



**PRÓ-REITORIA DE EXTENSÃO E RELAÇÕES COMUNITÁRIAS
NÚCLEO DE GESTÃO PÚBLICA**

**ETAPA III – ETAPA FINAL DO PLANO MUNICIPAL DE SANEMANTO BÁSICO
DE SANTA CRUZ DO SUL - RS**

Santa Cruz do Sul
Novembro de 2018

SUMÁRIO

1. EQUIPES DE TRABALHO.....	4
1.1 Equipe Técnica Municipal e de apoio no processo da elaboração da Revisão do PMSB	4
1.2 Coordenação Política	4
1.3 Equipe de consultoria da Universidade de Santa Cruz do Sul UNISC/RS	5
2. DIAGNÓSTICO DA DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL	9
2.1 APRESENTAÇÃO	9
2.2 DRENAGEM PLUVIAL – CONCEITUAÇÃO TÉCNICA E IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL URBANO E RURAL	11
2.2.1 Conceitos básicos sobre redes de drenagem	13
2.2.2 Avaliação das características de bacias hidrográficas	13
2.2.3 Conceituações de terminologias associadas a drenagem urbana e seus impactos	14
2.2.4 Conceitos básicos de risco associados à Drenagem urbana	16
2.3 DESCRIÇÃO GERAL DO SERVIÇO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS	18
2.3.1 Caracterização das principais bacias hidrográficas e do Sistema de drenagem atual	18
2.3.2 Análise crítica do Plano Diretor Municipal e/ou do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais e/ou de Drenagem Urbana.....	33
2.3.3 Levantamento da legislação existente sobre uso e ocupação do solo e seu reatamento no manejo de águas pluviais	39
2.3.4 Descrição da rotina operacional, de manutenção e limpeza da rede de drenagem natural e artificial.	42
2.3.5 Identificação da existência de sistema único (combinado) e de sistema misto	45
2.3.6 Identificação e análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais e levantamento da ocorrência de desastres naturais no município relacionados com o serviço de manejo de águas pluviais	47
3. DIAGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES.....	53
3.1 Inundações influenciadas diretamente pelo rio Pardino	53
3.2 Efeitos das cheias de recursos hídricos secundários na área urbana.....	61
3.2.1 Inundações e problemas de drenagem associados ao arroio Lajeado	61
3.2.2 Inundações e problemas de drenagem associados ao Arroio das Pedras.....	68
3.2.3 Inundações e problemas de drenagem associados ao Arroio Levis Pedroso ..	71

3.2.4 Problemas de drenagem diagnosticados na área urbana e nas áreas contribuintes dos recursos hídricos.	75
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.	85
5. PROGNÓSTICOS PARA A DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS.	87
5.1 Distribuição das metas ao longo do Horizonte do PMSB (20 anos)	88
5.2 Projeção populacional do município de Santa Cruz do Sul – RS	89
5.2.1 Avaliação dos dados e Estudos Populacionais Existentes.....	89
5.2.2 Métodos de Crescimento Populacional considerados	90
5.2.3 Métodos de Crescimento Populacional avaliados	90
5.2.4 Justificativa do Critério utilizado para projeção da população	91
6. DEFINIÇÃO DOS PROGRAMAS AÇÕES E METAS ESTIPULADOS PARA A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.....	98
6.1 PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DA GESTÃO DA DRENAGEM EM SANTA CRUZ DO SUL	100
6.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CADASTRAMENTO DE DADOS DA REDE DE DRENAGEM.....	121
6.3 PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL	148
6.4 PROGRAMA DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE GRANDE PORTE NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE SANTA CRUZ DO SUL	151
7. INDICADORES PARA DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL.....	161
8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS MEDIDAS PROPOSTAS	164

1. EQUIPES DE TRABALHO

1.1 Equipe Técnica Municipal e de apoio no processo da elaboração da Revisão do PMSB

A equipe municipal é composta pelos seguintes integrantes, conforme Portaria nº 24.481, de 04 de janeiro de 2018.

1.2 Coordenação Política

Raul Fritsch – Secretário de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade

Henrique Hermany – Advogado e Secretário Municipal de Segurança, Defesa Civil e Esporte – Matrícula 41279

Márcia Maria Pacheco da Silva – Procuradora – Procuradoria Geral do Município – Matrícula 12127

Lucia Muller Schmidt – Engenheira Química – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade – Matrícula 41170

Jeferson Luiz Gerhardt – Engenheiro Civil e Secretário Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão – Matrícula 41281

Coordenador Técnico

Guilherme Poletto Hoehr – Engenheiro Civil – Matrícula 13998

Equipe Técnica Municipal

Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade

Lucia Muller Schmidt – Engenheira Química – Matrícula 41170

Artur Luiz Schuh – Geólogo – Matrícula 41219

Adalberto Luis Voese – Técnico Agrícola – Matrícula 12071

Andréia Mahl – Engenheira Ambiental – Matrícula 13363

Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão

Érico dos Santos Vieira da Cunha – Supervisor – Matrícula 320

Luciano de Medeiros Dellinghausen – Engenheiro Civil – Matrícula 12779

Secretaria Municipal de Obras e Infraestrutura

Leandro Agostinho Kroth – Engenheiro Civil – Matrícula 41349

Roseli Maria Bruchier Kist – Engenheira Civil – Matrícula 14367

Secretaria Municipal de Transportes e Serviços Urbanos

Diani Rizeetti Sopelsa – Engenheira Civil – Matrícula 14196

Paulo Lopes de Carvalho – Pedreiro – Chefe de Divisão de Cemitérios e Serviços – Matrícula 8146

Comissão Especial de Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB)

Vanda Beatriz Hermes – Enfermeira – Matrícula 11919

Equipe Municipal de Apoio

Raul Fritsch – Secretário de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade

Henrique Hermany – Advogado e Secretário Municipal de Segurança, Defesa Civil e Esporte – Matrícula 41279

Márcia Maria Pacheco da Silva – Procuradora – Procuradoria Geral do Município – Matrícula 12127

Lucia Muller Schmidt – Engenheira Química – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e Sustentabilidade – Matrícula 41170

Jeferson Luiz Gerhardt – Engenheiro Civil e Secretário Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão – Matrícula 41281

1.3 Equipe de consultoria da Universidade de Santa Cruz do Sul UNISC/RS

Coordenação:

Nome: *Tiago Gomes*

Formação: Engenheiro Civil

Titulação: Ms. Em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pela UFSM e Dr. Em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, pela UFRGS/IPH.

Tem como experiência elaboração de planos municipais e prestação de consultoria e assessoria em saneamento.

Nome: *Demetrius Jung Gonzalez*

Formação: Arquiteto e Urbanista

Titulação: Pós – Graduado em Direito Urbano e Ambiental e Mestrando em Arquitetura, pela PROPAR/UFRGS

Têm experiência na área de Arquitetura e Urbanismo, com ênfase em planejamento e projeto do espaço urbano. Possui também experiência de mais de 15 anos em licitações públicas na área de Engenharia e Arquitetura.

Integrantes:

Nome: *Adilson Becker Junior*

Formação: Engenharia Ambiental, pela Universidade de Santa Cruz do Sul

Titulação: Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade do Sul da Califórnia – USC (Los Angeles, Estados Unidos)

Mestre em Engenharia Ambiental pela Universidade do Sul da Califórnia -USC (Los Angeles, Estados Unidos), com foco em tratamento de água e efluente. Atuação na área de tratamento de água, tratamento de efluente e gerenciamento de resíduos sólidos urbanos. Experiência Profissional como colaborador na *Quantis International*, consultoria especializada em sustentabilidade (Boston, EUA)

Nome: *Bruno Deprá*

Formação: Tecnólogo em Geoprocessamento, pela Universidade Federal de Santa Maria

Experiência na área de Geociências, com ênfase em Sensoriamento Remoto.

Nome: *Cássio Alberto Arend*

Formação: Direito, pela Universidade de Santa Cruz do Sul

Titulação: Pós-Graduação em Demandas Sociais e Políticas Públicas e Mestre em Direito pela Universidade de Santa Cruz do Sul.

Experiência na área de Direito Constitucional, Administrativo, Urbanístico e Teoria do Direito, com ênfase em Direito Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: teoria sistêmica, políticas públicas, movimentos sociais, ética ecológica, movimento ambientalista, plano diretor, estatuto da cidade, legislação e consultoria ambiental. Mediador extrajudicial na Defensoria Pública de Santa Cruz do Sul e mediador judicial em formação.

Nome: *Fabício Weiss*

Formação: Engenharia Ambiental, pela Universidade de Santa Cruz do Sul

Titulação: Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho e Especialização em Formação Pedagógica pela Universidade de Santa Cruz do Sul. Experiência como Consultor Técnico para as Cooperativas de Catadores de Materiais recicláveis de Santa Cruz do Sul e Gravataí. Consultor técnico no Estado do Rio Grande do Sul do Projeto CATAFORTE. Perito Ambiental inscrito no Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul. Atua principalmente nos seguintes temas: Gerenciamento de resíduos sólidos Classe I e II, monitoramento ambiental, projetos de estações de tratamento de efluentes, licenciamento ambiental, perícia e consultoria ambiental bem como palestras nas questões ambientais e de segurança do trabalhador. Membro do Conselho Municipal do Meio Ambiente das Cidades de Santa Cruz do Sul e Vera Cruz. Gestor da Reserva Particular do Patrimônio Natural RPPN da UNISC. Inspetor do Conselho de Engenharia e Agronomia (CREA/RS) nos anos de 2015/2016. Vice-diretor da Casa da Criança de Santa Cruz do Sul.

Nome: *Lia Gonçalves Possuelo*

Formação: Ciências Biológicas pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Titulação: Mestrado e Doutorado em Ciências Biológicas: Bioquímica pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Tem experiência na área de Doenças infecciosas, Biotecnologia, Vigilância em Saúde e Saúde prisional. Atualmente coordenadora Centro de Pesquisa e Treinamento em Biotecnologia, Editora da revista de Epidemiologia e Controle de Infecção e membro da rede Brasileira de Pesquisa em Tuberculose (REDE TB).

Nome: *Luiz Antônio Moraes do Nascimento*

Formação: Possui graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Maria

Titulação: especialização em Administração de Produção pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos e mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria.

Tem experiência na área de Economia. Atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão, Produção, Microempresa.

Nome: *Marcelo Luis Kronbauer*

Formação: Engenharia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul

Titulação: Mestre em Tecnologia Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul (2014) onde foi bolsista CAPES modalidade 1, realizando na ocasião estágio de docência na área de resíduos sólidos.

Experiência como Consultor ambiental e experiência em consultorias em meio ambiente, atuando diretamente em projeto de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) no município de Vera Cruz - RS e consultor técnico nas atividades de licenciamento ambiental nas regiões no Vale do Rio Pardo e Taquari.

Bolsistas:

Nome: *Pâmela Molinar*

Curso: Engenharia Civil

Nome: *Catherine Wolski Brendler*

Curso: Ciências Econômicas

2. DIAGNÓSTICO DA DRENAGEM URBANA E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL

2.1 APRESENTAÇÃO

O presente item constante no plano municipal de saneamento básico, que aborda de forma específica a Drenagem e Manejo das águas pluviais está previsto no contrato nº 201/PGM/2017, que estabelece a revisão periódica do Plano municipal de Saneamento Básico de Santa Cruz do Sul, referente aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e de drenagem urbana no município. O contrato foi firmado entre a Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul e a executora, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

O presente estudo buscou fazer uma síntese entre os diferentes estudos já realizados no município no âmbito da drenagem, além de trazer um diagnóstico de como operam os serviços de gestão associados ao tema, bem como o levantamento de pontos críticos que evidenciem a necessidade de ações para suas correções.

Posteriormente ao diagnóstico é trazido o prognóstico do sistema de drenagem urbana existente, bem como a proposição de medidas estruturais e não estruturais para melhoria contínua do sistema, considerando-se o horizonte 20 anos e metas de curto, médio e longo prazo.

O Plano complementa as obrigações no que se refere às políticas públicas desenvolvidas no município para o Saneamento Básico, compondo o conjunto de planos das modalidades do saneamento exigidos pela Lei Federal nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

O Plano Municipal de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas se configura em uma ferramenta básica de planejamento estratégico para a futura elaboração de projetos e execução de serviços e obras, em consonância com o plano diretor do município e outras legislações e normas de apoio.

Os dados aqui apresentados também servem de base para o planejamento de investimentos com vistas à obtenção de financiamentos para os empreendimentos priorizados, sendo instrumentos que definem critérios, parâmetros, metas e ações efetivas para atendimento dos objetivos propostos, englobando medidas estruturais e não estruturais na área da drenagem. Dessa forma pretende-se que através de um plano bem estruturado de metas, e o seu

atendimento gradual, podem levar o município da sua condição atual, em termos de drenagem, à condição pretendida ou próxima dela no futuro, mitigando impactos negativos e potencializando os positivos.

