



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

VISÃO DE CONJUNTO: GOVERNANÇA DE RISCOS URBANOS E METROPOLITANOS NA BACIA JUQUERI-CANTAREIRA

Renata Maria Pinto Moreira, UFABC, renata.moreira@ufabc.edu.br
Mariana U. de Freitas, UFABC, mariana.urrestarazu@aluno.ufabc.edu.br
Bianca Nogueira de Sousa, UFABC, b.sousa@aluno.ufabc.edu.br

Resumo

O artigo relata a experiência de pesquisa de extensão que busca atuar em recorte territorial representativo de problemas de encadeamento de ameaças e riscos por considerar que tal enfrentamento carece de diagnósticos inovadores, bem como de diálogo e articulação institucional para seu equacionamento. Caso que ilustra o problema é a sub-região norte da Região Metropolitana de São Paulo, coincidente com os municípios que fazem parte da sub-bacia Juqueri-Cantareira: Franco da Rocha, Francisco Morato, Caieiras, Cajamar e Mairiporã. Neste recorte, há expressão de conflitos da gestão de recursos hídricos e de riscos encadeados, principalmente pela presença de um grande equipamento de infraestrutura para abastecimento de água, cujo funcionamento, de abrangência metropolitana, e cuja operação em contextos críticos, amplifica os riscos locais da região. As análises conduzidas junto a gestores públicos municipais, buscam associar o funcionamento de diversos sistemas – abastecimento de água, macrodrenagem, mobilidade e logística de resposta, uso e ocupação do solo – como visão de conjunto, tanto de diagnóstico como para equacionamento dos riscos, no intuito de construir uma arena de governança na prática.

Palavras-chave: gestão de riscos urbanos, falhas encadeadas, inundações, Região Metropolitana de São Paulo.

1. Introdução

Desastres urbanos recentes têm resultado em situações de complexidade que exigem aprimoramento de abordagens. Pela interdependência, capilaridade e irradiação, as falhas em grandes dispositivos de infraestrutura podem aumentar a magnitude e criticidade dos danos de eventos mais frequentes e crônicos. Considerando que uma das variáveis definidoras de ‘risco’ é a magnitude do impacto, a capilaridade das funções de grandes dispositivos de infraestrutura configura fator que corresponde a riscos de maior hierarquia.

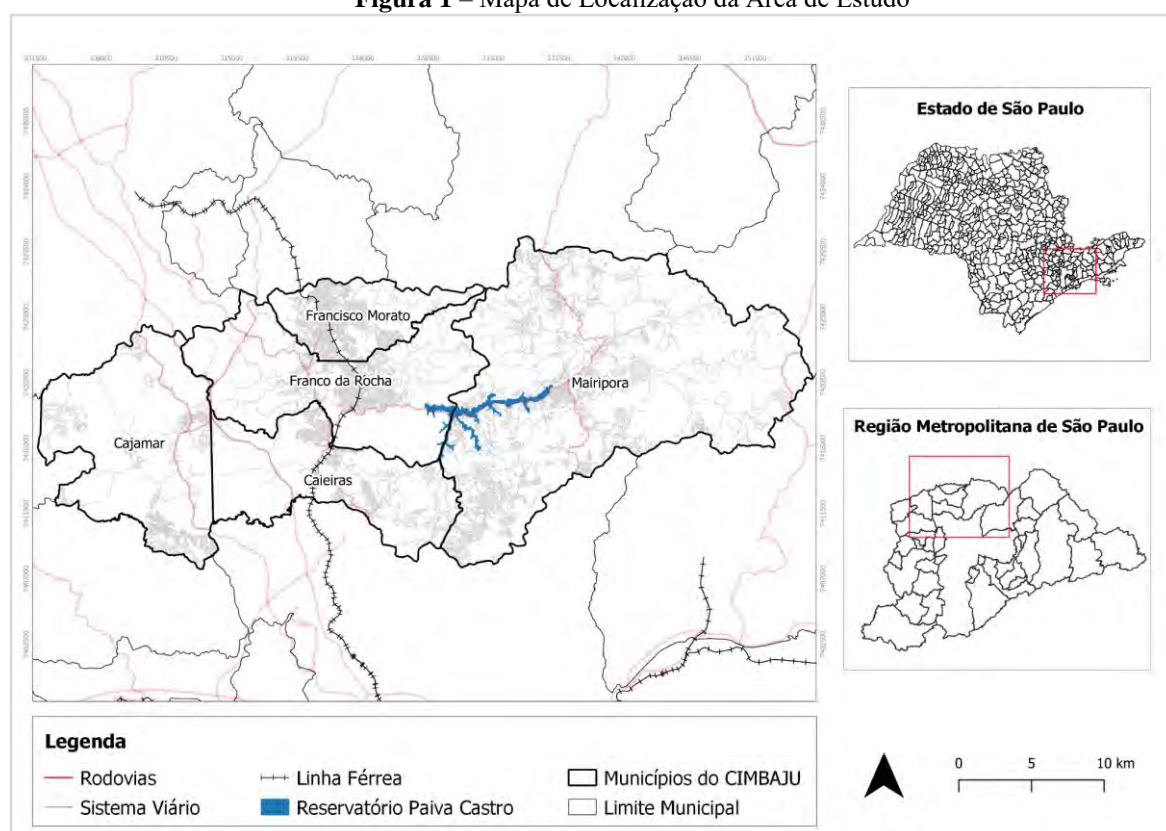
No caso do objeto foco desta pesquisa, ameaças sobre sistemas de infraestrutura urbana resultam em cruzamentos e agravos de riscos usuais, com potencialização dos efeitos das ameaças. Em São Paulo, caso que ilustra o problema é a interferência de manobras emergenciais do Reservatório de abastecimento de água Paiva Castro nas inundações em Franco da Rocha que, associada à má estrutura de mobilidade na região norte-metropolitana, prejudica ações de resposta a ocorrências geológicas, hidrológicas, entre outras. Tal compreensão exige trabalhar novas abordagens de diagnósticos de riscos entre diferentes áreas técnicas, considerando que,



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

por envolver impactos a dispositivos de infraestruturas de grande escala e encadeamentos com riscos locais, demandam articulações interinstitucionais e intersetoriais, um desafio de governança. Para além das articulações institucionais, outro desafio está em promover o envolvimento de novos atores, a comunicação e ação comunitárias para alcançar a promoção de um ambiente seguro.

