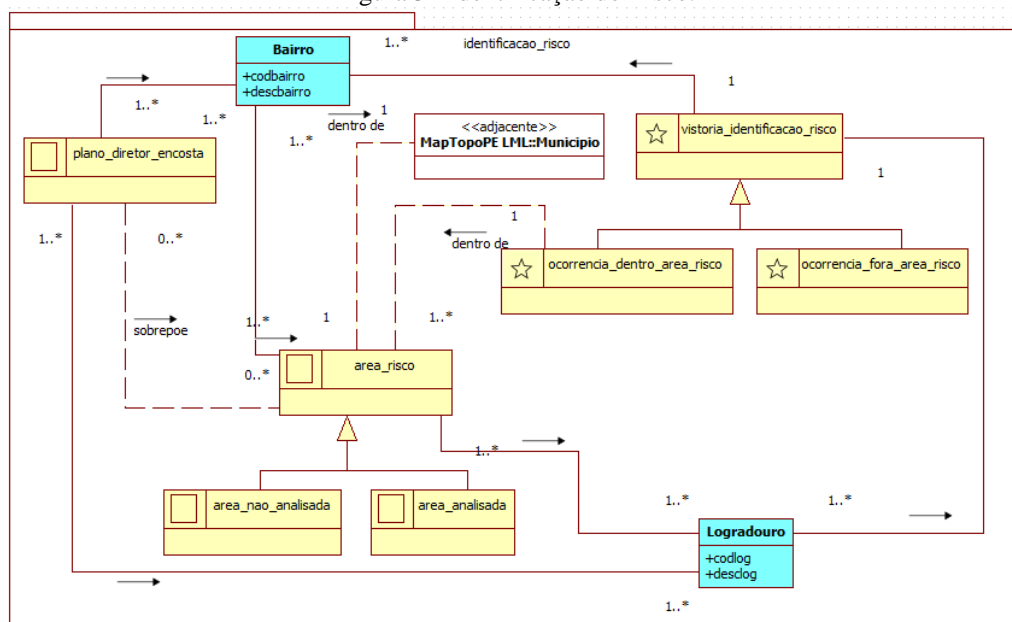
Elaboração: Os autores (2024).

Cada uma das categorias, através de suas classes e relacionamentos, está representada através das figuras 3 a 6, cujas definições teóricas dos objetos encontram-se nos quadros 3 a 6, conforme organização detalhada nos subtópicos a seguir. Os atributos associados a cada classe não foram descritos neste artigo e não aparecem no esquema das figuras, devido às limitações de espaço, mas estão detalhados na proposta inicial de Santos (2021) e na documentação final na CODESAL.

3.1 Identificação do Risco

Baseado nos conceitos de reconhecimento de ameaças ou perigos e de identificação das respectivas áreas de risco, definiu-se as seguintes classes para representação nesta categoria (Figura 3 e Quadro 3): *plano_diretor_encosta*, *area_risco* – especializada em *area_nao_analisada* e *area_analisada*, e *vistoria_identificacao_risco* – especializada em *ocorrencia_dentro_area_risco* e *ocorrencia_fora_area_risco*. Município constitui uma classe da ET-EDGV Salvador e foi incluída para garantir a integração com a cartografia de referência.

Figura 3 - Identificação do Risco.



Elaboração: Os autores (2024).

Logradouro e Bairro são elementos de cartografia temática, sendo assim não estão previstos para o esquema da ET-EDGV Salvador, entretanto, também não são parte dos conceitos de defesa civil, apesar de serem elementos importantes ao processo. Assim, foram utilizados os conceitos e dados existentes em um padrão de cadastramento para estes elementos que é realizado na Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Urbanismo – SEDUR, responsável pelo tema, e cuja modelagem dessas classes ainda está em discussão. As informações apropriadas para o esquema da Defesa Civil foram o código identificador e a descrição dos logradouros e dos bairros, sendo incorporadas como classes convencionais importadas, sem geometria, representadas pela cor azul, cor essa não prevista no padrão ET-EDGV e sugerida para as classes que ainda não foram modeladas pela área responsável.

