

Termo de Referência

FASE I

Diagnóstico da Rede de Micro e Macrodrenagem e Estudos Hidrológicos e de Prevenção de Alagamentos nas Microbacias dos Bairros Centro e Santo Inácio

**Prefeitura de Santa Cruz do Sul
Secretaria Municipal de Planejamento e Mobilidade**

Novembro/2025

Sumário

1. Objeto.....	3
2. Descrição do Problema.....	3
2.1. Introdução.....	3
2.2. Rede Hidrográfica e de Drenagem.....	6
3. Estudo de Concepção.....	11
3.1. Estudos Prévios.....	11
3.2. Modelagem Hidrológica e Hidráulica.....	12
3.3. Medidas de Prevenção de Alagamentos e Inundações.....	13
3.4. Fase I – Estudos detalhados da região.....	16
4. Caracterização dos Estudos e Produtos a Serem Entregues.....	17
4.1. Área de abrangência.....	17
4.2. Frentes de Trabalho.....	19
4.2.1 Evento 1 – Plano de Trabalho Detalhado.....	19
4.3. Frente de Trabalho 1 – Levantamentos Topográficos e Cadastrais.....	20
Evento 2 – Mobilização e Administração – Levantamentos Topográficos e Cadastrais.....	20
Evento 3 – Levantamento Topocadastral da Rede Pluvial.....	20
Evento 4 – Relatórios Qualitativos da Rede e Croquis de Interferências.....	23
Evento 5 – Vídeo Inspeção de Galerias Pluviais.....	25
4.4. Frente de Trabalho 2 – Estudo Hidrológico e Medidas de Prevenção e Reação a Eventos Climáticos.....	27
4.4.1 Estudo Hidrológico.....	27
Evento 6 – Mobilização e Administração dos Serviços – Estudo hidrológico.....	27
Evento 7 – Instalação da Rede e Monitoramento.....	28
Evento 8 – Modelagem Hidráulica e Hidrológica.....	30
Evento 9 – Elaboração de Manchas de Inundação e Cotas de Monitoramento.....	32
Evento 10 – Estudo de Alternativas de Amortecimento de Inundações e Alagamentos.....	33
4.4.2 Plano de Monitoramento e Alerta.....	36
Evento 11 – Plano de Monitoramento, Alerta e Reação a Eventos Climáticos na Bacia do Arroio Jucuri.....	36
5. Considerações Finais.....	38
6. Responsabilidade Técnica.....	39
7. Referências Bibliográficas.....	40

1. Objeto

O presente termo de referência tem como objeto a realização de estudos hidrológicos, hidráulicos e a elaboração de projetos executivos de ações estruturais e não estruturais, que permitam a execução, por meios próprios ou de terceiros contratados, de ações de mitigação dos efeitos de alagamentos e inundações causadas pelos cursos d'água e canais de macrodrenagem que correm nos arredores e por dentro dos bairros Centro e Santo Inácio, em Santa Cruz do Sul, Rio Grande do Sul.

2. Descrição do Problema

A região objeto do presente Termo de Referência possui um processo de urbanização bastante antigo, iniciado junto ao próprio estabelecimento do município. É uma região hoje já subdimensionada, em função da expansão urbana a montante, e sem possibilidades de expansão significativa da capacidade drenante da rede, uma vez que a municipalidade não respeitou a Lei de Parcelamento dos Solos (Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979) no período em que houve vigência da área não edificante dos cursos d'água canalizados e da Lei Federal nº 7.511, de 7 de julho de 1986, que expandiu as Áreas de Preservação Permanente dos cursos d'água naturais para 30 metros pela primeira vez.

Assim, há uma situação onde uma rede sem capacidade de expansão, em muitos casos nem de manutenção, tem sofrido um aumento da carga aportante significativo ao longo dos anos.

2.1. Introdução

No histórico recente, há um evento extremo de muita importância, ocorrido em 2021, onde, segundo dados a universidade local, houve a precipitação de 110 mm em um período de 30 a 40 minutos, aproximadamente. Esse episódio culminou em colapso do sistema de drenagem da região e gerou muitos danos às propriedades particulares e patrimônio público.



Figura 1: Alagamento na Rua Marechal Deodoro, entre as ruas Borges de Medeiros e 7 de Setembro. Fonte: <https://portalarauto.com.br/28-01-2021/fotos-e-videos-chuva-cao-alagamentos-em-santa-cruz-e-vera-cruz/>

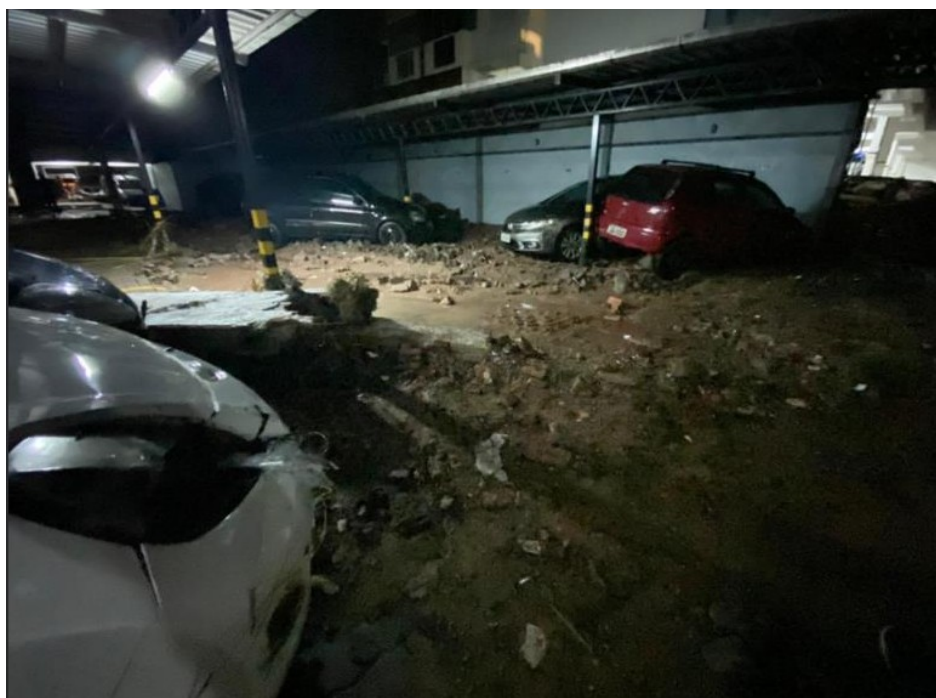


Figura 2: Danos a particulares, após enxurrada. Fonte: <https://portalarauto.com.br/28-01-2021/fotos-e-videos-chuva-cao-alagamentos-em-santa-cruz-e-vera-cruz/>



Figura 3: Enxurrada causa danos ao pavimento e propriedades particulares na Rua Davi Canabarro. Fonte: <https://portalarauto.com.br/28-01-2021/fotos-e-videos-chuva-causa-alagamentos-em-santa-cruz-e-vera-cruz/>

O episódio, segundo os dados disponíveis, foi um evento de curta duração e grande intensidade, e uma vez não havendo na região mecanismos de retenção e retardo do pico de vazão no sistema de drenagem, o volume não escoado se acumulou nos pontos baixos ou formou enxurradas nas áreas com declives. Dados disponibilizados pela Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), da estação meteorológica existente no Campus Santa Cruz do Sul (-29.698007341929618, -52.440951340184256) são apresentados a abaixo.

*Tabela 1: Dados pluviométricos de Janeiro de 2021, quando da ocorrência dos incidentes relatados acima.
Fonte: Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.*

Dia	mm	Dia	mm	Dia	mm
1	0,0	11	18,0	22	0,0
2	0,0	12	3,3	23	0,0
3	0,0	13	0,0	24	48,3
4	0,0	14	0,0	25	0,3
5	11,7	15	0,0	26	16,3
6	0,0	16	23,4	27	18,0
7	0,0	17	0,3	28	142,7
8	0,0	18	0,0	29	4,1
9	0,0	19	0,0	30	71,9
10	0,0	20	0,0	31	1,8
		21	0,0		

Precipitação Diária - Jan/2021

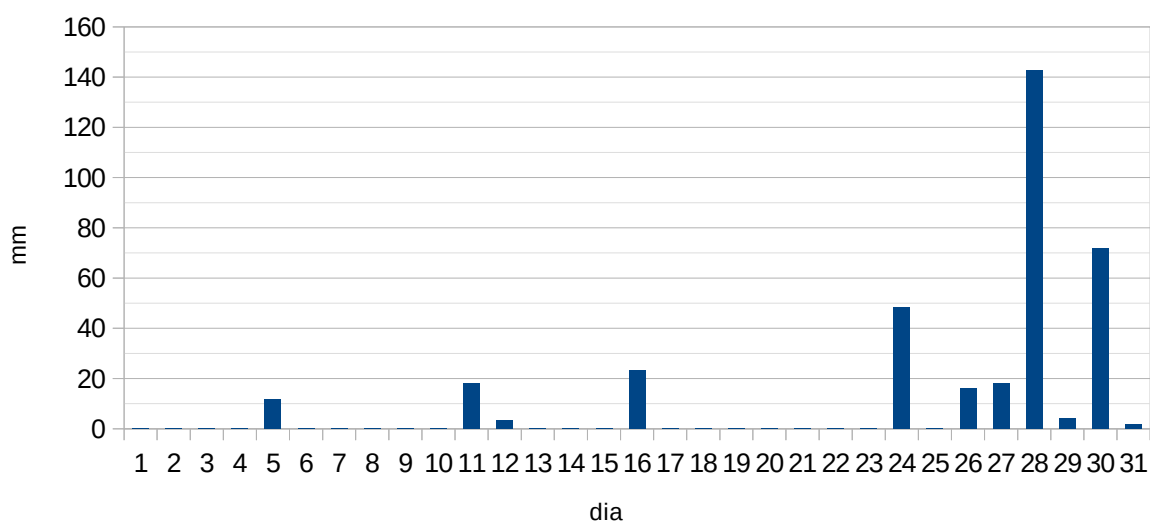


Figura 4: Dados pluviométricos de janeiro de 2021. Fonte: Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC.

2.2. Rede Hidrográfica e de Drenagem

A rede hidrográfica da região se encontra, atualmente, toda antropizada, seja por confinamento dos cursos hídricos em galerias ou sua retificação por meio de canais. Como citado anteriormente, a maior parte da região alvo passou por urbanização no início e meados do século XX, trazendo hoje complicações a sua ampliação. A mentalidade higienista da época de sua

implementação ainda persiste, o que é notado inclusive na perda da identidade dos cursos d'água, que rotineiramente são tratados pela população e imprensa como esgotos.

Um fator complicador é a grande quantidade de nascentes na região do Cinturão Verde – área de ocupação urbana restrita em decreto de 1996 e que protege as regiões mais declivosas do relevo municipal, cumprindo diversos serviços ambientais. Como é possível visualizar na Figura 5, diversos afluentes se unem para formar o Arroio Jucuri, principal corpo d'água dessa região do município, e que atravessa a zona urbana, desaguardo no Arroio Lajeado, nas cercanias do bairro Várzea.