Figura 1 – Mapa de Localização da Área de Estudo



Elaboração própria. Dados: IBGE (2010); DER (2019); SMT/CPTM (2021); CEM (2020); CBH-AT (2018)

Considerando todos os desafios mencionados é que se coloca a importância da presença da pesquisa universitária: como avanço técnico e científico sobre um problema tangível – a abordagem do encadeamento dos riscos; e como ação de extensão, que visa a interação direta, transformadora e dialógica entre Universidade e sociedade. Na pesquisa, a interação tem ocorrido por meio tanto da articulação universitária junto às instâncias participativas de gestão de recursos hídricos – em especial nos Comitês e Subcomitês de Bacia –, como pela aproximação junto a gestores dos municípios da região, que auxiliam na produção dos diagnósticos e participam de atividades de formação e capacitação em ferramentas de análises de riscos, contribuindo, assim, da construção de uma arena de governança de riscos na prática.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Tendo em vista o contexto descrito, desenvolvemos, desde fevereiro de 2021, o projeto “Governança e Gestão de Riscos Metropolitanos: Bacia do Juqueri-Cantareira”, no âmbito da Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal do ABC (ProEC/UFABC). O projeto tem como principais objetivos construir novas abordagens e métodos de identificação de riscos, de tratamento de informações sobre desastres e refletir sobre como a gestão pública pode considerar as prioridades de risco. O recorte do projeto são os municípios na porção Norte da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), na Bacia Juqueri-Cantareira: Franco da Rocha, Caieiras, Cajamar, Francisco Morato e Mairiporã, e tem como público-alvo os gestores públicos e a comunidade local dos cinco municípios. A partir do objetivo de desenvolver um método apropriado às especificidades dos riscos da região, foram desdobrados os seguintes objetivos específicos, até o momento: i) desenvolver mapeamentos de análises logística da malha viária frente a ações de resposta a áreas de risco geológicos; ii) associar a análise logística a processos de inundação locais e agravados pelas manobras do Paiva Castro, visando o entendimento integrado dos cenários de risco; iii) fomentar a articulação institucional e o debate sobre as diversas ameaças na região, tendo como base a compreensão das interações complexas entre elas; iv) mapear ações de planejamento e gestão que possam se integrar no equacionamento de tais problemas, participar do planejamento e elaboração das contingências e desenvolver o método em articulação com instituições dos municípios e do Estado. Em ações futuras, pretende-se trabalhar nos objetivos de popularização da ciência, tecnologia e difusão dos saberes junto à comunidade.

2. Fundamentação teórica

As análises de encadeamento de riscos que vêm sendo trabalhadas no âmbito da pesquisa de extensão têm grande aderência a problemas da gestão dos recursos hídricos – campo marcado por abordagens práticas que separam os problemas, tanto em termos de quantidade e qualidade da água, como pelas lógicas dos diferentes setores usuários do recurso, que definem diferentes sistemas de infraestrutura: energia, abastecimento, irrigação etc. Novas abordagens, que buscam pela superação da dispersão da gestão (Silva et al., 2012) e se relacionam à gestão integral de recursos hídricos (Lawrence, 2001; O’Connor et al., 2012) constituem desafios que devem ser formulados como agenda de pesquisa específica.

No plano internacional, é possível destacar da literatura técnica abordagens relacionadas à fragmentação setorial como possível causa de fragilidades do conjunto e de falhas importantes de grandes sistemas de infraestrutura (Little, 2010). Também há autores que consideram a possibilidade de ganhos em soluções relacionadas à eficiência do conjunto de setores (Norman et al., 2010) quando comparados a visões que atribuem maior importância aos riscos específicos de cada setor.

Em relação a situações de riscos e falhas de maior complexidade, Little (2010) aponta que, nos estudos técnicos das falhas e sinistros em infraestruturas, existem categorias de processos utilizadas para definir tipos de interdependências entre sistemas, tais como:



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

- falhas em cascata: quando o funcionamento fora da normalidade em uma infraestrutura pode causar anormalidades em um segundo sistema de infraestrutura, e em um terceiro, e assim por diante;
- escalonamento de falhas: o funcionamento fora da normalidade em uma infraestrutura pode exacerbar anormalidades independentes de uma outra infraestrutura (por exemplo, o tempo para recuperar as linhas de metrô afetadas por determinada ameaça se estendem porque as linhas de energia não foram restabelecidas);
- falhas por causas comuns: anormalidades em duas ou mais infraestruturas simultaneamente em virtude de causas comuns aos diferentes sistemas.

Little (2010) simplifica e reúne as três categorias definindo ‘efeitos de interdependências entre sistemas’: aqueles que ocorrem quando a falha em uma das partes aciona a falha de outras partes sucessivamente. Quando considerado para o caso de infraestruturas, as interdependências produzem efeitos em que a perturbação em um sistema ou dispositivo de infraestrutura espalha, por sua capilaridade e conectividade característica, impactos consideráveis a outros sistemas ou dispositivos de infraestrutura, resultando em ampliação considerável de impactos. A valoração do fenômeno depende de quão vitais são as consequências, da amplitude de propagação e da magnitude dos impactos. Tais resultados dependem, portanto, do grau de interdependência, do quanto as conexões entre os componentes de cada sistema são singulares (únicas), ou se existem capacidades redundantes e de segurança nas redes. Os efeitos de interrupção podem seguir dois caminhos: desaparecer ao se propagarem a partir da interrupção de base, limitando o dano geral; ou podem somar força em ondas sucessivas, de efeitos em cascata, até que parte ou toda a rede de infraestrutura sofra perturbações. Neste último caso, o dano em uma componente chave pode criar falhas muito mais amplas, potencialmente desproporcionais em relação à falha original.

Dueñas-Orsorio e Vermuru (2009), na perspectiva aplicada à análise de redes de sistemas elétricos, desenvolvem métodos para identificar fragilidades e interdependências a partir de métrica para ‘susceptibilidade em cascata’, ou seja, uma simulação numérica que captura o potencial efeito de falhas em cascata em sistemas. Tais simulações partem da quantificação de interrupções adicionais dos sistemas quando comparados (fator) ao funcionamento convencional (normal), e traçam avaliações de desempenho baseadas em caminhos (topologias) da rede. Quando um evento disruptivo dispara redistribuição de fluxos dentro das redes, é possível analisar a propensão do sistema para tornar-se tão instável (pelo baixo desempenho) que potencialmente desencadeie falhas em cascata.

