

CENTRO DE APOIO CIENTÍFICO EM DESASTRES

www.cenacid.ufpr.br / cenacid@ufpr.br

Estudos sobre a inundação relâmpago ocorrida em 02 de março de 2021 no Córrego Alto Boqueirão no município de Curitiba – Paraná

Relatório 01

Renato Eugenio de Lima
André Luiz Tonso Fabiani
18/05/2021



CENACID



Este Relatório apresenta os resultados obtidos em estudos e visitas de campo realizados para avaliar o evento geológico do tipo inundação-relâmpago, ocorrida em região de terrenos cenozoicos a pré-cambrianos, ao longo da bacia do Córrego “Alto Boqueirão”, município de Curitiba – Paraná – (março2021)

Estudos sobre a inundação relâmpago ocorrida em 02 de março de 2021 no Córrego Alto Boqueirão no município de Curitiba – Paraná

Sumário

Estudos sobre a inundação relâmpago ocorrida em 02 de março de 2021 no Córrego Alto Boqueirão no município de Curitiba – Paraná	0
.....	0
Relatório 01 - Estudos sobre a inundação relâmpago ocorrida em 02 de março de 2021 no Córrego Alto Boqueirão no município de Curitiba – Paraná	2
1. Introdução.....	2
2. Situação no município:	5
3. Atividades realizadas.....	5
A. Avaliações de campo	6
B. Pesquisas e estudos no escritório.....	6
4. Dados e informações da área afetada:	6
C. Substrato geológico	6
D. Resultados das avaliações de campo	7
E. Características do fenômeno:	7
F. Fenômenos associados:	8
G. Ações antrópicas intervenientes:	9
H. Resultados das pesquisas e estudos no escritório	11
5. Informações pluviométricas:	12
I. Dados dos registros no VICON:.....	15
6. Observações e recomendações:.....	17
7. Referências:.....	18
Anexo 1 Mapa da área inundada registrado no Vicon.....	19

Relatório 01 - Estudos sobre a inundação relâmpago ocorrida em 02 de março de 2021 no Córrego Alto Boqueirão no município de Curitiba – Paraná

Data da missão: 03-04-09/março de 2021 – estudos em março-abril2021

Data deste relatório: 29-abril-2021

1. Introdução

Integrantes da missão: Prof. Renato E. Lima
Prof. André Luiz Tonso Fabiani
Júlio Brita (estudante)
Guilherme do Valle (estudante)

O município de Curitiba, capital do Estado do Paraná, na região Sul do Brasil, tem tido incidência frequente de processos geológicos perigosos, sendo que em diferentes situações estes processos resultaram em eventos e acidentes geológicos. Desde 2017 o CENACID registrou 28 situações de inundações alagamentos que mereceram registro na imprensa da capital paranaense. Historicamente em Curitiba os principais tipos de processos geológicos perigosos são as inundações e deslizamentos, conforme já indicado no livro “Uso dos solos e dos rios – conceitos básicos e aplicações para a região de Curitiba” que apresentou a seguinte distribuição de acidentes geológicos para o período 1976-2000 exclusive (figura 01).

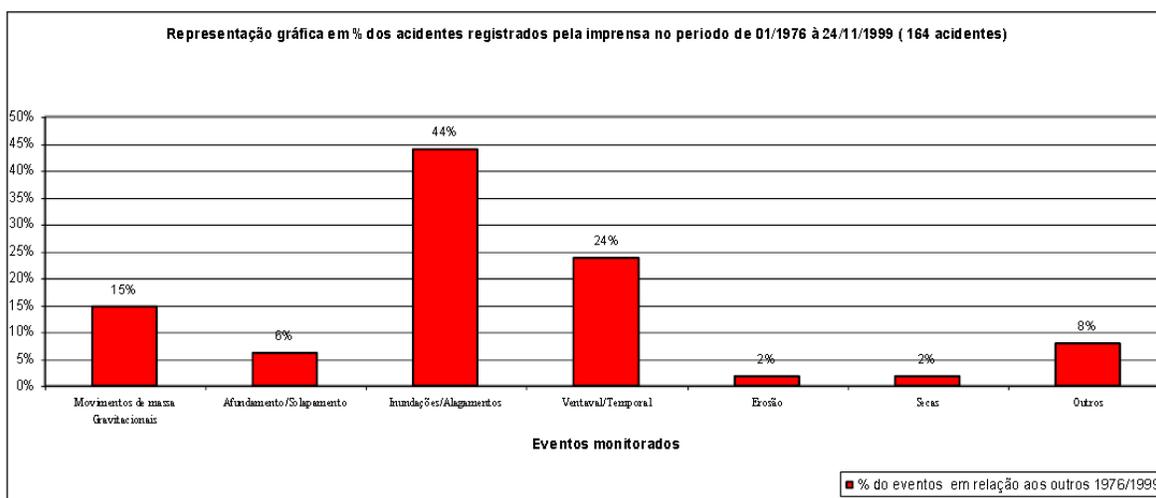


Figura 1- Distribuição dos principais acidentes geológicos em Curitiba para o período 1976-1999 (Lima, 2000)

Este panorama indica que se trata de região sujeita a variada tipologia de riscos geológicos principalmente inundações e deslizamentos, processos que periodicamente atingem as áreas da cidade resultando nos prejuízos e perdas associados a estes eventos.

No último mês de março foi observada no Córrego Alto Boqueirão, a ocorrência de processo do tipo “inundação-relâmpago”, que são aquelas que se iniciam rapidamente logo após o início da chuva e, normalmente, as águas baixam e retornam ao leito normal poucas horas depois. O Córrego Alto Boqueirão se situa na porção Leste do município e possui cerca de 5,5km de extensão.

O Centro de Apoio Científico em Desastres da Universidade Federal do Paraná tomou conhecimento do evento, e resolveu avaliar a ocorrência devido a algumas condições específicas, como o elevado número de moradias atingidas, e pelos volumes de chuva relatados não parecerem extraordinários. Ao realizar as avaliações de campo recebemos solicitações e informações de moradores, que manifestaram preocupação com os eventos observados.

Como colaboração em atendimento a estas demandas, e para incluir estas ocorrências em seus estudos de processos perigosos, foram realizadas quatro saídas ao campo. Estas visitas foram realizadas de forma individual em razão da pandemia do Covid19, que está em desenvolvimento em todo o planeta.

Intercalados e após os estudos de campo, foram realizados estudos de escritório buscando informações e dados complementares sobre a região.

