

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
EACH - ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES

BRUNO LEITE DE ANDRADE - 11369642
GABRIEL VENTORIM SILVA - 13672147
GUSTAVO VENTORIM SILVA - 13672342
MARCOS VILELA REZENDE JÚNIOR - 13729806
CAIO CÉSAR KLEIN DE FRANÇA SOUSA - 15744189

**GOVERNO ABERTO E MITIGAÇÃO DE RISCOS CLIMÁTICOS: O PAPEL DA
PARTICIPAÇÃO CIDADÃ EM SÃO VICENTE**

SÃO PAULO
2025

BRUNO LEITE DE ANDRADE - 11369642
GABRIEL VENTORIM SILVA - 13672147
GUSTAVO VENTORIM SILVA - 13672342
MARCOS VILELA REZENDE JÚNIOR - 13729806
CAIO CÉSAR KLEIN DE FRANÇA SOUSA - 15744189

**GOVERNO ABERTO E MITIGAÇÃO DE RISCOS CLIMÁTICOS: O PAPEL DA
PARTICIPAÇÃO CIDADÃ EM SÃO VICENTE**

Trabalho apresentado para a disciplina
ACH3778 - Governo Aberto da Escola
de Artes, Ciências e Humanidades da
Universidade de São Paulo.

O presente projeto explora soluções
baseadas nos princípios de Governo
Aberto e participação cidadã para
explorar o cenário e oportunidades de
aprimoramento do sistema de alerta de
desastres naturais em São Vicente.

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Gisele da Silva Craveiro

SÃO PAULO
2025

SUMÁRIO

[1. RESUMO](#)

[2. INTRODUÇÃO](#)

[3. METODOLOGIA](#)

[4. PROBLEMATIZAÇÃO](#)

[4.1. EVENTOS EXTREMOS](#)

[4.2. CENÁRIO EM SÃO VICENTE](#)

[4.3. SOLUÇÕES EXISTENTES](#)

[4.3.1. Alerta da Defesa Civil](#)

[4.3.2. Rede de pluviômetros automáticos](#)

[4.3.3. Ciência Cidadã](#)

[4.3.3.1. Dados à Prova D'Água](#)

[4.3.3.2. PluviPets](#)

[4.3.3.3. Projeto de pluviômetros artesanais do IAG-USP](#)

[4.3.3.4. Previsão de eventos extremos em Macaé](#)

[4.3.4. Comunicação popular em São Vicente](#)

[5. PROPOSTA DO PROJETO](#)

[5.1. PLUVIÔMETROS E CIÊNCIA CIDADÃ](#)

[5.2. GUIAS E RECOMENDAÇÕES](#)

[5.3. CANAL DE COMUNICAÇÃO CENTRALIZADO](#)

[5.4. PERSPECTIVA DE GOVERNO ABERTO](#)

[6. TRABALHOS FUTUROS](#)

[7. REFERÊNCIAS](#)

1. RESUMO

A intensificação dos eventos climáticos extremos impõe desafios severos à governança local, especialmente em municípios costeiros como São Vicente-SP, marcados por alta vulnerabilidade socioambiental a inundações e deslizamentos. O objetivo do presente projeto é de investigar o potencial da participação cidadã e dos princípios de Governo Aberto (transparência, participação e accountability) na mitigação desses riscos. A metodologia adotada compreendeu revisão bibliográfica, análise de iniciativas existentes e diálogos com pontos focais, sendo eles especialistas (professoras Marcia Akemi Yamasoe e Rita Yuri Ynoue do IAG-USP) e funcionários da Defesa Civil do município. O diagnóstico revelou que, embora existam tecnologias de alerta, estas são muito gerais, não sendo suficientes para o contexto de São Vicente, principalmente pela lacuna crítica na infraestrutura de mensuração pluviométrica local. Como resposta, propõe-se a criação de uma rede de monitoramento participativo baseada em ciência cidadã, utilizando escolas públicas como polos de engajamento. A solução integra a confecção de pluviômetros artesanais de baixo custo, a capacitação comunitária inspirada nos NUPDECs e a implementação de um canal de comunicação centralizado via WhatsApp. Este sistema prevê um fluxo bidirecional: coleta de dados da população (que são posteriormente validados por uma camada intermediária de inteligência) e disseminação de alertas preventivos e materiais educativos, por parte da Defesa Civil. Conclui-se que a abordagem fortalece a resiliência urbana, transformando o cidadão de receptor passivo em agente ativo na gestão de riscos e na produção de dados públicos.

Palavras-chave: Governo Aberto. Ciência Cidadã. Mudanças Climáticas. Gestão de Riscos. São Vicente.

2. INTRODUÇÃO

A intensificação dos eventos climáticos extremos representa um dos desafios mais urgentes da governança contemporânea. A crise climática não é uma ameaça futura, mas uma realidade presente que exige respostas imediatas, especialmente em nível local. Nesse cenário, municípios costeiros como São Vicente (SP) encontram-se em situação de acentuada vulnerabilidade. A combinação de sua geografia, alta densidade populacional e a ocupação histórica de áreas de risco, como encostas e manguezais, torna a cidade um caso crítico para a gestão de desastres.