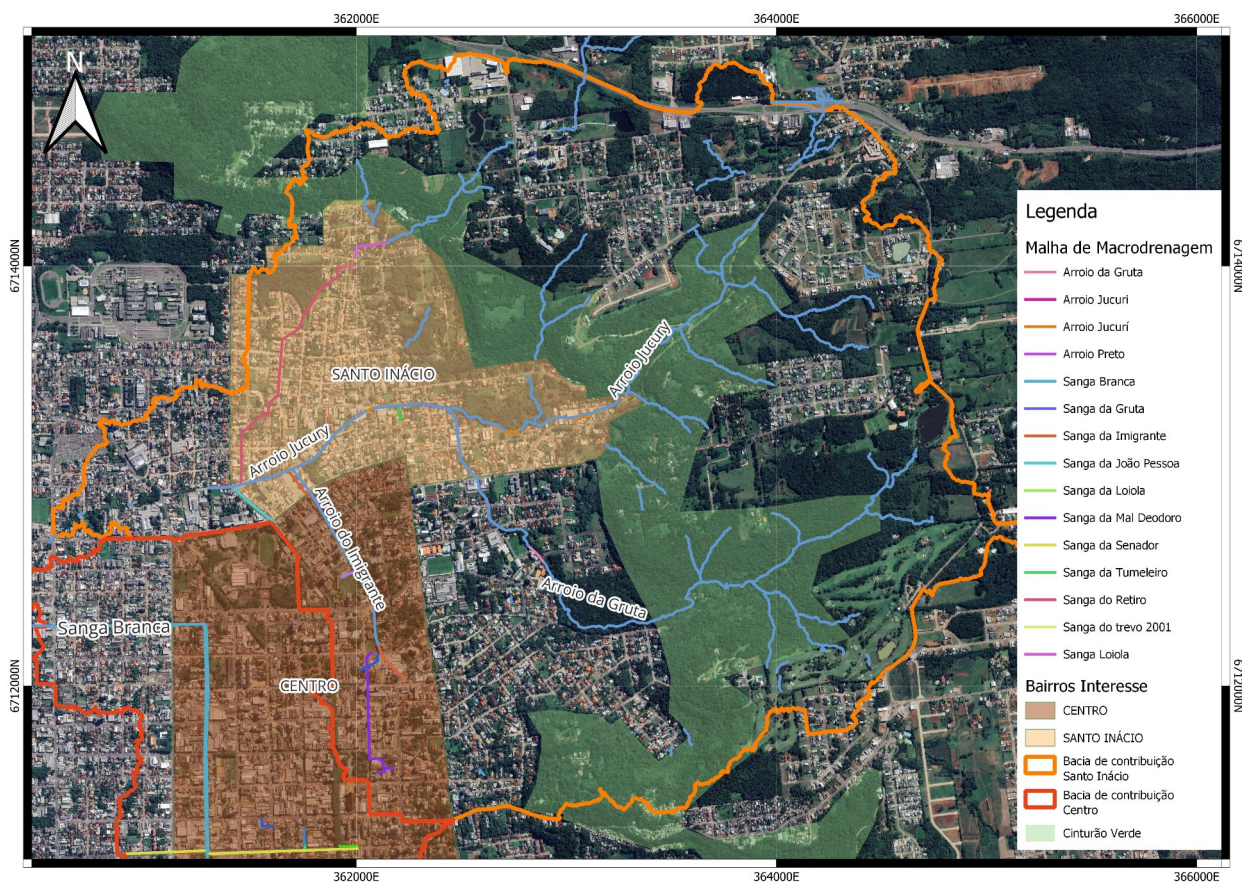


Figura 5: Principais cursos d'água, canais e galerias de interesse para macrodrenagem da região do bairro Santo Inácio.

O cadastro técnico municipal, realizado em 2017 pelo projeto Mapa da Cidade, apurou a existência de diversas redes de galerias que foram construídas em pontos onde historicamente os moradores relatam a existência de sangas, mostrando uma complexidade hidrológica da região central da cidade. Em parte, esse histórico de recobrimento e encapsulamento podem explicar os

atuais problemas de drenagem pluvial enfrentados pelo município. A Figura 6 destaca a região do bairro Centro, com dados do cadastro municipal.

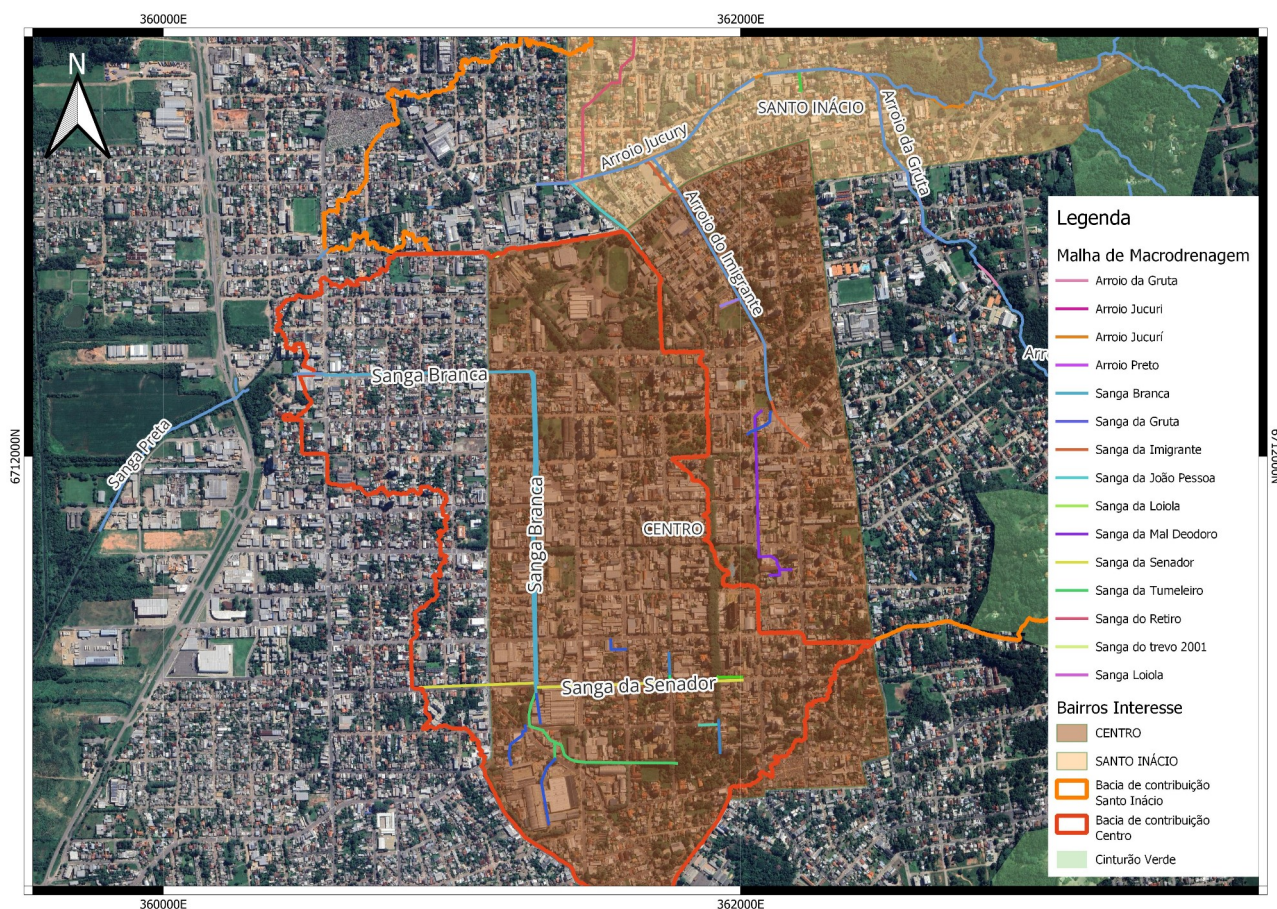


Figura 6: Redes de macrodrenagem e cursos d'água retificados na região do bairro Centro. Fonte: SEPLAN, Mapa da Cidade, 2017.

Visualizadas nas imagens acima, as bacias de contribuição que formam as macrodrenagens principais dos bairros Centro e Santo Inácio tem, respectivamente, 2,5 km² e 10,4 km². As características fisiográficas deverão ser obtidas pelo contratado, mas visualmente, se destaca a compacidade (K_c) das duas bacias, cujo formato arredondado é propício para picos altos e, conseqüentemente, enchentes, alagamentos e inundações.

Três pontos críticos, com histórico de eventos de alagamento, seja devido a reduções de rede, encontro de macrodrenagens ou falta de suporte às urbanizações recentes, são apresentados nas figuras 7 a 9.

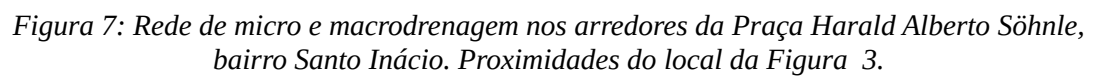




Figura 8: Extremidade nordeste do Parque da Oktoberfest, onde o cruzamento das ruas Cel. Oscar Rafael Jost e João Pessoa ficou com aproximadamente 1m de lâmina d'água em alguns pontos, no evento de 2021.



Figura 9: Confluência de antigos córregos canalizados, na Rua Mal. Deodoro e 7 de Setembro, local que sofreu grande acúmulo de águas no evento de 2021.

3. Estudo de Concepção

3.1. Estudos Prévios

Após os eventos de 2021, a Prefeitura de Santa Cruz do Sul deu início à medidas de diagnóstico dos problemas de drenagem urbana existentes nos bairros Centro e Santa Inácio, a fim de direcionar ações de controle, correção e manejo dos problemas existentes. Dessa forma, a Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC) foi contratada para realizar um estudo do comportamento hidrológico e diagnóstico da rede pluvial da bacia do Arroio Jucuri, receptor de toda a drenagem pluvial da região.

Segundo a UNISC, a microbacia do Arroio Jucuri abrange aproximadamente 14,5 km² e estende-se desde sua nascente na área central de Santa Cruz do Sul, passando por trechos urbanizados (predominantemente residenciais e densos) e áreas de preservação (Cinturão Verde), até confluir com o Arroio da Gruta e, posteriormente, com o Arroio Preto, afluente do Rio Pardinho. O curso d'água apresenta segmentos em leito natural e outros canalizados (abertos ou fechados). A expansão urbana, com consequente impermeabilização do solo, é identificada como um fator significativo que altera o regime de escoamento pluvial.

Análises geomorfológicas da bacia indicaram um coeficiente de Compacidade (Kc) de 1,24 e um fator de forma (F) de 0,44. Estes valores sugerem uma tendência mediana a alta propensão a cheias e um tempo de resposta relativamente rápido a eventos de precipitação. A variação altimétrica expressiva na bacia (de 31,46 m a 220,04 m) influencia diretamente a dinâmica do escoamento superficial.

Paralelamente aos estudos hidrológicos e técnicos, foi realizada uma análise jurídica e de políticas públicas abordando o arcabouço legal referente à drenagem urbana nos níveis federal, estadual e municipal. Esta análise identificou a necessidade de maior integração entre a legislação e os planos urbanos (Plano Diretor, Código de Obras, Lei de Loteamentos) e setoriais (Plano de Saneamento Básico, Planos de Bacia Hidrográfica). A gestão da drenagem urbana é reconhecida como um serviço público essencial, com a possibilidade de mecanismos de financiamento específicos, como taxas baseadas na área impermeável dos lotes.

O histórico de eventos adversos em Santa Cruz do Sul no período de 2010 a 2021 registrou 38 ocorrências (chuvas intensas, granizo, inundações, enxurradas, alagamentos), sendo que 26 afetaram bairros inseridos na microbacia do Arroio Jucuri. Estes eventos causaram prejuízos econômicos significativos, reforçando a urgência de medidas de planejamento e mitigação.

Ainda, um dado interessante – e que vai ao encontro de outros estudos realizados na região sul do Brasil – é trazido pelo Plano de Gerenciamento da Bacia do Rio Pardo, da qual faz parte o Rio Pardinho, que mostra que eventos de chuva intensa, e também a média de precipitações anuais na bacia do Rio Pardinho, encontram-se em tendência de aumento (Figura 10).

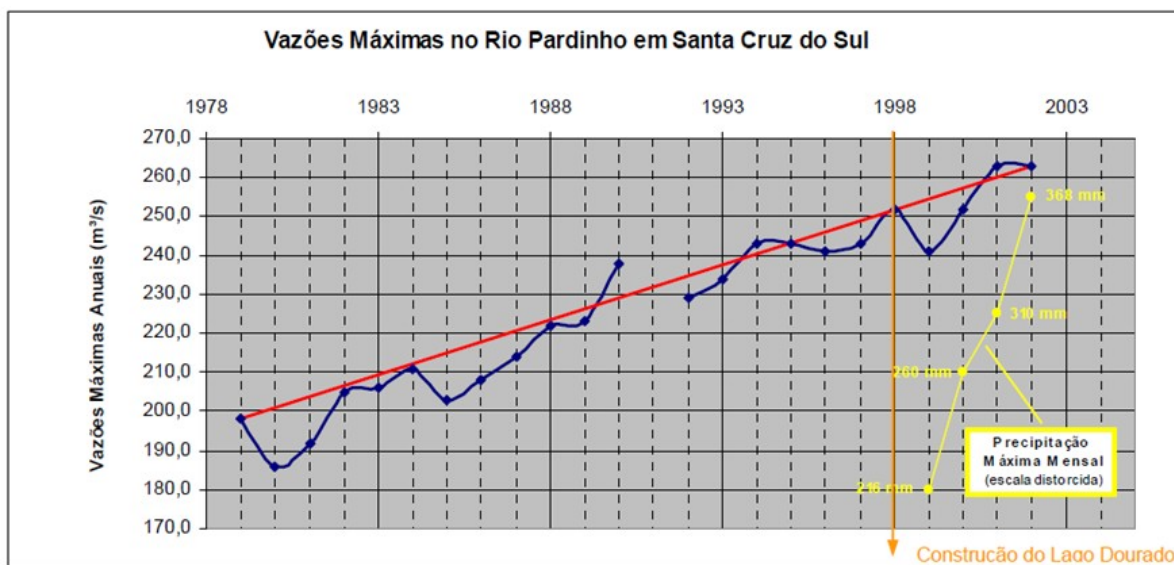


Figura 10: Tendência crescente das vazões diárias máximas no rio Pardinho em Santa Cruz Montante (SEMA 2005, apud IPH, 2018).