Tais procedimentos, ainda que limitados a estudos de mapeamentos, orientam, de forma análoga, as análises de diagnóstico da pesquisa. O fator interdependente – a estrutura de mobilidade da sub-região norte da RMSP, na função logística de resposta a eventos críticos – vem sendo analisado em seus aspectos topológicos para diferentes cenários de normalidade e interrupção: 1. inundação local e 2. inundação pela manobra. A operação de manobra do Paiva Castro é o elemento de falha que submete o sistema de mobilidade (que se interliga aos demais) à condição de encadeamento de falhas na sua rede e na de outros sistemas.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Objeto e contexto – Sub-região Norte Metropolitana de São Paulo

O caso definido como objeto da pesquisa expressa conflitos da gestão de recursos hídricos principalmente porque, embora o reservatório de abastecimento de água Paiva Castro seja também aproveitado na maioria dos eventos para laminação de cheias a jusante, justamente nas situações de chuva mais crítica, a partir de certo limite, seu funcionamento para a macrodrenagem passa a ser o oposto: a represa é manobrada para liberar vazões crescentes sob risco de ultrapassar os níveis de segurança da barragem. A abertura controlada das comportas amplia a vazão na calha do rio Juqueri e na confluência com o Ribeirão Eusébio, agravando inundações nas cidades à jusante da barragem – Franco da Rocha e Caieiras, além de prejudicar o escoamento das áreas a montante da confluência, em Franco da Rocha e Francisco Morato.

Apesar de serem exigidos desde 2008, os planos de contingência para o Sistema Cantareira e o reservatório Paiva Castro foram consolidados apenas em setembro de 2016, meses após um dos eventos de chuva mais crítico - março de 2016 - que concentrou grandes volumes de chuva em poucas horas. O PAE Paiva Castro (“Plano de Contingência da Sabesp para Cheias da Represa Paiva Castro”) consiste basicamente em um protocolo de ação que define o tempo de antecedência com que a empresa que opera o reservatório (Sabesp) comunique a defesa civil e os prefeitos a cada aumento na vazão de descarga, e apresenta os níveis d’água limite para que as comportas passem a ser abertas com determinada vazão. Os limites de abertura das comportas são definidos e operados de acordo com procedimentos aprovados pela ANA e DAEE, e consentidas nos Comitês de Bacia.

Tais limites resultaram de estudos hidrológicos finalizados em 2009 (Sabesp-Hidro, 2009), que consideram aspectos de segurança hidrológica das barragens e restrições a jusante, redefinindo volumes de espera dos reservatórios do sistema Cantareira. Foi estabelecido para o Paiva Castro que, a partir da cota 745,55m, as comportas devem descarregar de 10m³/s até o limite de 80m³/s, e que antes de atingir a primeira cota de descarga, o túnel 5, que interliga a represa Paiva Castro ao sistema Cantareira, deve ser fechado. Tanto no estudo da Sabesp de 2009, como no PAE de 2016, não é possível obter maiores informações sobre as decisões operacionais para o túnel 5: a partir de quais limiares de chuva e afluência, antes da primeira descarga, ele poderia ser fechado? Também não é possível identificar mais informações ou parâmetros operacionais sobre as vazões recalculadas para a Elevatória de Santa Inês.

Em junho de 2016, o jornal “O Estado de São Paulo” descrevia algumas medidas tomadas posteriormente ao evento crítico de março de 2016, que ilustra melhor essas dúvidas:

Após 5 dias seguidos de chuva (...) a Sabesp decidiu aumentar em 50% a produção de água do Sistema Cantareira (...) para evitar o enchimento da represa Paiva Castro e enchentes na cidade de Franco da Rocha, como ocorreu em março deste ano. Segundo a estatal, o reservatório amanheceu nesta segunda-feira com 70% da capacidade máxima e recebendo uma vazão de 36 mil litros por segundo, nove vezes maior do que a vazão média para o mês de junho. Por isso, afirma, a produção de água para abastecer a população da capital foi ampliada de 22 mil l/s para 33 mil l/s. O objetivo é evitar que a Paiva Castro encha rapidamente a ponto de obrigar a abrir as comportas. (...) ‘A companhia aumentou a área de atendimento do Cantareira, passando a usar



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

esse sistema para abastecer moradores que normalmente recebem água do Alto Tietê, do Guarapiranga e do Alto e Baixo Cotia'. (O Estado de São Paulo, 06 de junho de 2016, versão online).

Ou seja, além da alternativa da manobra, alterações no procedimento operacional de entrega de água para tratamento e consumo também permitem manejar o volume total da represa em situação crítica, mas não estão contempladas explicitamente como contingências no PAE. Para a gestão desse risco, seria importante que os agentes dessa governança compreendessem tais interações de eficiência do conjunto, conforme discussões apontadas (Norman et al., 2010).

Ainda no caso norte metropolitano, sobre estes conflitos diretamente relacionados à gestão de Recursos Hídricos se sobrepõe aqueles relacionados à estrutura urbana das cidades, para os quais também seria desejável buscar equacionamento e eficiência de conjunto. As funções macro-regionais implicadas na Bacia do Juqueri-Cantareira envolvem: os trechos finais do Sistema de Abastecimento de Água Cantareira; estruturas de controle da drenagem (piscinões); equipamentos de segurança pública; e estruturas da rede de distribuição de energia. Além disso, em todos os municípios, o contexto é de um território altamente suscetível a movimentos de massa e escorregamentos que expõe especialmente o uso habitacional, em uma região com limitações dos sistemas de circulação.

Para compreender melhor os conflitos entre funções urbanas regionais e locais, vale a pena destacar um dos municípios da região, Franco da Rocha, com um perfil de riscos peculiar. A primeira especificidade, comum à toda a região, se relaciona à geomorfologia e forma de ocupação: as ocupações mais antigas, que surgiram associadas às paradas da ferrovia, localizam-se no ponto mais baixo da cidade, na várzea, e são sujeitas a alagamento; as ocupações mais recentes ocupam os morros, em áreas de alta declividade. Ou bem a ocupação está numa área de várzea, suscetível a inundação, ou bem está em área suscetível a escorregamento. Os trechos de várzea são estreitos e entrecortados por morros, configurando uma ocupação com conexão e circulação problemáticas, interrompidas entre as várias zonas. A cidade é distribuída em duas porções, nos dois lados da ferrovia. O eixo viário paralelo à ferrovia, ao longo do córrego Eusébio, é importante eixo de circulação intra-urbana, e o eixo da Rodovia Tancredo Neves é a principal conexão da região, servindo não somente Franco da Rocha como também os municípios de Caieiras e Francisco Morato. Ao Sul, a rodovia dos Estados interliga a Rodovia Tancredo Neves ao município de Mairiporã.