O objetivo deste trabalho é analisar o papel da participação cidadã, sob a ótica dos princípios de Governo Aberto, nas estratégias de mitigação aos riscos climáticos no município de São Vicente. Busca-se investigar como a colaboração entre poder público e sociedade civil, por meio de iniciativas locais, pode fortalecer a eficácia das políticas públicas e promover a justiça climática.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho estruturou-se em três fases principais para garantir o alinhamento do projeto às necessidades de São Vicente.

A primeira fase consistiu no levantamento de requisitos e análise da proposta inicial, centrada em um sistema de monitoramento participativo de áreas de risco e na educação da população sobre eventos extremos. Para validar esta abordagem, realizou-se uma análise preliminar da solução, incluindo uma busca sistemática em plataformas acadêmicas sobre temas como: eventos extremos, dados geofísicos e climáticos de São Vicente, métodos educativos para a construção de pluviômetros caseiros, estratégias de comunicação de risco e *crowdsourcing*.

A segunda fase, de pesquisa e referências bibliográficas, combinou uma revisão de literatura com uma abordagem qualitativa. A revisão de literatura focou em mapeamentos pré-existentes, estudos de caso sobre desastres naturais em São Vicente, ferramentas de alerta da Defesa Civil e padrões de uso das principais plataformas digitais de comunicação usadas pela população brasileira. A dimensão qualitativa da pesquisa foi complementada por discussões com profissionais da área de clima do IAG/USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo), uma pesquisadora de meio ambiente da EACH/USP (Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo), e pelo acompanhamento de palestras com figuras públicas locais de São Vicente e de sua Defesa Civil.

Por fim, a terceira fase compreendeu a reavaliação da proposta e redefinição do escopo. As informações coletadas indicaram que uma abordagem de monitoramento ativo enfrentaria barreiras significativas de adesão popular. Com base nisso, o escopo foi

redefinido para focar em estratégias de disseminação de conhecimento e alertas passivos. Isso inclui a otimização da comunicação de informações em redes sociais e o desenvolvimento de métodos educativos para ensinar a população a identificar indicadores de eventos extremos, utilizando materiais de baixo custo e de fácil acesso.

4. PROBLEMATIZAÇÃO

4.1. EVENTOS EXTREMOS

A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (Cobrade), mantida pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional e utilizada pelo CEMADEN (Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais) e pela Defesa Civil, estrutura entre grupos, tipos e outras denominações, os desastres presentes no Brasil. Para a elaboração desta pesquisa, serão considerados aqueles classificados como naturais.

Dentro desse escopo, há ainda cinco grupos de eventos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos e biológicos. Considerando os dados históricos e as características geográficas do município de São Vicente, o foco desta pesquisa recai sobre os desastres de maior frequência e impacto para a população local, notadamente os de origem geológica e hidrológica.

Os principais eventos identificados e aprofundados para esta análise foram os seguintes:

- Movimentos de Massa (Grupo 1.1.3): Categoria que engloba diversos processos de deslocamento de solo e rocha. Para a realidade de São Vicente, o subtipo de maior relevância é:
 - Deslizamentos (COBRADE 1.1.3.2.1): definidos como "movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume". Representam o maior risco à vida no município devido à ocupação de encostas e morros.
- Desastres Hidrológicos (Grupo 1.2): relacionados à dinâmica das águas, com grande impacto nas áreas planas da cidade. As principais ocorrências são:
 - Inundações (COBRADE 1.2.1.0.0): caracterizadas pela "submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas". O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície, como as encontradas em São Vicente.
 - Alagamentos (COBRADE 1.2.3.0.0): definidos como a "extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em

decorrência de precipitações intensas". Este é um problema crônico na cidade, intensificado pela influência da maré.

- Processos Erosivos (Grupo 1.1.4): descrevem o processo de desgaste e transporte do solo e de rochas. No contexto de São Vicente, destacam-se:
 - Erosão Costeira/Marinha (COBRADE 1.1.4.1.0): é o "processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochosa ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés". Este fenômeno, frequentemente intensificado por ressacas, causa severos danos à infraestrutura da orla da cidade.
 - Erosão Continental (COBRADE 1.1.4.3): refere-se à "remoção das partículas do solo [...] provocada por escoamento hídrico superficial". Pode se manifestar de formas menos visíveis, como a erosão das margens de rios e canais, mas que também representa um risco para as estruturas próximas.

A seleção destes eventos se justifica por sua recorrência e pela oportunidade de mitigação de seus impactos através de um sistema de alerta e comunicação comunitária.

4.2. CENÁRIO EM SÃO VICENTE

O município de São Vicente concentra uma confluência de fatores de risco geográficos, urbanos e sociais que o tornam um dos territórios mais sensíveis do litoral paulista.