Como fator que limitou os estudos e levantamentos, destaca-se a necessidade de realizar a missão respeitando as justas orientações da UFPR e dos diversos níveis de governo, determinando o isolamento social. Por outro lado, processos naturais não aguardam a evolução da pandemia, e desta forma são necessários estudos no momento oportuno para sua interpretação, e para colaborar com a redução dos danos e prejuízos potenciais.

Estas atividades se enquadram entre as atividades realizadas pelo Centro de Apoio Científico em Desastres – CENACID, centro da Universidade Federal do Paraná, ligado à Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-graduação (PRPPG), como apoio para ações e planejamentos do estado e município.

Todos os dados obtidos estão registrados em banco de dados do sistema VICON-SAGA desenvolvido pelos integrantes do CENACID professores da UFRJ e UFRRJ. O SIG VICON é o sistema de referência utilizado pelo CENACID em suas missões de estudos e de resposta a acidentes e desastres (figura 2).

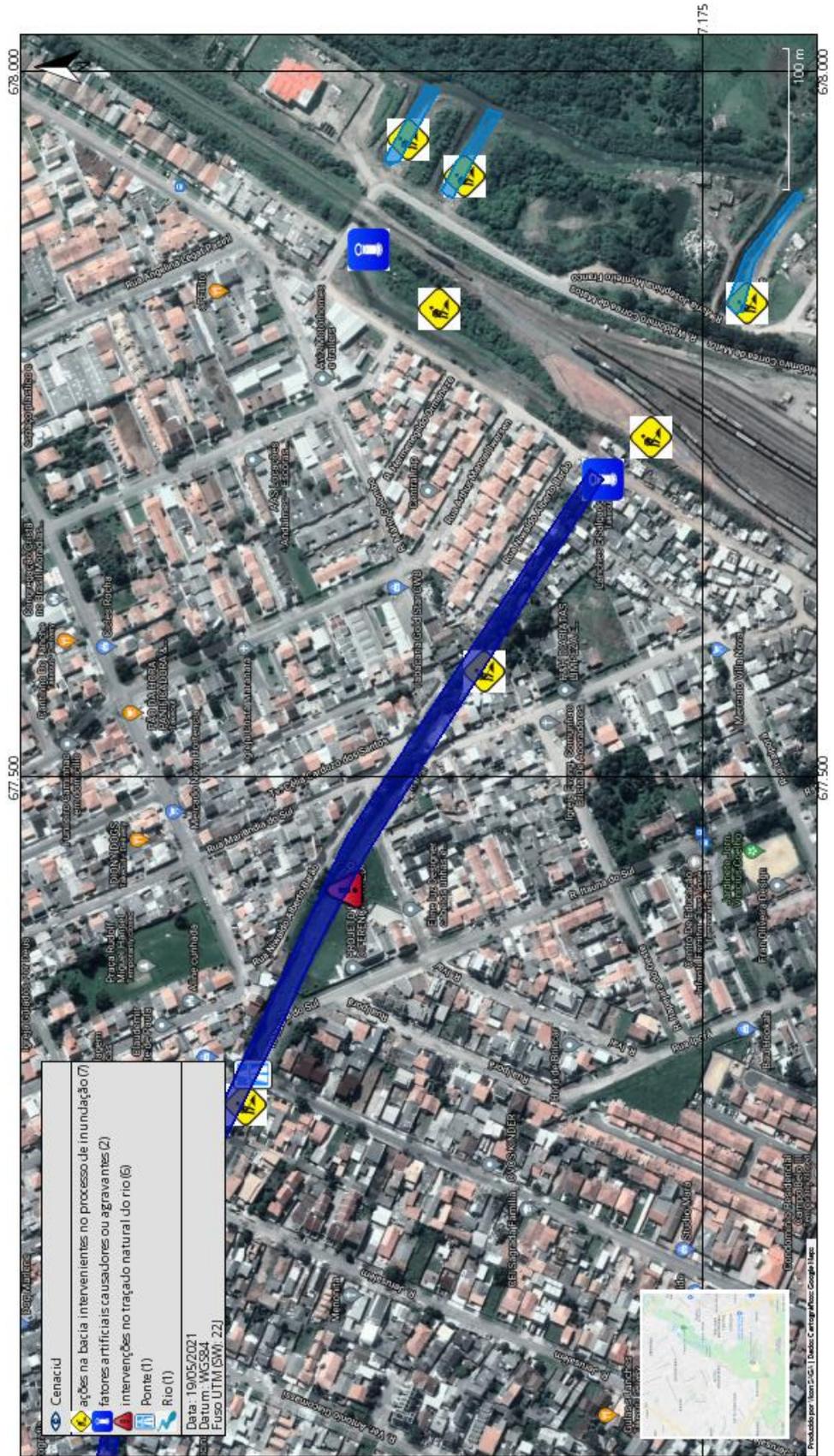


Figura 2- Imagem do Vicon com registros do estudo na área Córrego Alto Boqueirão..

2. Situação no município:

O município de Curitiba no momento das avaliações da inundação se encontrava em situação de anormalidade em virtude da pandemia, com seus serviços e atividades paralisadas ou funcionando respeitando as regras específicas de isolamento social. Na semana do evento alguns setores da cidade estavam adicionalmente mobilizados para o enfrentamento das inundações em diferentes áreas, destacando-se a região estudada.

Ao longo do Córrego Alto Boqueirão, a região mais afetada pelos processos geológicos em estudo, a comunidade está preocupada e buscando informações e apoio para definição de atitudes possíveis de enfrentamento, e até na busca de compensação pelo ocorrido. A região chamada de “Vila Nova” e outras áreas do bairro Alto Boqueirão apresentam alguns pontos com maior preocupação. A região avaliada e algumas áreas adjacentes, como a Vila Pantanal e o bairro Boqueirão ao lado foram alcançadas por processos semelhantes no passado.

Já há anos são relatadas intervenções na bacia e na região, conforme notícia divulgada em 07 de janeiro de 2019, no Jornal “Agora Paraná”:

"Foram feitas desobstruções de tubulação com caminhão sugador e retroescavadeira, limpeza de valas e de serviços de drenagem, recuperação e desobstrução de galerias de águas pluviais."...

"As duas escavadeiras hidráulicas removeram o material assoreado dentro do canal e que formam diques, dando a inclinação necessária ao talude (nas margens) para prevenir a erosão. O serviço começou pelos canais e foi feito no Córrego Alto Boqueirão, numa extensão de 1.500 metros."...