3.2. Modelagem Hidrológica e Hidráulica

Para a compreensão da dinâmica hídrica da microbacia, foi realizada, pela equipe da UNISC, uma modelagem hidrológica e hidrodinâmica. Foi utilizado o software HEC-HMS, empregando dados históricos de precipitação e vazão (de estações próximas), Modelo Digital de Terreno (MDT), dados topobatimétricos e informações de uso do solo e tipo de solo. A calibração e validação do modelo foram executadas para a bacia vizinha do Rio Pardinho, devido à escassez de dados de vazão no Arroio Jucuri, e os parâmetros foram regionalizados. **Apesar de uma prática recorrente e aceita, a sua utilização em bacias urbanas e tão diminutas acarreta uma margem de erro considerável.**

Uma curva Intensidade-Duração-Frequência (IDF) foi desenvolvida para a região, utilizando dados de 38 estações pluviométricas, resultando na equação empírica $I = 1209,83 * TR^{0.0859} / (td + 14,146)^{0.7736}$, onde I é a intensidade (mm/h), TR é o tempo de retorno (anos) e td é a duração (min). O tempo de concentração da bacia foi estimado em 120 minutos. Com base nesta curva e no tempo de concentração, foram gerados hietogramas de projeto para diversos tempos de retorno ($TR=2, 5, 10, 25, 50, 100$ anos), com total precipitado variando entre 58,04 mm ($TR=2$ anos) e 81,23 mm ($TR=100$ anos). **Mais uma vez, a ausência de dados locais e a não validação dos dados em comparação a eventos reais e monitorados, prejudica a exatidão do modelo.**

Os hidrogramas obtidos com o HEC-HMS foram utilizados como dados de entrada para a modelagem hidrodinâmica em 2D, realizada com o software HEC-RAS. Esta modelagem

considerou um MDT detalhado (1m x 1m) e dados topobatimétricos específicos do Arroio Jucuri. Foram simulados cenários para diferentes tempos de retorno. Os resultados indicaram que o Arroio Jucuri, em geral, não apresenta tendência de extravasamento da calha para tempos de retorno inferiores a 100 anos. Para um evento com TR=100 anos, foi identificada uma pequena mancha de alagamento na margem direita, com profundidade máxima de aproximadamente 4 metros, concentrada nas proximidades da Rua Ver. Storck. As velocidades máximas do fluxo nas simulações atingiram quase 4,5 m/s.

Adicionalmente, foi realizada a modelagem da drenagem urbana em dois pontos estratégicos com histórico de alagamentos utilizando o software SWMM. Esta modelagem analisou o comportamento das redes de drenagem local sob eventos de chuva com TR de 10, 25 e 50 anos. Os resultados da modelagem SWMM demonstraram problemas de subdimensionamento das tubulações nestes pontos, levando a extravasamentos. A influência do efeito de remanso do Arroio Jucuri sobre as redes de drenagem urbana foi considerada limitada, sendo observada apenas para tempos de retorno mais elevados (a partir de 25 anos) e em pontos próximos à foz.

Limitações da modelagem incluíram a necessidade de regionalização de parâmetros do modelo hidrológico e a falta de dados completos e detalhados da rede de microdrenagem para a modelagem SWMM. Fica evidente, que, apesar de aprofundada, a análise e modelagem feita pela UNISC foi muito prejudicada pela falta de dados da rede de microdrenagem no entorno dos canais de macrodrenagem, a falta de dados de vazão do Arroio Jucuri e acompanhamento hidrometeorológico para calibração *in situ* do modelo.

3.3. Medidas de Prevenção de Alagamentos e Inundações

Com base nos estudos realizados, diversas medidas, tanto estruturais quanto não estruturais, foram propostas para o controle e mitigação dos alagamentos e inundações na microbacia do Arroio Jucuri.

Estruturais

As proposições de medidas estruturais visam a intervenção física no sistema de drenagem para aumentar sua capacidade e reduzir os impactos das cheias. As recomendações incluem:

- **Programa de limpeza e desassoreamento:** Realizar a limpeza gradativa do leito do canal principal do Arroio Jucuri para otimizar sua capacidade de transporte de água, abordando o acúmulo de sedimentos.
- **Construção de bacias de retenção/amortecimento:** Implementar bacias de retenção em áreas estratégicas da microbacia para controlar as vazões de pico. A área da Praça Harald Alberto Söhnle foi identificada como prioritária, apesar das limitações de volume em relação à necessidade para eventos de maior tempo de retorno, podendo contribuir para o controle local. Outras áreas prioritárias também foram indicadas (Figura 11).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO BACIA DETENÇÃO

Área urbana da bacia do Arroio Jucuri

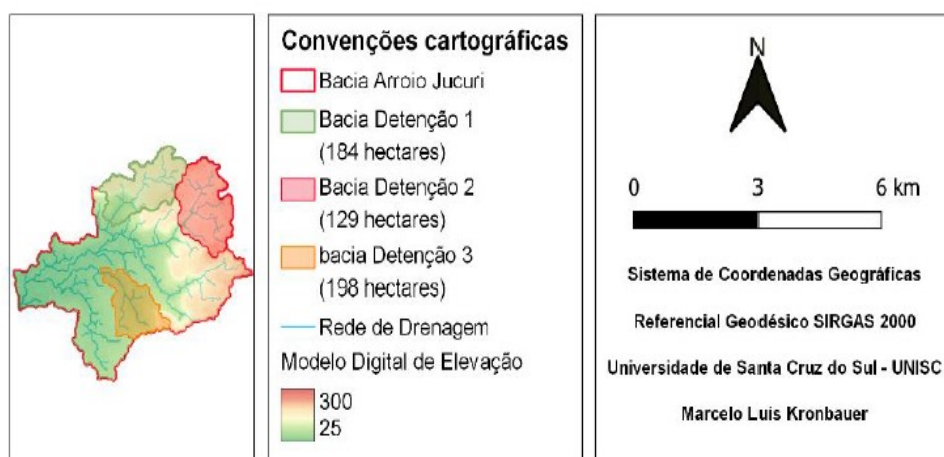
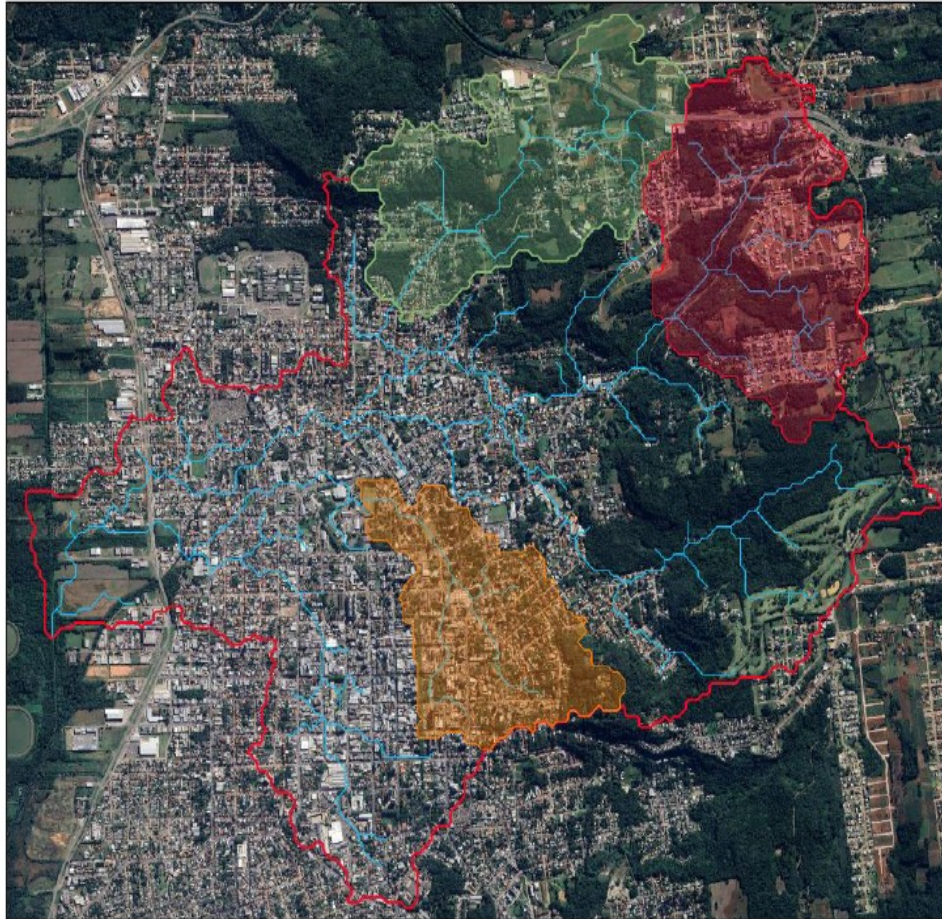


Figura 11: Microbacias prioritárias para inclusão de bacias de retenção/detenção. Fonte: Contrato N° 356/PGM/2021 - Assessoria Técnica Qualificada para o Planejamento de Ações e Projetos de Macrodrenagem da Microbacia do Arroio Jucuri ao longo da Rua Coronel Oscar Jost com destino final próximo a BR-471. Etapa III – Avaliação e contribuições técnicas ao dimensionamento de sistema de macrodrenagem

É necessário analisar a viabilidade dessa ação em relação ao volume disponível, ação não feita pela UNISC que propõe uma bacia, mas em seguida afirma não haver volume satisfatório disponível no terreno.

- **Melhorias na microdrenagem urbana:** Ampliar a capacidade das tubulações e redes de microdrenagem em pontos identificados com problemas de subdimensionamento e histórico de extravasamentos, conforme constatado pela modelagem SWMM.
- **Canalização de trechos críticos:** Realizar a canalização convencional de segmentos do curso d'água identificados como críticos para inundações, visando aumentar sua capacidade de escoamento.
- **Estabilização de taludes:** Intervir para estabilizar taludes instáveis nas margens dos recursos hídricos urbanos, considerando a aplicação de técnicas de engenharia natural sempre que possível.

Não estruturais:

As medidas não estruturais se concentram no planejamento, gestão e arcabouço legal para um manejo sustentável das águas pluviais. As recomendações incluem:

- **Elaboração de Plano Diretor de Drenagem Urbana:** Desenvolver um plano específico para a drenagem urbana do município.
- **Criação de legislação específica para manejo pluvial:** Estabelecer normas e parâmetros técnicos padronizados para o controle e dimensionamento de sistemas pluviais urbanos.
- **Estabelecimento de política de sustentabilidade econômico-financeira:** Implementar mecanismos como fundos específicos, parcerias público-privadas e/ou taxa de drenagem (baseada na área impermeável) para financiar os serviços de manejo de águas pluviais.
- **Implementação das ações do Plano de Saneamento:** Executar as 15 ações propostas na Segunda Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico referentes à drenagem urbana, incluindo a centralização da gestão, capacitação técnica, inventário de áreas impermeáveis e zoneamento de áreas de risco.
- **Criação de Sistema de Gestão Integrada da Drenagem:** Desenvolver e operar sistemas de monitoramento (vazões, precipitação) e salas de situação, com disponibilização pública das informações.
- **Alinhamento com o Plano de Bacia Hidrográfica:** Assegurar que as políticas e projetos municipais de drenagem estejam em conformidade com o Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Pardo.
- **Definição legal de áreas urbanas consolidadas:** Regulamentar, em lei municipal, a delimitação de Áreas de Preservação Permanente em áreas urbanas consolidadas, conforme o disposto na Lei Federal 14.285/2021.

- **Revisão e integração da legislação urbanística:** Atualizar o Código de Obras e a Lei de Loteamentos para adequá-los ao Novo Marco Legal do Saneamento Básico e promover sua integração com o Plano Diretor e as diretrizes de drenagem.
- **Manejo seletivo da vegetação em margens:** Realizar o manejo adequado de espécies vegetais nas margens dos cursos d'água para evitar obstruções e processos erosivos, especialmente em trechos críticos.