Primeiramente, sua geografia combina duas ameaças principais. Sendo a primeira cidade do Brasil, sua ocupação urbana consolidou-se em uma área de planície costeira de baixíssima altitude, tanto na Ilha de São Vicente (insular) quanto na área continental. Isso a torna diretamente suscetível a inundações por chuvas intensas (agravadas por um sistema de drenagem urbana historicamente deficiente), pela elevação do nível do mar e por eventos de ressaca, que periodicamente invadem a infraestrutura urbana.

Simultaneamente, a topografia da cidade é marcada por morros densamente ocupados (como o Morro dos Barbosas, Voturuá, Japuí, entre outros). A ocupação desordenada de suas encostas, muitas vezes em áreas de preservação permanente (APPs), criou extensas zonas de alto e muito alto risco para deslizamentos de terra, ativados em períodos de chuvas concentradas.

Estas populações estão, portanto, expostas mais fortemente a serem atingidas pelos impactos físicos (alagamentos ou deslizamentos) e, ao mesmo tempo, são as que possuem menor acesso a recursos, infraestrutura de proteção e canais de comunicação oficiais. Este cenário de risco elevado torna a falha nos sistemas de comunicação e alerta não apenas uma lacuna tecnológica, mas um problema crítico de proteção à estas pessoas.

Além dos fatores físicos e sociais que elevam o risco no município, o Indicador de Capacidade Municipal (ICM), elaborado pelo Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR), oferece um retrato da capacidade das gestões locais em prevenir e responder a desastres. O ICM é composto por 20 variáveis distribuídas em três dimensões (Institucional, Técnica e Operacional), que avaliam aspectos como planejamento, estrutura da Defesa Civil, mecanismos de resposta e políticas de redução de riscos.

De acordo com o levantamento mais recente do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MDR), realizado em 2025, o município de São Vicente (SP) obteve 16 pontos no ICM, com a seguinte distribuição por dimensão:

- Dimensão I (Institucional): 7 pontos
- Dimensão II (Técnica): 5 pontos
- Dimensão III (Operacional): 4 pontos

Esses valores classificam São Vicente como um município de porte médio/grande, com perfil de risco “prioritário” para ações de fortalecimento da capacidade municipal de gestão de riscos e desastres. A pontuação intermediária indica que, embora existam estruturas institucionais consolidadas, há fragilidades operacionais e técnicas que limitam a capacidade de resposta rápida e coordenada a eventos extremos.

Em comparação a outros municípios do litoral paulista, o resultado evidencia a necessidade de aprimoramento na integração entre planejamento urbano, Defesa Civil e políticas de prevenção, especialmente frente à intensificação de eventos hidrometeorológicos associados às mudanças climáticas. Portanto, o diagnóstico do ICM reforça a urgência de estratégias de governo aberto e participação cidadã que ampliem a eficiência e a transparência na gestão de riscos locais.

4.3. SOLUÇÕES EXISTENTES

Diante do cenário de vulnerabilidade (detalhado em 4.2), o município de São Vicente dispõe de ferramentas de gestão de risco e comunicação. No entanto, uma análise crítica revela que essas soluções são fragmentadas, insuficientes ou falham em estabelecer um canal de diálogo efetivo com a população, distanciando-se dos princípios de Governo Aberto. A seguir, são destacadas as soluções já existentes e que cobrem a cidade, além de outras que serviram como ideias e oportunidades de melhoria dessas.

4.3.1. Alerta da Defesa Civil

A estratégia formal do estado é o sistema nacional de alerta de desastres coordenado pela Defesa Civil Nacional, que atua em conjunto com órgãos estaduais e municipais e utiliza tecnologia de *cell broadcast* para enviar mensagens diretamente aos celulares em áreas de risco, sem necessidade de cadastro prévio. Esse sistema é integrado

ao Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), responsável pelo monitoramento hidrológico e geológico, emissão de alertas e suporte técnico às defesas civis locais (CEMADEN, 2023). Apesar dos avanços, estudos apontam desafios relacionados à interoperabilidade, cobertura em áreas remotas e engajamento comunitário (ABGE, 2023).

Embora seja uma ferramenta de amplo alcance, essa abordagem é unilateral e passiva; a comunicação *top-down* (de cima para baixo) se mostra insuficiente para garantir a preparação e a resposta adequadas em situações de emergência, pois não confirma o recebimento, não avalia a compreensão da mensagem e não oferece um canal de retorno para o cidadão.

4.3.2. Rede de pluviômetros automáticos

Ainda sobre o CEMADEN, a Unidade de Pesquisa é responsável também por ampliar a rede de monitoramento pluviométrico no Brasil, instalando e monitorando equipamentos automatizados que auxiliam neste controle. Idealmente, o Centro faz esse serviço cobrindo as áreas de maior risco de desastres naturais ocasionados pela chuva, no entanto, há oportunidade de melhoria na quantidade e qualidade desses pluviômetros. Em São Vicente, de acordo com o Mapa Interativo do CEMADEN, 9 aparelhos já foram instalados, no entanto, verificando quantos de fato ainda estão captando dados, esse número cai para 3.