"As obras de macrodrenagem são feitas nos rios e seus afluentes, dimensionadas para grandes vazões de escoamento. "As intervenções ajudam a diminuir a erosão, o assoreamento, as inundações ao longo dos fundos de vale. São serviços realizados em galerias, canalizações, perfilamento de rios, lagoas de contenção e detenção."

Segundo relatos dos moradores na véspera da inundação foram realizadas ações deste tipo na região afetada. Como se observa, estas tradicionais e repetidas intervenções não apresentaram eficácia na área afetada por este episódio.

3. Atividades realizadas

Datas das principais atividades de campo: 03, 04 e 09 de março de 2021

A partir do dia 03 de março foram realizadas diferentes avaliações nas áreas afetadas pela enchente e inundação do Córrego Alto Boqueirão. Posteriormente em abril e maio foram realizadas visitas para monitorar a área da bacia. Estas avaliações permitiram compreender o desenvolvimento do processo perigoso, seus controladores, os impactos do evento e fatores agravantes.

Durante estas avaliações foram visitadas diversas propriedades cujos responsáveis informaram sobre as características da ocorrência recente, que afetou os recursos e patrimônio da comunidade. Os moradores estão temerosos e assustados com os riscos envolvidos associados a estes processos geológicos.

A. Avaliações de campo

Durante as avaliações no terreno, realizadas no dia seguinte a nos dias subsequentes ao processo de inundação, foram observados diferentes aspectos dos impactos e registros da inundação. Entre estes destacamos os seguintes:

Atividades realizadas:

- Avaliação da área atingida.
- Entrevistas com moradores afetados.
- Avaliação de danos – qualidade e significância.
- Estudos da tipologia dos processos perigosos.
- Estudos dos fatores causadores, controladores e agravadores.
- Impactos.
- Avaliação de obras e serviços intervenientes.
- Avaliação de intervenções nas drenagens naturais.

B. Pesquisas e estudos no escritório

Atividades realizadas no escritório:

- Estudos sobre a geomorfologia da bacia
- Avaliação da permeabilidade na bacia.
- Busca de dados sobre a precipitação acumulada e no evento.
- Avaliação das características geológicas dos terrenos afetados
- Estudos da frequência destes episódios em Curitiba nos últimos cinco anos.

4. Dados e informações da área afetada:

C. Substrato geológico

A região afetada inclui áreas de terrenos com sedimentos aluvionares recentes, rochas sedimentares, principalmente argilitos e siltitos da Formação Guabirotuba identificadas como do Eoceno, e possíveis “janelas” de rochas metamórficas do Embasamento Cristalino mais antigo (ver figura 03 abaixo).

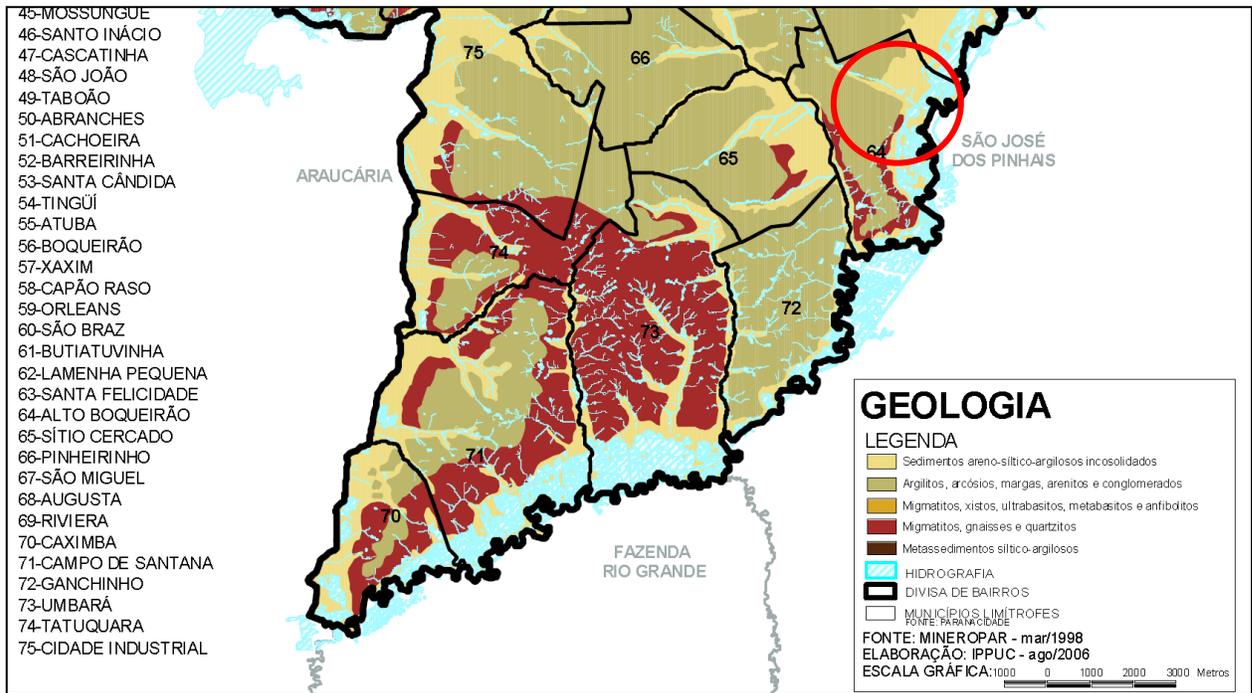


Figura 3- Detalhe de mapa geológico (IPPUC, 2006) destacando no círculo vermelho a região de ocorrência da inundação 2021.

D. Resultados das avaliações de campo

As avaliações no terreno foram essenciais para compreensão do acidente associado à enchente e inundação no Córrego Alto Boqueirão em março-2021.

Informações, análises e conclusões resultantes das atividades de campo:

- Avaliação da área atingida;
- Entrevistas com moradores afetados;
- Avaliação de danos – qualidade e significância;
- Estudos da tipologia do processo perigosos;
- Estudos dos fatores causadores, controladores, agravadores.
- Impactos;
- Avaliação de obras e serviços intervenientes;
- Avaliação de intervenções nas drenagens naturais.

E. Características do fenômeno:

O episódio de enchente em 02/março deve início rápido sendo que pouco mais de meia hora após o início da chuva as pessoas da comunidade já estavam mobilizadas com a água invadindo suas casas.