Os riscos a que Franco da Rocha está submetido não se restringem às ameaças características de sua geomorfologia e ocupação, ou a ameaças peculiares de eventos climáticos críticos, mas a ameaças relativas ao convívio com elementos da infraestrutura urbana de alcance metropolitano e macrometropolitano, que se localizam dentro de seus limites e podem se encadear em situações críticas. O contexto de habitações vulneráveis – tanto fora da região central e contíguo aos demais municípios, como nas áreas centrais, junto ao ribeirão Eusébio – é agravado quando submetido ao fluxo de água das operações de manobra da represa de Paiva Castro, sobretudo pelo bloqueio da mobilidade nas ações de resposta. Além disso, e de acordo



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

com relatos de profissionais da Defesa Civil, a existência de unidades prisionais neste município exigem o bloqueio de telefonia celular, o que torna o sinal mais difícil na região, sendo fator de agravamento no contexto de emergência. Nas operações de manobra, o fluxo atinge diretamente a rodovia dos Estados, de acesso aos equipamentos do sistema prisional e suas rotinas de suprimento, e deixa em alerta máximo uma subestação elétrica de abrangência importante para a região (Melhoramentos), cuja pane agravaria ainda mais a situação de gestão da crise. Por fim, a estruturação problemática da mobilidade na região é o elemento que caracteriza a interdependência dos diferentes sistemas em risco, pois não só não garante a estrutura de resposta necessária, como sua forma (topologia) concretiza a exposição ao risco de elementos importantes.

Mais especificamente sobre o fator mobilidade, a circulação de um lado a outro do município de Franco da Rocha é altamente dependente do eixo ao longo do ribeirão Eusébio. No ponto mais baixo da cidade, esse eixo é suscetível a inundações e extravasamento da própria calha do ribeirão (com contribuições desde Francisco Morato) e também da calha do rio Juqueri, na confluência. Além desse eixo, toda a rodovia dos Estados, paralela ao rio Juqueri, desde a saída do Paiva Castro, é tomada pela água durante os procedimentos de manobra da represa. No evento de março de 2016, a mobilidade mal resolvida neste município tornou a logística do auxílio às emergências de escorregamento mais difíceis. Nesta data, nas cidades da região, foram computadas 19 mortes: 10 em Mairiporã, 8 em Francisco Morato e 1 em Franco da Rocha (ANDRADE, E; TOMINAGA, L. K, 2016).

Para compreender mais detalhes dos impactos da manobra na cidade e na região, notícia que relata manobra no período 2010-2011 ilustra outras consequências:

“O poder público em Franco da Rocha (...) está submerso. Após chuvas intensas (...) a enxurrada engoliu todo o paço municipal. Prefeitura, Câmara Municipal, fórum, delegacia de polícia, duas escolas, um ginásio de esportes, uma igreja, parte dos trilhos da CPTM e até um edifício da Sabesp ficaram sob as águas. A cidade decretou estado de emergência e o prefeito (...) despachará em uma escola. (...) Além da perda de instalações, carros de polícia, ambulâncias e um ônibus (...), processos arquivados no fórum também se perderam.” (13/01/2011: C7).

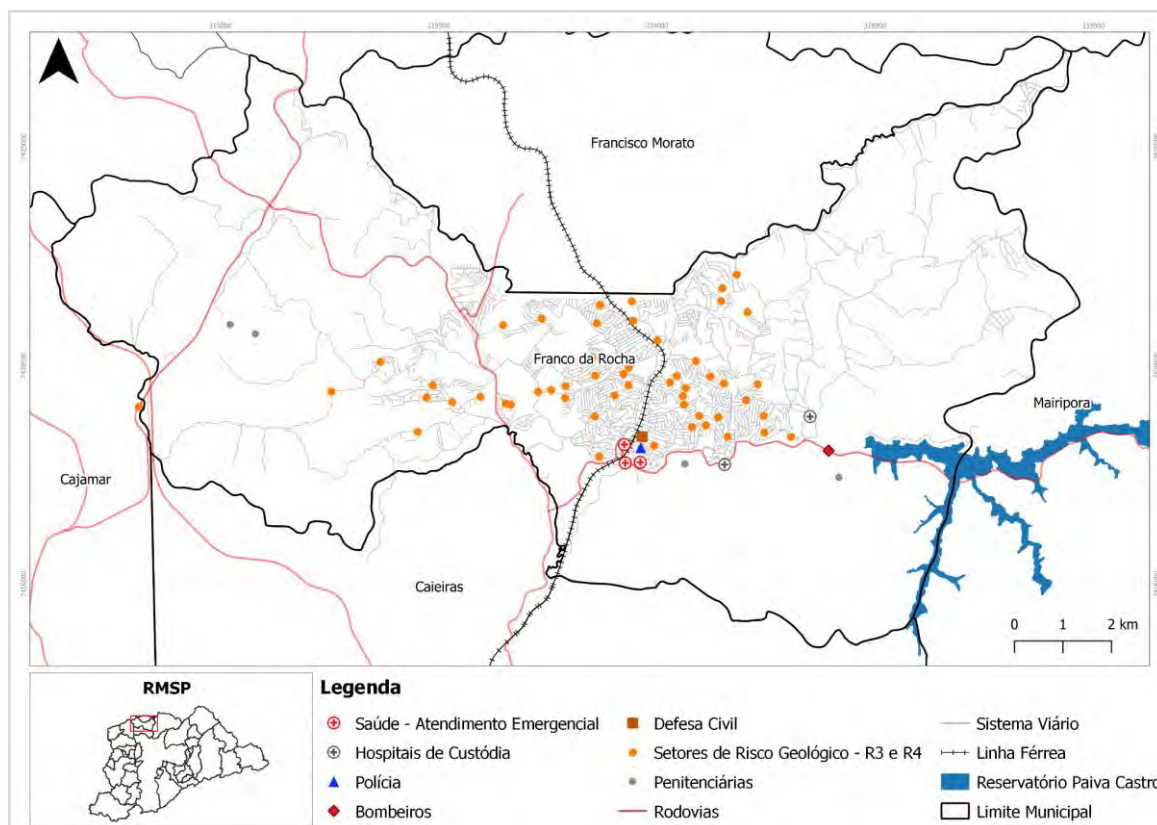
“O delegado usa um posto de gasolina como seu quartel, e as ocorrências são encaminhadas para outras cidades. ‘Estou provisório numa creche, mas ninguém sabe onde é. Então fico nesse posto, que é perto da delegacia.’ Anteontem, os policiais entraram na delegacia ‘com água no peito’ para resgatar mais de 20 armas e cerca de 40 caixas de munição. A prefeitura também foi parar numa creche. A secretaria (...) se transformou no gabinete do prefeito. (...) O Hospital Municipal Praça da Saúde também ficou parcialmente alagado.” (14/01/2011: C7).