Quadro 3 - Definição dos objetos da categoria Identificação do Risco.

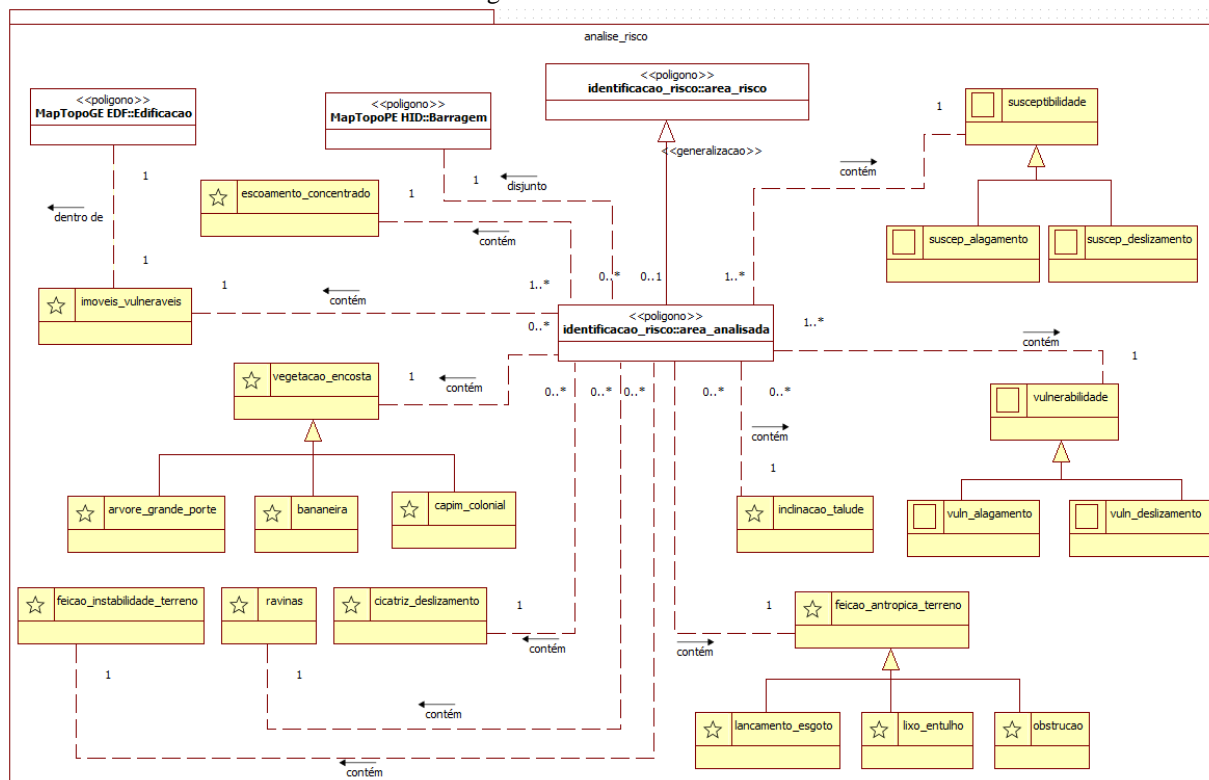
Classe	Definição
Plano Diretor de Encosta	Identificação das encostas em Salvador. Insumo oriundo do Plano Diretor de Encostas vigente. Este dado é representado na primitiva geométrica de polígono.
Área de Risco	Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. Essa área é delimitada através de estudos fenomenológicos dos processos. Este dado é representado na primitiva geométrica de polígono, sem sobreposições entre as áreas de risco, e se especializa em área não analisada e área analisada, que se distinguem pelas informações do status de inicialização do mapeamento.
Vistoria de Identificação de Risco	Informações atualizadas de ocorrências, que são inseridas no sistema em função das solicitações da população. Eventuais ocorrências são avaliadas e confirmadas a partir das vistorias técnicas. Equipes da CODESAL avaliam e registram, nessa confirmação, diversos aspectos da ocorrência, tais como a natureza e o potencial de danos associados. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto e se especializa em ocorrência dentro da área de risco e ocorrência fora da área de risco, que se distinguem pelo posicionamento das informações em relação à setorização da área de risco.