Outra fonte de dados pluviométricos oficial é a do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) do governo de São Paulo, no entanto, a situação é ainda mais negativa, com sete pontos de medição, mas apenas um único ainda em funcionamento, o da região de Humaitá.

4.3.3. Ciência Cidadã

Como definido pela Coordenadoria de Educação Ambiental do estado de São Paulo, ciência cidadã é “um processo de democratização do conhecimento científico e empoderamento social, para o exercício da ‘cidadania científica’”, isto é, a capacitação e incentivo à população para proporcionar maior escalabilidade de dados e sua participação em temas específicos.

Ainda, como parte dessa abordagem central que é a ciência cidadã, temos um termo que também é muito utilizado no escopo de eventos extremos: *crowdsourcing*. Essa é uma prática que consiste na obtenção de dados e informações por meio de uma grande comunidade, que muitas vezes atua de forma voluntária. Essa atuação pode variar desde a coleta de dados, onde os cidadãos atuam como "sensores", até o envolvimento na

formulação de perguntas de pesquisa, análise de dados e resolução de problemas complexos. Um clássico exemplo da prática é o site *Wikipédia*, que é um resultado de *crowdsourcing*, utilizando voluntários para criar e editar suas páginas.

Em cenários de escassez de dados e necessidade de uma rápida resposta para eventos, assim como nos desastres naturais, projetos e aplicações que usam desses dois conceitos supracitados já foram desenvolvidos, como o “Dados à Prova D’Água” e “PluviPets”, que serão explicados a seguir.

4.3.3.1. Dados à Prova D’Água

O projeto Dados à Prova D’Água, conhecido internacionalmente como *Waterproofing Data* (WPD), é uma iniciativa de ciência cidadã voltada para a prevenção de eventos extremos, com foco em inundações e deslizamentos. Sua ideia principal é de engajar a comunidade e instituições governamentais na geração e utilização de dados hidrológicos.

Realizado entre 2018 e 2022, a sua forma final é um aplicativo gratuito para celulares e uma plataforma digital para todos os dispositivos, o qual foi fruto de uma colaboração internacional do CEMADEN e Fundação Getúlio Vargas (FGV), representando o Brasil, da Universidade de Heidelberg, Alemanha, e das Universidades de Glasgow e Warwick, Reino Unido.

Nessa aplicação, os cidadãos podem coletar e transmitir dados de sensores instalados em pontos determinados, monitorando nível da água, velocidade de correnteza e outras variáveis hidrológicas. Além disso, é permitido também aos usuários reportar ocorrências de desastres, tornando os dados ainda mais ricos para eventuais análises preditivas.

Dessa forma, a proposta da iniciativa é que, com essas informações coletadas por *crowdsourcing*, as instituições do governo possam realizar análises e enviar alertas às comunidades de regiões afetadas por esses eventos extremos, fechando então o fluxo voltando para a própria população se atentar e mitigar riscos. Esse processo foi também ilustrado pela equipe responsável da FGV:

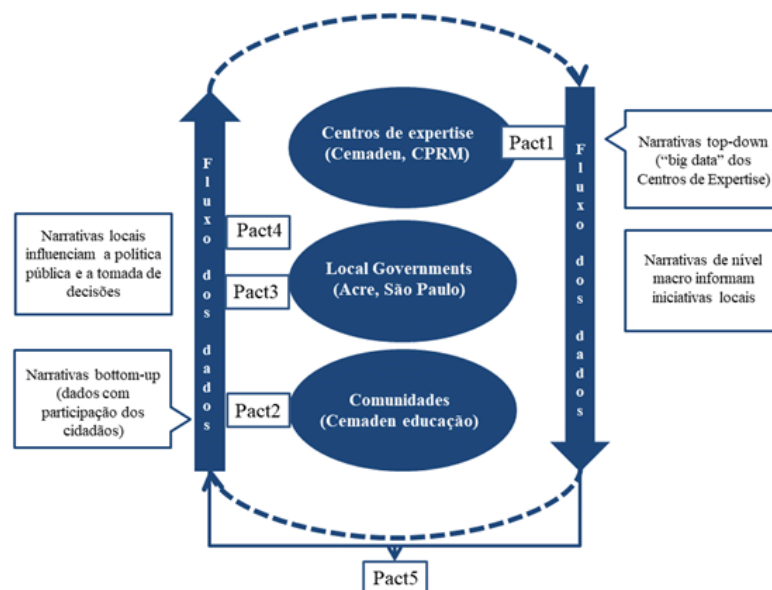


Figura 1 - Fluxo Dados à Prova D'Água

4.3.3.2. PluviPets

PluviPets é uma iniciativa pedagógica do CEMADEN Educação, derivada do projeto Dados à Prova D'Água que, por meio de escolas públicas de regiões com alto risco de eventos extremos pluviométricos, engaja estudantes do Ensino Fundamental no monitoramento participativo das chuvas, ensinando a produzir e utilizar pluviômetros artesanais feitos à partir de garrafas PET. Com esses dados coletados, o próximo passo então é a sua inserção na plataforma do Dados à Prova D'Água, alimentando o fluxo previamente explicado.