Fica evidente a limitação para responder a emergências quando os centros de comando são passíveis de alagamento, sobretudo considerando a tendência recente a manobras mais recorrentes. A visão de conjunto tem papel importante no enfrentamento de situações críticas, pois o equacionamento pode ser construído a partir da associação de diversas medidas, relacionadas a diferentes campos técnicos e do conhecimento.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 2 – Mapa de Localização dos Equipamentos Públicos em Franco da Rocha (SP)



Dados: IG (2020), SAP (2021), DER (2019), SMT/CPTM (2021), CBH-AT (2018), IBGE (2010)

Fonte: Elaboração própria

Neste sentido, no exemplo estudado, os planos de contingência de 2016 se articulam a outro conjunto de protocolos - para acionamento das bombas de 2 reservatórios de detenção no ribeirão Eusébio - mas não há articulação com decisões relacionadas à entrega de água no sistema de abastecimento (que estão apontadas em SABESP, 2015), nem desdobramentos em planos de contingência municipais, com medidas locais, preventivas ou mitigadoras, a serem adotadas nas áreas impactadas em caso de manobra. Por isso a pesquisa, sendo também uma ação de extensão, define, entre seus objetivos, fomentar o debate sobre a visão de conjunto no ambiente técnico institucional, além de desenvolver instrumentos de diagnóstico integrado que visam alcançar problemas nos diversos níveis e interfaces implicados.

Tais objetivos convergem com outras experiências em curso na RMSP. A Câmara Temática de Gestão de Riscos Metropolitanos da RMSP, CTM-GRA, ainda que com limitações, é uma iniciativa de governança interfederativa importante e pioneira, que visa discutir e promover a incorporação da gestão do risco nas atividades de planejamento urbano e territorial, além da articulação para a gestão de riscos complexos e mapeamento de interdependências sistêmicas.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

Na Câmara, criada em 2016 vinculada ao Conselho de Desenvolvimento Metropolitano, participaram representantes de municípios e consórcios municipais – Consórcio InterMunicipal Grande ABC e Consórcio InterMunicipal da Bacia do Juqueri-Cantareira, departamentos da gestão pública ligados ao planejamento (Emplasa e representantes de órgãos e secretarias municipais), pesquisadores de universidades (USP, UFABC) e institutos de pesquisa (IPT e Instituto Geológico IG) ligados ao tema dos riscos, representantes da área da saúde, do DAEE, CETESB, representações da defesa civil das escalas estadual (CEDEC) e municipal (COMDEC-SP e de outros municípios e consórcios), sem, entretanto, representantes de concessionários de serviços públicos.

Durante os anos de 2017 a 2018, a CTM-GRA discutiu a elaboração da Política de Governança de Riscos Metropolitanos e o Plano de Gestão de Riscos Metropolitanos, como parte das diretrizes do Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado conduzido pela Emplasa - PDUI-RMSP. Das discussões, resultou um capítulo sobre gestão de riscos, incorporado ao PDUI, buscando associar aspectos da gestão de riscos a desastres naturais à gestão de riscos tecnológicos, um avanço à própria formulação do marco legal da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei Federal nº 12.608/2012). Um dos maiores entraves recentes para as ações desta Câmara Técnica se deve ao esvaziamento do PDUI e da lei do Estatuto da Metrópole, que ocorreu após 2018.

O objetivo da CTM-GRA, naquele momento, foi traçar as diretrizes gerais de uma política. O sentido maior das propostas foi pensar elementos que favorecessem a cooperação entre localidades nas ações de prevenção e resposta, por meio de instrumentos de informação semelhantes e uniformes. O prazo limitado para finalização do PDUI não permitiu desenvolver discussões qualitativas sobre o que seriam riscos específicos e próprios da escala metropolitana, ou riscos específicos relacionados a funções públicas de interesse comum, nem diretrizes para mapear tal complexidade. Buscando superar este desafio, a Câmara planejou, para ações futuras, o trabalho sobre áreas piloto metropolitanas, e ações na Bacia Juqueri-Cantareira consistia em uma delas. Desta forma, pode-se dizer que a pesquisa de extensão é também desdobramento de objetivos desenhados no âmbito da CTM-GRA, e conta com participantes desta na equipe.

Além da aproximação com a experiência da CTM-GRA e com gestores municipais, as atividades de pesquisa também buscam acompanhar atividades do Comitê de Bacia Hidrográfica de Alto Tietê, subcomitê Juqueri-Cantareira, participando pelo segmento Sociedade Civil – Universidades, e do Grupo de Trabalho do CBHAT “Pesquisas na Vertente do Tietê”. Especificamente nas atividades do subcomitê Juqueri-Cantareira, está sendo proposto Grupo de Trabalho para acompanhar a elaboração e implementação de medidas de contingências para diversas ameaças na região: Plano de Contingência à estiagem do CBH- AT; Plano de Ações Emergenciais de Cheias e PAE Paiva Castro, adaptação dos planos de drenagem municipais; elaboração do Plano/Protocolo de Segurança das Águas no território do SCBH-JC referente à acidentes com transporte de produtos perigosos.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

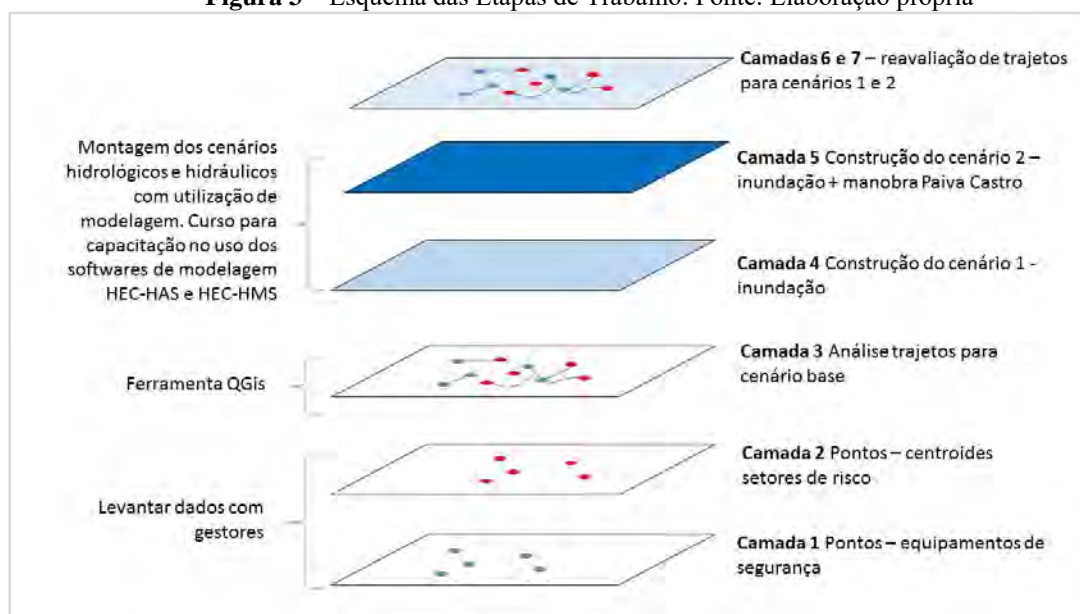
A instauração do Grupo de Trabalho possui grande convergência com os intuitos desta pesquisa que busca, por diversas frentes, amarrar e fomentar a visão de conjunto na gestão de riscos: pela interação com instâncias de discussão horizontal (entre setores), tais como os comitês de recursos hídricos e a CTM-GRA, pela interação com gestores, a partir de uma atividade prática de capacitação (os cursos de modelagem oferecidos, apresentados adiante), a elaboração de diagnósticos horizontais, que associam fragilidades de diversos setores.