Elaboração: Os autores (2024).

3.2 Análise do Risco (ANR)

Tendo por necessidade reconhecer mais detalhadamente o cenário presente em um determinado espaço físico, de acordo com os diferentes tipos de processos previamente reconhecidos, a categoria Análise do Risco prevê as seguintes classes temáticas (Figura 4 e Quadro 4): cicatriz_deslizamento, inclinacao_talude, feicao_instabilidade_terreno, feicao_antropica_terreno – especializada em lançamento_esgoto, lixo_entulho e obstrucao, ravinhas, vegetacao_encosta – especializada em arvore_grande_porte, bananeira e capim_colonial, imoveis_vulneraveis, susceptibilidade – especializada em suscep_alagamento e suscep_deslizamento, vulnerabilidade – especializada em vuln_alagamento e vuln_deslizamento, e escoamento_concentrado. A partir do esquema ET-EDGV Salvador, foram importadas as classes Edificacao e Barragem. E da categoria identificacao_risco, importou-se as classes area_risco e area_analisada, garantindo a integração do esquema da defesa civil.

Figura 4 - Análise do Risco.



Elaboração: Os autores (2024).

Quadro 4 - Definição dos objetos da categoria Análise do Risco.

Classe	Definição
Cicatriz de Deslizamento	Feições resultantes da movimentação total ou parcial do talude. Normalmente causadas por fatores externos que minoram a resistência do solo. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Escoamento Concentrado	Escoamento de águas pluviais com vazão acima da adequada por falta de rede drenagem no logradouro, ou por imperfeições na pavimentação do mesmo. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Feição Antrópica do Terreno	Elementos que promovem instabilidade a taludes, originários da ação humana (acúmulo de lixo ou entulho, lançamento de águas pluviais servidas na encosta, entre outros). Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto e se especializa em lançamento de esgoto, lixo entulho e obstrução, que se distinguem pelas informações do tipo de intervenção antrópica.
Feição de Instabilidade do Terreno	Indícios do início da movimentação de solo nos taludes. São exemplos de feições de instabilidade: trincas no solo e nas moradias, degraus de abatimento, muros e paredes embarrigados, inclinação de árvores, muros e postes, entre outros. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto; embora os elementos tenham formas variadas no contexto real, a primitiva ponto se enquadra de forma satisfatória para as análises da Defesa Civil de Salvador.
Imóveis Vulneráveis	Edificações localizadas em áreas de risco, vulneráveis a deslizamento e/ou alagamento. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Inclinação do Talude	Ângulo ou inclinação do talude é o ângulo, em graus, entre a horizontal e a reta média entre a crista e o pé. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Ravinas	Tipo de feição de instabilidade, produto da erosão gerada pela ação de córregos e enxurradas. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Susceptibilidade	Disposição que encosta ou talude possui de sofrer deslizamentos e do corpo d'água para a promoção de alagamentos. Este dado é representado na primitiva geométrica de polígono e se especializa em susceptibilidade de alagamento e susceptibilidade de deslizamento, que se distinguem pelas informações do tipo de ocorrência.