Para tanto, traz-se uma contextualização inicial a respeito de drenagem pluvial, conceituando aspectos básicos para o pleno entendimento e posterior gestão adequada deste eixo importante do saneamento básico, que de acordo com a Lei n. 11.445 de janeiro de 2007 em seu artigo 3º é definido como:

drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas: conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas.

De uma forma geral o plano de drenagem urbana e manejo de águas pluviais para o município de Santa Cruz do Sul está subdividido nos seguintes itens a seguir:

- Diagnóstico de águas pluviais;
- Medidas mitigadoras e compensatórias;
- Eventos de emergência e contingência;
- Prognóstico da drenagem pluvial;
- Objetivos e metas;
- Programas, projetos e ações emergenciais;
- Mecanismos para acompanhamento das ações;
- Fontes para captação de recursos.

2.2 DRENAGEM PLUVIAL – CONCEITUAÇÃO TÉCNICA E IMPORTÂNCIA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL URBANO E RURAL

As atividades humanas introduzem alterações no padrão de uso e ocupação do solo, as quais, por sua vez, acabam por colocar em movimento uma série de processos que modificam a qualidade do ambiente, tanto natural quanto construído. Ao longo da história da humanidade, essas alterações de qualidade têm se mostrado, na maioria das vezes, com um viés negativo, resultando em um vetor de degradação do espaço. (MIGUEZ, 2016)

Ainda segundo o mesmo autor, a urbanização, por sua vez, constitui uma das ações antrópicas que geram maiores impactos ambientais, exatamente pelas consequências resultantes das mudanças nas características originais de uso do solo. O rápido crescimento das cidades, com destaque para a urbanização ocorrida no século passado, fez agravar significativamente os problemas de enchentes urbanas, na medida em que o desenvolvimento urbano tende a remover a cobertura vegetal original, a aumentar a impermeabilização, a introduzir obras de canalização e a ocupar planícies ribeirinhas.

Conforme afirma Tucci, (2003), a inundação urbana é uma ocorrência tão antiga quanto às cidades ou qualquer aglomerado urbano. A inundação ocorre quando as águas dos rios, riachos, galerias pluviais saem do leito de escoamento devido a falta de capacidade de transporte de um destes sistemas e ocupa áreas onde a população utiliza como moradia, transporte (ruas, rodovias e passeios), recreação, comércio, indústria, entre outros.

Estes eventos podem ocorrer devido ao comportamento natural dos rios ou ampliados pelo efeito de alteração produzida pelo homem na urbanização pela impermeabilização das superfícies e a canalização dos rios. (TUCCI, 2003).

Tomaz (2011) afirma que para estudos de gestão de águas pluviais ou manejo, são necessários serem levados em consideração não só aspectos técnicos, mas aspectos econômicos, legais e sociais, que de certa forma complicam mais as decisões a serem tomadas.

Os objetivos do manejo de águas pluviais em áreas urbanas são basicamente três:

- Quantidade de água;
- Qualidade;

- Preservação do meio ambiente (Ecologia);

Essa valorização encontra-se sintetizada na Figura 01 a seguir, onde se percebe a equivalência entre diferentes variáveis no manejo de águas pluviais.

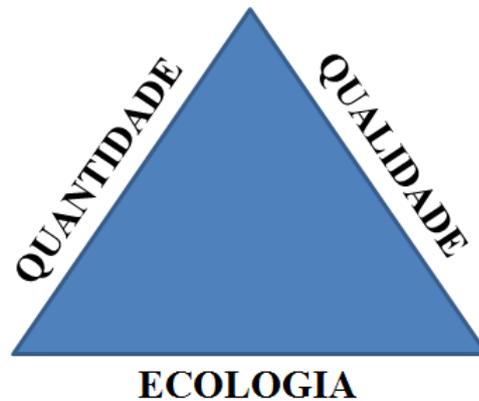


Figura 01 – Triângulo do manejo de águas pluviais: quantidade, qualidade e ecologia.

Fonte: Adaptado de Tomaz, (2011).

Tomaz (2011) ainda afirma que antigamente as decisões eram somente de cunho técnico, necessitando somente de uma obra que tirasse as águas pluviais de um lado e as levasse o mais rapidamente para jusante, sem prejudicar os moradores de montante. Mas isto acarretava mais tarde em problemas para os moradores de jusante. Este é o grande desafio e a complexidade das obras de drenagem na atualidade.

Indo ao encontro da ideia anteriormente apresentada, Miguez (2016), afirma que as práticas tradicionais associadas a projetos de drenagem tendem a focar o problema do escoamento resultante na calha, de forma a adequá-la a esse escoamento. Nessa concepção, a água precisa ser conduzida rapidamente para fora da bacia, de forma a manter sob controle as condições de saúde pública. Tal sistemática tradicional ataca a consequência indesejável, que, no caso, é a concentração de um excesso de água nas calhas ou condutos principais, ocasionado pelo incremento de geração de escoamentos, o que é típico das superfícies urbanizadas. Essa concepção, porém, muitas vezes é responsável pela transferência dos problemas de alagamento para os trechos situados rio abaixo. Isso ocorre com certa frequência, uma vez que essa ação apresenta um viés de atuação local, sem uma consideração integrada do sistema. Além disso, quando o

crescimento urbano acontece sem controle adequado ou sem planejamento prévio, ele acaba por inviabilizar a solução tradicional, aumentando os volumes de água que chegam ao sistema de drenagem ao longo do tempo, como consequência do aumento de áreas impermeáveis na bacia. Nesse cenário, investimentos adicionais para adequar a rede de drenagem às novas vazões de cheia são recorrentes e insustentáveis em uma projeção para o futuro, gerando inúmeros transtornos para a urbanização já constituída.

2.2.1 Conceitos básicos sobre redes de drenagem

Um das maiores referências em drenagem, Tucci (2003) traz algumas definições que são fundamentais para o entendimento da drenagem. Os sistemas de drenagem são definidos na fonte, microdrenagem e macrodrenagem. A drenagem na fonte é definida pelo escoamento que ocorre no lote, condomínio ou empreendimento individualizado, estacionamentos, parques e passeios.

A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais em nível de loteamento ou rede primária urbana. Este tipo de sistema de drenagem é projetado para atender a drenagem de precipitações com risco moderado.

A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de diferentes sistemas de microdrenagem. A macrodrenagem envolve áreas de pelo menos 2km² ou 200 hectares. Estes valores não devem ser tomados como absolutos por que a malha urbana pode possuir as mais diferentes configurações. Este tipo de sistema deve ser projetado para acomodar as precipitações superiores as da microdrenagem com riscos de acordo com os prejuízos humanos e materiais potenciais.

2.2.2 Avaliação das características de bacias hidrográficas

A forma da bacia hidrográfica é importante por influenciar no tempo de alteração da precipitação em escoamento e sua comprovação na seção de controle. Isso é verificado por meio dos coeficientes que permitem quantificar a influência da forma no modo de resposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação.

As bacias hidrográficas apresentam uma variedade infinita de formas, que supostamente refletem o comportamento hidrológico da bacia, ou seja, em uma

bacia circular, toda a água escoada tende a alcançar a saída da bacia ao mesmo tempo.

Já uma bacia elíptica apresenta a saída (exutório) na ponta do maior eixo e, se a área for igual à da bacia circular, o escoamento será mais distribuído no tempo, produzindo, portanto uma enchente menor.

As bacias elípticas são formadas por conjuntos de sub-bacias alongadas que convergem para um mesmo curso principal, nesse caso, uma precipitação uniforme em toda a bacia, origina cheias nas sub-bacias. Porém todo o volume somado não alcança simultaneamente o curso principal.

No caso da bacia possuir uma forma radial ou ramificada, a cheia crescerá, estacionará, ou diminuirá na medida em que forem se fazendo sentir as contribuições das diferentes sub-bacias.

Alguns coeficientes são utilizados na quantificação no que se refere à influência da forma no modo de resposta de uma bacia à ocorrência de uma precipitação, sendo eles o coeficiente de compacidade e o fator de forma.

2.2.3 Conceituações de terminologias associadas a drenagem urbana e seus impactos

Tucci (2005) traz algumas conceituações importantes que diferem o tipo de impacto, causado por aspectos relacionados a drenagem urbana. Onde, de acordo com o autor, as inundações em áreas urbanas resultam de dois processos, que podem ocorrer isoladamente ou de forma integrada.

A ocupação de áreas ribeirinhas reflete-se em um dos problemas mais crônicos associados a drenagem, visto que os rios geralmente possuem dois leitos. O leito menor, onde a água escoar na maior parte do tempo e o leito maior, que é inundado em média a cada dois anos. O impacto devido à inundação ocorre quando a população ocupa o leito maior do rio, ficando sujeita à enchentes;

Os impactos devido à urbanização estão associados a ocupação do solo, com consequente impermeabilização das superfícies e implementação de rede de drenagem, fazendo com que aumentem a magnitude das inundações, bem como a sua frequência. O desenvolvimento urbano pode também produzir obstruções ao escoamento como aterros, pontes, drenagens inadequadas, entupimentos em condutos e assoreamento;

A política na drenagem urbana, que prioriza a simples transferência de escoamento, e a falta de controle da ocupação das áreas ribeirinhas têm produzido impactos significativos que são os seguintes:

- aumento das vazões máximas (em até 7 vezes, Leopold (1968)) devido à ampliação da capacidade de escoamento de condutos e canais, para comportar os acréscimos de vazão gerados pela impermeabilização das superfícies;
- aumento da produção de sedimentos devido à desproteção das superfícies e a produção de resíduos sólidos (lixo);
- deterioração da qualidade da água superficial e subterrânea devido a lavagem das ruas, o transporte de material sólido, contaminação de aquíferos e as ligações clandestinas de esgoto cloacal e pluvial;
- danos materiais e humanos para a população que ocupa as áreas ribeirinhas sujeitas às inundações;
- impactos que ocorrem devido à forma desorganizada como a infraestrutura urbana é implantada, podendo ser citadas: pontes e taludes de estradas que obstruem o escoamento; redução de seção do escoamento por aterros; deposição e obstrução de rios, canais e condutos por lixo e sedimentos; projetos e obras de drenagem inadequadas.

Conforme abordado no Plano municipal de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas de São Caetano do Sul, (2017), o modelo sustentável de gestão de águas pluviais adota fundamentos que orientam os novos sistemas de drenagem, entre eles que o futuro desenvolvimento não pode ocasionar o aumento da vazão de pico das condições naturais; a bacia hidrográfica deve ser planejada como um todo para controle do volume; e, as intervenções de controle e prevenção não devem resultar em transferência dos impactos para jusante.

Para se atingir estes fundamentos são primordiais a adoção combinada de medidas estruturais (convencionais e não convencionais) e medidas não estruturais.

As medidas estruturais convencionais correspondem às obras (estruturas) que visam o escoamento mais rápido das águas pluviais, ou sua retenção em grande escala e pontual. Já as medidas estruturais não convencionais constituem

obras de pequeno porte dispersas na bacia que visam produzir efeitos compensatórios ou impeditivos aos aumentos do escoamento pluvial. Finalmente, as medidas não estruturais correspondem às ações que visam diminuir os danos das inundações não por meio de obra, mas por meio de normas, leis, regulamentos e ações educacionais.

2.2.4 Conceitos básicos de risco associados à Drenagem urbana

É interessantes trazer algumas conceituações básicas associadas a riscos envolvendo encostas e margens de rios. As definições trazidas a seguir são obtidas do relatório elaborado pela equipe técnica do CPRM e defesa civil de Santa Cruz do Sul, intitulado “*Ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação*”, que traz conceitos bem constituídos oriundos livro “*Mapeamento de Risco em Encostas e Margens de Rios*”, do Ministério das Cidades.

- **Vulnerabilidade:** Grau de perda para um dado elemento, grupo ou comunidade dentro de uma determinada área passível de ser afetada por um fenômeno ou processo.
- **Suscetibilidade:** Indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando-se segundo classes de probabilidade de ocorrência.
- **Risco:** Relação entre a possibilidade de ocorrência de um dado processo ou fenômeno, e a magnitude de danos ou consequência sociais e/ou econômicas sobre um dado elemento, grupo ou comunidade. Quanto maior a vulnerabilidade maior o risco.
- **Área de risco:** Área passível de ser atingida por fenômenos ou processos naturais e/ou induzidos que causem efeito adverso. As pessoas que habitam essas áreas estão sujeitas a danos à integridade física, perdas materiais e patrimoniais. Normalmente, no contexto das cidades brasileiras, essas áreas correspondem a núcleos habitacionais de baixa renda.

- **Talude natural:** São definidos como encostas de maciços terrosos, rochosos ou mistos, de solo e/ou rocha, de superfície não horizontal, originados por agentes naturais.
- **Talude de corte:** É definido como um talude, resultante de algum processo de escavação executado pelo homem.
- **Talude de aterro:** Refere-se aos taludes originados pelo aporte de materiais, tais como, solo, rocha e rejeitos.
- **Enchente ou cheia:** Elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga
- **Inundação:** Processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível da calha principal do rio.
- **Alagamento:** Acúmulo momentâneo de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem.
- **Enxurrada:** escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte.
- **Erosão marginal:** Remoção e transporte de solo dos taludes marginais dos rios provocados pela ação erosiva das águas no canal de drenagem.
- **Solapamento:** Ruptura de taludes marginais do rio por erosão e ação instabilizadora das águas durante ou logo após processos de enchente ou inundação.
- **Área de risco de enchentes e inundação:** Terrenos marginais e cursos d'água ocupados por assentamentos habitacionais precários sujeitos ao impacto direto de processos de enchente e inundação.