3.4. Fase I – Estudos detalhados da região

Havendo a necessidade de detalhar as redes de macro e microdrenagem, investigar o estado atual da rede, a fim de projetar as devidas intervenções de manutenção, investigar o subsolo dos locais de intervenção de forma efetiva, e principalmente, elaborar um modelo hidrológico fidedigno à realidade, os trabalhos serão divididos em duas fases:

Fase I – Diagnóstico da Rede de Micro e Macrodrenagem e Estudos Hidrológicos e de Prevenção de Alagamentos;

Fase II – Investigação Geotécnica, Projetos Estruturais e Ações Estruturantes;

A seguir, serão detalhados os produtos a serem entregues pelo contratado no decorrer do contrato da Fase I.

4. Caracterização dos Estudos e Produtos a Serem Entregues

4.1. Área de abrangência

O objeto do presente termo de referência se limita às bacias de contribuição pluvial que, de forma direta ou indireta, tem efeitos nos bairros Centro e Santo Inácio, seja pela ocorrência de alagamentos, seja por efeitos de afogamento da rede e consequente diminuição da capacidade de escoamento. A figura 12 traz uma delimitação preliminar, que pode ser ampliada após a campanha de atualização do levantamento cadastral, caso alguma rede não identificada contribua para os eventos de alagamento nos bairros citados.

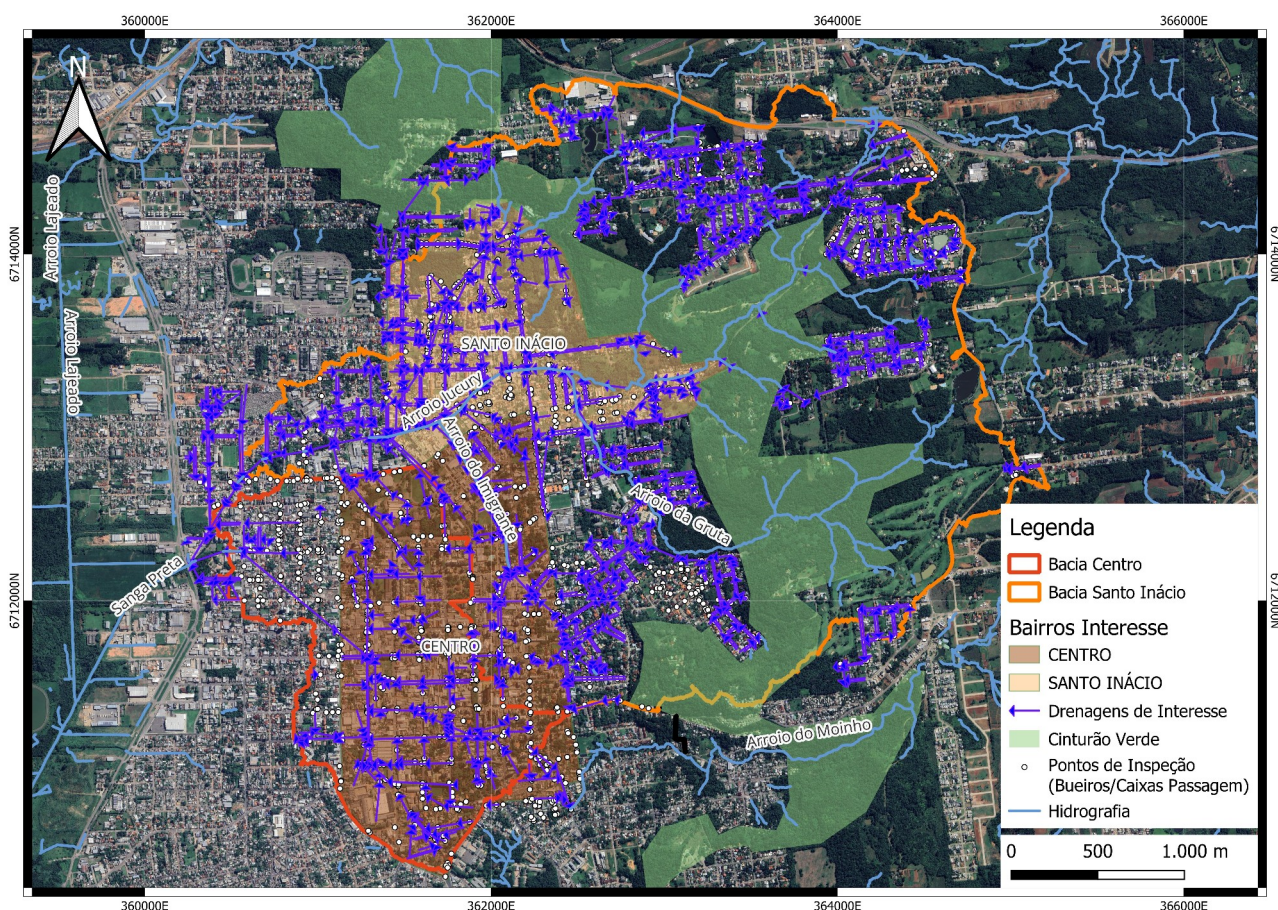


Figura 12: Áreas de contribuição, estimadas via Modelo Digital de Terreno, das redes pluviais dos bairro Centro e Santo Inácio.

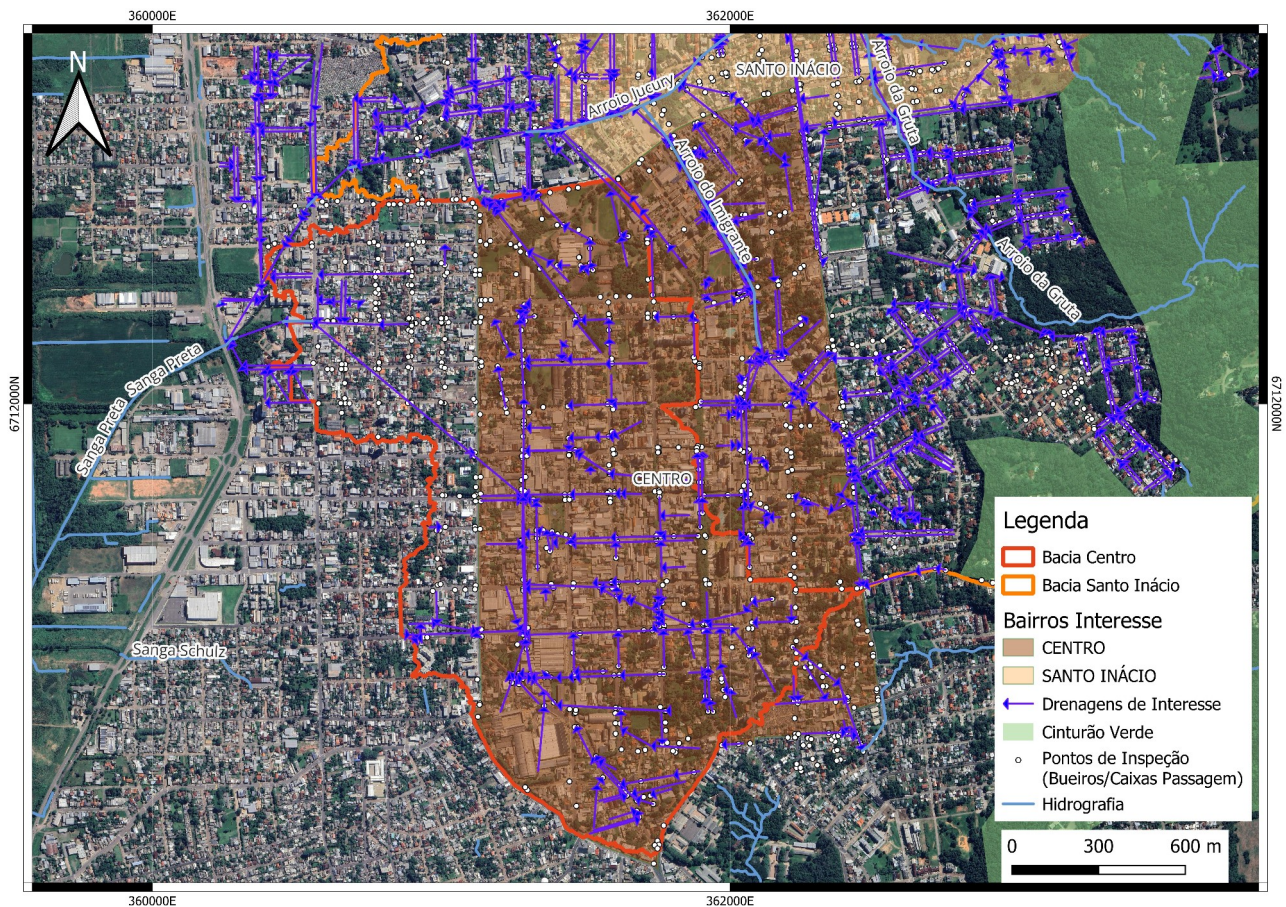


Figura 13: Em detalhe, região do Bairro Centro e sua rede pluvial.

De forma preliminar, sujeito a revisão do contratado durante os estudos de campo, a área de contribuição das redes pluviais que percorrem os bairros de interesse somam 1287 hectares, conforme a Tabela 2, com dados calculados via geoprocessamento.

Tabela 2: Quadro de áreas das bacias de interesse.

Bacia de Contribuição	Área (ha)
Centro	246,78
Santo Inácio	1040,45
Total	1287,23

4.2. Frentes de Trabalho

Por sugestão do órgão financiador, Caixa Econômica Federal, será adotado o sistema de Frentes de Trabalho e Eventos para o monitoramento e pagamento dos itens da planilha orçamentária. Abaixo, cada Frente de Trabalho será detalhada e dividida em eventos, que serão os marcos de evolução dos trabalhos e também dos respectivos pagamentos.

Reitera-se que, além da comissão de fiscalização a ser criada pelo município para controle da execução do objeto, a equipe técnica da Caixa Econômica Federal, e demais instâncias de controle técnico e financeiro do PAC Drenagens podem realizar pedidos de complementações e aprimoramentos a qualquer tempo, embasados em seus manuais, normas técnicas e demais regulamentos pertinentes.

Há apenas um evento desassociado às frentes de trabalho, que é a elaboração do Plano de Trabalho Detalhado.

4.2.1 Evento 1 – Plano de Trabalho Detalhado

Descrição: Plano de trabalho, pormenorizando o objeto em etapas práticas – tão ou mais detalhadas que o eventograma – e relacionando o eventograma do Termo de Referência ao calendário vigente, a fim de controle por parte do contratante, contratado e órgão financiador (Caixa Econômica Federal – CEF) da evolução dos trabalhos.

O prazo para entrega do Plano de Trabalho Detalhado é de 30 dias, após dado o termo de início.

Produto a ser entregue: Plano de Trabalho Detalhado, em formato de documento em via digital assinada por responsável técnico do quadro efetivo da contratada, contendo, obrigatoriamente:

1. Cronograma associado ao calendário vigente de todos os itens do eventograma – podendo ser dividido em mais itens a fim de controle executivo interno, mas mantendo-se o cumprimento do eventograma deste TR como norteador dos pagamentos e avanço dos trabalhos;
2. Cronograma ajustado para o calendário corrente de cada Frente de Trabalho;
3. Fluxograma a execução do objeto;
4. Indicação dos serviços a serem executados pelo contratado e daqueles que serão subcontratados (terceirizados), para avaliação do contratante e do órgão financiador, nos termos do contrato;
5. Qualquer sugestão de ajuste do cronograma ou fluxograma, com justificativa técnica, a ser avaliada pelo contratante e pelo órgão financiador (CEF);

4.3. Frente de Trabalho 1 – Levantamentos Topográficos e Cadastrais

Evento 2 – Mobilização e Administração – Levantamentos Topográficos e Cadastrais

O Evento 2 diz respeito a organização para coordenação e controle das equipes, prevendo o aluguel de veículos para uso em campo, um auxiliar administrativo para demandas burocráticas e gerenciamento do contrato, e um auxiliar técnico – aqui direcionado para a compilação dos dados de campo das duas equipes previstas, lançando em plataforma CAD e SIG os resultados obtidos em campo. Também prevê-se locação de espaço destinado a escritório, banheiro e vestiário para as equipes, e profissionais para serviços complementares.