3. Metodologia

A metodologia adotada pelo projeto desdobra-se em dois eixos práticos: o primeiro, na produção de mapeamentos que cruzam informações sobre mobilidade, riscos e localização de infraestruturas chave, buscando superar lacunas no campo da gestão de riscos e desastres, caracterizado por forte segmentação disciplinar entre especialidades relacionadas a diferentes ameaças. Esta produção alimenta o segundo eixo prático, da governança, que visa articular agentes e fomentar o processo de discussão da gestão de riscos e de riscos complexos, no diálogo com grupos focais.

No eixo de produção do mapeamento, estão sendo trabalhadas 5 camadas de dados e informações, apresentadas no esquema a seguir (Figura 3).

Figura 3 – Esquema das Etapas de Trabalho. Fonte: Elaboração própria



1. Identificação dos pontos de origem e destino dos percursos de resposta e salvamento – equipamentos de segurança pública, defesa civil, bombeiros, hospitais;
2. Identificação dos pontos (centróides) dos setores de risco - Instituto geológico, Plano Municipal de Redução de Riscos, diálogo com equipes de Defesa Civil locais;

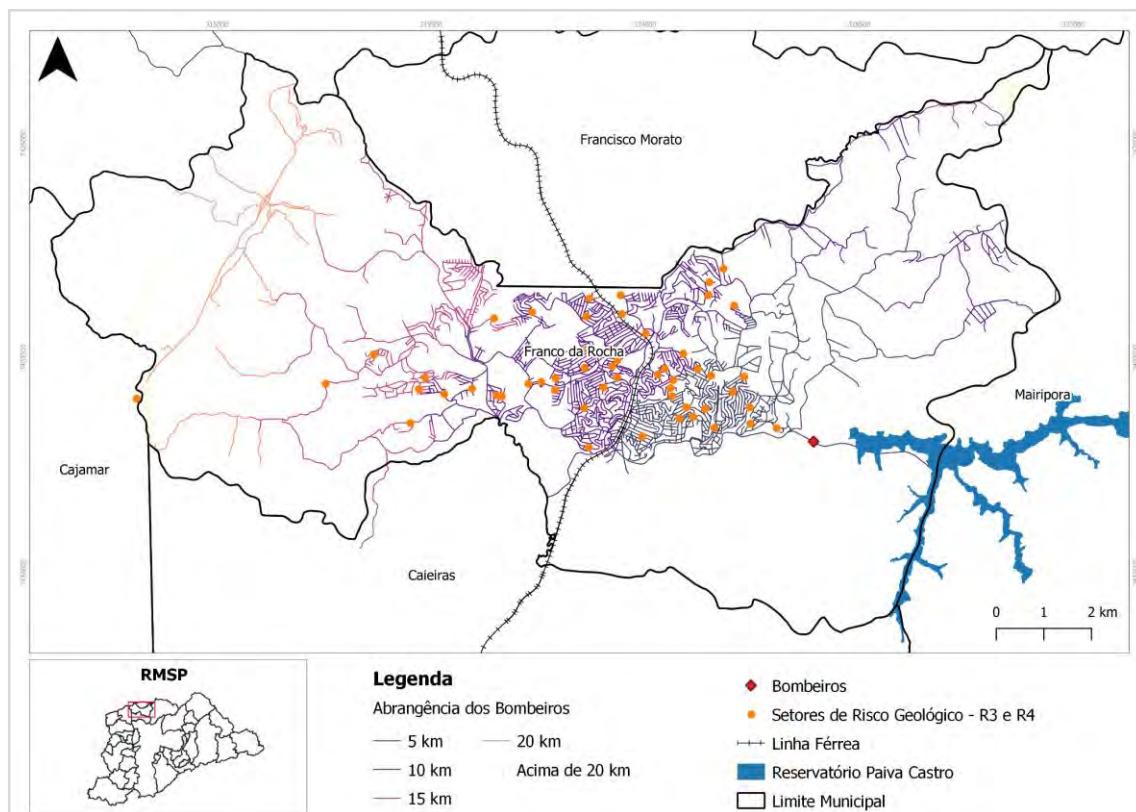


III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

3. Definição de trajetos em situações de emergência, utilizando ferramentas do software QGis e checagem com agentes da defesa civil. Cenário base: sem inundação;
4. Construção de cenário 1 de inundação – extravasamento da calha do Ribeirão Eusébio em situações de chuva crítica, sem manobra do Paiva Castro;
5. Construção de cenário 2 de inundação – extravasamento da calha do Ribeirão Eusébio em situações de chuva crítica, com manobra do Paiva Castro;
6. Reavaliação de trajetos a partir dos cenários de inundação 1 e 2.

Para as camadas 1 a 3, os mapeamentos foram desenvolvidos com o software de geoprocessamento Qgis 3.16 Hannover. A primeira camada de dados foi elaborada pelo levantamento da localização dos equipamentos de resposta, geocodificação dos endereços e posterior validação pelos agentes de defesa civil. Na segunda camada, foram extraídos os centróides dos polígonos dos setores de risco alto - R3 e muito alto - R4 (Instituto Geológico). Na terceira camada, foram definidos os trajetos de menor distância entre equipamentos de resposta e setores de risco, através da ferramenta v.net.iso sobre base viária (fig. 4 e 5).