2.3 DESCRIÇÃO GERAL DO SERVIÇO DE MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS

2.3.1 Caracterização das principais bacias hidrográficas e do Sistema de drenagem atual

Menezes (2014) realizou uma divisão da área total de Santa Cruz do sul, indicando que o município está estabelecido em um terreno caracterizado pela transição entre áreas mais elevadas e íngremes do Planalto para áreas mais rebaixadas e planas da Depressão Periférica, apresentando assim uma série de drenagens encaixadas e afluentes intermitentes como também drenagens com maiores planícies de inundação. Seu território está situado no contato entre três bacias hidrográficas.

O Setor leste do município está inserido na bacia hidrográfica do rio Taquari, o que corresponde a 47% do território municipal. Este setor tem como principais drenagens o rio Taquari – mirim e seus tributários os arroios Schimidt e Pinheiral e mais ao norte o arroio Castelhana que apresenta como principais tributários os arroios Castelhaninho e Chaves e do Tigre. No sul do município, encontramos ainda áreas inseridas na bacia hidrográfica do Jacuí, que correspondem a apenas 8% do território e que são drenadas por afluentes diretos do rio Jacuí, como os arroios Cuoto e Passo da Mangueira (Menezes,2014).

O setor oeste do município está inserido na bacia hidrográfica do rio Pardo, totalizando 45% do território municipal e comporta quase que totalidade da área urbana de Santa Cruz do Sul. Este setor tem como principal drenagem o rio Pardino, cujas nascentes se encontram aquém dos limites municipais e tem seus principais tributários em território municipal os arroios Urube, Grande e Manoelito, além de uma série de outros cursos d'água que cortam e circundam a área urbana, até seu encontro com o rio Pardo, que por sua vez deságua ao sul, no rio Jacuí. Estes cursos d'água, presentes nesta porção oeste, caracterizados por diferentes níveis de intervenção, que juntamente com o rio Pardino, são responsáveis pela drenagem da área urbana, assim como pelas inundações (Menezes (2014). A Figura 4 ilustra o posicionamento do município em relação as bacias hidrográficas presentes.

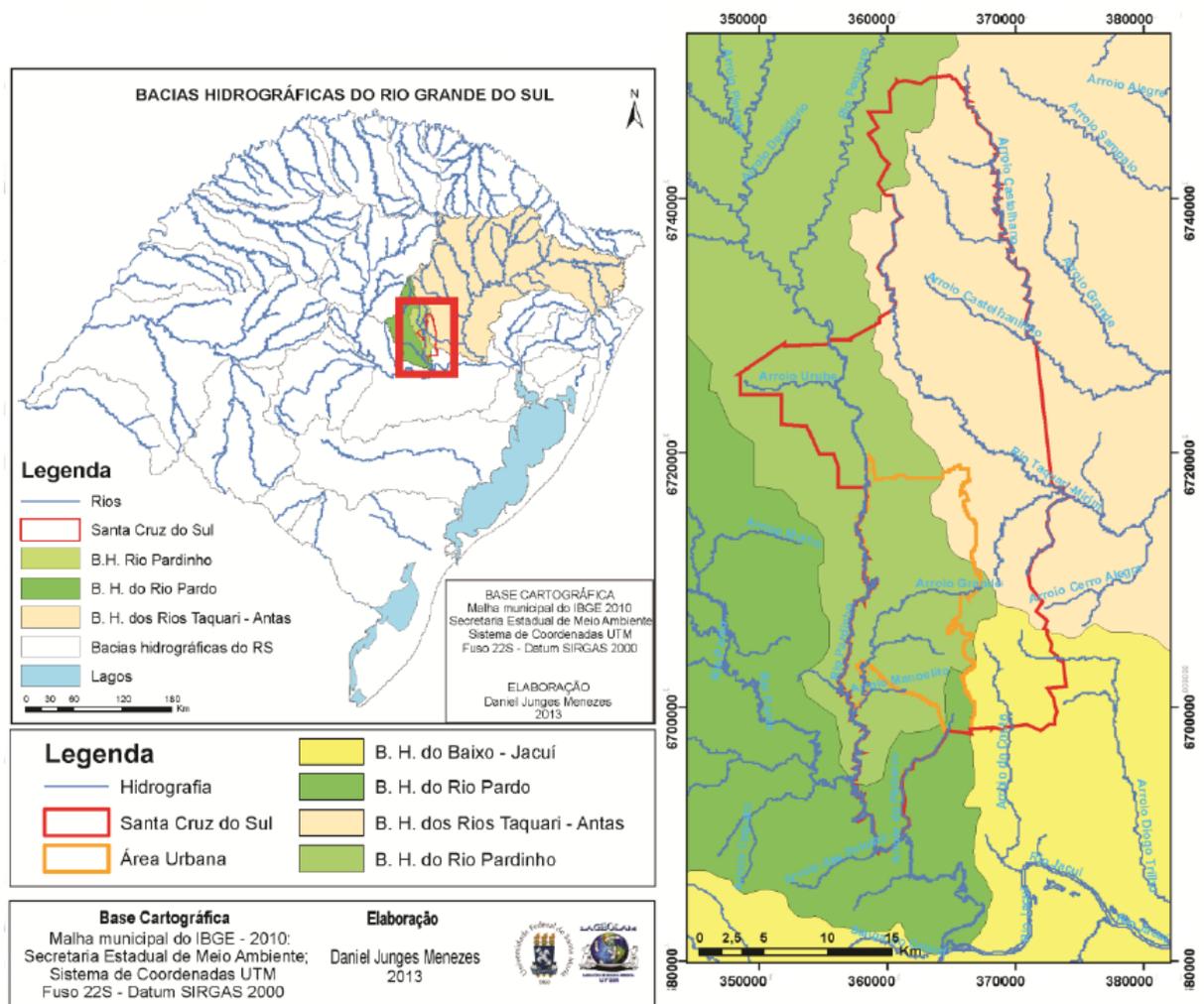


Figura 2 - Mapa hidrográfico de Santa Cruz do Sul

Fonte: Menezes, (2014).

O perfil topográfico, traçado no sentido SO – NE (Figura 3) permite visualizar a variação altimétrica, como também, o divisor de águas que marca o interflúvio das bacias hidrográficas dos rios Pardo e Taquari.

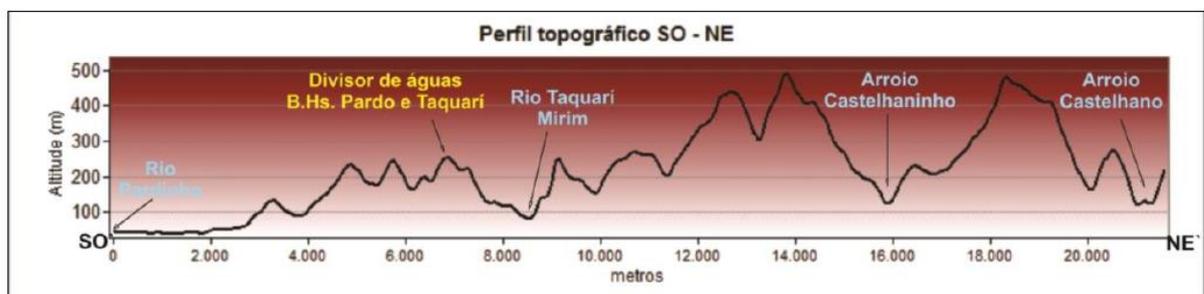
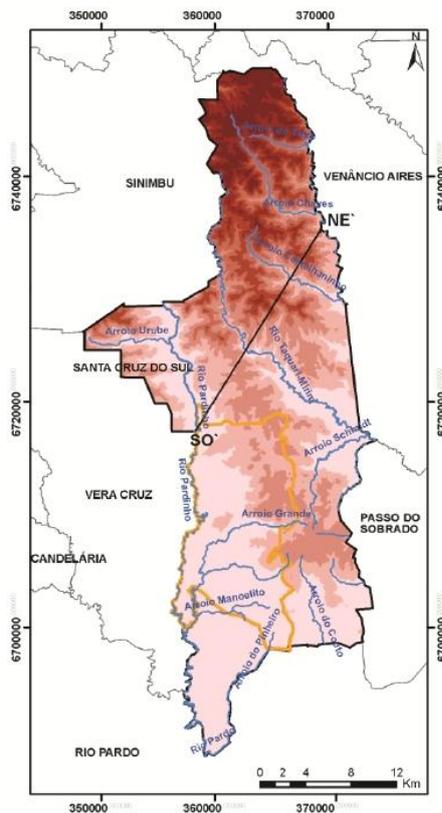


Figura 3 – Perfil topográfico das bacias hidrográficas presentes no município de Santa Cruz do Sul.

Fonte: Adaptado de Menezes (2014)

De acordo com os dados do relatório de riscos do CPRM, o município tem em quase sua totalidade a área urbana pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Pardo, Sub-bacia do Rio Pardo. A cidade fica posicionada na margem esquerda do rio Pardo e diversas drenagens escoam sentido oeste onde fica a planície de inundação.

O contexto geológico da área urbana apresenta rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no lado leste nos platôs com escarpas íngremes, nas bases da escarpa ocorrem rochas sedimentares da Formação Botucatu ou na forma de morros testemunhos, e sustentado os degraus topográficos, ocorre a Formação

Caturrita. A Formação Santa Maria ocorre principalmente na zona urbana e são rochas pelíticas, apresentando-se na forma de relevos que variam de ondulado, a suave ondulado. Os depósitos aluvionares ocorrem nas cotas baixas, sobre a planície de inundação.

A Bacia Hidrográfica do Rio Pardinho passou por intervenções antrópicas no município de Santa Cruz do Sul. Uma barragem da CORSAN para captação de água está instalada no município a montante da área urbana. O Lago Dourado, com capacidade de armazenamento de 3.674.865,70 m³ de água, de acordo com dados oficiais fornecidos pela própria concessionária de abastecimento, ocupando uma área de 90 hectares às margens do Rio Pardinho e junto com a barragem da CORSAN, foi instalado para o gerenciamento do abastecimento de água do município. Entretanto, junto com a barragem e o lago, pequenos ribeirões (arroyos) foram retificados e tiveram sua dinâmica hídrica modificada, é o caso do Arroio Lajeado.

A área urbana foi caracterizada com um maior nível de detalhamento pois é concentrada nesse local que ocorrem os principais problemas, ou de uma forma geral é onde os mesmos são potencializados.

Dessa forma uma caracterização básica é apresentada de cada uma das sub-bacias delimitadas para a área urbana, onde se determinou para cada uma:

- Perímetro (P) – km;
- Área de contribuição (A) – km²;
- Comprimento do recurso hídrico principal (L) – km;
- Coeficiente de compactidade (Kc);
- Fator de forma (F);
- Cotas máximas e mínimas de cada sub-bacia – m;
- Declividade (I) – m/m;
- Tempo de concentração (tc) – minutos;

Nesse caso foram determinadas 10 sub-bacias, das quais 8 tem contribuições diretas sobre a área urbana de Santa Cruz do Sul, conforme visualizado pela Figura 4.

A Tabela 1, a seguir, traz a caracterização de cada sub-bacia com a indicação dos recursos hídrico principal que a drena, os dados utilizados para tais

determinações foram obtidos a partir processamento de imagens de satélite realizado pela própria equipe executora do plano de saneamento.

Tabela 1 – Caracterização das bacias hidrográficas existentes na área urbana de Santa Cruz do Sul

BACIA/ Rec. hídrico	P (km)	A (km ²)	L (km)	(Kc)	(F)	COTAS		I (m/m)	Tc (minutos)
						Máx (m)	Mín (m)		
BACIA 01 Arroio Germânia	16,308	15,197	6,236	1,17	0,39	198	38	0,026	66,62
BACIA 02 Arroio Lajeado	21,864	19,265	6,76	1,39	0,42	215	31	0,027	69,22
BACIA 03 Sem Identificação	17,024	13,923	7,4	1,28	0,25	222	115	0,014	93,92
BACIA 04 Arroio Jucuri	17,714	16,007	6,034	1,24	0,44	182	33	0,025	65,93
Bacia 05 Sem Identificação	6,997	2,473	2,2	1,25	0,51	70	32	0,017	35,37
BACIA 06 Arroio das pedras	28,268	33,99	13,673	1,36	0,18	225	24	0,015	147,92
BACIA 07 Levis Pedroso	25,23	41,149	11,485	1,10	0,31	226	25	0,018	121,57
BACIA 08 Sem Identificação	5,523	1,071	2,08	1,49	0,25	37	21	0,008	45,94
BACIA 09 Arroio Manoelito	22,305	26,563	9,044	1,21	0,32	88	21	0,007	140,28

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer,(2018).