Produto a ser entregue: Relatório de Mobilização, contendo no mínimo:

1. Lista dos trabalhadores envolvidos na Frente de Trabalho 1;
2. Localização da sede e alojamento (se houver) utilizada pela equipe envolvida com a Frente de Trabalho 1;
3. Imagens da instalação e comprovação de conformidade com as exigências trabalhistas e de segurança pertinentes;
4. Relatório Técnico Fotográfico, assinado por responsável técnico, com respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica, compilando as exigências acima;

O valor referente ao Evento 2 será pago em etapas mensais, mediante apresentação do Relatório de Mobilização, no primeiro mês, e com apresentação de relatório resumido de acompanhamento nos meses seguintes.

Evento 3 – Levantamento Topocadastral da Rede Pluvial

Revisão da localização e georreferenciamento dos Poços de Visita (PV) e Pontos de Inspeção (PI) previamente cadastrados pelo município, identificação de PV's ou PI's não mapeados na área de abrangência deste Termo de Referência. Deverá ser usado equipamento de topografia georreferenciado, com sistema GPS/GNSS (Global Positioning System/ Global Navigation Satellite System) de precisão de 8 mm ou melhor, com sistema RTK (Real-time Kinematic). Os trabalhos devem atender à ABNT NBR 13133/2016 e às exigências e apontamentos realizados pelos técnicos da Caixa Econômica Federal.

Os pontos a serem inspecionados constam na Figura 14. Atualmente, o cadastro não diferencia bueiros, bocas de lobo, poços de visita ou poços de inspeção. Dessa forma, o cadastro apresenta a existência de 2523 pontos, na região deste termo de referência, sem especificar sua natureza.

Prevê-se a utilização de duas equipes de topografia, em um prazo de 6 meses para a execução do Evento 3, associado com outros trabalhos detalhados a seguir. Também é prevista uma equipe com pedreiro e servente, a fim de realizar a abertura e fechamento de eventuais PV's e bueiros selados com argamassa – e o respectivo selamento.

É responsabilidade das equipes do contratado a entrega de toda a infraestrutura vistoriada da maneira em que foi diagnosticada. Eventuais danos aos PV's e PI's devem ser reparados pela contratada.

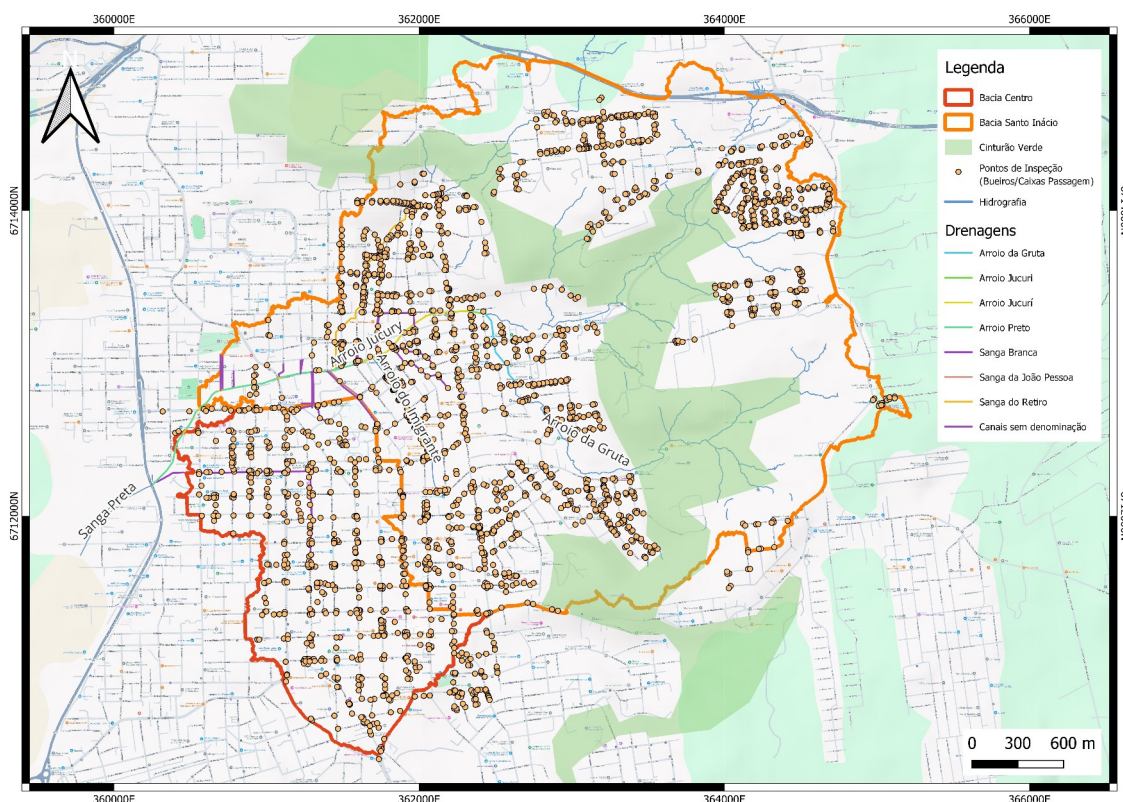


Figura 14: Pontos de vistoria identificados. Fonte: Mapa da Cidade (2017). Arquivos shapefile serão fornecidos, com as coordenadas de cada ponto.

Produto a ser entregue:

Levantamento Topocadastral, contendo no mínimo:

1. Camada geoespacial para visualização em software SIG, contendo:

- I. Coordenadas geográficas de cada ponto inspecionado;
 - II. Geometrias das canalizações, fidedignas às suas localizações em campo;
 - III. Categorização qualitativa: Bueiro, Poço de Visita, Poço de Inspeção, Caixa de Passagem, etc...
2. Pranchas, em formato digital (PDF) e em arquivo .dwg – para visualização em software CAD (Computer-Aided Design) - separadas por quadras, linhas de drenagem, ou outro agrupamento tecnicamente interessante sugerido pela contratada, após aprovação da comissão de fiscalização e do órgão financiador (CEF).
3. Registrar para cada ponto, em relatório:
- I. O status RTK (fix/float); PDOP/HDOP;
 - II. Tempo de ocupação;
 - III. Número de satélites e método (RTK, estação total, offset);
 - IV. Fotos georreferenciadas;
4. Medição principal por ponto (PV/PI/BL/CP) em arquivo georreferenciado, com tabela de atributos mínimos:
- I. ID único, tipo (PV/PI/BL/CP), situação (selado/aberto), material da tampa, diâmetro, profundidade, cotas de tampa e de fundo, condição (obstruído/livre), data/hora, equipe, método (RTK/estação/offset), status de solução RTK, foto(s).
 - II. Medição secundária: metros de canalização digitalizados e conectados entre pontos (quando aplicável).
 - III. Critérios de aceitação:
 1. Precisão: conforme seção 1 (horiz. ≤ 2 cm; vert. $\leq 3-5$ cm), com evidências do controlador/relatórios.
 2. Topologia: rede conectada sem pendências; sem sobreposições;
 3. Produtos:
 - SIG: GeoPackage e/ou Shapefile com layers de pontos e eixos, projeção SIRGAS2000/UTM 22S, EPSG 31982, metadados completos.
 - CAD: DWG por quadra/linha de drenagem (ou setorização diversa aprovada), layers padronizados, escalas e legendas.
 - Relatórios: memória descritiva dos métodos, controle de qualidade, lista de pendências (se houver) e justificativas.
 - Mídia física: pen drive/flash com versão final aprovada.

Evento 4 – Relatórios Qualitativos da Rede e Croquis de Interferências

Associado aos produtos do Evento 3, deverá ser elaborado relatório técnico, por engenheiro com atribuição técnica e respectiva Anotação de Responsabilidade Técnica, sobre o estado qualitativo das redes pluviais mapeadas no evento 3.

Deverão ser avaliados, em laudo, a saúde do material que compõe a rede (tubos de concreto, galerias de pedra, etc), a presença de sedimentos e obstruções, eventual perda de seção na rede por presença de sedimentos ou materiais estranhos, de forma detalhada. Também, devem ser levantadas as características construtivas dos PV's e demais estruturas vistoriadas.

Cada trecho de rede e cada estrutura deverá ser alvo de um laudo, que contenha:

- I. Registro fotográfico;
- II. Elaboração de laudo descritivo qualitativo;
- III. Avaliação técnica do estado de conservação dos mesmos.
- IV. Constar coordenadas planialtimétricas por topografia georreferenciada, obtidos no Evento 3;
- V. Croqui, com todas as dimensões de interesse para modelagem hidráulica e hidrológica, na forma da Figura 15.

No laudo de inspeção de cada PV/PI, deve ser descrita quais as interferências (afluentes e efluentes) existem nesse ponto. Deverão ser obtidas informações topográficas e altimétricas da geratriz superior e inferior de cada uma das tubulações presentes nesse Ponto de Inspeção/Poço de Visita. Essas informações serão primordiais para embasar a etapa de modelagem hidráulica da microdrenagem afluente aos canais de macrodrenagem, propiciando simulações de alternativas para detenção e retenção da drenagem pluvial junto aos lotes ou construção de bacias de amortecimento ao longo das contribuições. Adicionalmente, o contratado deverá realizar inspeção visual por método endoscópico na rede pluvial, entre PV's ou entre PI's, a fim de averiguar a existência ou não de entupimentos, obstruções parciais ou presença de detritos em excesso nos trechos de rede inspecionados. Para isso, deverá dispor de métodos como hastes com câmeras, robos de inspeção, ou qualquer outro necessário a esse objetivo.

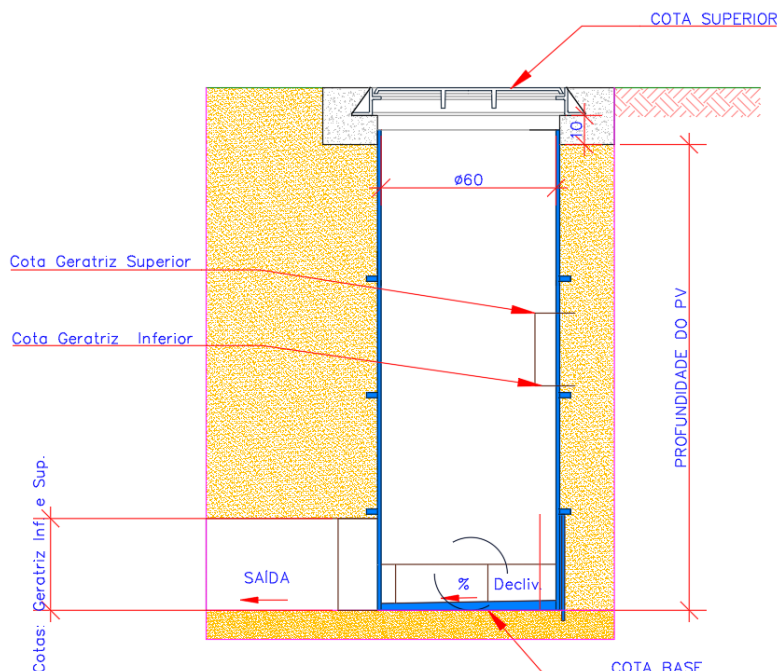


Figura 15: Modelo de descrição dos Poços de Visita/Poços de Inspeção a ser entregue na atualização cadastral.

Adicionalmente, o contratado deverá realizar inspeção visual por método endoscópico na rede pluvial, entre PV's ou entre PI's, a fim de averiguar a existência ou não de entupimentos, obstruções parciais ou presença de detritos em excesso nos trechos de rede inspecionados. Para isso, deverá dispor de métodos como hastes com câmeras, robos de inspeção, ou qualquer outro necessário a esse objetivo.

Produto a ser entregue:

Deverão ser entregues, em versões finais após aprovação dos fiscais do contrato, em meio digital e impresso, os seguintes produtos:

I. Laudos dos Poços de Visita, contendo:

1. Cotas das geratrizes inferiores e superiores de cada tubo ligado ao PV ou PI, diâmetro do perfil vertical e demais informações quaisquer pertinentes à estimativa do volume útil do PV e interferências ao fluxo de esgotos pluviais;
2. Dimensões das redes afluentes e efluentes: comprimento, largura nominal e largura efetiva (considerando incrustações identificadas);
3. Descrição qualitativa do estado de conservação ou obstrução de cada tubulação que chega ou sai do PV ou PI;

II. Planilha eletrônica com os dados coletados de todos os PV's e PI's inspecionados;

- III. Camada *shapefile*, com as informações levantadas – obtida por meio da planilha do item II;
- IV. Camada *shapefile* confirmatório do atual cadastro de redes, contendo eventuais redes anteriormente não cadastradas;
- V. Memorial descritivo das novas redes eventualmente cadastradas, contendo: diâmetro dos tubos, traçado georreferenciado e descrição situacional qualitativa.