Uma aplicação recente da iniciativa aconteceu em São Paulo, no fim de 2024, em parceria com o programa Adapta Keraciaba, em dois bairros de alta vulnerabilidade socioambiental: o Jardim Keralux e a Vila Guaraciaba. No total, essa intervenção trabalhou com cerca de 100 alunos, ensinando a todos sobre os desastres naturais e a importância da coleta dos dados pluviométricos, além da fabricação e utilização dos pluviômetros de garrafas PET.

Em suma, a proposta do PluviPets é que os dados gerados pelos alunos tenham duas funções principais. A primeira, o letramento científico que vem por trás da ciência cidadã, com ensinamentos sobre os eventos extremos e suas consequências. E também na geração de dados pluviométricos, que, embora sejam advindos de medidores artesanais, são relevantes por sua escalabilidade e contribuição ao fluxo de dados de chuvas que as instituições governamentais podem utilizar em análises e alertas.



Figura 2 - Pluviômetro artesanal utilizado no projeto Pluvipets

4.3.3.3. Projeto de pluviômetros artesanais do IAG-USP

Outro projeto, com abordagem similar ao Pluvipets, foi um liderado pela professora do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, IAG-USP, Márcia Akemi Yamasoe. Nele, alunos do ensino médio foram propostos a montar pluviômetros artesanais, também a partir de garrafas PET. A partir disso, mensurações diárias das chuvas foram feitas e armazenadas para futuras análises.

A ideia dessa proposta era de aproximar esses alunos da ciência cidadã, não tendo um objetivo de popular dados pluviométricos, assim como no Pluvipets com a plataforma Dados à Prova D'Água. Além disso, a professora, juntamente aos alunos participantes, utilizaram dados oficiais, do INMET, CIIAGRO e ANA para validar as coletas realizadas.

Dessa forma, a metodologia utilizada foi então de: coletar os dados pluviométricos a partir das ferramentas artesanais; tratar os dados, retirando falhas e anomalias; comparar os dados oficiais dos artesanais e, por fim, a construção de gráficos e mapas mensais para análise. Como conclusão, foi percebida boa correlação entre os dados oficiais e os vindos dos pluviômetros de garrafa PET, além de análises temporais do clima e chuva.

4.3.3.4. Previsão de eventos extremos em Macaé

Um outro exemplo de ferramenta de *crowdsourcing* é o projeto desenvolvido pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) em parceria com a Defesa Civil do município de Macaé (RJ), que combina Internet das Coisas (*IoT*), drones e participação popular para prevenção de desastres naturais. A iniciativa permite que cidadãos enviem dados em tempo real sobre chuvas, enchentes e deslizamentos, complementando informações de sensores e radares. Além da tecnologia, o projeto abordou ações

educativas e integração com escolas, reforçando centralidade no Marco de Sendai¹ (Parque Tecnológico UFRJ, 2023).

4.3.4. Comunicação popular em São Vicente

Em São Vicente, o vácuo na comunicação oficial e tecnológica é preenchido de forma orgânica pela própria população. A "comunicação popular", realizada de maneira informal através de grupos de WhatsApp e Facebook, indica uma necessidade latente da população por informações precisas e em tempo real sobre os riscos. Essa auto-organização, embora demonstre resiliência, opera sem mediação. A troca de informações carece de organização, validação oficial e verificação de fatos, o que pode gerar informações desencontradas e pânico, agravando a resposta à crise.

Este cenário expõe uma falha central: existe uma demanda clara por informação (preenchida por canais informais) e uma oferta de comunicação oficial (SMS) que não atende à complexidade da emergência. Falta um ecossistema de comunicação que integre o poder público e os cidadãos de forma bidirecional, confiável e organizada.

5. PROPOSTA DO PROJETO

Como ponto de partida desse projeto, foi entendido que a grande questão a ser melhorada sobre eventos extremos em São Vicente era a falta de uma comunicação centralizada que ajudasse a população com avisos rápidos, mitigando riscos. Dessa forma, foi idealizado um canal, centralizado no WhatsApp e SMS, que receberia informações de desastres naturais da população, como forma de crowdsourcing, e também, apurando essas informações, junto com os dados oficiais e mensurados por equipamentos confiáveis, faria as devidas comunicações ao município referente a todos os eventos extremos ocorridos.

Contudo, ao aprofundar a análise do ecossistema da gestão desses casos, foi encontrada uma falha mais fundamental e urgente, precedente aos avisos: a precariedade de infraestrutura de mensuração para analisar e prever os dados relacionados a essas ocorrências. Dessa maneira, construir um sistema de alerta sofisticado sobre uma base de dados falha e pequena seria ineficaz. Além disso, em conversa com a orientadora e

¹ O Marco de Sendai é um acordo internacional para a Redução do Risco de Desastres, adotado em 2015, com o objetivo de reduzir as perdas de vidas, bens e saúde causadas por desastres e aumentar a resiliência de comunidades e países. Ele enfatiza a necessidade de sistemas multi ameaças, capazes de lidar com eventos simultâneos ou em cascata, e reforça a importância da abordagem centrada nas pessoas, onde comunicação clara e acessível é tão relevante quanto a tecnologia (UNDRR, 2015). Além disso, destaca a integração sócio-técnica, exigindo governança, ciência e participação comunitária coordenadas. Apesar dos avanços, estudos indicam lacunas na implementação, especialmente em países em desenvolvimento, devido à falta de recursos, interoperabilidade e engajamento social.

professora da disciplina, Gisele, foi optado também por utilizar essa descoberta de forma mais específica, com uma única causa de eventos extremos a ser focada, a pluviométrica.