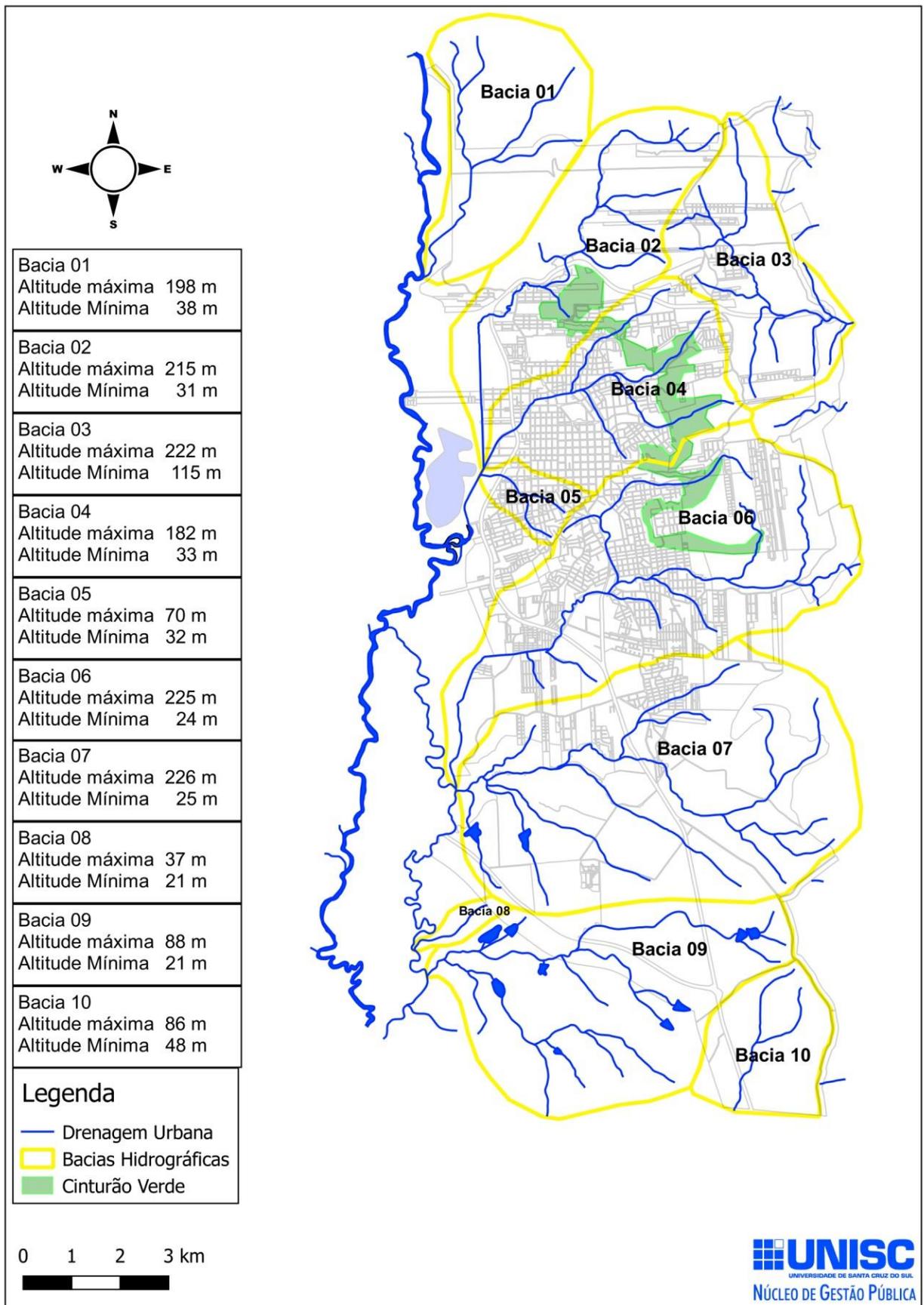


Figura 4 – Divisão das sub-bacias para área urbana de Santa Cruz do Sul.

Fonte: Núcleo de Gestão Pública- UNISC, (2018).

A partir das delimitações realizadas para as bacias urbanas, foram determinados os coeficientes que permitem analisar o comportamento hidrológico dos referidos recursos hídricos. O primeiro coeficiente analisado, foi o coeficiente de compacidade (KC), um índice de forma que relaciona o perímetro da bacia e a circunferência (perímetro) de um círculo de mesma área. Este coeficiente é um número adimensional, variando com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho, sendo que quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Quanto mais próximo da unidade ($K=1$) for este coeficiente, mais a bacia se assemelha a um círculo, podendo ser resumido da seguinte forma:

- 1,00 – 1,25 - bacia com alta propensão a grandes enchentes;
- 1,25 – 1,50 - bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e
- 1,50 - bacia não sujeita a grandes enchentes.

Com base na análise desse fator, as bacias que tem menores tempos de resposta, e por consequência maiores propensões a cheias, são as bacias do Arroio Germânia, Jucurí, Levis-Pedroso e Manoelito.

Um segundo coeficiente de análise é o fator de forma (F) da bacia, que é a relação entre a largura média da bacia e o seu comprimento axial. Quanto mais semelhante a um círculo for uma bacia, maior será a sua capacidade de proporcionar grandes cheias. O fator de forma pode assumir os seguintes valores:

- 1,00 – 0,75 - sujeito a enchentes;
- 0,75 – 0,50 - tendência mediana;
- < 0,50 - não sujeito a enchentes;

Esse coeficiente indica que as bacias tem um formato mais alongado, com valores que indicam uma tendência mediana a enchentes, indo de encontro a análise anteriormente realizada.

É bom frisar que 8 dos 10 recursos hídricos tem seu exutório no Rio pardinho, dessa forma, o nível de água presente no mesmo, pode contribuir em caso de vazões mais elevadas para o represamento da água das sub-bacias contribuintes.

Outro fator que deve ser analisado é a declividade dos corpos da água, fator que contribui para a velocidade de escoamento, sendo diretamente proporcional a

declividade, quanto maior a declividade, maior a velocidade. Porém velocidades elevadas, também podem indicar riscos de erosão das margens e leito mais elevadas. Declividades menos acentuadas podem indicar áreas mais planas onde a velocidade de escoamento é menor, e dessa forma a possibilidade de cheias é maior, pois os picos de vazão demoram mais para serem escoados. Nesse caso as bacias dos arroios Jucurí, Germânia, e Lajeado são de respectivamente de 0,025, 0,026 e 0,027 m/m, em contrapartida, as bacias do Arroio das Pedras e Levis Pedroso, tem declividade de 0,015 e 0,018 m/m.

A Figura 5 a seguir, apresenta uma caracterização básica das bacias hidrográficas no município, a mesma se encontra igualmente nos Anexos do plano, onde é passível de visualização com um maior nível de detalhamento, nesse caso a figura é apresentada com a imagem de satélite de fundo para melhor observação da ocupação da bacia urbana.

Todas essas sub-bacias representam o sistema de macrodrenagem, que foi ao longo dos anos extremamente modificado na cidade de Santa Cruz do Sul.

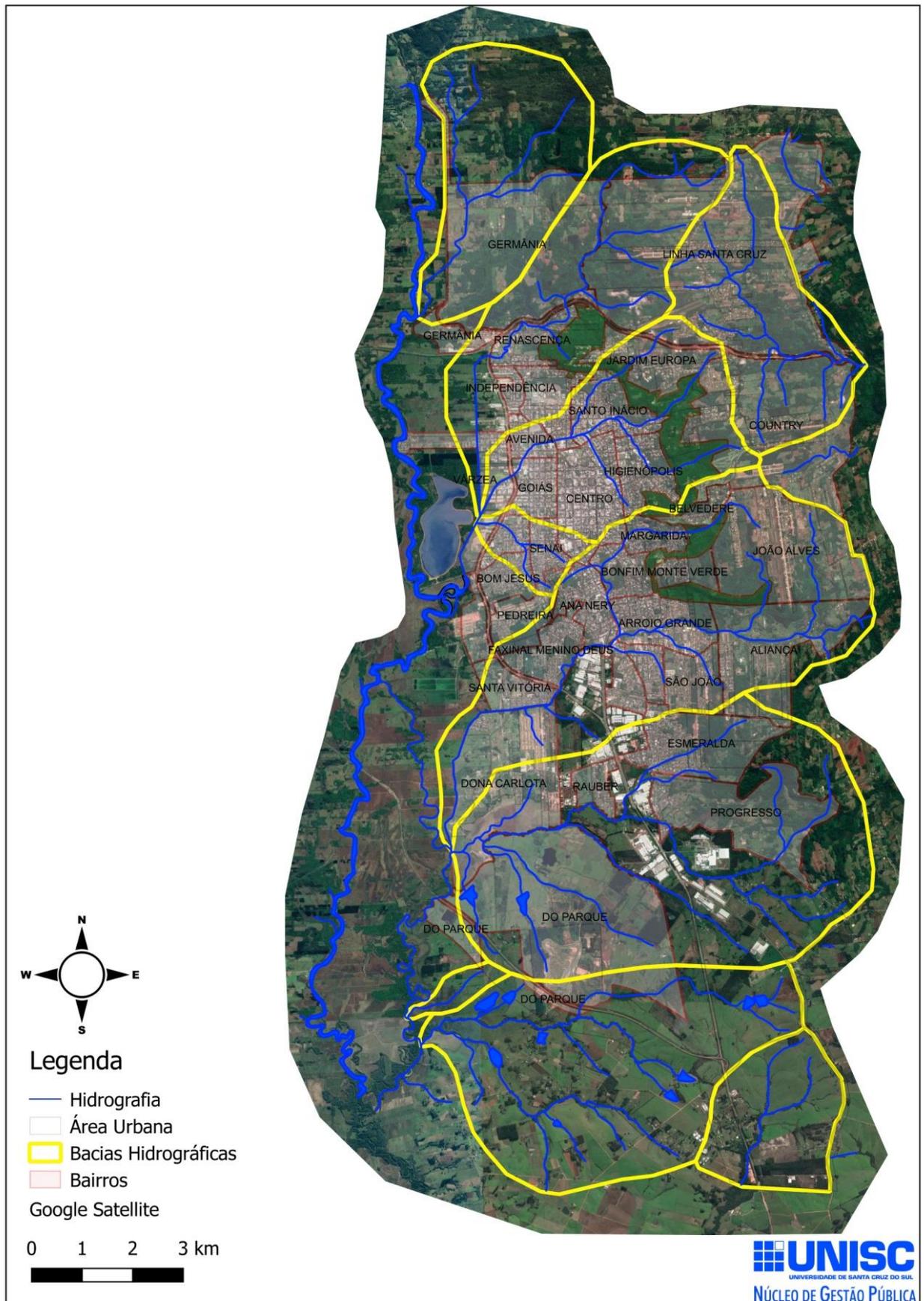


Figura 5 – Divisão da área urbana em sub-bacias

Fonte: Núcleo de Gestão Pública- UNISC, (2018).

Conforme destacado por Menezes (2014), na medida do crescimento da cidade essa foi perdendo a forma ortogonal original com as vias se moldando aos antigos caminhos existentes e a topografia das áreas de expansão. Ao final da década de 70, com o intuito de proporcionar expansão da área urbana e a ocupação de áreas planas localizadas na porção central, se deu início a construção da Av. Imigrante. Construída sobre o curso de um tributário do arroio Jucuri, retificado e posteriormente canalizado, motivado pelo fato que, já na época, acarretavam-se problemas em função do seu transbordamento, se deu a edificação da Avenida Imigrante. Essa obra foi uma das primeiras intervenções junto às drenagens que, juntamente com obras de pavimentação, se intensificam principalmente na porção central da área urbana, após a década de 80, conforme Figura 6.



Figura 6 - Retificação e canalização do arroio Jucuri na Avenida dos Imigrantes

Fonte: Menezes (2014)

O mesmo autor, Menezes (2014) traz um levantamento de extrema valia na análise da modificação da rede de macrodrenagem no município, o mesmo efetuou um comparativo entre uma carta topográfica datada de 1975 e a hidrografia de 2014, no estudo fica evidente o processo de canalização e retificação em algumas das drenagens da área urbana de Santa Cruz do Sul, sendo que significativas áreas expandiram-se em terrenos alocados sobre arroios ou margeando os mesmos.

Destacam-se no contraponto dos dois períodos, a canalização de tributários do arroio Jucuri, a significativa mudança de curso e retilinação na porção jusante

do arroio Lajeado e a canalização do arroio Preto. Mais ao sul, a retificação do arroio das pedras e ainda a canalização de alguns dos seus tributários é perceptível, a Figura 7, traz o mapa elaborado por Menezes 2014.