A partir de várias entrevistas com a comunidade, pode-se afirmar que a inundação se iniciou a partir das 14:30h e atingiu principalmente a área demarcada no mapa do VICON-desastres em anexo (anexo 1). Estas áreas estão próximas e a montante da via férrea, na região do pátio da empresa RUMO e Rua Nair F. Cazellato. A ferrovia divide no local a “Vila Nova” do bairro “Pantanal”.

As 15 horas a área máxima de inundação foi alcançada, conforme pudemos observar em vídeo oferecido à equipe pelos moradores.

A inundação atingiu profundidades médias de 1,0-1,5 metros acima das margens do canal, em alguns locais se aproximando dos 2,0 metros de profundidade sobre os aluviões. No período da noite os níveis de água haviam retornado ao canal de drenagem.

Não foram encontrados relatos de inundações no Rio Iguaçu no dia 2 de março. Se tivesse ocorrido o transbordamento do Iguaçu isto seria importante porque o Iguaçu é nível de base do Córrego Alto Boqueirão. De acordo com os moradores não ocorreu alagamento ou inundação na Vila Pantanal a jusante, a menos de uma ocorrência já na parte baixa da planície.

F. Fenômenos associados:

Foram observados associados ao processo de inundação outros fenômenos apresentados a seguir:

Deslizamentos – Foram observados deslizamentos nas margens do córrego, e do canal de contenção chamado de “valetão”, posicionado ao lado da continuidade da Rua Nair Ferraz C. Nestes locais estes movimentos de massa foram causados pela inadequação das obras de “perfilamento” das margens (Figuras 5 a/b).

Erosão de margens – Observamos processos de “erosão” e transporte de depósitos antrópicos lançados nas margens em alguns pontos onde foi retirada a cobertura vegetal, ou onde o material retirado pelas ações de “combate a enchentes”, que estava no fundo do canal, foi lançado imediatamente na margem, retornando ao rio na primeira chuva (Figuras 4 a/b).



Figura 4 (a e b) - Depósitos ao lado do canal com possibilidade de retorno e assoreamento na ocorrência de chuvas.

Assoreamento – Nos locais recentemente afetados por obras pode-se observar o assoreamento do canal pelos sedimentos depositados nas margens ou pelos materiais provenientes dos deslizamentos nos taludes com problema de estabilidade (Figuras 5 a/b).



Figura 5 (a e b) - Deslizamentos das margens resultantes de desequilíbrio causado por obras de limpeza e "perfilamentos".

G. Ações antrópicas intervenientes:

Este processo de inundação está diretamente relacionado pelas diversas ações antrópicas desenvolvidas na região da bacia do Córrego Alto Boqueirão.

A magnitude, velocidade e duração do processo perigosos resultam das ações relacionadas ao planejamento, uso do solo e à ocupação urbana, que impermeabilizaram indiscriminadamente e alteraram as características da bacia, sem considerar taxas de ocupação por lote ou nas vias e outros espaços. Estas características são determinantes para ampliar o volume de água que alcança o canal de drenagem, numa região com substrato já de pouca permeabilidade.

A retificação do Córrego em praticamente toda a sua extensão a montante da área que inundou (Figuras 6 e 7 a/b), é determinante para estabelecer o tempo de resposta no canal do rio da precipitação ocorrida. Ou seja, em quanto tempo a enchente, com a possibilidade de inundação, ocorrerá após o início de uma chuva. Quanto mais retificado, maior e mais rápida será a acumulação hídrica no primeiro obstáculo a jusante, que pode ser uma curva do rio, uma ponte, uma tubulação de passagem ou outro fator qualquer que reduza a capacidade e a velocidade de fluxo no canal.

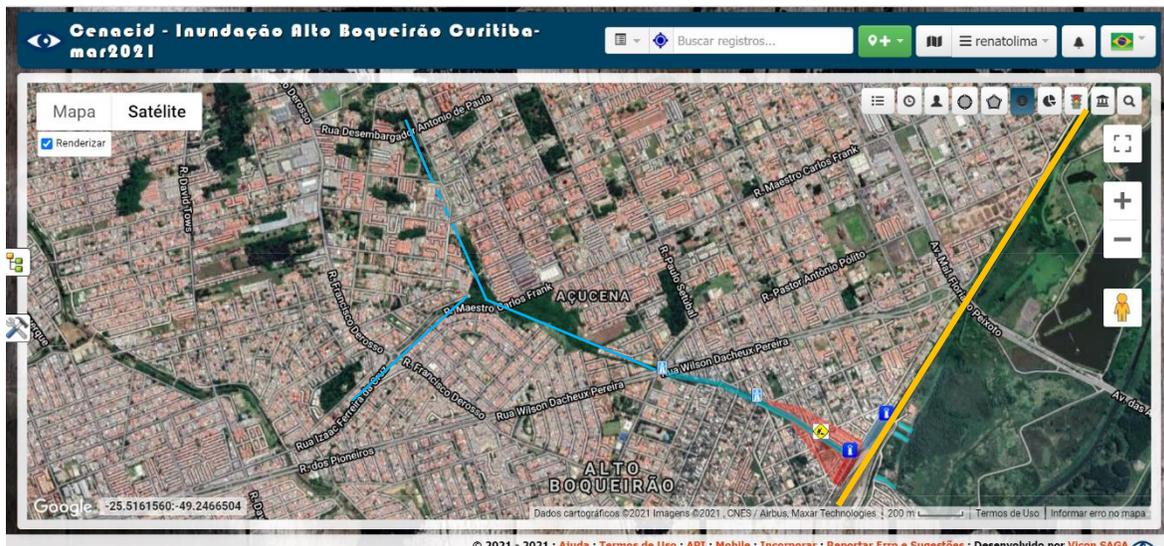


Figura 6- Mapa Vicon mostrando a retificação do rio (azul), a posição da ferrovia (amarelo) e a área afetada (vermelho).



Figura 7(a e b)- Trechos retificados e canalizados a montante da área atingida em 03março.

A presença das tubulações de passagem implantadas para cruzar o córrego sob o leito da ferrovia, cujo dimensionamento e/ou condições, não foram suficientes para escoar o fluxo da água em enchentes na situação atual da bacia, mesmo na ocorrência de chuvas não tão intensas como a do dia 2 de março, foi determinante para a geração deste episódio.