Evento 5 – Vídeo Inspeção de Galerias Pluviais

As galerias de drenagem pluvial e condutos selecionados na Figura 16, são redes que conduzem córregos canalizados/entubados durante a urbanização dos bairros objetos desse TR. Para inspecionar, com segurança e ao mesmo tempo exatidão, o contratado deve proceder inspeção por meio de sondas de vídeo nas galerias de 0,3 m, e inspeção com robô adaptado.

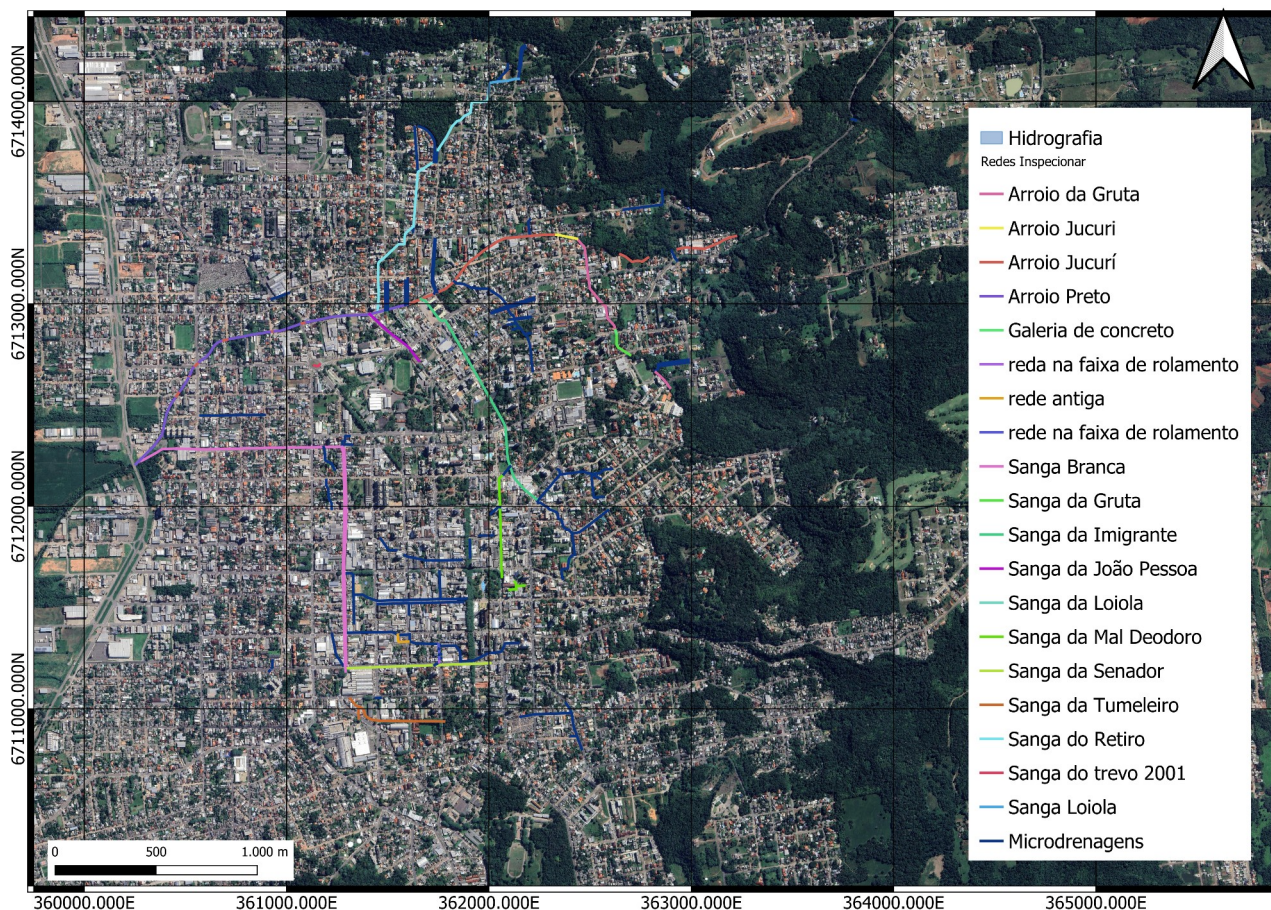


Figura 16: Croqui de localização das drenagens a serem vistoriadas. Shapefiles correspondentes serão fornecidos.

Produtos a entregar: O evento 5 será considerado atingido com a aprovação do seguinte produto técnico:

Relatório Técnico de inspeção

O relatório com apresentação geral de cada local de inspeção, com croqui e fotografias que representem o furo inspecionado e a tubulação inspecionada. Para cada trecho, será apresentado as principais ocorrências verificadas através da inspeção, com indicação da profundidade/distância e imagem do vídeo inspeção. O relatório deve conter, obrigatoriamente:

- a) Análise das imagens geradas pela inspeção.
- b) Imagens internas da tubulação;
- c) Descritivo das anomalias;
- d) Data da inspeção;
- e) Sentido da inspeção;
- f) Metodologia de trabalho;
- g) Recursos utilizados;
- h) Especificações dos serviços executados;
- i) Emissão de relatório com diagnósticos;
- j) ART – Anotação de responsabilidade técnica;
- k) Arquivo digital contendo registros fotográficos e de vídeo das inspeções realizadas armazenados em nuvem;

4.4. Frente de Trabalho 2 – Estudo Hidrológico e Medidas de Prevenção e Reação a Eventos Climáticos

4.4.1 Estudo Hidrológico

Como exemplificado pelos dados trazidos pelo Plano de Gerenciamento de Bacia do Rio Pardo, na Figura 10, as normais climatológicas regionais estão em transição, com aumento do volume total precipitado e também da frequência de eventos extremos. Assim, dados passados não trazem uma segurança satisfatória na previsão de eventos futuros, demandando parâmetros de ajuste e fatores de segurança, como os preconizados por Paiva et al (2024). Adicionalmente, modelos hidrológicos demandam parâmetros de ajuste fino obtidos em campo, a fim de incorporar as diversas incertezas associadas aos modelos (Coeficientes de Runoff, infiltração, interceptação, rugosidade dos canais naturais e artificiais, etc) e ajustar da forma mais precisa possível o resultado numérico obtido computacionalmente.

Assim sendo, o contratado deve manter, ao longo de pelo menos 12 meses, uma campanha de monitoramento hidrológica da área objeto de estudo, com acompanhamento de dados pluvio e fluviométricos, a fim de calibrar com dados *in loco* o(s) modelo(s) desenvolvidos entro do Estudo Hidrológico.

Evento 6 – Mobilização e Administração dos Serviços – Estudo hidrológico

O Evento 6 engloba os custos de acomodação dos prestadores de serviço, manutenção periódica e eventuais reparos nas estações meteorológicas, supervisão técnica da operação das estações, levantamentos topográficos para instalação das estações, por meio de RTK/GNSS, e gestão dos serviços administrativos da Frente de Trabalho 2.

O contratado deverá prover a mobilização e desmobilização dos recursos necessários, a administração da Frente de Trabalho 2, a supervisão técnica, a operação e manutenção preventiva e corretiva das três estações da rede (1 hidrometeorológica e 2 de nível, no mínimo), bem como os levantamentos topográficos por RTK/GNSS para implantação e *As Built* necessárias ao(s) modelo(s).

Deverão ser assegurados o planejamento logístico, hospedagem e alimentação das equipes, gestão de sobressalentes e consumíveis, gestão documental (incluindo ARTs), e atendimento a requisitos de segurança e meio ambiente. As rotinas de *Operação & Manutenção* compreenderão, no mínimo, inspeções, limpeza, testes e calibrações em campo (pluviômetro, régua e sensores de nível, datalogger, energia, telemetria, etc...), com resposta a ocorrências corretivas dentro do período de máximo de 7 dias corridos.

Os levantamentos RTK/GNSS deverão atender ao sistema SIRGAS2000/UTM, altitudes ortométricas via modelo geoidal oficial, com precisões planimétricas e altimétricas compatíveis ($\leq$

0,02 m e $\leq 0,05$ m a 95%, respectivamente) e entrega de memorial, monografia, arquivos brutos e croquis. Devem ser aplicadas práticas de QA/QC¹, contemplando POP's², checklists, validação automática e manual de dados, auditorias trimestrais e metas de disponibilidade mínima ($HM^3 \geq 95\%$, $Nível \geq 92\%$).

Produto a ser entregue: A medição/pagamento do Evento 5 será realizada por etapas, a partir da entrega de relatório técnico fotográfico, assinado pelo responsável técnico do contratado, contendo no mínimo:

1. Descrição das instalações, com memorial descritivo e *as built*;
2. Arquivo shapefile ou geopackage com a localização as estações, e demais dados que forem julgados pertinentes pelo responsável técnico e fiscalização;
3. Comprovação de atendimento a todas as legislações trabalhistas, ambientais e de segurança aplicáveis;

A cada mês, relatório simplificado, contendo os dados acima, deve ser entregue, para o pagamento mensal e acompanhamento de eventuais alterações das informações.

Evento 7 – Instalação da Rede e Monitoramento

O contratado poderá utilizar dados secundários, obtidos por diferentes órgãos que têm, ou estão em vias de instalar estações meteorológicas com pluviômetros na bacia do Rio Pardo, a citar: Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), entre outros. Adicionalmente, há previsão da instalação de 3 estações automatizadas, sendo uma delas – ao menos - hidrometeorológica, com medição pluviométrica contínua, cujo local de instalação será definido em conjunto com a fiscalização do contrato, na aprovação do Plano de Trabalho Detalhado. A obtenção de dados primários, deve seguir o seguinte:

1. As estações hidrometeorológicas a serem instaladas devem possuir passo máximo de medição de chuvas de 1 minuto, sendo recomendados modelos com passos de medição na casa de segundos. Devem possuir sistema de transmissão remota dos dados, para monitoramento automatizado e via plataforma webservice.
2. Os modelos de medidores pluviométricos a serem instalados pelo contratado devem ser previamente aprovados pela comissão de fiscalização.

1 QA/QC: Garantia da Qualidade e Controle da Qualidade

2 POP's: Procedimentos Operacionais Padrão

3 Hidrometeorologia medida em campo, expressa em % do tempo (meses, semanas ou dias) com dados.

Nos pontos selecionados para determinação de curva chave (altura x vazão) – Figura 17, estações Fluviométricas – deverão ser instaladas régua limnimétrica automatizadas, que por meio das respectivas curvas chaves, fornecerão informação de vazão instantânea.