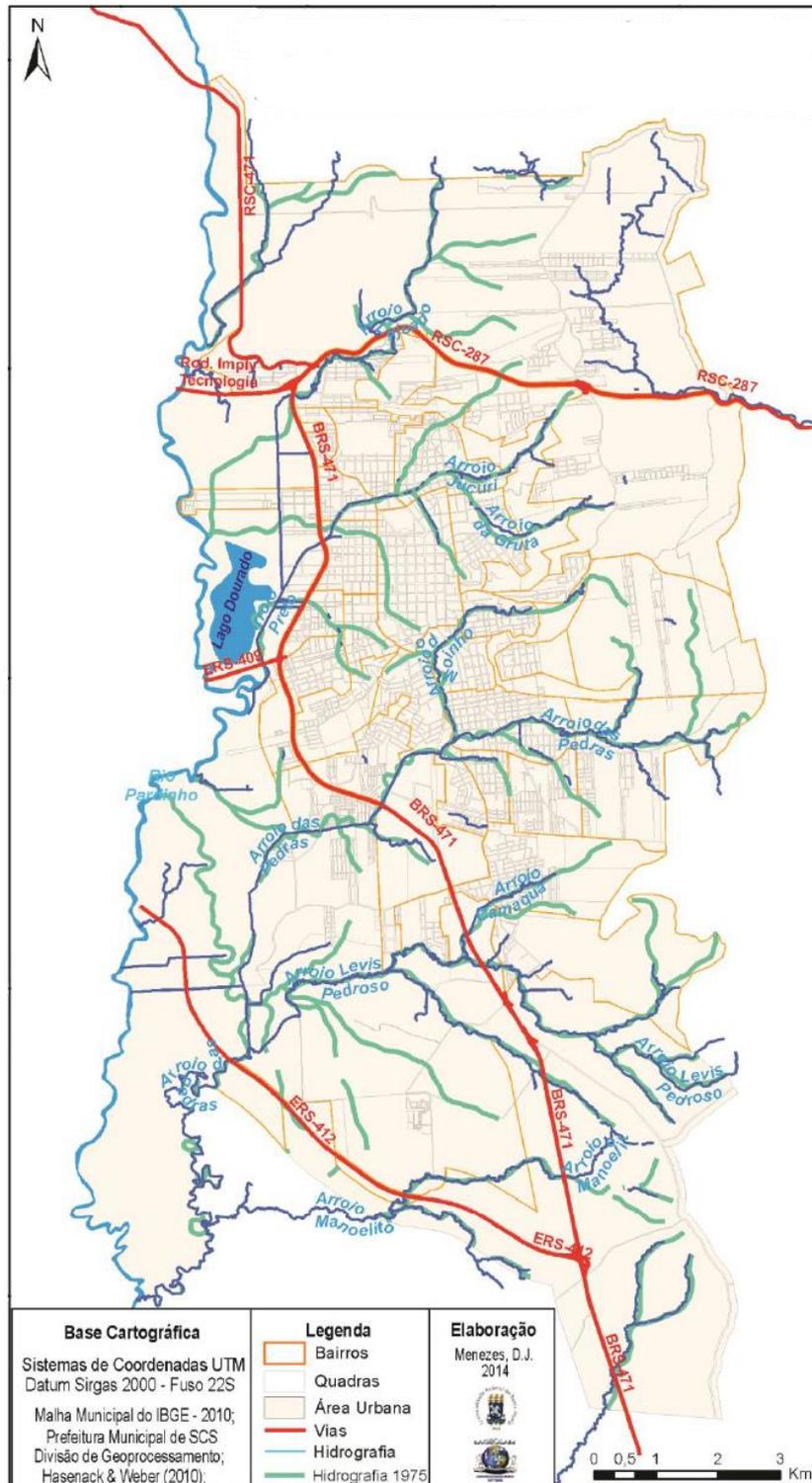


Figura 7 – Comparativo do traçado dos recursos hídricos na área urbana no ano de 1975 e 2014.

Fonte Menezes (2014)

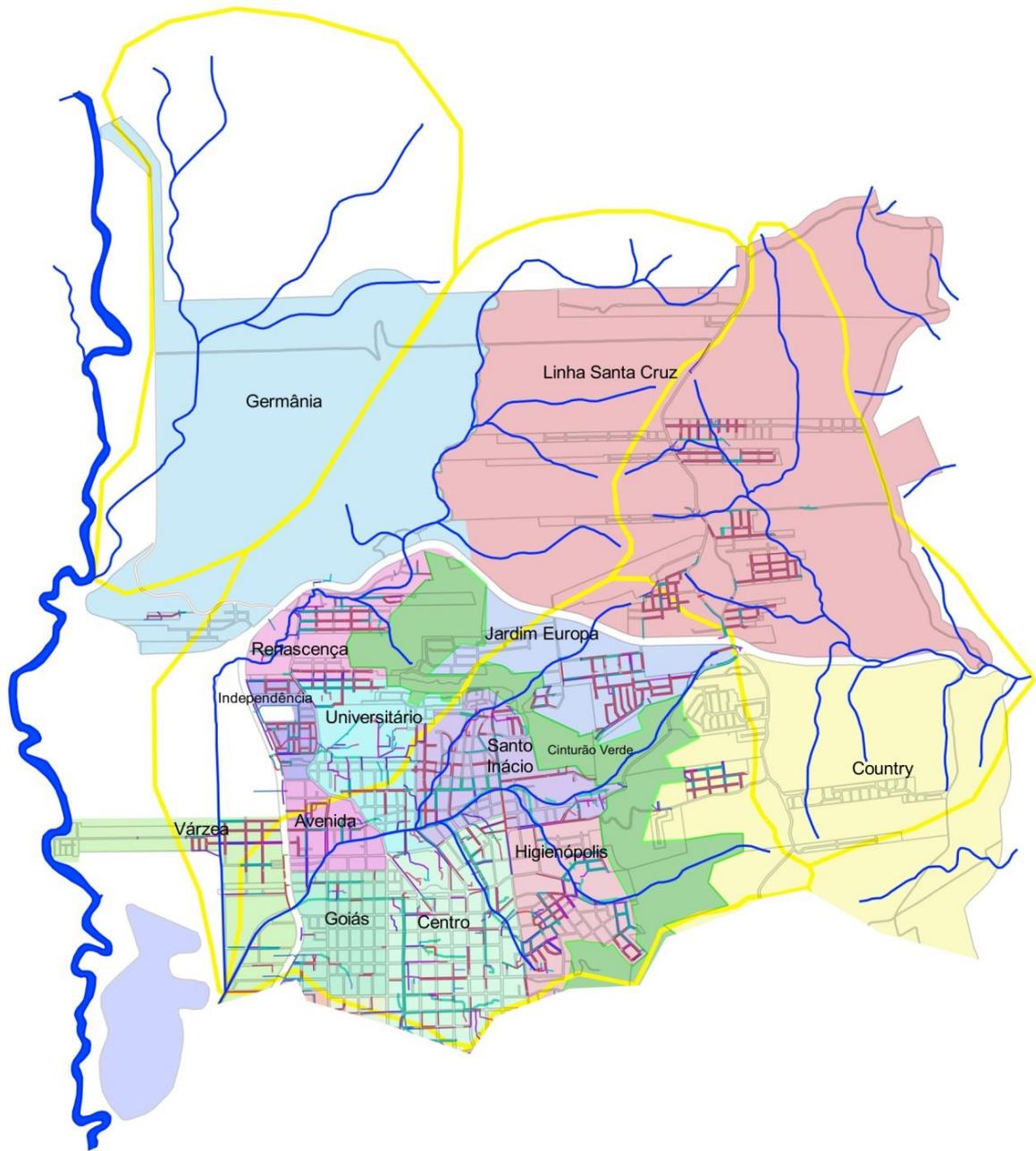
Os recursos hídricos, canalizados ou não, dizem respeito ao sistema de macrodrenagem do município, o qual é abastecido pelas contribuições crescentes das áreas urbanizadas no município. O processo de urbanização, demanda a instalação de um sistema de microdrenagem, responsável por transportar a água da chuva oriunda das contribuições das vias e residências.

Atualmente tem sido realizado um cadastramento das redes existentes no município, é importante destacar que a mesma tem sido realizada com base no conhecimento de funcionários da prefeitura, sendo cadastrada pelo técnico Érico Cunha no setor de Geoprocessamento da Prefeitura. As redes não estão totalmente cadastradas, mas no material disponibilizado durante a execução do diagnóstico observa-se na rede já cadastrada, redes que variam de diâmetros de 0,1 a 1,5 metros. É importante destacar que apesar de não haver uma norma ABNT específica para o dimensionamento de redes pluviais, há atualmente recomendações técnicas que indicam diâmetros mínimos de 400 mm ou 0,4 metros.

A seguir, são apresentados os mapas elaborados com as informações disponibilizadas pela prefeitura, para melhor visualização, efetuou-se uma divisão das sub-bacias contribuintes ao sistema de drenagem, dessa forma há um primeiro mapa é apresentado na Figura 8, com as bacias localizadas ao norte da área urbana do município, compreendendo as contribuições que vão para dois dos principais recursos hídricos da área urbana, o arroio Lajeado e Jucurí.

A Figura 9 apresenta a representação da área central do município, compreendendo a drenagem da bacia do arroio das Pedras, na parte mais central da área urbana.

Já a Figura 10, traz as redes presentes na bacia do arroio Levis Pedroso e Manoelito, região sul da área urbana.



Legenda

Hidric. Canaliz.	0.33 m	0.9 m
Sem dados	0.4 m	1.0 m
0.1 m	0.5 m	1.2 m
0.2 m	0.6 m	1.5 m
0.3 m	0.8 m	

0 1 2 3 km

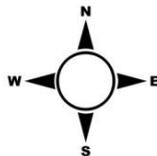
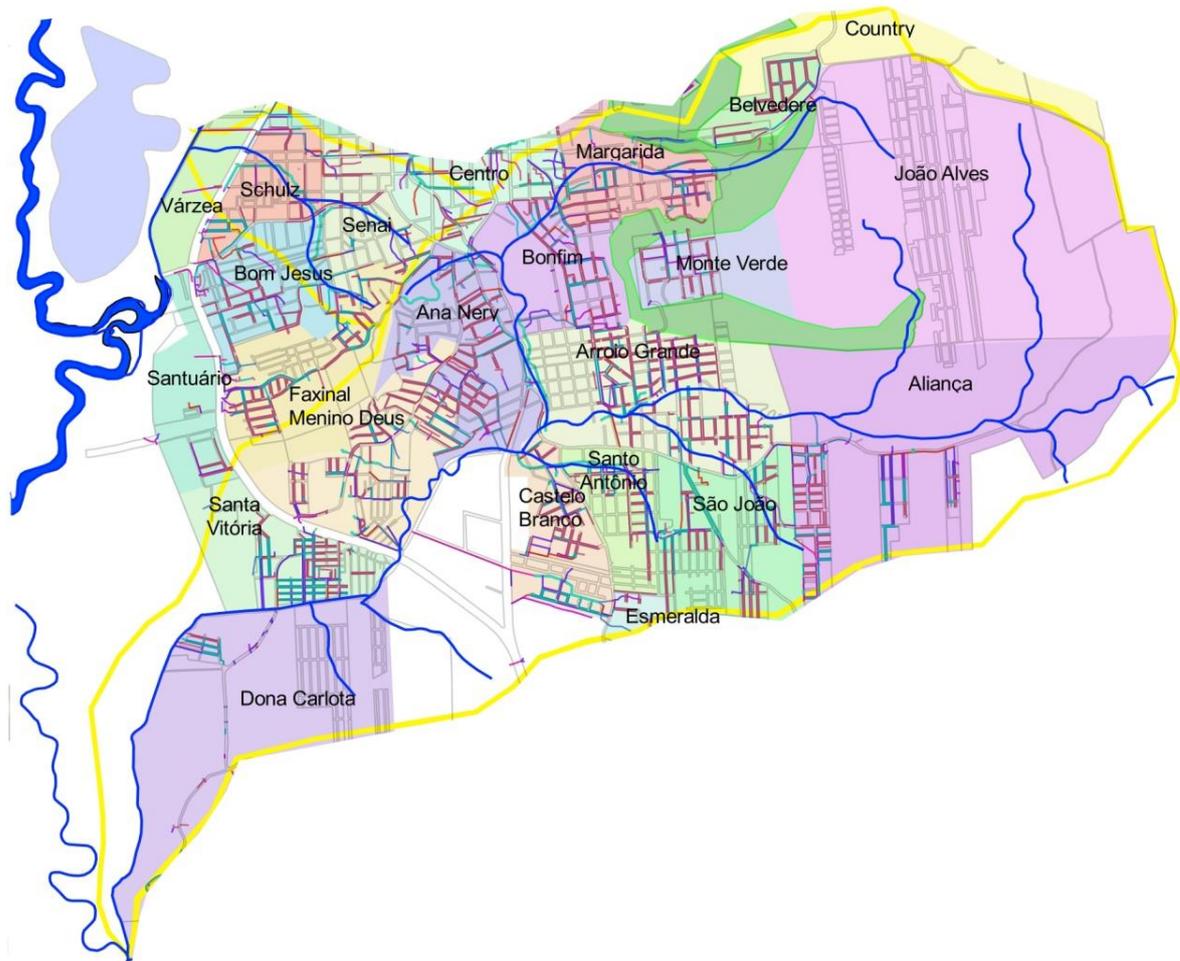


Figura 8 – Representação das tubulações existentes nas bacias localizadas ao norte da área urbana do município de Santa Cruz do Sul.