Diante disso, a proposta foi então redefinida para a criação de uma rede de monitoramento pluviométrico participativa, com ciência cidadã, capacitando a comunidade, por meio de alunos e professores das escolas da rede pública, a gerar os dados primários que faltam no modelo atual com pluviômetros artesanais, além de educar também sobre ações que devem ser tomadas nessas situações críticas. Com isso feito, a segunda parte da proposta seria então, assim como a ideia inicial do projeto, ter um canal de comunicação centralizado, em que a população, com esses novos dados, conseguirá registrar e informar os níveis pluviométricos captados e também receber os alertas e reforços das recomendações sobre o que fazer nos cenários de desastres naturais.

Além disso, levando em consideração a variabilidade inerente aos dados coletados via *crowdsourcing*, o projeto prevê a implementação de uma camada de inteligência intermediária que atua em duas frentes vitais para a sustentabilidade da rede. A primeira é a validação técnica, processando as entradas recebidas e cruzando-as com referências meteorológicas oficiais (como dados do INMET) para identificar e remover anomalias, garantindo que apenas informações confiáveis cheguem à Defesa Civil. A segunda frente é a manutenção do engajamento: entende-se que a perenidade do monitoramento depende da motivação dos voluntários. Portanto, o sistema deve contemplar mecanismos de incentivo e retorno à comunidade, assegurando que os “cientistas cidadãos” percebam o valor de sua contribuição e mantenham a constância no envio dos dados a longo prazo, evitando a descontinuidade do projeto.



Figura 3 - Fluxograma da proposta

Essa abordagem representa uma evolução estratégica em relação às iniciativas de referência analisadas. Enquanto o projeto liderado pela professora Márcia Akemi, do IAG-USP, concentra-se primordialmente no viés pedagógico — encerrando-se na confecção e leitura do instrumento sem um canal de integração direta com os órgãos de proteção —, a presente proposta fecha o ciclo de monitoramento, transformando o estudante em um agente ativo conectado à Defesa Civil. Simultaneamente, o projeto distingue-se do modelo do Pluvipets ao eliminar a necessidade de aplicativos dedicados, nesse caso, o “Dados à Prova D’Água”, e optar pela acessibilidade do WhatsApp, removendo-se barreiras tecnológicas de entrada. Isso assegura que o dado coletado não apenas cumpra uma função educativa, mas trafegue com fluidez até o centro de decisão e retorne como alerta útil para a comunidade.

5.1. PLUVIÔMETROS E CIÊNCIA CIDADÃ

O pilar desta proposta é a implementação de uma rede de monitoramento de baixo custo, que responda diretamente à falha da infraestrutura oficial. A iniciativa se fundamenta na ciência cidadã como ferramenta para gerar dados hiperlocais que complementam a rede oficial do CEMADEN. O foco em escolas públicas como polos de engajamento é estratégico: elas funcionam como centros comunitários com alta capilaridade, permitem integrar o projeto a atividades pedagógicas e promovem uma cultura de prevenção desde a base.

A proposta consiste em mobilizar estudantes e professores para a construção e instalação de pluviômetros artesanais, utilizando materiais reciclados e de fácil acesso (como garrafas PET e réguas). Cada escola se tornaria uma “estação meteorológica comunitária”, responsável por coletar e reportar dados de chuva em sua vizinhança. Isso não apenas supre a lacuna de dados de forma imediata e econômica — em contraste com modelos de alto investimento como o CINDEC —, mas também capacita a comunidade, transformando moradores de receptores passivos em produtores ativos de conhecimento sobre seu próprio ambiente de risco.

5.2. GUIAS E RECOMENDAÇÕES

A coleta de dados, por si só, não gera resiliência. É preciso que a comunidade saiba interpretar as informações e, a partir delas, tomar decisões. Por isso, um componente central do projeto é a elaboração e disseminação de guias educativos e recomendações claras. Esses materiais serão desenvolvidos em linguagem simples e visual, com formatos variados (cartilhas impressas, vídeos curtos, infográficos para WhatsApp) e terão um duplo objetivo:

- Guia Técnico-Educacional: ensinará o passo a passo para construir, instalar e ler corretamente o pluviômetro artesanal, garantindo a padronização e a qualidade dos dados coletados pela rede cidadã. Além disso, o material explicará o que os números significam, correlacionando volumes de chuva (ex: 20mm em 1 hora) com os riscos locais já mapeados na problematização, como alagamentos em áreas de planície e potencial de deslizamento nas encostas.
- Guia de Ação e Segurança: ensinará o que e quais são os eventos extremos, consolidará as recomendações da Defesa Civil sobre como agir antes, durante e depois de chuvas intensas. Informará sobre sinais de perigo iminente (rachaduras em muros, inclinação de postes), pontos seguros no bairro e o que fazer em caso de necessidade de evacuação.