Continua

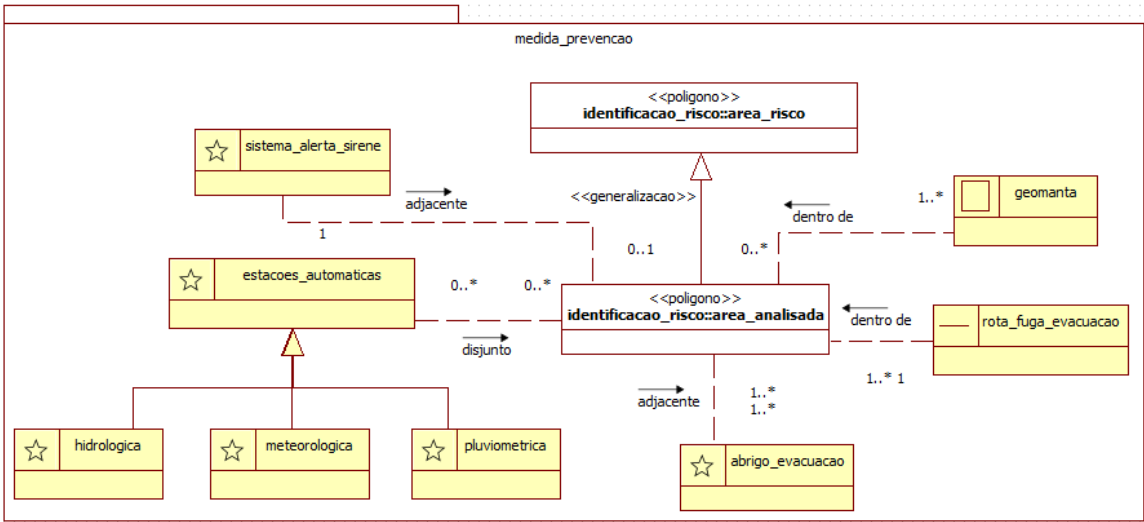
Classe	Definição
Vegetação na Encosta	Vegetação inapropriada nas encostas, que contribui para a movimentação de terra, por exemplo, o capim colônia e a bananeira. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto e se especializa em árvore de grande porte, bananeira e capim-colônia, que se distinguem pelas características do tipo de vegetação que apresente risco de movimentação de terra.
Vulnerabilidade	Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo. Este dado é representado na primitiva geométrica de polígono e se especializa em vulnerabilidade de alagamento e vulnerabilidade de deslizamento, que se distinguem pelas informações do tipo de ocorrência.

Elaboração: Os autores (2024).

3.3 Medida de Prevenção (MPR)

A partir dos dados obtidos nos estudos de análise do risco são realizadas atividades para o gerenciamento das áreas de risco, o que compreende a definição, formulação e execução de medidas estruturais e não estruturais mais adequadas ou factíveis de serem executadas a curto, médio e longo prazos, no sentido de reduzir o risco de acidentes. A categoria Medida de Prevenção prevê as seguintes classes temáticas (Figura 5 e Quadro 5): geomanta, estacoes_automaticas – especializada em hidrológica, meteorológica e pluviométrica, sistema_alerta_sirene, abrigo_evacuacao e rota_fuga_evacuacao. Já da categoria identificacao_risco, importaram-se as classes area_risco e area_analisada, garantindo a integração do esquema da defesa civil.

Figura 5 - Medida de Prevenção.



Elaboração: Os autores (2024).

Quadro 5 - Definição dos objetos da categoria Medida de Prevenção.

Classe	Definição
Estações Automáticas	Estações automáticas utilizadas para o monitoramento de precipitação. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto e se especializa em hidrológica, meteorológica e pluviométrica, que se distinguem pelas informações do tipo de estação.
Geomanta	Tecnologia de cobertura provisória das encostas para a impermeabilização, de rápida execução e baixo custo, que utiliza um geocomposto de PVC e geotêxtil com cobertura de cimento jateado. Este dado é representado na primitiva geométrica de polígono.