Figura 4 - Mapa de Abrangência (Bombeiros x Setores de Risco - R3 e R4)

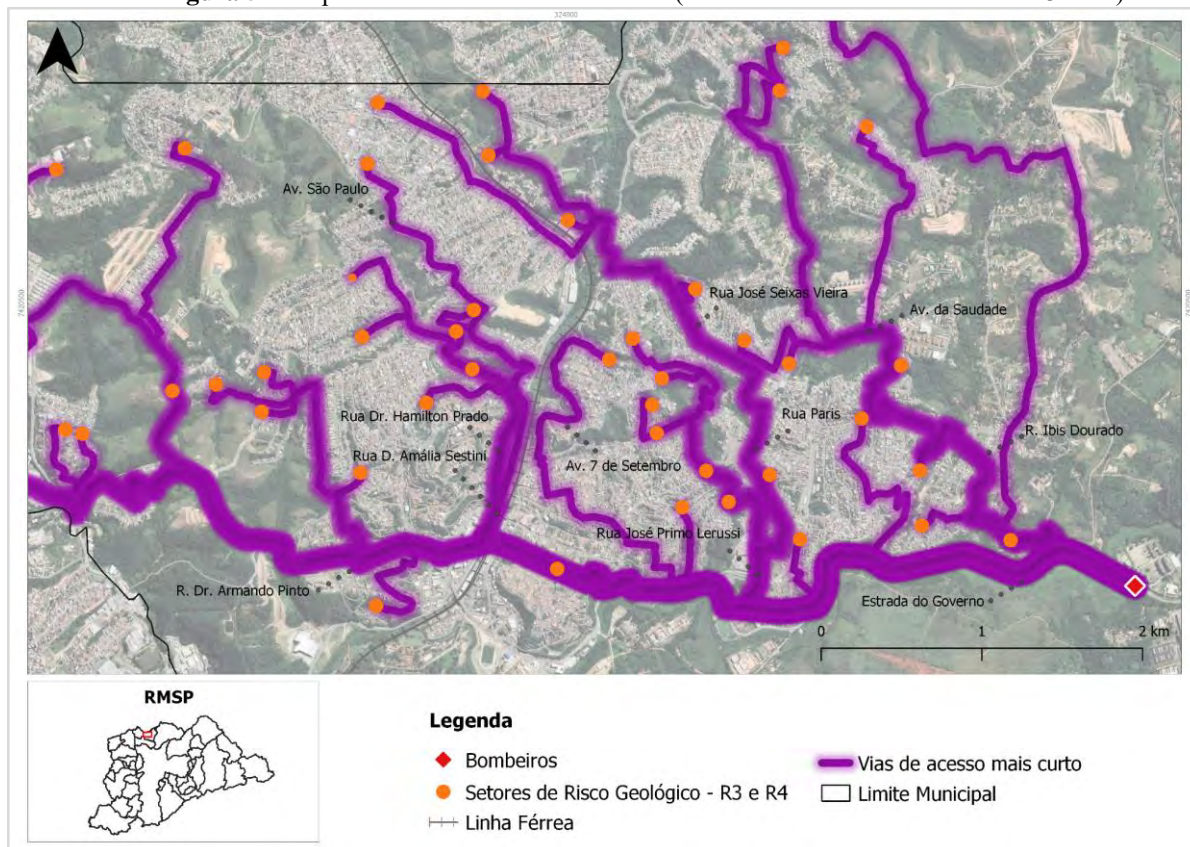


Fonte: Elaboração própria. Dados: IG (2020), SMT/CPTM (2021), CBH-AT (2018), IBGE (2010).



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
 VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
 16 a 18 de novembro de 2021

Figura 5 – Mapa de Vias de Acesso mais curto (Bombeiros x Setores de Risco - R3 e R4)



Fonte: Elaboração própria. Dados: IG (2020); SMT/CPTM (2021); IBGE (2010).

A análise conjunta das camadas 1 a 6 permitirá apontar trajetos críticos e equipamentos de resposta com alta probabilidade a interrupção de atividades (as fragilidades do sistema de resposta), zonas ocupadas com mais baixa acessibilidade (mais suscetíveis a não obter resposta satisfatórias em caso de emergências), permitindo apontar prioridades para o desenvolvimento de soluções urbanísticas integradas.

Para a produção das camadas de informação, muitas articulações são necessárias, com agentes locais ou de nível regional, fomentando o processo de construção de uma arena de governança. Para a construção das camadas 1 a 3, foi necessária maior articulação com agentes da defesa civil e gestão local. Para a construção das camadas 3 e 4, a estratégia foi ampliar o processo de capacitação da própria equipe nas ferramentas de modelagem que se mostraram necessárias. Assim, considerando a formalidade que a ação de extensão prevê, foram organizados 2 módulos para capacitação em modelagem Hidrológica e Hidráulica voltados não só à equipe, mas à comunidade acadêmica, agentes da região e membros do Comitê de Bacia do Alto Tietê.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

4. Resultados

A análise conjunta das camadas 1 a 6 permitirá apontar elementos críticos de cada um dos sistemas considerados, cujo equacionamento das condições de segurança pode ser trabalhado não apenas dentro de cada sistema afetado ou causador de perturbações, mas em medidas integradas de ordenamento urbano e na rede de mobilidade. Até o momento, foram desenvolvidas as camadas de análise de 1 a 3, em etapa de validação com agentes locais.

Para construir os cenários hidrológicos dos mapeamentos, camadas de análise 4 e 5, foi realizado durante o mês de setembro de 2021 o primeiro módulo do curso de Modelagem Hidrológica de Cheias Urbanas, utilizando o software HEC-HMS. No curso, contamos com a participação de gestores dos municípios norte-metropolitanos, membros do Comitês de Bacia do Alto Tietê, comunidade acadêmica da UFABC e outras instituições, bem como pesquisadores e profissionais ligados à temática de gestão de recursos hídricos. Para além da capacitação, foi possível promover importantes trocas de experiências e estreitar vínculos entre Universidade e poder público.

Nas atividades de articulação, anteriores ao curso, foram contactados 4 gestores dos 5 municípios que compõem a região: Franco da Rocha, Francisco Morato, Mairiporã e Caieiras. No módulo hidrológico do curso, participaram cerca de 20 gestores públicos dos municípios de Franco da Rocha e Francisco Morato, bem como membros do Subcomitê Juqueri-Cantareira.

Futuramente, no mês de novembro de 2021, será ofertado o segundo módulo do curso de Modelagem Hidráulica de Rios Urbanos, utilizando o software HEC-RAS. Planeja-se, com a prorrogação do projeto para o ano de 2022, continuar o desenvolvimento dos mapeamentos e, caso a evolução da pandemia permita, realizar oficinas de diagnósticos ativos junto às comunidades impactadas a fim de compreender riscos a que estão submetidas e formar compreensões amplas por meio de linguagens e pedagogias específicas.