A metodologia para estes guias e para a mobilização escolar inspira-se na estratégia dos Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDECs). O objetivo é replicar a lógica desses núcleos dentro do ambiente escolar: formar grupos capacitados pela própria comunidade que atuem na prevenção e na primeira resposta, garantindo que os estudantes saibam identificar riscos e agir como multiplicadores de segurança em seus bairros.

Esses guias funcionarão como a ponte entre o dado bruto e a ação preventiva, equipando a população não apenas com a ferramenta de medição, mas com o conhecimento necessário para proteger suas vidas. Um exemplo prático e extremamente bem executado é dos quadrinhos educativos oferecidos pelo CEMADEN Educação, que buscam ensinar o público infanto-juvenil sobre eventos extremos de maneira divertida, objetiva e de fácil compreensão.



Figura 4 - Capa da série em quadrinhos educativa do CEMADEN

5.3. CANAL DE COMUNICAÇÃO CENTRALIZADO

Para organizar o fluxo de informações gerado pela rede de ciência cidadã e fechar o ciclo de comunicação, será desenvolvido um canal centralizado em uma plataforma de alta penetração e baixo atrito: o WhatsApp.

Como visto na literatura acadêmica, como o estudo “*Modified Usability Framework for Disaster Apps* (2020)”, da Massey University, aplicativos dedicados, como o “Dados à prova d’água”, para fins de reportar dados e eventos extremos, há baixa adesão do público para baixar e utilizar essas plataformas. Dessa forma, ao ser integrada uma ferramenta que a população já utiliza massivamente, esse obstáculo é retirado.

O canal funcionará de forma bidirecional através de um chatbot (robô de conversação):

- Coleta de Dados (Bottom-up): Os participantes da rede (alunos, professores, moradores) poderão reportar os dados de seus pluviômetros de forma simples e estruturada, interagindo com o bot (ex: “Registrar chuva: 25mm”). Isso organiza a “comunicação popular” que hoje ocorre de forma dispersa, transformando-a em um banco de dados georreferenciado e em tempo real.
- Disseminação de Alertas (Top-down): Com base nos dados recebidos da rede cidadã e cruzados com informações oficiais (quando disponíveis), o sistema poderá emitir alertas segmentados para as comunidades. Além disso, o canal será utilizado para reforçar as recomendações dos guias de segurança e compartilhar atualizações, tornando-se a fonte de informação confiável que hoje falta ao município.

Este ecossistema de comunicação visa, portanto, integrar o poder público e os cidadãos, transformando a demanda latente por informação em uma colaboração organizada e eficaz para a redução de riscos de desastres.

5.4. PERSPECTIVA DE GOVERNO ABERTO

A proposta elaborada foi feita para ser uma materialização direta dos três grandes pilares de Governo Aberto:

- Transparência: o poder público capacita a comunidade a gerar os dados pluviométricos, combinando com os oficiais e gerando um meio centralizado que analisa e informa a população sobre os riscos de eventos extremos, além de guias e recomendações sobre o que deve ser feito nesses cenários.
- Participação: o cidadão deixa de ser um receptor passivo de alertas (como nos avisos estaduais da Defesa Civil) e torna-se um agente ativo no monitoramento. A participação cidadã, nesse contexto, significa usar o conhecimento passado pelo

poder público na capacitação da população, na coleta e envio dos dados pluviométricos pelo canal de comunicação centralizado.

- Accountability (Prestação de Contas): com a capacitação da população e a criação do canal de comunicação centralizado, o cidadão agora tem o conhecimento e os meios para acompanhar e demandar as devidas ações sobre os alertas de eventos extremos.

6. TRABALHOS FUTUROS

Durante a disciplina, houve tempo hábil para pesquisar, identificar e desenvolver uma proposta principal, no entanto, não foi possível trabalhar na confecção prática de algumas das soluções apresentadas, como:

- Criar o material para guiar os profissionais das escolas sobre a criação dos pluviômetros e guia de mensuração;
- Criar, com auxílio da Defesa Civil o guia de orientação para minimizar riscos em eventos extremos;
- Auxiliar a Defesa Civil na criação do canal de comunicação unificado do WhatsApp.