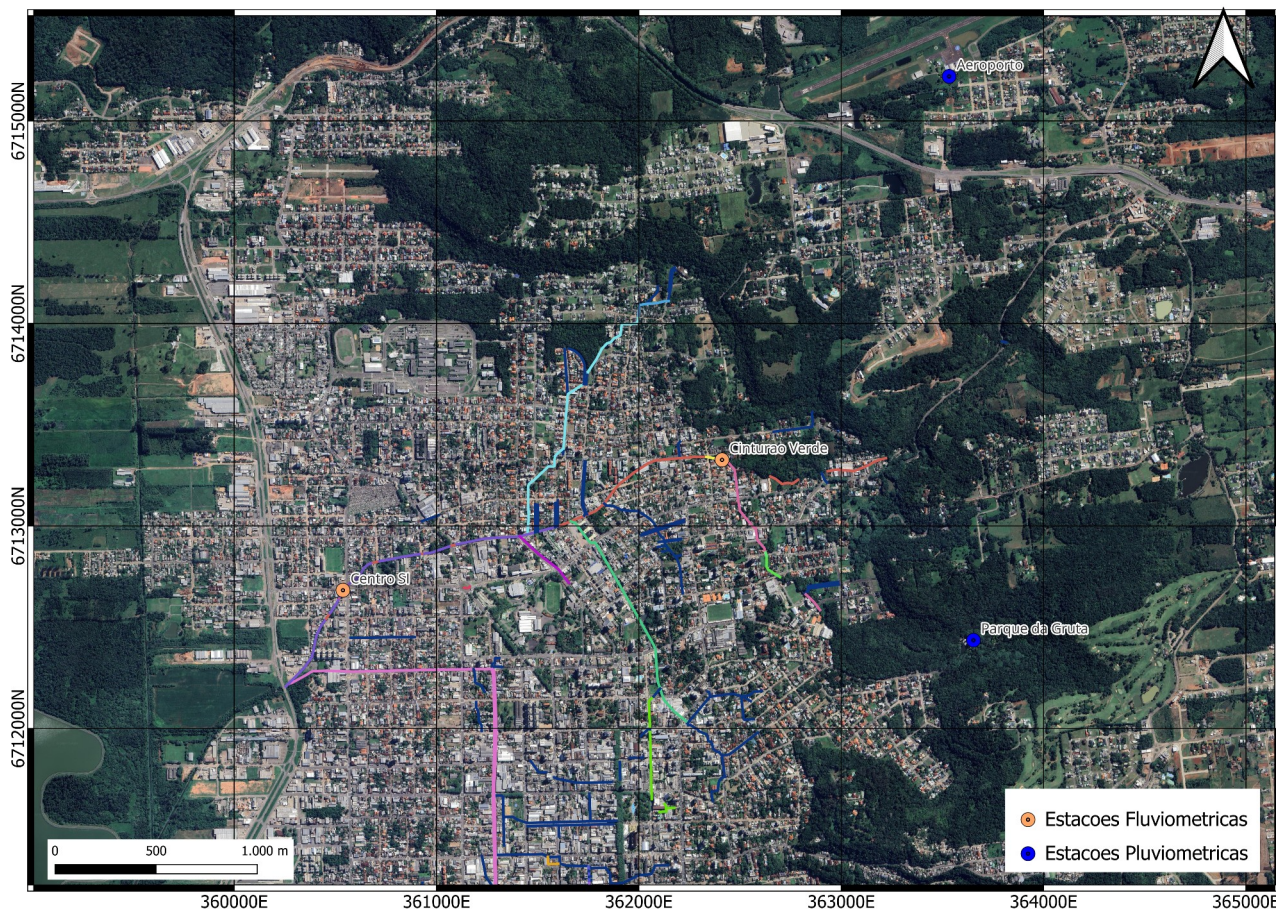


Figura 17: Pontos sugeridos para instalação de Estações Hidrometeorológicas e Fluviométricas. 1. Parque da Gruta, 2. Aeroporto, Arroio Jucuri, na ponte sobre a rua José Bonifácio, e no Arroio Jucuri, na ponte sobre a Rua Coronel Oscar Rafael Jost.

Os equipamentos a serem instalados devem ser pré aprovados pela fiscalização do contrato e devem permitir acompanhamento em tempo real dos dados.

A obtenção de dados primários, deve seguir o seguinte:

- As estações hidrometeorológicas a serem instaladas devem possuir passo máximo de medição de chuvas de 1 minuto, sendo recomendados modelos com passos de medição na casa de segundos. Devem possuir sistema de transmissão remota via sinal de celular para monitoramento automático dos dados.
- Os modelos de medidores fluviométricos a serem instalados devem ser previamente autorizados pela comissão de fiscalização.

Duração do Monitoramento: 12 meses, ou até a finalização do Estudo Hidrológico, caso haja prorrogação de prazo do mesmo.

Entregas:

O evento 7 será considerado finalizado com a apresentação por parte do contratado, e a aprovação dos seguintes documentos:

1. Relatório Técnico da Campanha de Monitoramento Hidrológico, constando:
 - Relato dos trabalhos em campo;
 - Histórico de ocorrências adversas com os equipamentos, como trocas, dados inconsistentes, perda de informações;
 - No caso de haver períodos sem dados, por fato superveniente e imprevisível, realizar inferência estatística, utilizando as estações mais próximas do SNIRH (Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos);
2. Banco de dados em formato digital (CSV ou MDB) com as informações coletadas e consolidadas;

Evento 8 – Modelagem Hidráulica e Hidrológica

Utilizando os dados do levantamento topocadastral e toda a Frente 1, montar modelos no SWMM, HEC Ras e HEC HMS que sejam fidedignos à Bacia do Arroio Jucuri. **O objetivo desse evento é obter um modelo da rede atual da área de interesse.**

O contratado deve desenvolver, calibrar e validar modelos hidrológicos e hidráulicos representativos da Bacia do Arroio Jucuri, integrando as informações da Frente 1 (topografia, cadastro de drenagem, uso do solo, solos, pluviometria/fluviometria do Evento 6), de forma a:

- Quantificar a resposta chuva–vazão por sub-bacias e no exutório;
- Simular o escoamento em rede urbana (microdrenagem) e no curso d'água principal e afluentes (macrodrenagem);
- Mapear faixas de inundação, profundidades, velocidades e classes de risco para diferentes períodos de retorno;

Abrangência e softwares

- I. HEC-HMS: modelagem chuva–vazão em escala de bacia/sub-bacia (hidrologia de eventos e contínua).
- II. SWMM: modelagem detalhada da drenagem urbana (microdrenagem, LIDs/BMPs) e interação superfície–rede.

III. HEC-RAS 1D/2D: propagação hidráulica em leito e várzea, com estruturas (pontes, bueiros, barragens, travessias), em regime não permanente.

Premissas gerais: Sistema de referência: SIRGAS 2000/UTM (EPSG 31982), cota altimétrica conforme datum do levantamento; Unidades métricas do SI. Hidrologia/hidráulica em passos de tempo coerentes com a escala do fenômeno e o critério de Courant; Integração com o Evento 6 para calibração/validação com dados primários (nível, vazão, chuva)

Duas rodadas de calibração: preliminar (com dados históricos/contínuos disponíveis) e final (com base nos 12 meses do monitoramento do Evento 6, quando concluídos).

A fim de obter dados de campo sobre a capacidade de infiltração, o contratado deve realizar pelo menos 3 ensaios de anéis concêntricos (Duplo Anel), de acordo com as normas NORMA ABGE 107/2024 e ASTM D3385-18 (2018). Os locais de ensaio devem ser escolhidos pelo responsável técnico, em função da calibração do modelo.

Entregas:

1. Plano de Modelagem e Base de Dados de Modelagem (PDF): objetivos, escopo, métodos, hipóteses, critérios de desempenho, cronograma e governança de dados.
2. Geodatabase/GeoPackage com:
 - Limites de bacia e sub-bacias, rede de drenagem, seções, estruturas, malhas 2D.
 - Camadas de uso do solo, solos, rugosidades, zonas de LID, áreas de contribuição.
 - Séries temporais consolidadas: Chuva (minutal/horária conforme disponibilidade) e nível/vazão (minutal/horária) com QA/QC, lacunas e tratamentos registrados.
 - Arquivos em CSV e DSS (quando adotado para integração com HEC).
3. Modelos configurados e executáveis HEC-HMS: Pasta de projeto (.hms) com Basin, Meteorologic e Control sets; cenários por TR; arquivos de saída.
4. Relatório de calibração/validação com tabelas e gráficos de hidrogramas e métricas (NSE, KGE, PBIAS).
5. SWMM: Arquivo .inp com rede, subáreas e cenários; arquivos de resultados (.rpt, .out).
6. Relatório de desempenho hidráulico (extravasamentos, cotas críticas, efetividade de LIDs).
7. HEC-RAS 1D/2D: Projeto (.prj) com planos de simulação (unsteady), geometrias, malhas, estruturas e condições de contorno.
8. Relatório de calibração (níveis vs observados, marcas de cheia) e estabilidade numérica.

Evento 9 – Elaboração de Manchas de Inundação e Cotas de Monitoramento

Produzir manchas de inundação e mapas derivados, bem como definir cotas de monitoramento (atenção, alerta e emergência) para pontos e seções de interesse na Bacia do Arroio Jucuri, com base nos modelos calibrados do Evento 8.

Escopo dos serviços:

- Gerar, para os tempos de retorno definidos no Evento 8, as seguintes camadas: mancha de inundação, profundidade de lâmina d'água, velocidade média, tempo de chegada e duração de alagamento.
- Definir cotas de monitoramento por ponto/seção (níveis de atenção, alerta e emergência), associando-as a gatilhos operacionais para a Defesa Civil e órgãos gestores.
- Consolidar insumos de topografia, cadastro de drenagem, uso e ocupação do solo, precipitação e séries hidrometeorológicas validadas (Frente 1 e Eventos 6 e 7).
- Tratar inconsistências (falsos positivos/negativos, áreas desconectadas, buracos topológicos) e registrar decisões de edição cartográfica.

Metodologia e critérios mínimos:

- Utilizar resultados dos modelos do Evento 8 (HEC-RAS/2D e equivalentes) como base hidráulica e cenários hidrológicos (HEC-HMS/SWMM).
- Processamento espacial com prioridade a formatos abertos; validações topológicas e checagem de conectividade hidrológica.
- Classificação de níveis de criticidade conforme diretrizes de gestão de risco (atenção < alerta < emergência) e histórico local.
- Sistema de referência: SIRGAS2000; projeção UTM (EPSG 31982); referência altimétrica compatível com o padrão oficial vigente (modelo geoidal brasileiro). Precisoões compatíveis com a escala de trabalho definida no Evento 7.
- Registro completo de premissas (malha, condições de contorno, rugosidade, cotas de controle) e de qualquer ajuste manual.
- Aplicar as sugestões de ***Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: Chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil*** (Paiva et al, 2024).

Entradas mínimas: Modelos calibrados e validados do Evento 8, insumos cartográficos atualizados, rede de drenagem e seções de controle, séries de precipitação e vazão/nível, pontos de monitoramento dos Eventos 7 e 8.

Produtos e formatos de entrega:

1. Mapas em PDF/GeoPDF por tempo de retorno, com layout padronizado (legenda, escala gráfica, norte, sistema de referência, fonte, data e versão).
2. Camadas vetoriais: manchas e eixos hidrológicos (GeoPackage e Shapefile), com atributos de TR, profundidade, velocidade e metadata.
3. Rasters: profundidade, velocidade, tempo de chegada e duração (GeoTIFF, 32-bit, com CRS e NoData definidos).
4. Tabela de cotas de monitoramento por ponto/seção (CSV e XLSX) com níveis de atenção/alerta/emergência, coordenadas e justificativa técnica.
5. Relatório técnico analítico (memorial descritivo) com metodologia, premissas, validações, incertezas, mapa de calor de qualidade e plano de atualização.
6. Arquivos de estilo (SLD/QML) e projeto de visualização (QGIS) para reprodutibilidade.

Critérios de aceitação:

- Consistência hidráulica com os modelos calibrados do Evento 7 e coerência espacial com a base topográfica e o cadastro da drenagem.
- Validações documentadas: topologia sem erros críticos; diferenças altimétricas dentro das tolerâncias definidas; fechamento de balanço entre volumes inundados simulados e mapeados.
- Metadados completos (origem, data, versão, CRS, precisão, responsável) e controle de versões dos produtos.
- Reprodutibilidade: possibilidade de refazer mapas a partir dos insumos e do roteiro metodológico entregue.

Evento 10 – Estudo de Alternativas de Amortecimento de Inundações e Alagamentos

O Contratado deve Estudar, simular e comparar alternativas de amortecimento de inundações e alagamentos no sistema de drenagem urbana, com base nos modelos calibrados e nos dados primários e secundários produzidos nos eventos anteriores, indicando a execução das alternativas eficazes e o descarte das inviáveis. A equipe técnica, será responsável por:

Consolidar e qualificar insumos e resultados dos eventos anteriores (hidrologia, hidráulica, topografia, cadastro da drenagem, uso do solo, chuvas de projeto).

- I. Atualizar/ajustar os modelos hidrológico e hidráulico (cenário atual/base) para o recorte de estudo.
- II. Definir, parametrizar e simular um conjunto de alternativas de intervenção (p. ex.: reservatórios/in-line/off-line, bacias de retenção/retardo, adutoras de desvio, galerias reforçadas, ampliação de seção, vertedores, controle a montante, soluções baseadas na natureza);
- III. Medir desempenho de cada alternativa e de combinações (redução de níveis e lâminas, velocidades, áreas e tempos de inundação, volumes amortecidos, efeitos a montante/jusante);
- IV. Avaliar viabilidade técnica, executiva, socioambiental e econômico-financeira, com estimativas de custo de implantação e recomendar o conjunto de alternativas a avançar para projeto, justificando descartes;

Critérios de aceitação

Consistência hidráulica: redução comprovada de níveis/lâminas e volumes onde requerido, sem agravar condições críticas a montante/jusante fora de limites aceitáveis.

Reprodutibilidade: todos os cenários entregues com insumos e instruções para reprocessamento.

Coerência cartográfica: topologia válida, CRS correto, tolerâncias altimétricas/planimétricas compatíveis com a escala.