Fonte: Núcleo de Gestão Pública- UNISC, (2018).

Nesse caso, nas áreas centrais, com canalizações mais antigas, há trechos de redes os quais não se dispõem de informações precisas dos diâmetros existentes. Essas questões podem levar muitas vezes a incompatibilidades de diâmetros de tubulações, no qual observa-se no sentido do fluxo da drenagem trechos de jusante com diâmetros menores que os de montante.



Legenda

Hidric. Canaliz.	0.33 m	0.9 m
Sem dados	0.4 m	1.0 m
0.1 m	0.5 m	1.2 m
0.2 m	0.6 m	1.5 m
0.3 m	0.8 m	

0 0.75 1.5 2.25 3 km

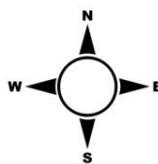
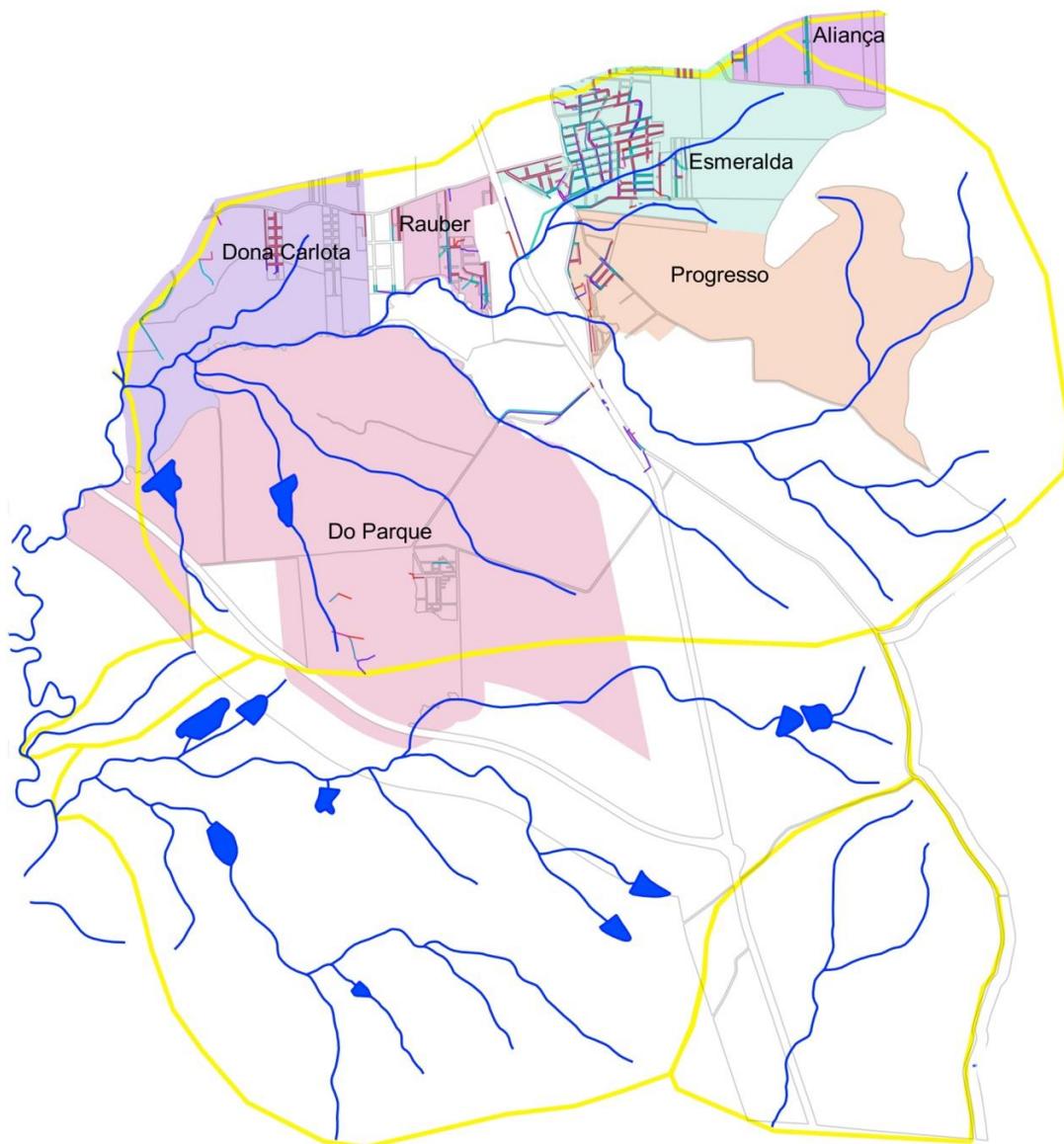


Figura 9 - Representação das tubulações existentes nas bacias localizadas ao centro da área urbana do município de Santa Cruz do Sul.

Fonte: Núcleo de Gestão Pública- UNISC, (2018).

Na área figura anterior, pode se observar um predomínio nas tubulações com diâmetros de 0,5m. A figura a seguir, já representa uma área que ainda tem uma menor densidade populacional, com diâmetros predominantes de 0,4 a 0,5m.



Legenda

Hidric. Canaliz.	0.33 m	0.9 m
Sem dados	0.4 m	1.0 m
0.1 m	0.5 m	1.2 m
0.2 m	0.6 m	1.5 m
0.3 m	0.8 m	

0 1 2 3 km

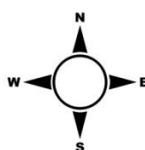


Figura 10 - Representação das tubulações existentes nas bacias localizadas ao sul da área urbana do município de Santa Cruz do Sul.

Fonte: Núcleo de Gestão Pública- UNISC, (2018).

2.3.2 Análise crítica do Plano Diretor Municipal e/ou do Plano Municipal de Manejo de Águas Pluviais e/ou de Drenagem Urbana

O presente plano de saneamento iniciou seu processo de construção em um período de transição entre o plano diretor vigente, regido pela lei complementar nº 335, de 03 de janeiro de 2007. Que Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento Social e Urbano do Município de Santa Cruz do Sul e dá outras providências.

De uma forma geral o plano diretor de 2007 traz algumas indicações positivas em relação a drenagem no município, como as definições de áreas de preservação ambiental, como apresentado na seção II, que define macrozona de preservação ambiental.

Art. 11. A Macrozona de Preservação Ambiental (MP) constitui-se de todas as áreas urbanas das Sedes, das Sedes Distritais, que pelas suas condições de solo, declividade, sistema hídrico, instabilidade geológica e tipo de vegetação, ficam sujeitas a restrições quanto a sua ocupação.

Art. 12. Constitui área de preservação regulamentada por esta Lei:

I - a área demarcada como Cinturão Verde e as áreas similares, que apresentem as mesmas características de vegetação e solo, cujos limites serão estabelecidos em lei municipal específica;

II - todas as áreas com declividade superior a 25%;

III - toda a área ao longo das margens do Rio Pardinho e de seus afluentes sujeitos à inundações;

IV – as margens dos arroios não drenados e não urbanizados, na largura prevista em lei federal, estadual ou municipal; e

V – as áreas comprovadamente impróprias para edificação por estarem sujeitas a deslizamentos devidamente demarcadas pela Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação após estudos técnicos ou constatações locais.

Parágrafo único. Nas áreas de preservação ambiental sujeitas à inundação, especialmente a Várzea do Rio Pardinho, serão permitidas apenas atividades agropecuárias, turísticas e lazer, sendo as edificações limitadas a estas finalidades estabelecidas e localizadas em pontos elevados acima da cota de enchente, mediante a aprovação do Departamento de Meio Ambiente – DEMA.

De acordo com o exposto, há restrições para ocupação de inúmeras áreas, com destaque as margens de recursos hídricos, que apesar de o plano diretor tentar fazer uma distinção entre locais antropizados e não antropizados, e condicionar

ocupações distintas em cada uma das situações, pela legislação federal, para áreas urbanas, não existe tal distinção, devendo se manter um mínimo de 30 metros de área de preservação permanente.

Outra questão muito importante aparece citada na seção VI, que especifica ações necessárias para utilização de áreas classificadas como zonas especiais, de acordo com o mapa de zoneamento (mapa IV), que traz no seu artigo 42, a seguinte indicação, conforme segue:

Art. 42. Os projetos construtivos das residências situadas no Cinturão Verde e na área do Anel de Proteção Superior deverão prever a construção de reservatório de retenção/retardo de águas pluviais, acumulando temporariamente o escoamento adicional causado pela impermeabilização da área.

Porém não há qualquer indicação de que tipo de dispositivo deverá ser utilizado, volume mínimo de retenção da água da chuva, ou qualquer indicação técnica a ser seguida. O que se observa na prática, é que mesmo havendo referência a construção desses dispositivos, não são todos os loteamentos aprovados que os possuem.

A proposta do novo plano diretor, mantém as especificações em relação as macrozonas de preservação ambiental, como apresentado em sua seção II, artigo 12 e 13.

Art. 12 A Macrozona de Preservação Ambiental (MP) constitui-se de todas as áreas urbanas das Sedes, das Sedes Distritais que, pelas suas condições de solo, declividade, sistema hídrico, instabilidade geológica e tipo de vegetação, ficam sujeitas a restrições quanto a sua ocupação.

Parágrafo único. A Macrozona de Preservação Ambiental (MP) está constituída pelas áreas delimitadas nos Mapas III e VIII, anexo a esta Lei.

Art. 13 Constituem áreas com restrição de ocupação as que integram a Macrozona de Preservação Ambiental (MP):

I - a área demarcada ou definida como Cinturão Verde;

II - a área demarcada ou definida como de possível ampliação do Cinturão Verde

III - as áreas demarcadas como corredores ambientais por ato do órgão ambiental municipal;

IV - áreas sujeitas a alagamento ou a inundação; e

V - as áreas comprovadamente sujeitas a condições geológicas que não aconselham a edificação, devidamente demarcadas pela Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão, após estudos técnicos ou constatações locais.

Parágrafo único. Além das áreas mapeadas, são consideradas de preservação ambiental todas as áreas definidas como APP's (Área de Preservação Permanente), segundo a legislação vigente.

A proposta do novo plano diretor, traz algumas especificações importantes em relação a demarcação de áreas de interesse social e ambiental para o município de Santa Cruz do Sul. Corroborando com o que era apresentado na lei complementar nº 335, de 03 de janeiro de 2007, nesse sentido são destacados dentro da seção IV, que traz as zonas de ocupação controlada para o município e com especial destaque os artigos 39 e 40, da referida lei.

Art. 39 Consideram-se Zonas de Ocupação Controlada - ZOC todas que, pelas suas características de topografia, geologia e cobertura florestal, necessitarem de proteção e regulamentação especial, sendo:

I áreas sujeitas a alagamento – ZOC1;

II. áreas que compõe o Cinturão Verde – ZOC2;

III. áreas com Potencial de Expansão do Cinturão Verde – ZOC3;

IV. áreas que compõe os Corredores Ambientais – ZOC4; e

V. áreas ditas de Suscetibilidade e Risco a Movimento de Massa - ZOC5.

Art. 40 Nas áreas que contemplam a Zona de Ocupação Controlada sujeita a alagamentos, serão permitidas apenas atividades agropecuárias, turísticas e de lazer, sendo as edificações limitadas a estas finalidades estabelecidas em pontos elevados acima da cota de enchente, mediante aprovação do Órgão Ambiental Municipal.

Ainda na mesma seção, é apresentado o artigo 46, que traz a definição de corredores ambientais.

Art. 46 Os Corredores Ambientais serão compostos das faixas marginais de arroios existentes, preferencialmente sem urbanização em seu entorno imediato, nas larguras mínimas de 50 (cinquenta) e 100 (cem) metros desde a borda da calha do leito regular, conforme delimitação específica do Mapa IV, garantindo a manutenção às Áreas de Preservação Permanente conforme leis específicas e possibilitando a futura implementação de corredores para conservação da biodiversidade.

Um aspecto que merece destaque na nova revisão do plano diretor é o estabelecimento de uma seção específica para tratar do manejo e drenagem de águas pluviais, apresentado na seção III, artigos 160 a 164. Vale resaltar que o novo plano diretor, até o período de finalização do diagnóstico, não havia sido aprovado na câmara de vereadores.