As imagens das figuras 8 (a e b) mostram as entradas destas tubulações, que aparentemente estão operacionais permitindo fluxo hídrico. Na imagem (8a) do dia 4 de março, após a inundação e a enchente do dia 3mar, em uma das 4 tubulações observa-se um acúmulo de mato (capim e algumas tábuas), que talvez sejam derivados da própria atividade de “limpeza” flutuando na entrada.



Figura 8 (a e b) - Aspecto da entrada das tubulações que conduzem o rio por baixo da linha férrea. Foto (a) dia 04 de março em meia vazão e foto (b) dia 18 de maio em estiagem.

Em alguns pontos observa-se o lançamento de resíduos na drenagem, interferindo na capacidade de vazão, mas não observamos interrupção da vazão em nenhum ponto por objetos maiores como sofás, armários ou veículos.

Acrescente-se a destruição no passado das defesas naturais do rio, como banhados, diques marginais e curvas do rio, dificultando a retenção naturalmente distribuída, e facilitando o transbordamento nos obstáculos a jusante quando ocorrem as situações de enchente.

H. Resultados das pesquisas e estudos no escritório

As pesquisas em bancos de dados do CENACID, do CEMADEN, e outros, em imagens de satélite de acesso público, em bibliografias e em meios da imprensa, permitiram obter um conjunto expressivo de informações que ampliam a análise em desenvolvimento. Além das informações sobre o substrato geológico já apresentadas no item outras informações e dados foram alcançados.

A partir destas atividades por análise interpretação de imagens foram obtidas informações que indicaram terrenos suavemente ondulados e a área da bacia praticamente totalmente ocupada, gerando a impermeabilização da superfície. Foram obtidos os dados pluviométricos significativos para o estudo, que são apresentados no capítulo 5.

Também foram avaliadas as características geológicas dos terrenos afetados conforme apresentado no Capítulo 4.C, que resultam em solo predominantemente de características argilosas.

Ainda foram pesquisadas, através de dados de imprensa, a frequência de episódios significativos de inundações e alagamentos em Curitiba nos últimos cinco anos, que indicou 28 episódios no período. Destes episódios a expressa maioria envolveu precipitações entre 30 e 90mm no episódio.

5. Informações pluviométricas:

Entre os dados analisados estão as informações pluviométricas associadas ao evento. Seguem os gráficos de precipitações diárias com intervalo de 10min e acumuladas dos dias anterior à inundação, dia da inundação e no dia seguinte ao evento.

Os dados se referem à estação do CEMADEN instalada no bairro São Pedro em São José dos Pinhais, a mais próxima ao local afetado. (figura 9).

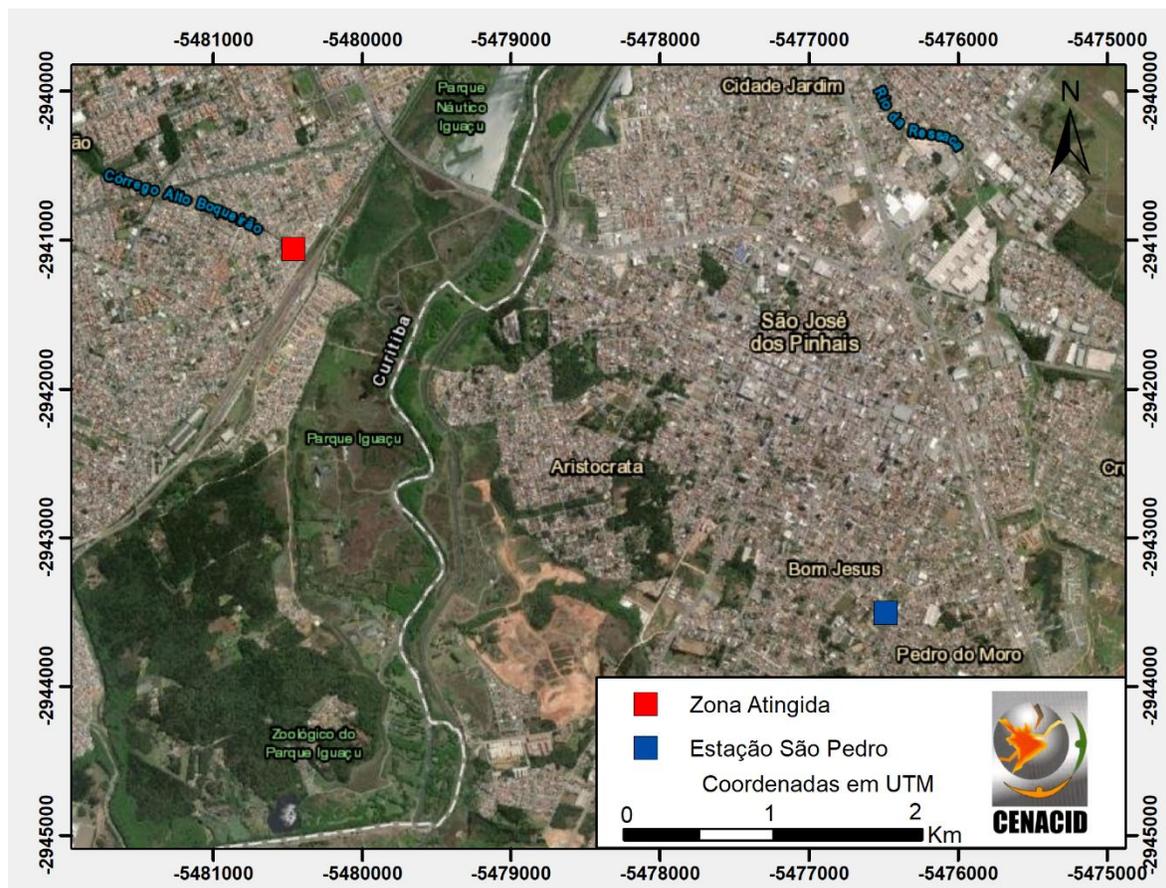


Figura 9 - Localização da Estação São Pedro em São José dos Pinhais, a mais próxima com mediadas para a época do evento.

Observa-se nos dados pluviométricos (Fig. 12 a, b e c) que no dia 02 de março a precipitação mais intensa se iniciou às 14:20h, e persistiu por mais de meia hora com intensidade. Neste momento a precipitação alcançou perto de 18mm acumulados no dia, sendo que choveu 15mm em 40 minutos a partir das 14:20h. Este episódio foi o deflagrador da inundação que afetou a comunidade.