5. Conclusões

As atividades e investigações descritas neste artigo compõem uma ação de extensão universitária, tipo de atividade acadêmica cujo objetivo é promover a interação transformadora e dialógica entre Universidade e sociedade, por meio de processos científicos, investigações interdisciplinares, educativas, culturais, e políticas. Por partir de uma abordagem científica para um problema tangível, interdisciplinar em sua essência, e propor a interação com agentes que podem trazer desdobramentos da investigação teórica na prática, consideramos que a pesquisa atinge plenamente, e amplamente, aquilo que é previsto como finalidade da extensão universitária.

O problema tangível e motivação da pesquisa consiste no entendimento de que o recorte estudado – a região norte da RMSP, que constitui a sub-bacia Juqueri-Cantareira – é exemplar de problemas de encadeamento de ameaças e riscos, que precisam de diagnósticos inovadores e de diálogo e articulação institucional inovadores para seu equacionamento.

Para a noção de ‘encadeamento de riscos’, consideramos aporte teórico de diversos campos técnicos que convergem ao argumento sobre a importância em construir visões técnicas



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

de conjunto, não setoriais e não segmentadas, tanto para identificação e diagnóstico de contextos críticos e de risco, como para seu equacionamento. Há literatura técnica, em diversos campos especializados, que busca por saídas práticas de conjunto: infraestrutura crítica, logística de equipamentos urbanos, topologia de redes e redes suscetíveis a falhas encadeadas, gestão de riscos, gestão integrada do solo e das águas urbanas, gestão total das águas. Para além da vontade de integração, é preciso construir saídas práticas de integração, e essas abordagens, dos mais diferentes campos, abrem caminhos.

Na proposta da ação de extensão, o desenvolvimento de novos métodos de mapeamento alimenta o processo de articulação institucional, e busca fomentar a articulação institucional, o debate sobre abordagem integrada dos riscos na região, e a cultura da prevenção. Tal iniciativa é particularmente expressa pela oportunidade em formar a equipe de bolsistas em ferramentas de modelagem e expandir a atividade para gestores públicos e membros do Comitê de Bacias Hidrográficas do Alto Tietê. Além disso, o recorte envolve região previamente priorizada como área piloto para experiências de governança de riscos, em discussões da Câmara Temática de Gestão de Riscos Ambientais e Urbanos da RMSP (CTM-GRA-RMSP).

A região de recorte do trabalho – que envolve os municípios de Caieiras, Franco da Rocha, Francisco Morato, Mairiporã e Cajamar – expressa conflitos da gestão de recursos hídricos e de riscos encadeados principalmente por conter, em seu território, um grande equipamento de infraestrutura para abastecimento de água, cujo funcionamento é de abrangência metropolitana, e cuja operação, em contextos críticos, amplifica os riscos locais da região. Se o Paiva Castro é o fator de interdependência metropolitana – perturbações nesse dispositivo do sistema acarretaria consequências de grande impacto, a toda a metrópole –, o fator de interdependência local e sub-regional é a mobilidade, cujo baixo desempenho e alta exposição a processos de inundação, prejudica a logística de resposta e salvamento de diversos outros riscos crônicos e de menor abrangência que a metropolitana.

Assim, na busca em equacionar um diagnóstico desses e outros processos de grande complexidade e encadeamento na região, a ação de extensão constrói seus espaços de articulação e fomento a ações que tenham como base comum a visão de conjunto.

6. Agradecimentos

À Pró-Reitoria de Extensão e Cultura da Universidade Federal do ABC (ProEC/UFABC), coordenação do curso de capacitação, CTM-GRA, agentes locais.

7. Referências bibliográficas

ANDRADE, E; TOMINAGA, L. K. Acidentes ocorridos entre 10 e 11 de março na RMSP. **Informe Técnico 04/2016**. Boletim GAEE. IG-SMA. São Paulo, 2016.



III *Sustentare* – Seminários de Sustentabilidade da PUC-Campinas
VI WIPIS – Workshop Internacional de Pesquisa em Indicadores de Sustentabilidade
16 a 18 de novembro de 2021

DUEÑAS-OSORIO, L.; VERMURU, S. M. Cascading failures in complex infrastructure systems. **Structural Safety**, n. 31, p. 157-167, 2009. Disp. em: <https://www.journals.elsevier.com/structural-safety>. Acesso em: 15 set. 2021.

LAWRENCE, I. Integrated Urban Land & Water Management. Planning and Design Guidelines. Technical Report 1/2001. **Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology**, University of Canberra. 2001. Disp. em: <http://freshwater.canberra.edu.au/Publications.nsf/0/95214ed3c40105b2ca256f0f0014b12f?OpenDocument> 10.04.2011. Acesso em: 01 out. 2021.

LITTLE, R.G. Managing the Risk of Cascading Failure in Complex Urban Infrastructure. In: Graham, S., (ed.). **Disrupted Cities: When Infrastructure Fails**. New York: Routledge. Ebook: 979-1334. 2010.

MOREIRA, R. M. P. **Interfaces dos riscos urbanos na Região Metropolitana de São Paulo**. 2018. Tese (Doutorado em Habitat) - FAU-USP, São Paulo, 2018. doi:10.11606/T.16.2019.tde-14012019-165513. Acesso em: 09 set. 2021.

NORMAN, E., BAKKER, K., COOK, C., DUNN, G.; ALLEN, D. **Water Security**: a Primer Fostering Water Security in Canada Project. 2010. Disp. em: <http://watergovernance.sites.olt.ubc.ca/files/2010/04/WaterSecurityPrimer20101.pdf>. Acesso em: 09 set. 2021.

O'CONNOR, T.P., RODRIGO, D.; CANNAN, A. Total Water Management: The New Paradigm for Urban Water Resources Planning. **World Environmental and Water Resources Congress 2010: Challenges of Change**. Abr., 2012. Disp. em: <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/41114%28371%29335>. Acesso em: 15 set. 2021.

SABESP. **CHESS Crise Hídrica, Estratégia e Soluções da Sabesp para RMSP**. São Paulo, Abr., 2015. http://site.sabesp.com.br/site/uploads/file/crisehidrica/chess_crise_hidrica.pdf. Acesso em: 09 set. 2021.

SABESP-HIDRO. **Estudo de cheias para avaliação dos volumes de espera dos aproveitamentos do sistema Cantareira**. Relatório Final, v. 2. Out., 2009.

SILVA, R. T.; NUCCI, N. L. R.; COSTA, J. J. Recursos hídricos, saneamento e gestão metropolitana: os novos desafios. **Engenharia**, ano 69, n. 609, p.102-110. 2012. Disp. em: http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao609/609_art_recursos.pdf. Acesso em: 30 set. 2021.