Continua

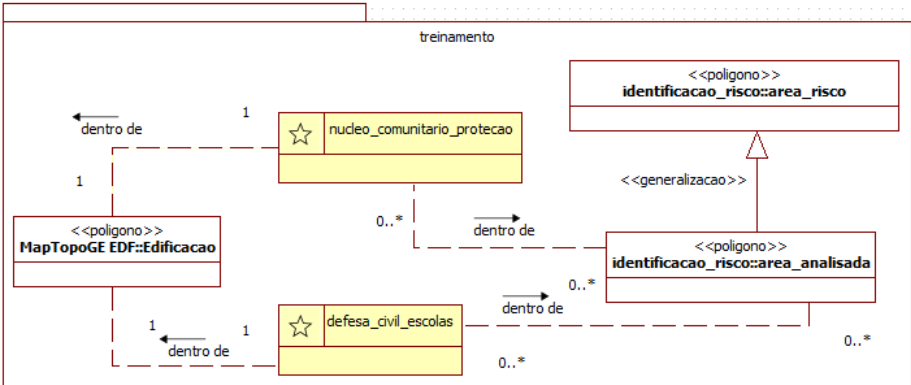
Classe	Definição
Sistema de Alerta e Sirene	Sistema de alarme sonoro instalado em áreas de risco com intuito de atuar preventivamente no município, objetivando minimizar vítimas fatais por chuvas. O sistema é gerenciado pelo Centro de Monitoramento e Alerta da Defesa Civil – CEMADEC. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Abrigo para Evacuação	Local destinado a abrigar a população evacuada de uma área de risco. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Rota de Fuga para Evacuação	Divisão de setores dentro da área de risco para o processo de evacuação da população. Este dado é representado na primitiva geométrica de linha.

Elaboração: Os autores (2024).

3.4 Treinamento (TRE)

Difundir uma cultura de prevenção é o melhor instrumento para reduzir os desastres, mas para isso deve existir um sistema educativo eficaz. Portanto, a identificação de locais de atuação da Defesa Civil na difusão da cultura de prevenção é essencial tanto para organização de cursos, oficinas e palestras, quanto para possibilitar a capacitação de equipes locais e da população. Para tanto, a categoria Treinamento prevê as seguintes classes temáticas (Figura 6 e Quadro 6): `nucleo_comunitario_protecao` e `defesa_civil_escolas`. A partir do esquema ET-EDGV Salvador, foi importada a classe `Edificacao`, e da categoria `identificacao_risco`, as classes `area_risco` e `area_analisada`, garantindo a integração do esquema da defesa civil.

Figura 6 - Treinamento.



Elaboração: Os autores (2024).

Quadro 6 - Definição dos objetos da categoria Treinamento.

Classe	Definição
Núcleo Comunitário de Proteção	Desenvolvimento da resiliência das pessoas quando um desastre ocorre, reduzindo a vulnerabilidade e ajudando as comunidades a terem mais consciência das ameaças. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.
Defesa Civil nas Escolas	Projeto dirigido a alunos das escolas municipais de Salvador que estudam ou residem em áreas de risco. Este dado é representado na primitiva geométrica de ponto.

Elaboração: Os autores (2024).

A produção da modelagem conceitual foi tecida a partir de uma série de encontros envolvendo os produtores e os usuários internos das informações geoespaciais da Defesa Civil de Salvador. A discussão do esquema trouxe grandes contribuições para o próprio processo de trabalho, não só no que diz respeito a sua definição, mas também no entendimento da regra de negócio, na definição dos conceitos das classes e na forma operacional de coleta dos dados. Antes disso, os dados eram produzidos de forma independente dentro dos

setores, ainda que se tratasse de informações interligadas, de maneira que muitas vezes não havia diálogo entre si, fruto das próprias metodologias definidas por cada setor, configurando verdadeiras “ilhas” de produção. As reuniões integradas viabilizaram a oportunidade de esses produtores debaterem a metodologia e, o mais importante, padronizarem esses dados temáticos, dissolvendo, assim, as “ilhas”.