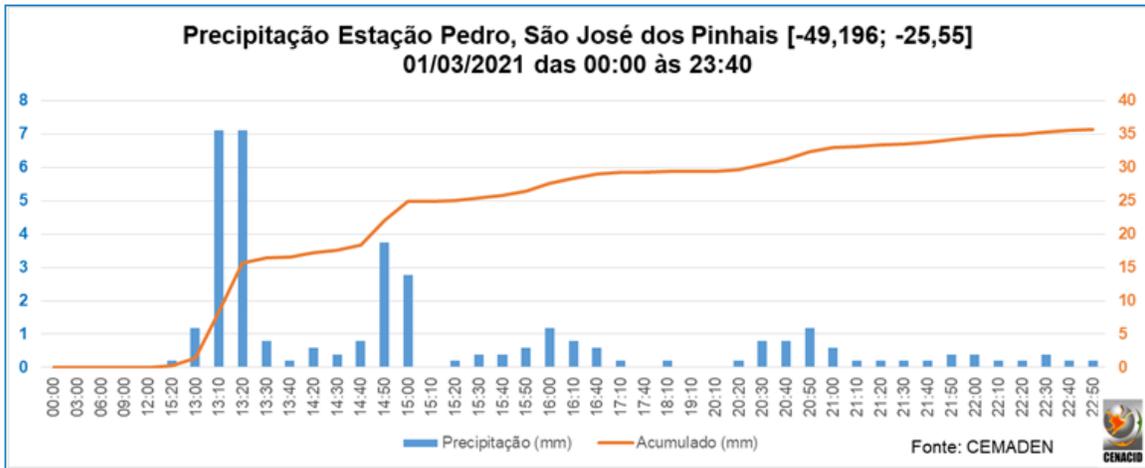
Nos dias anterior e posterior ao processo perigoso, não ocorreu transbordamento do canal do Córrego Alto Boqueirão, mas a precipitação de 14mm em 40min no dia 01 de março pode ter contribuído para o “encharcamento” dos terrenos. No dia posterior à enchente (03mar) às 15:20h, com registro na Estação São Pedro de 9,0mm de chuva em 10min (Fig. 12c), a equipe do CENACID observou o nível a cerca de 20cm do limite de transbordar (ver figura 10).



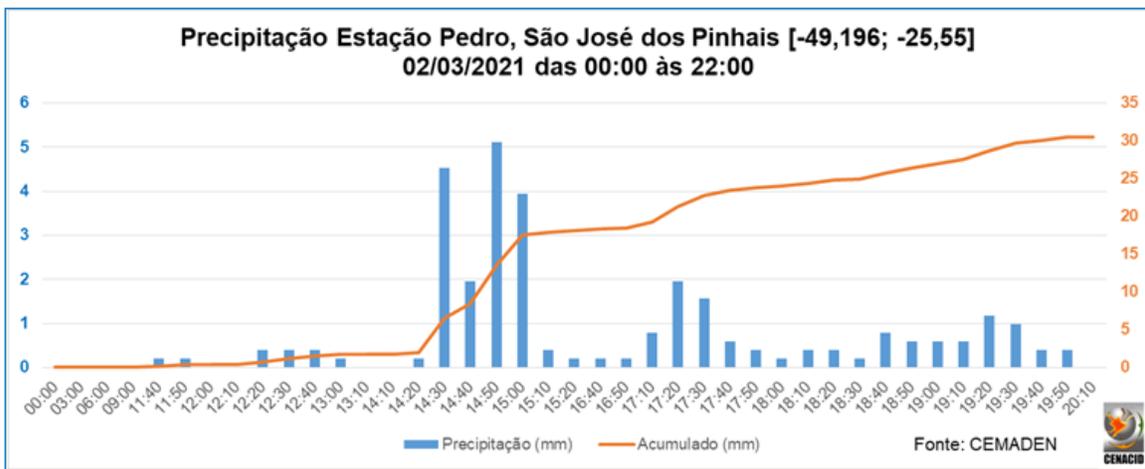
Figura 10 - Córrego Alto Boqueirão no dia 03março as 15:09h no limite de transbordamento do canal, com chuva registrada na estação pluviométrica mais próxima de 09mm em 10 minutos.



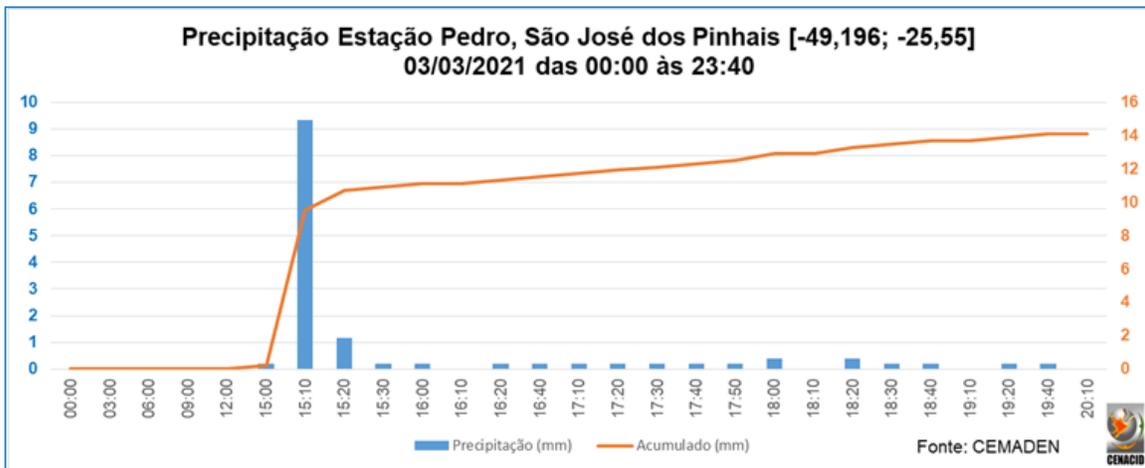
Figura 11 - Mesmo trecho em vazão menor no dia 04março (a) e 18maio (b), mas ainda acima do normal.



(a)



(b)



(c)

Figura 12(a,b,c) - Dados pluviométricos da região afetada elaborados a partir das informações do CEMADEN (2021).