Art. 160 Constituem diretrizes relativas aos serviços de manejo e drenagem pluvial:

I promover articulação com o Governo Federal e Estadual, objetivando à implantação de estudos e intervenções relativas a micro e macrodrenagem do município e região;

II desenvolver e implantar programas de serviços de desassoreamento e desobstrução dos cursos d'água, objetivando a melhoria da capacidade de escoamento dos sistemas de micro e macrodrenagem;

III. promover a ampliação do sistema de microdrenagem (galerias de águas pluviais e bocas de lobo), considerando a alta vulnerabilidade do solo aos processos erosivos;

IV. priorizar a implantação e ampliação da rede de galerias de águas pluviais, notadamente nos bairros onde estão programadas obras de pavimentação;

V. estabelecer normas para implantação de loteamentos, vias, logradouros e obras de movimentação de terra, considerando a topografia acidentada e a alta vulnerabilidade do solo aos processos erosivos;

VI. promover a implantação e o desenvolvimento, em parceria com a Defesa Civil, de programa de monitoramento das águas sujeitas a inundações;

VII. promover a implementação de Plano de Contingência para situações críticas decorrentes de chuvas intensas, mediante a articulação de ações preventivas e emergenciais junto à Defesa Civil e à segurança urbana;

VIII. estabelecer parâmetros para detenção e retenção das águas pluviais em novos loteamentos, condomínios de lote e edificações e demais empreendimentos urbanísticos e serem implantados em áreas ainda não urbanizadas;

IX. incentivar a detenção, retenção e reaproveitamento das águas pluviais em edificações novas e existentes na região urbanizada e consolidada da cidade, especialmente na região central.

Art. 161 Todos os empreendimentos urbanísticos, compreendendo loteamentos e condomínios de lote, deverão apresentar área destinada aos reservatórios de retenção ou detenção de águas pluviais, resultantes de precipitações intensas e efluentes líquidos tratados.

§1º Para efeito de cálculo da demanda prevista, deverão ser consideradas como áreas a serem impermeabilizadas o sistema viário, incluindo passeio público, e a ocupação dos lotes, considerando a Taxa de Ocupação – TO máxima prevista para o local.

§2º A área destinada ao reservatório de retenção ou detenção das águas pluviais poderá ser considerado como área pública, desde que limitado a no máximo 35% (trinta e cinco por cento) da área pública total a ser doada ao Município, conforme legislação vigente.

Art. 162 Os projetos construtivos das edificações situadas no Cinturão Verde e no Anel de Proteção Superior, em loteamentos sem bacias de detenção ou retenção de águas pluviais, deverão prever a construção de reservatório de detenção/retardo de águas pluviais com capacidade mínima de 1.000L, acumulando temporariamente o escoamento adicional causado pela impermeabilização da área.

Art. 163 As canalizações pluviais a serem executadas em loteamentos e condomínios de lotes deverão preferencialmente se localizar sob o passeio público em frente aos lotes.

Parágrafo único. Quando houver impossibilidade técnica para execução da canalização pluvial sob o passeio público em frente ao lote, a mesma

deverá ser executada onde houver condições adequadas desde que atenda as seguintes exigências:

I - averbação da servidão para canalização pluvial na matrícula do lote, devidamente descrita em todas as suas dimensões e localização, acompanhada de faixa não edificante de no mínimo de 5,00m (cinco metros) a partir da servidão, para acesso e manutenção da canalização;

II - a área onde se localizará a servidão e a faixa não edificante não poderá receber aterro além do aprovado em projeto junto ao Poder Público, com o objetivo de não inviabilizar o acesso à canalização em caso de necessidade de manutenção;

III. a área que integrará a faixa não edificante não poderá fazer parte do tamanho mínimo do lote determinado pela legislação que regulamenta o parcelamento do solo;

IV. toda e qualquer benfeitoria executada por proprietário ou ocupante do lote, sobre a faixa não edificante, não será passível de receber indenização por parte do Poder Público Municipal, quando necessária a sua remoção ou demolição para manutenção da rede pluvial.

Art. 164 As edificações cuja Taxa de Ocupação – T.O. ultrapassar a área de 250,00m², a serem executadas nos locais cujo parcelamento do solo não contempla retenção ou detenção das águas pluviais, deverão apresentar projeto de captação destas, com ou sem reutilização das mesmas. §1º Para edificações unifamiliares será exigido reservatório com capacidade mínima de armazenamento ou retenção de 1.000L.

§2º Para edificações multifamiliares do tipo H3 será exigido reservatório com capacidade mínima de armazenamento ou retenção de 500L por unidade habitacional, podendo ser individual ou coletivo. §3º Para as demais edificações, cuja Taxa de Ocupação T.O. for de 250,00m² até 500,00m² será exigido reservatório com capacidade de armazenamento ou retenção de 2.000L, e com T.O. superiores a 500,00m² acrescenta-se 250L a cada 100m² e fração de T.O. ao reservatório mínimo previsto.

§4º Para reutilização das águas pluviais deverão ser atendidas as normas NBR 10.884/89 e NBR 15.527/07.

§5º As regularizações de edificações comprovadamente existentes anteriormente a vigência desta Lei não estarão obrigadas ao atendimento deste artigo.

§6º Para obtenção da certidão de HABITE-SE, o sistema de armazenamento ou retenção das águas pluviais deverá estar devidamente instalado e em funcionamento.

§7º O executivo municipal poderá conceder incentivo fiscal e/ou potencial construtivo, a ser definido em lei específica, àqueles que atenderem as exigências das normas NBR 10.884/89 e NBR 15.527/07.

Outro aspecto a ser destacado, e que deve ser aplicado em situações que possam afetar significativamente o fluxo da água da chuva, a taxa de impermeabilização e a qualidade dos recursos hídricos é a possibilidade de se exigir em situações específicas Estudos de Impacto de Vizinhança, especificando no plano diretor pela seção IX, artigos 183 a 184.

Art. 183 Serão necessários estudos prévios de impacto de vizinhança (EIV) para obras, empreendimentos ou atividade potencialmente impactantes,

públicas ou privadas, que possam causar impacto ao meio ambiente, ao sistema viário e à qualidade de vida da comunidade, no meio urbano ou rural do Município. Parágrafo único. A regulamentação do Estudo Prévio de Impacto de Vizinhança – EIV, dar-se-á por lei específica.

Art. 184 O EIV será executado de forma a contemplar os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e suas proximidades, incluindo a análise, no mínimo, das seguintes questões:

- I adensamento populacional;
- II. equipamentos urbanos e comunitários;
- III. uso e ocupação do solo;
- IV. valorização imobiliária;
- V. geração de tráfego e demanda por transporte público;
- VI. ventilação e iluminação;
- VII. paisagem urbana e patrimônio natural e cultural;
- VIII. poluição ambiental; e
- IX. risco à vida ou à saúde da população.

2.3.3 Levantamento da legislação existente sobre uso e ocupação do solo e seu rebatimento no manejo de águas pluviais

Quando se fala de uso e ocupação do solo, uma das principais legislações vigentes é a lei complementar 66/2001, que institui o código de obras do município de Santa Cruz do Sul, disciplina a sua aplicação e dá outras providências. No seu capítulo II, seção II, são trazidas importantes delimitações para a localização de terrenos, fundações e construções junto a cursos de água.

Art. 55. As edificações deverão manter os seguintes afastamentos mínimos de canais retificados:

I - quando existir canal em concreto armado, descoberto: 3m (três metros);

II - quando existir canalização em pedra grês ou similar descoberto: 4m (quatro metros);

Art. 56. Será permitida construção sobre canais retificados, sem respeitar os limites acima desde que:

I - possua cobertura executada em concreto armado mediante projeto aprovado pela Prefeitura Municipal;

II - que a estrutura da edificação seja totalmente independente e desvinculada da laje e paredes laterais do canal;

III - seja assegurado acesso às caixas de inspeção, quando necessário.

Parágrafo único - As edificações sobre canalização de tubos em concreto poderão ser autorizadas mediante projeto com estrutura totalmente independente.

Quando da elaboração do diagnóstico para o presente plano de saneamento, sempre destacou-se, a grande quantidade de recursos hídricos retificados e canalizados na área urbana do município de Santa Cruz do Sul, e não só isso, mas como persiste a ocupação das margens desses pequenos córregos e arroios. Percebe-se que o código de obras tenta legitimar a ocupação dessas áreas, tentando descaracterizar as áreas de preservação permanente.

Cabe salientar, que sempre existiu muita controvérsia em relação a canalização de recursos hídricos, que anteriormente, em âmbito estadual, presente na resolução consema nº 288/2014, existia somente o código de ramo de atividade (CODRAM) nº 3463-10 – canalização de cursos d'água. Nesse sentido, de acordo com interpretações da legislação, o termo canalização era utilizado erroneamente, não significando o fechamento de cursos d'água com tubos de concreto, mas sim representando a construção de um canal (ABERTO), artificial, com material poroso,

para reforço do talude, com afundamento ou não do talvegue, do recurso hídrico que, em estudo técnico detalhado, demonstre esta necessidade. O entubamento, erroneamente chamado de “canalização”, apenas é permitido para a condução de efluentes (esgoto cloacal e outros), entre o local gerador até o local onde será tratado, e/ou do local de tratamento até a disposição final, e também na condução de águas pluviais. Desta forma, não existe modalidade de Licenciamento Ambiental para entubamento/fechamento / “canalização” / construção de galeria, etc., de recursos hídricos. Muitas pessoas (inclusive prefeituras) estão entubando recursos hídricos no intuito de descaracterizar a respectiva Área de Preservação Permanente – APP, para utilizar os terrenos para edificação ou plantio.

Porém no ano de 2018, foi publicada a resolução Consema nº 372/2018, que trouxe um código de ramo específico para o entubamento de recursos hídricos, através do CODRAM 3463,10 – tubulação de cursos d’água natural em área urbana, passando a atribuição desse licenciamento para os municípios.

É importante frisar que o fechamento completo de um ambiente aquático, com tubos ou galerias, leva a um completo colapso do ecossistema aquático, visto que assim como a vegetação terrestre, é totalmente dependente da luz solar, a base das teias alimentares aquáticas também o é. Quando um rio é entubado, fechado, as algas, o fitoplâncton, as macrófitas aquáticas, enfim todos os vegetais morrem. Quando a base morre, todo o ecossistema entra em colapso. As extinções começam em efeito dominó, até a grande maioria dos organismos locais desaparecerem. Enterrar um rio é condená-lo a se transformar num simples conduto de esgoto *in natura*, sem vida, o que por consequência também compromete a capacidade de auto-depuração dos poluentes presentes nos recursos hídricos, potencializando o efeito oriundo de contribuições sanitárias, sejam elas tratadas ou não. O entubamento destrói com a paisagem, um dos itens que definem legalmente o meio ambiente. Destruir com a paisagem também é uma forma de poluição e degradação. Um rio enterrado é um rio a menos para a utilização pela fauna, flora e pela população.

No Capítulo II, são tratadas instalações para escoamento de águas pluviais, de infiltração e de piscinas.

Art. 134. Os terrenos ao receberem as edificações, serão convenientemente tratados para dar escoamento às águas pluviais, de infiltração e de piscinas.

Art. 135. As águas de que trata o artigo anterior, serão canalizadas para a rede de esgoto pluvial ou, quando esta não existir, para cursos de água ou para a sarjeta com canalização embutida sob o passeio.

Nesse caso as recomendações são extremamente simples e diretas, sem maiores detalhamentos estruturais ou mesmo indicações construtivas específicas.

2.3.4 Descrição da rotina operacional, de manutenção e limpeza da rede de drenagem natural e artificial.

De acordo com informações repassadas pelo poder público municipal, não há um roteiro programado para as limpezas preventivas no sistema de micro-drenagem no município. Essa atividade é uma incumbência da secretaria de transporte e serviços urbanos. Sendo realizada por demanda de acordo com observações feitas pelos próprios funcionários, ou mesmo por solicitações da população de Santa Cruz do Sul.

A prefeitura utiliza de maquinário e funcionários próprios da secretaria de transportes e serviços públicos, com exceção do sistema de desentupimento e lavagem, que é terceirizado e solicitado por demanda. A Figura 11 e a Figura 12, ilustram parte da rotina operacional para manutenção e limpeza das redes.



Figura 11 – Material disponível para pronto uso pela Secretaria de Transportes e serviços urbanos.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).



Figura 12 – Manutenções executadas nas redes para o desentupimento.

Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, (2018).

Em relação aos canais disponíveis para o diálogo entre população e prefeitura, é disponibilizado por meio do aplicativo *WhatsApp*, um número para contato direto, pelo número (51) 9 8443-0312, a população pode enviar sugestões, fazer elogios, críticas, denúncias, reclamações e sanar dúvidas sobre o serviço público.

Ao fazer o contato, o usuário recebe um protocolo, por meio do qual poderá acompanhar o andamento da solicitação, conforme ilustrado pela Figura 13.