Vale ressaltar que a estrutura do esquema conceitual foi a norteadora da produção do esquema físico do banco de dados geográficos, resultando em melhorias na organização, funcionalidade e operabilidade do banco de dados. A CODESAL hoje encontra-se amparada por um banco de dados implementado e estruturado, e com seus dados sendo disseminados via *Web Service*, permitindo a disponibilização de modo mais atualizado. A partir da estrutura do esquema conceitual, a visualização, consulta e acesso aos dados tornaram-se mais fáceis para uso pela própria Defesa Civil de Salvador e por outras instituições, principalmente órgãos dentro da Administração Municipal. Com isso, tal aproveitamento denota a importância da modelagem conceitual para a gestão espacial de uma cidade.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a tragédia de 2015 envolvendo vítimas de um deslizamento de terra, a Administração Municipal de Salvador reestruturou a Defesa Civil, aparelhando o órgão e objetivando minimizar a ocorrência de acidentes, dando assim início a uma nova gestão do risco. Como suporte tecnológico à gestão, fez-se necessária a elaboração da modelagem conceitual para os dados geoespaciais, constituindo, assim, relevância e contribuições únicas para a área de geoprocessamento da Prefeitura Municipal de Salvador, em particular para a cartografia temática produzida pela CODESAL.

O processo de elaboração mostrou-se satisfatório, conferindo clareza e agilidade às informações, dando suporte na implementação de um banco de dados consistente e na disseminação das informações via *Web*, cujas atividades poderão ser discutidas em um trabalho futuro. Cabe destacar que a participação dos produtores de dados e usuários finais foi essencial para o bom andamento da modelagem.

O trabalho mostrou-se relevante para a administração dos dados geoespaciais produzidos, não só para a Defesa Civil, mas para o município de Salvador como um todo. A modelagem temática dos dados da CODESAL contribui para complementar a ET-EDGV Salvador, inserindo os tipos de dados mapeados pela Defesa Civil na sua estrutura, podendo servir de referência para outras estruturas de defesa civil no país, uma vez que está embasada na legislação nacional.

Vale ressaltar, como recomendações para trabalhos futuros, a realização de revisões periódicas do esquema conceitual, pois quanto mais seguras, precisas e ágeis forem essas informações, melhor serão os resultados extraídos para a gestão espacial do município. Pretende-se, também, realizar a atualização para versões mais recentes do *PostgreSQL* e do *PostGIS*, conforme surgirem novas necessidades e forem resolvidas as restrições tecnológicas atuais.

Contribuição dos Autores

Conceitualização, P. de A. dos S. e F. A. S.; Análise Formal, P. de A. dos S.; Investigação, P. de A. dos S.; Metodologia, P. de A. dos S. e F. A. S.; Supervisão, F. A. S.; Validação, F. A. S.; Visualização, P. de A. dos S.; Redação – Minuta Inicial, P. de A. dos S. Redação - Revisão e Edição, P. de A. dos S. e F. A. S. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Conflitos de Interesse

Os autores informam que não há algum conflito de interesse.

Referências

Augusto Filho, O.; Cerri, L. E. S.; Amenomori, C. J. (1990). Riscos geológicos: aspectos conceituais. *Simpósio Latino-Americano sobre Risco Geológico Urbano*, 1, 1990, São Paulo. Anais. p.334-41.