Analisando estas intensidades de chuva e duração observadas, e utilizando-se as equações de chuvas intensas apresentadas por FENDRICH (2003), para o Centro Politécnico (equação 1) e para o Prado Velho (equação 2), obtém-se tempos de recorrências dos eventos inferiores a dois meses (entre 11 dias e 59 dias).

$$i = \frac{5950,00 * T_r^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}} \quad \text{Equação 1}$$

$$i = \frac{3221,07 * T_r^{0,258}}{(t + 26)^{1,010}} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

i – intensidade máxima da chuva, em mm/h;

T_r – tempo de recorrência, em anos;

t – duração da chuva, em minutos.

Estes tempos são excessivamente pequenos, o que indicaria que o sistema de drenagem deveria suportar tais eventos. A norma de projeto indica no mínimo, uma capacidade de escoar eventos com tempos de recorrência de 5 anos; normalmente utiliza-se 10 anos como uma boa referência.

A incapacidade pode estar ligada à ação antrópica na porção de montante da bacia – acelerando a chegada do pico de enchente – mas principalmente com limitações do escoamento para jusante. Um estudo detalhado deve ser realizado na região a fim de reduzir a carga de resíduos para o rio e melhorar a capacidade de descarga dos bueiros e do trecho de canal a jusante dos bueiros, que desembocam no canal do Rio Iguaçu. Observou-se que provavelmente o sistema de drenagem por sob a ferrovia sofreu alterações com o tempo, o que comprometeu a sua descarga (alongamento do bueiro principal devido ao alargamento do pátio). No trecho de ria a jusante da ferrovia observa-se uma região alagada no bairro Vila Pantanal, o que indica baixa capacidade de escoamento. Ocorreu, também, a retificação do rio a montante, bem como a urbanização da bacia, fatores que aumentam a vazão de pico.

Por outro lado, um tempo de recorrência tão baixo deveria indicar uma grande frequência de eventos desta natureza – algo em torno de 6 eventos anuais, o que não parece ser o padrão. Podem existir fatores eventuais que impactaram conjuntamente neste evento em questão, que devem ser obtidos a partir de uma análise detalhada da bacia.

I. Dados dos registros no VICON:

Para este estudo foram implantados no Sistema Georreferenciado do Vicon os seguintes tipos de informações, cada uma correspondendo a uma entrada de dados espacialmente referidos (figura 13).

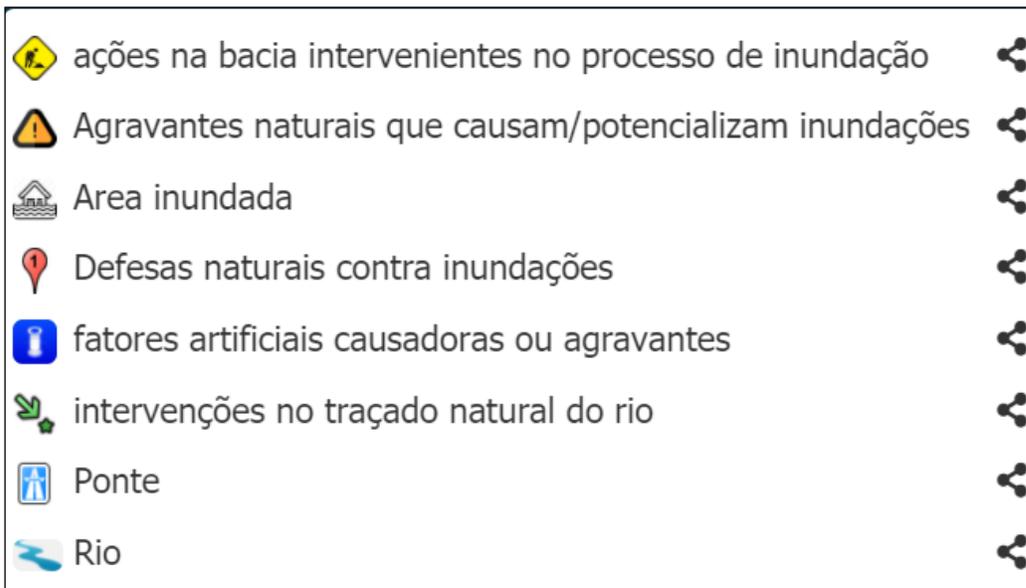


Figura 13- Estrutura geral do banco de dados do Vicon para este projeto.

Estas informações permitem a análise integrada de causas e controles do processo perigoso considerando o seu posicionamento espacial.

#	Nome	Tipo de resposta	Descrição	Ações
# C1	Nome do local:	Texto Livre	coloque o nome pelo qual o local é conheç	[Ícone de exclusão]
# C2	Profundidade máxima observada da inundação	Múltipla Escolha		[Ícone de exclusão]
# C3	numero de moradias atingidas	Numérico		[Ícone de exclusão]
# C4	número estimado de pessoas atingidas	Numérico		[Ícone de exclusão]
# C5	capacidade destrutiva do fluxo hídrico	Múltipla Escolha		[Ícone de exclusão]
# C6	aparência da água	Múltipla Escolha		[Ícone de exclusão]
# C7	tipos de danos observados	Múltipla Escolha		[Ícone de exclusão]
# C8	unidades geológicas observadas	Múltipla Escolha		[Ícone de exclusão]
# C9	outras observações	Texto Livre		[Ícone de exclusão]

Figura 14- Exemplo de um dos 8 formulários específicos de dados sobre as características da área inundada criado para o projeto.

Os dados a seguir são extraídos do banco de dados desta missão CENACID-UFPR na plataforma VICON-SAGA, que pode oferecer outras informações, gráficos e mapas (figuras 13,14 e 15).

Foram identificadas várias características a respeito do processo perigoso que permitem avaliar suas características e seus impactos. Na figura 14 pode ser observada uma classificação da frequência das categorias de capacidade destrutiva propostas para este episódio neste local específico. Na figura 15 apresentamos a frequência dos

tipos de danos observados pela equipe neste evento, o que qualifica os impactos relacionados à capacidade destrutiva desta inundação.



Figura 15- Gráfico de frequência de capacidade destrutiva observada na inundação de março 2021 no Córrego Alto Boqueirão (Vicon).