Rastreabilidade: decisões e descartes justificados com base em indicadores objetivos.

Devem ser simuladas, no mínimo, as seguintes intervenções:

1. Identificar locais propícios e simular a instalação das 3 bacias de retenção sugeridas por UNISC (2022), explicitadas na Figura 11.
2. Dispositivo de Retenção *in line* (ex.: orifício/soleira controladora, microreservatório em conduto, controle em tempo real quando aplicável) nas redes de macrodrenagem da área do objeto.
3. Soluções Baseadas na Natureza: Jardim de Chuva (biorretenção com infiltração e/ou drenagem controlada); Biovalas; Pavimentos permeáveis, etc.
4. Medidas de Mitigação de Alagamentos, nas regiões dos arroios da Gruta, Jucuri e Loyola
5. Aumento da capacidade de escoamento do sistema com aumento das galerias já existentes;
6. Criação de novas galerias, inclusive sob o pavimento, nas vias arteriais;
7. Ampliações das redes de microdrenagem;

8. Canalização e retificações dos trechos ainda não retificados dos arroios citados acima.

Reuniões e validação

- Reunião de kick-off com plano de trabalho.
- Reunião de meio termo com cenários preliminares e shortlist de alternativas.
- Reunião final de consolidação e treinamento de uso dos produtos (até 4 horas).

Produtos a entregar:

Plano de trabalho aprovado e **atas das três reuniões** (kick-off, meio termo, final) com listas de encaminhamentos cumpridas;

Relatório Técnico do Evento 10, contendo:

1. Consolidação e qualificação dos insumos dos eventos anteriores (hidrologia, hidráulica, topografia, cadastro da drenagem, uso do solo, chuvas de projeto), com lacunas e tratamentos documentados.
2. Modelos hidrológico e hidráulico atualizados (cenário base) no recorte do estudo, com calibração/validações recheadas e parâmetros reportados.
3. Portfólio de alternativas definidas, parametrizadas e simuladas.
4. Resultados comparativos por alternativa/combinação com indicadores objetivos: níveis/lâminas, vazões/velocidades, áreas e tempos de inundação, volumes amortecidos, efeitos a montante/jusante.
5. Evidência de consistência hidráulica: redução onde requerido e não agravamento a montante/jusante além de limites aceitáveis (claramente declarados).
6. Produtos cartográficos consistentes: mapas antes/depois de lâmina, mancha de inundação, perfis/longitudinais e seções; topologia válida; CRS correto; tolerâncias altimétricas/planimétricas compatíveis; metadados.
7. Análise de viabilidade técnico-executiva, socioambiental das alternativas;
8. Recomendação do conjunto de alternativas a avançar para projeto, com matriz multicritério e justificativa dos descartes (rastreadabilidade das decisões).
9. Pacote de reprodutibilidade: arquivos dos modelos e insumos, cenários numerados, scripts/rotinas, instruções claras de reprocessamento e versões.

10. Mapas e camadas geoespaciais editáveis (GeoPackage/Shapefile) e projeto de visualização.
11. Tabelas/planilhas com KPIs de desempenho por cenário e comparativos.
12. Cronograma preliminar de implantação e principais interferências/condicionantes.
13. Registro e comprovação do treinamento de uso dos produtos (até 4 horas), com material de apoio e lista de presença.

Todos os itens do relatório em meio digital (arquivos, pdf's, ART's devidamente assinadas);

4.4.2 Plano de Monitoramento e Alerta

Evento 11 – Plano de Monitoramento, Alerta e Reação a Eventos Climáticos na Bacia do Arroio Jucuri

O objetivo desta etapa é estruturar um plano integrado de monitoramento hidrometeorológico, emissão de alertas e protocolos de resposta a chuvas intensas, inundações e alagamentos na bacia do Arroio Jucuri, com ênfase na segurança da população, continuidade de serviços e redução de danos. O plano deve possuir previsão de inclusão de outros tipos de monitoramento e alertas, como deslizamentos, que não estão no escopo desse TR, por meio de sistema integrado e editável, por meio de APIs (Interfaces de Programação de Aplicações).

O produto do evento 11 deve apresentar como características e elementos mínimos:

Integração com entregas anteriores: usar os modelos hidrológico-hidráulicos, manchas de inundação, limiares de chuva/vazão e bases cadastrais já produzidos, como cenário-base para definir limiares operacionais e cenários de alerta.

Rede e dados: definir pontos de medição (chuva, nível, vazão), periodicidade, qualidade de dados (QA/QC), telemetria, armazenamento e rotinas de validação; prever interoperabilidade com plataformas municipais/estaduais.

Limiar e lógica de alerta: estabelecer níveis (atenção, alerta, emergência) por microbacia/trecho, com critérios objetivos (mm/h, acumulados, cota d'água, tendência), gatilhos automáticos e confirmação operacional.

Canais de comunicação e público: matriz de comunicação por público (Defesa Civil, serviços essenciais, escolas, saúde, população geral), com redundância de canais (SMS/WhatsApp, sirenes, app/site, rádio, carros de som).

Urbanístico e uso do espaço: diretrizes de implantação de sirenes, rotas de evacuação sinalizadas, pontos de encontro/abrigo, comunicação visual acessível, mobiliário e sinalização urbana, integração com escolas e equipamentos urbanos, acessibilidade universal e segurança viária nas rotas.

Protocolos de reação: fluxos operacionais por nível de alerta (quem faz o quê, em quanto tempo), acionamento de equipes, bloqueios e desvios, abrigo temporário, logística, pós-evento (limpeza, vistoria, restabelecimento).

Capacitação e exercícios: Apresentar metodologia de treinamento de equipes operacionais e simulados comunitários, com material didático e avaliação.

Equipe técnica indicada e competências:

- Arquiteto: Liderar as diretrizes urbanísticas, a localização de sirenes e painéis, desenho de rotas de evacuação, pontos de encontro e abrigos, acessibilidade universal e comunicação visual no espaço público; compatibilização com mobilidade, escolas e equipamentos públicos; caderno de sinalização e peças de comunicação.
- Engenheiro Civil/ambiental com especialização em hidrologia: Coordenação técnica do plano; integração com modelos hidrológico-hidráulicos; definição de limiares e protocolos; dimensionamento da rede de monitoramento e dos requisitos de infraestrutura; articulação com Defesa Civil e secretarias.
- Engenheiro Civil: Apoio nas análises, consolidação de dados, elaboração de POPs, mapas e relatórios; preparo de materiais para capacitações e simulados; suporte na implantação e operação assistida.

Observação: Caso seja necessário, o contratado poderá mobilizar especialistas sob demanda (ex.: TI/dados, comunicação social) sem alterar as rubricas listadas. A lista acima é exemplificativa.

Produtos a entregar:

1. Plano de Monitoramento Hidrometeorológico da Bacia do Rio Jucuri, contendo:

- Indicação de locais para instalação de estações meteorológicas, na quantidade e tipo tecnicamente indicados;
- Critérios para emissão de alertas, com base nos registros das estações a serem instaladas ou realocadas e previsão meteorológica;

- Analisar a viabilidade ou interesse público de instalar alertas sonoros na região;
- Projeto de Sistema Informatizado de monitoramento e alerta, a ser utilizado pela Defesa Civil em conjunto com o sistema de vigilância da Guarda Municipal;
- Identificação de pontos críticos, para risco de vida e prejuízos materiais
- Programa de autoavaliação, com simulados;

2. **Plano de Mobilização da Defesa Civil** para atendimento às ocorrências;

- Atender à bibliografia específica sobre Planos de Contingência da Defesa Civil, dentro da área do escopo do contrato.

3. **Projeto Executivo e Planilha Orçamentária Global**, nos padrões exigidos pelo Município de Santa Cruz do Sul, das estruturas eventualmente sugeridas para instalação no contexto do Plano de Monitoramento e Alerta elaborado.

5. **Considerações Finais**

O presente Termo de Referência delineia um escopo de trabalho abrangente e fundamental para a mitigação de alagamentos e inundações nos bairros Centro e Santo Inácio em Santa Cruz do Sul. A complexidade inerente a projetos desta natureza, que envolvem aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos e de planejamento urbano, demanda uma execução pautada pela excelência técnica e pela contínua interlocução entre as partes envolvidas.

Nesse contexto, reitera-se que o **órgão financiador, a Caixa Econômica Federal (CEF), desempenha um papel estratégico e proativo** no acompanhamento e validação das entregas. Conforme estabelecido ao longo deste documento, a CEF poderá, a qualquer momento e com base em justificativas técnicas, apresentar exigências adicionais ou solicitar complementações aos produtos e metodologias propostas. Esta prerrogativa visa assegurar a plena conformidade dos resultados com os objetivos do financiamento e as melhores práticas de engenharia, garantindo a solidez e a efetividade das soluções implementadas. É crucial que o contratado esteja preparado para integrar tais apontamentos, considerando-os como etapas naturais de um processo colaborativo de garantia da qualidade e adequação do projeto.

Adicionalmente, sublinha-se a importância da **atuação ativa e colaborativa da comissão de fiscalização** da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul. Mais do que um mero papel de verificação, a comissão deverá operar como um suporte contínuo à equipe contratada. A expertise técnica dos servidores municipais, aliada ao conhecimento aprofundado da realidade local, será um diferencial para a elucidação de dúvidas, o fornecimento de dados complementares e a

orientação sobre particularidades que possam surgir ao longo das diversas frentes de trabalho. Esta sinergia entre contratante e contratado, mediada por uma fiscalização engajada e disponível, é um pilar essencial para superar desafios e garantir que as soluções propostas estejam plenamente alinhadas às expectativas e necessidades da comunidade. Portanto, a expectativa é que a execução deste contrato seja marcada pela transparência, pelo diálogo constante e pela capacidade de adaptação, assegurando que o produto final não apenas atenda, mas supere os requisitos técnicos e as expectativas de mitigação dos riscos hidrológicos em Santa Cruz do Sul.

6. Responsabilidade Técnica

O presente termo de referência foi elaborado sob a ART nº 14064095.

Marcio Alexandre Nicknig
Engenheiro Ambiental- CREA/RS 215871
Engenheiro de Meio Ambiente – SEPLAN

7. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13133**: Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 20 dez. 1979.

BRASIL. Lei nº 7.511, de 7 de julho de 1986. Altera dispositivos da Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, que dispõe sobre o parcelamento do solo urbano, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 8 jul. 1986.

BRASIL. Lei nº 14.285, de 29 de dezembro de 2021. Altera as Leis nº 12.651, de 25 de maio de 2012, para modificar os limites de Áreas de Preservação Permanente no entorno de cursos d'água em áreas urbanas consolidadas, e 11.977, de 7 de julho de 2009, para dispor sobre a regularização fundiária urbana. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2021.

COMITÊ PARDO. **Plano de Bacia do Rio Pardo – 2018**. Santa Cruz do Sul, RS, 2018. Disponível em: www.comitepardo.com.br. Acesso em: 02 set. 2025.

INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS (UFRGS). **Estudos Hidrológicos e Hidráulicos para Verificação e Mitigação de Impactos de Inundação do Complexo Lago Dourado – Santa Cruz do Sul/RS**: relatório final. Porto Alegre, RS: IPH, 2018. 191 p.

PAIVA, R. A.; ABREU, L. P. de; PELLERANO, M. D. M. L. F. Critérios hidrológicos para adaptação à mudança climática: chuvas e cheias extremas na Região Sul do Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 24., 2024, Belo Horizonte. **Anais [...]** Belo Horizonte: ABRH, 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2024/05/CriteriosAdaptacaoMudancaClimaticaChuvasCheiasExtremasSul.pdf>. Acesso em: 28 set. 2025.

PORTAL ARAUTO. Fotos e vídeos: chuva causa alagamentos em Santa Cruz e Vera Cruz. **Portal Arauto**, 28 jan. 2021. Disponível em: <https://portalarauto.com.br/28-01-2021/fotos-e-videos-chuva-causa-alagamentos-em-santa-cruz-e-vera-cruz/>. Acesso em: 28 set. 2025.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL. **Contrato nº 356/PGM/2021**: Assessoria Técnica Qualificada para o Planejamento de Ações e Projetos de Macrodrenagem da

Microbacia do Arroio Jucuri ao longo da Rua Coronel Oscar Jost com destino final próximo à BR-471. Etapa III – Avaliação e contribuições técnicas ao dimensionamento de sistema de macrodrenagem. Santa Cruz do Sul, 2021.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL. **Mapa da Cidade:** cadastro técnico municipal. Santa Cruz do Sul: SEPLAN, 2017.