- Bahia. (2013). Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais Básicos e Cadastrais do Estado da Bahia (ET-EDGV Bahia). Salvador-BA. https://geoportal.ide.ba.gov.br/geoportal/conteudo/institucional/ET_EDGV_Bahia_especificacoes_tecnicas.pdf
- Borges, K. A. V. *et al.* (2001). OMT-G: An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications. *Geoinformatica*, 5(3), 221-260.
- Borges, K. A. V. *et al.* (2005). Modelagem Conceitual de Dados Geográficos. In: Casanova, M. A.; Câmara, G.; Davis Junior, C. A.; Vinhas, L.; Queiroz, G. R. de. (Org.). *Bancos de Dados Geográficos*. Curitiba (PR): EspaçoGeo, 93-146. <https://www.dpi.inpe.br/livros/bdados/capitulos.html>
- Carvalho, C. S.; Macedo, E. S.; Ogura, A. T. (Org.). (2007). *Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios*. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT. 176 p. <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>.
- Castro, A. L. C. de. (2007). *Glossário de defesa civil: estudos de riscos e medicina de desastres*. Ministério do Planejamento e Orçamento, Departamento de Defesa Civil. Brasília, 2007.
- CPRM. (2018). *Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa*, versão 1.1, Rio de Janeiro, 2018.
- CONCAR. Comissão Nacional de Cartografia. (2017). Especificações Técnicas para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais (ET-EDGV 3.0). NCB-CC/E 0001B08. Versão 3.0.
- Dourado, F.; Arraes, T. C.; Silva, M. F. (2012). O Megadesastre da região serrana do Rio de Janeiro – As causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ* ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908 - Vol. 35 - 2 / 2012, p. 43-54.
- ESRI. Portal for ArcGIS. (2022). <https://enterprise.arcgis.com/pt-br/portal/latest/use/shapefiles.htm>.
- G1. (2023, 19 de março). Temporal devastador no Litoral Norte de SP completa um mês: confira um resumo da tragédia. *G1*, São Paulo. <https://g1.globo.com/sp/vale-do-paraiba-regiao/noticia/2023/03/19/temporal-devastador-no-litoral-norte-de-sp-completa-um-mes-confira-um-resumo-da-tragedia.ghtml>.
- G1. (2018, 13 de março). Três anos antes da tragédia desta terça, com 4 mortos, Salvador teve deslizamentos com 15 óbitos; relembre. *G1*, Bahia. <https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/tres-anos-antes-da-tragedia-desta-terca-com-4-mortos-salvador-teve-deslizamentos-com-15-obitos-relembre.ghtml>.
- Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. (2012). Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm.
- Lei nº 8969, de 01 de julho de 2016. (2016). Reorganiza a Defesa Civil do município e dá outras providências. <https://leismunicipais.com.br/a/ba/s/salvador/lei-ordinaria/2016/897/8969/lei-ordinaria-n-8969-2016-reorganiza-a-defesa-civil-do-municipio-e-da-outras-providencias>.
- Queiroz, G. R.; Ferreira, K. R. (2006). *Tutorial sobre Bancos de Dados Geográficos*. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais: São José dos Campos.
- Ramos, I. F. (2022). *Especificações Técnicas de Dados Geoespaciais para Sistema de Suporte à Decisão do Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado da Bahia*. [Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia]. Repositório digital de teses e dissertações da UFBA. Salvador-BA.
- Santos, P. de A. dos. (2021). *Banco de dados geográficos para modernização da gestão dos dados geoespaciais na Defesa Civil: Estudo de caso em Salvador-Bahia*. [Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica – Escola Politécnica/Universidade Federal da Bahia]. Salvador-BA.
- SPU. Secretaria do Patrimônio da União. (2021). Especificação Técnica para Estruturação de Dados Geoespaciais Vetoriais do Patrimônio Imobiliário Público Federal (ET-EDGV/PIPB 3.0). Brasília: SPU.
- SEFAZ. Secretaria Municipal da Fazenda. (2017). ET-EDGV Salvador. http://cartografia.salvador.ba.gov.br/images/cartografia/ET_EDGV_SALVADOR_VS_2017.pdf.

Biografia do autor principal



Pablo de Almeida dos Santos, natural de Salvador (BA), nascido em 31/07/1988. Graduado em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica pela Universidade Federal da Bahia. Atua no setor de geoprocessamento e banco de dados geográficos há 8 anos, com passagem pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia - Inema e atualmente na Defesa Civil de Salvador – CODESAL. Desde 2015, responde como gestor dos dados geoespaciais da CODESAL.



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.