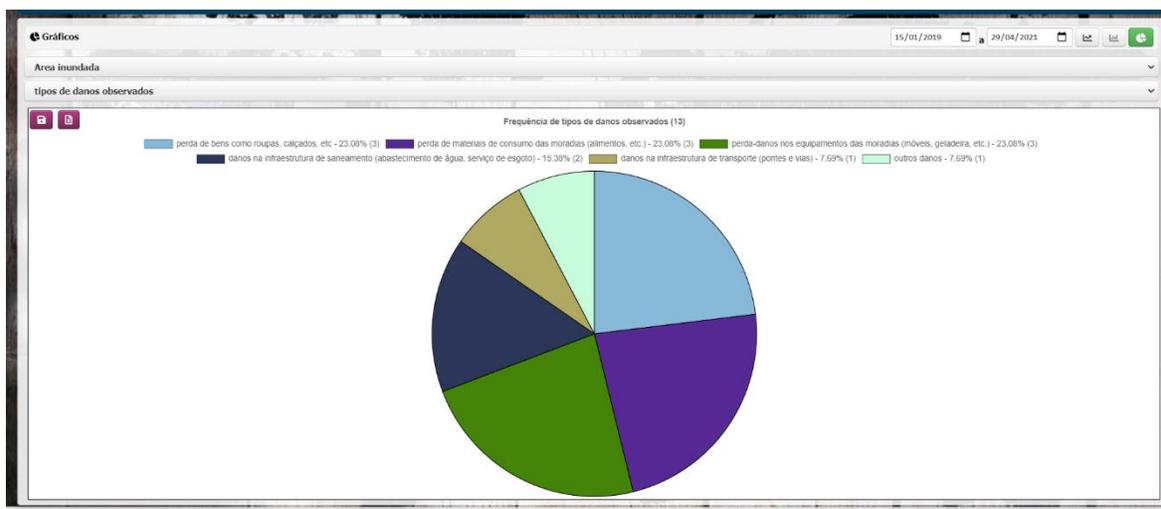
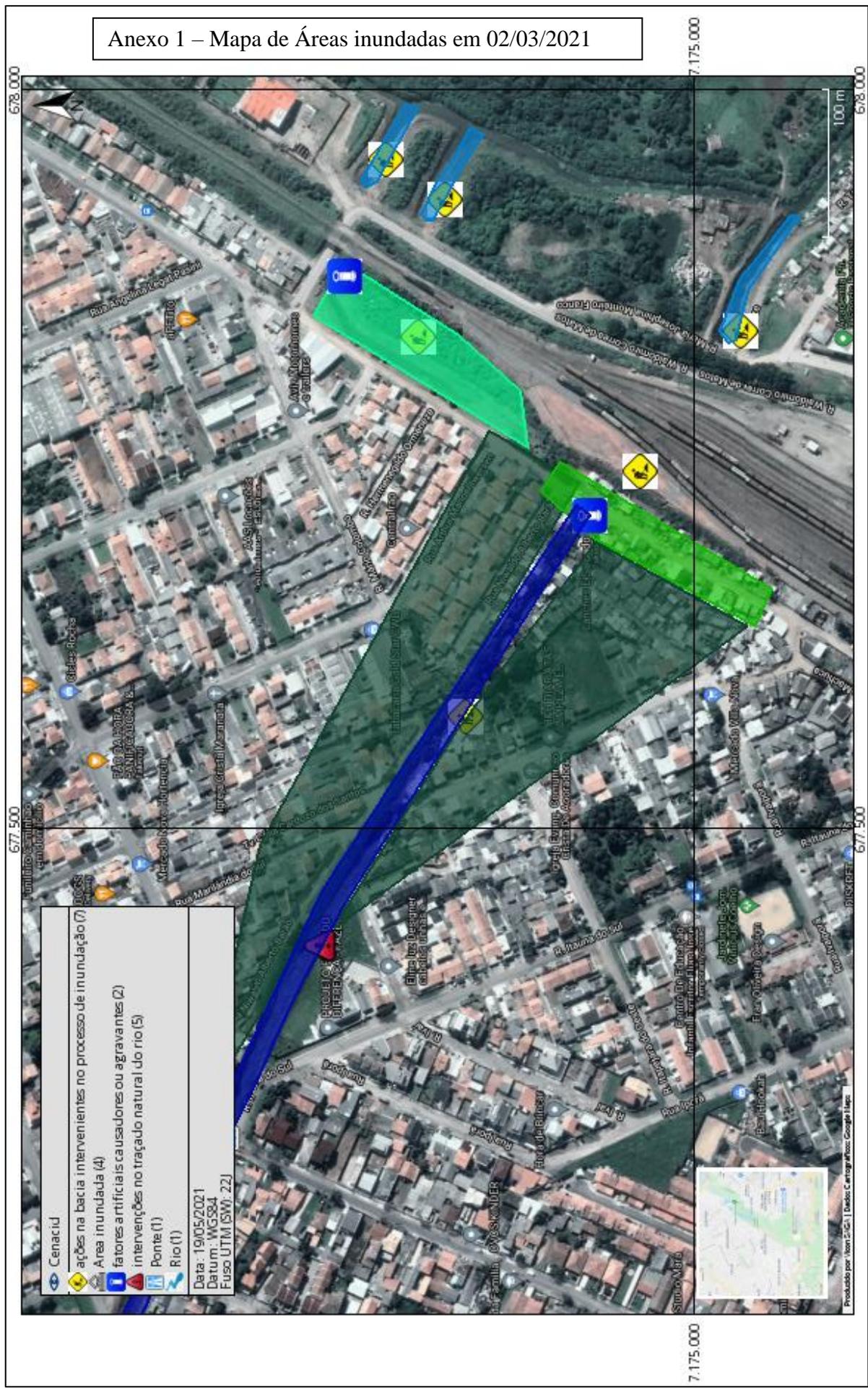


Figura 16 - Gráfico de frequência dos tipos de danos observados neste evento no Córrego Alto Boqueirão.

6. Observações e recomendações:

1. Os moradores estão temerosos e assustados com os riscos envolvidos associados a estas ocorrências do tipo inundações-relâmpago
2. Entre outros, foram observados os seguintes processos e perigos associados: descaçamento de estruturas, deslizamentos provocados pelas “obras de

Anexo 1 – Mapa de Áreas inundadas em 02/03/2021



	Cenaciu
	ações na bacia intervenientes no processo de inundação (7)
	Área inundada (4)
	fatores artificiais causadores ou agravantes (2)
	intervenções no traçado natural do rio (5)
	Ponte (1)
	Rio (1)
Data: 19/05/2021 Datum: WGS84 Fuso UTM (SM): 22J	

Produzido por Ison 25C | Dados Cartográficos: Google Maps