Ainda, considerando o escopo da proposta realizada, é possível observar diversas oportunidades de expansão e aprimoramento tecnológico, a fim de aumentar a efetividade do projeto, como, por exemplo:

- Expansão do escopo para além da pluviometria, com a instalação de régua linimétrica comunitária para monitoramento de marés e níveis de rios/canais, cruciais para a previsão de alagamentos estuarinos e ressacas na região costeira.
- Desenvolvimento de uma plataforma web pública (dashboard) que agregue visualmente os dados coletados pela rede cidadã em mapas interativos, permitindo a integração via API com os sistemas oficiais da Defesa Civil e do CEMADEN para validação cruzada de informações.
- Implementação de dinâmicas de gamificação nas escolas para manter o engajamento dos alunos a longo prazo, criando incentivos para a constância na coleta de dados e manutenção dos equipamentos.
- A evolução dos pluviômetros artesanais para estações meteorológicas de baixo custo baseadas em Internet das Coisas (IoT), utilizando microcontroladores (como ESP32 ou Arduino). Isso eliminaria a necessidade de leitura manual, permitindo o envio de dados em tempo real e aumentando a frequência e precisão das medições.

- Estudo de viabilidade para replicar o modelo em municípios vizinhos da Baixada Santista que compartilham características geográficas e socioambientais semelhantes, visando a criação de uma rede metropolitana de ciência cidadã.

Dessa forma, entende-se que, dado o contexto e as necessidades do município, há um bom diálogo com a proposta feita. E que, visando um ecossistema completo e que continue aprimorando o cenário de São Vicente frente às mudanças climáticas, seguir com as demais propostas e aplicações são extremamente relevantes e recomendadas para trabalhos futuros.

7. REFERÊNCIAS

SAITO, Silvia Midori; ANDRADE, Marcio Roberto Magalhães de; PRIETO, Carla Corrêa; SCOFIELD, Graziela Balda. **Sistemas de alertas de risco de desastres: panorama atual e desafios para sua consolidação no contexto brasileiro.** [s.l.]. Disponível em: <https://www.abge.org.br/downloads/6.pdf> Acesso em: 16/10/2025.

CEMADEN. **O Alerta.** [s.l.] Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/o-alerta/>. Acesso em: 16/10/2025.

UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION (UNDRR). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030.** Sendai, Japão, 2015. Disponível em: <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>. Acesso em: 17 out. 2025.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL (MDR). **Indicador de Capacidade Municipal (ICM).** Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/icm>. Acesso em: 17 out. 2025.

SILVA, Robson Bonifácio da. **Urbanização e vulnerabilidade na Região Metropolitana da Baixada Santista, SP: um olhar geográfico das desigualdades intraurbanas em bairros de Santos, Praia Grande e Peruíbe.** 2013. 216 f. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/917885>. Acesso em: 17 out. 2025.

DAEE. **Banco de Dados Hidrológicos.** Disponível em: <http://ph.daee.sp.gov.br>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SCABIN, Denise. **Ciência Cidadã.** São Paulo: Portal de Educação Ambiental, 2024. Disponível em: <https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/ciencia-cidada>. Acesso em: 16 nov. 2025.

CEMADEN. **PluviPets e monitoramento participativo de chuvas – São Paulo/SP.** Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/acao/pluvipets-e-monitoramento-participativo-de-chuvas-sao-paulo-sp>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). **São Vicente (SP) recebe estudo para mapeamento de áreas propensas a deslizamentos, fluxos de detritos e quedas de blocos de rocha.** 2023. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/w/sao-vicente-sp-recebe-estudo-para-mapeamento-de-areas-propensas-a-deslizamentos-fluxos-de-detritos-e-quedas-de-blocos-de-rocha>. Acesso em: 3 nov. 2025.

CEMADEN. **Projeto Dados à prova d'água**. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/projeto/dados-a-prova-dagua>. Acesso em: 16 nov. 2025.

SAITO, Silvia M. **Desastres Naturais: conceitos básicos**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Disponível em: http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acesso em: 10 nov. 2025.

FGV EASP. **Dados à prova d'água**. Disponível em: <https://easp.fgv.br/centros/centro-estudos-administracao-publica-e-governo/projetos/dados-prova-dagua>. Acesso em: 16 nov. 2025.

BRASIL. **Ministério da Integração Nacional**. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE). Brasília: SEDEC, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil>. Acesso em: 1 dez. 2025.

CEMADEN. **Mapa Interativo. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais**. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo>. Acesso em: 1 dez. 2025.

PARQUE TECNOLÓGICO UFRJ. **UFRJ desenvolve modelo de prevenção a desastres naturais**. Rio de Janeiro, 2023. Disponível em: <https://parque.ufrj.br>. Acesso em: 1 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Manual de formação de Núcleos Comunitários de Defesa Civil (NUPDECs)**. 2. ed. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr>. Acesso em: 1 dez. 2025.

TAN, Marion Lara; PRASANNA, Raj; STOCK, Kristin; DOYLE, Emma E. H.; LEONARD, Graham; JOHNSTON, David. **Modified usability framework for disaster apps: a qualitative thematic analysis of user reviews**. International Journal of Disaster Risk Science, v. 11, n. 5, p. 615-629, 2020. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13753-020-00282-x>. Acesso em: 9 nov. 2025.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (SGB-CPRM). **Prevenção de desastres**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/prevencao-de-desastres>. Acesso em: 10 nov. 2025.