Para quem não utiliza o aplicativo, os contatos ainda podem ser feitos pelo telefone (51) 3713-8201 ou pelo e-mail secom@santacruz.rs.gov.br

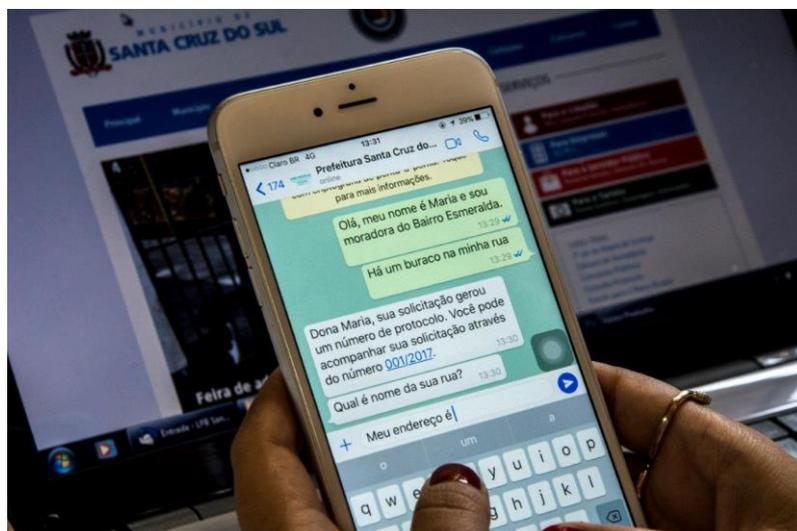


Figura 13 – Demonstrativo dos canais de comunicação existentes entre população e Prefeitura.

Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, (2018)

Em períodos de chuva, a prefeitura também disponibilizou um canal direto para que fossem feitas solicitações diretas em relação a problemas de drenagem, ou alagamentos, conforme apresentado na Figura 14.



Figura 14 – Aviso enviado em período de precipitações intensas no município.
Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, (2018).

A mensagem anterior foi emitida e compartilhada através das redes sociais da prefeitura, tendo sido emitida no período da páscoa de 2018, nos dias 31 de março e 1º de abril.

Há também um canal direto com a Defesa Civil do município, para atender especialmente casos onde há riscos materiais e principalmente humanos envolvidos. São realizados resgates que se utilizam de caminhões da prefeitura e exército.

2.3.5 Identificação da existência de sistema único (combinado) e de sistema misto

Em relação a especificações sobre o tipo de sistema de coleta da água pluvial e esgotamento sanitário, primeiramente, com base no manual de saneamento da Funasa (2015), podem ser definidos de duas formas, conforme segue:

- **Sistema unitário ou combinado:** consiste na coleta e transporte das águas pluviais, dos esgotos domésticos, dos eventuais despejos industriais e das águas de infiltração numa única rede de canalizações. No Brasil, o uso deste sistema unitário não é permitido, entretanto na Europa, na Ásia e na América do Norte, onde o índice pluviométrico geralmente é inferior a um terço da média brasileira, o uso do sistema unitário ainda é comum, pois apresenta como vantagem a construção de uma única tubulação. As dimensões dos condutos e obras complementares são grandes, pois no dimensionamento da rede coletora deve ser prevista a precipitação máxima somada com a vazão dos esgotos sanitários. O custo de implantação é elevado, porém geralmente menor do que aquele correspondente a duas redes independentes.
- **Sistema misto:** a rede é projetada para receber o esgoto sanitário e mais uma parcela das águas pluviais. A coleta dessa parcela varia de um país para outro. Em alguns países colhem-se apenas as águas dos telhados; em outros, um dispositivo colocado nas bocas de lobo recolhe as águas das chuvas mínimas e limita a contribuição das chuvas de grande intensidade; em alguns países denominam de mistos os sistemas que recebem ligações clandestinas de águas pluviais. Tal como o sistema unitário ou combinado, o sistema misto não é permitido no Brasil.

Como mencionado anteriormente, no **Sistema separador (convencional)** os esgotos sanitários são coletados e transportados em canalização completamente separada daquela em que escoam as águas pluviais. É o sistema predominante no Brasil, sendo o único atualmente aplicável por exigência da legislação ambiental, podendo também assumir a forma condominial

Maiores detalhamentos dessa questão podem ser obtidos no tomo específico de esgotamento sanitário. As informações que constam é que como a rede pluvial apresenta uma abrangência maior em relação a rede de esgotos, a mesma é utilizada para disposição tanto de efluentes sem tratamento, como efluentes tratados

oriundos de tratamento através de fossa séptica e filtro anaeróbico ou sistemas mais rudimentares, que nesse caso são irregulares. É recorrente em vários pontos do município a presença de odores característicos de processos anaeróbicos saindo através de bocas de lobo. Tais que podem se desenvolver em tubulações nas quais o transporte do líquido se dá em baixas velocidades. Usualmente esses odores são exalados por bocas de lobo. Isso é um indicativo claro da disposição inadequada de efluentes.

A rede de macrodrenagem, ou seja, os corpos hídricos que permeiam a área urbana do município apresentam características claras que indicam processos crônicos de poluição, o que muitas vezes em detrimento a questões estéticas e sanitárias, acaba-se por pressão da população que ocupa o seu entorno, sendo um motivador a mais para que o mesmo seja totalmente encapsulado.

A partir dos dados fornecidos pelos relatórios enviados ao SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento), referentes ao ano de 2017, o município conta atualmente com 542,37 km de vias públicas, das quais 402,45 km com pavimento e meio-fio (ou semelhante). Estão instalados 3.947,00 bocas de lobo e 3.833,00 poços de visita (PV).

2.3.6 Identificação e análise dos principais problemas relacionados ao serviço de manejo de águas pluviais e levantamento da ocorrência de desastres naturais no município relacionados com o serviço de manejo de águas pluviais

Para análise dos pontos de ocorrência de desastres naturais, no município de Santa Cruz do Sul, se fez o uso, principalmente de informações referentes a Defesa Civil, repassadas diretamente por agentes que atuam rotineiramente na gestão dessas áreas, e por relatórios já concebidos, como o relatório “ação emergencial para reconhecimento de áreas de alto e muito alto risco a movimentos de massa, enchente e inundação”, elaborado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM, órgão vinculado ao ministério de minas e energia. O relatório é recente, tendo sido elaborado e publicado no ano de 2016. Com base nos dados apresentados, foi elaborada uma síntese dos setores de risco, conforme apresentado na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - Síntese dos setores de risco de Santa Cruz do Sul/RS

ID	LOCAL	TIPOLOGIA
1	Rua Irmão Emílio, B. Várzea	I
2	Praia dos Folgados, B. Várzea	I / EF / SM
3	Rua Vinte Oito de Setembro, B. Várzea	I
4	Rua Travessa DAER, B. Bom Jesus	I
5	Rua João F. Rauber, B. Santa Vitória	I / EF / SM
6	Rua das Carrocinhas, B. Dona Carlota (Lot. Beckenkamp)	I
7	Corredor Morch, B. Dona Carlota	I
8	Rua Travessa 2/Afonso Pohl, B. Rauber	I
9	Av. Dep. Euclides N. Kliemann, B. Progresso	I
10	Rua Dr. Álvaro Correa da Silva Bairro, Santo Inácio	R
11	Rua Carlos Luis Kolberg/ Rua João Werlang, B. Belvedere	R / D / ES
12	Rua Antônio Assmann, B. Belvedere	QB
13	Rua Lothario Bartholomay/Irmão Pedro, B. Margarida	E / D / QB
14	Rua Irmão Pedro, B. Margarida	E / ES / D
15	Rua Irmão Willibaldo / Beco Lotário F. Heuser, B. Margarida	D / QB
16	Travessa Krug, B. Pedreira	D / E

Legenda: I = inundação /EF = erosão fluvial /SM = solapamento da margem/ R = rastejo/

D = Deslizamento/ E = enxurrada/ ES – erosão de solo/ QB = Queda de blocos

Fonte: CPRM, (2016)

O diagnóstico aqui apresentado utiliza-se dessas informações, porém as apresentando por áreas de ocorrência, priorizando as sub-bacias já apresentadas aqui. São somadas as informações já obtidas pela defesa civil, a relatos de funcionários da prefeitura e população local, para trazer alguns dos problemas observados em relação a drenagem no município. O enfoque das análise aqui realizada, se dá em relação a área urbana, pois é nesse ponto que observa-se os efeitos mais significativos e da mesma forma, é o local, no qual as ações antrópicas os tem potencializados de forma significativa.

Os pontos que foram diagnosticados pela defesa civil através do relatório de áreas de risco no município, podem ter sua distribuição melhor visualizada na Figura 15, abaixo, com a indicação da Identificação apresentada na tabela anteriormente apresentada.

Esses pontos foram utilizados como base para o diagnóstico, a partir dos mesmos se fez a inclusão de mais questões específicas em relação a drenagem.

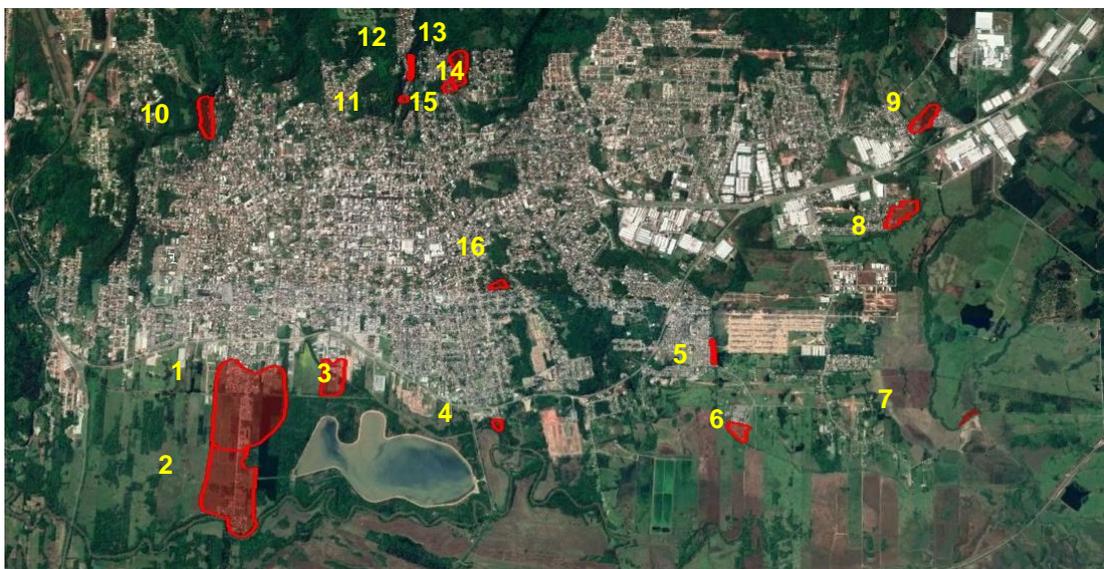


Figura 15- localização dos pontos de passivos associados a drenagem
Fonte: Google Earth, 2018.

De acordo com os autores Vaz et. al. 2018, conforme dos dados de registro de eventos realizados pela Defesa Civil Municipal durante os anos de 2013 e 2016 foi constatado que o evento mais frequente foi o de tempestade local/convectiva – chuva intensa, causando alagamentos, enxurradas, inundações, enchentes e deslizamentos. Dos 28 eventos ao longo deste período, cinco foram registrados em

2013 com encaminhamento de um decreto emergência, em 2014 foram sete eventos com três decretos de emergência, e em 2015 ocorreram 8 eventos com 3 decretos e uma vítima e no ano 2016 repetiram-se 8 eventos, um decreto e uma vítima. A Tabela 3, traz essa compilação de dados para indicar os custos decorridos dos desastres naturais ocorridos no município de Santa Cruz do Sul entre 2013 e 2016.

Tabela 3 – Registros de desastres naturais ocorridos entre 2013 e 2016.

DATA	TIPO DE EVENTO	Código o COBR ADE	BAIRROS ATINGIDOS	DECRETO SITUAÇÃO EMERGÊNCIA	SZID	CUSTO R\$
24/08/2013	Tempestade Local/Convectiva - Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch	Não	.	-
16/10/2013	Tempestade Local/Convectiva - Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch	Não	.	-
23/10/2013	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa - com Incidência de Deslizamento	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Corredor Morsch, Esmeralda, Belvedere	Não	.	-
26/10/2013	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Pedreira, Santuário, Arroio Grande, Bom Jesus	Não	.	-
11/11/2013	Tempestade Local/Convectiva - Chuva Intensa - com incidência de ventos fortes, granizo e deslizamento	1.3.2.1.4	Pedreira, Santuário, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Progresso, Mãe de Deus, Várzea, Santo Antonio, Arroio Grande, Margarida, Corredor Morsch, Trav. DAER, São José da Reserva, Cerro Alegre Alto e Baixo, Capela dos Cunha, Parque de Eventos	Dec. N° 9.113 de 12/11/2013 (Não reconhecido)	FIDE	R\$ 28.596.691,30
10/02/2014	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	1.3.2.1.5	Santa Vitória, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Mãe de Deus, Vale do Nazaré, Santuário, Pedreira, Faxinal, Menino Deus, Esmeralda, Arroio Grande, Harmonia, Goiás	Não	FIDE	-
13/06/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch	Não	.	-
30/06/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Trav.DAER, Corredor Morsch, Rauber, Dona Carlota - Lot. Beckenkamp, Monte Alverne, Rio Pardinho	Dec. N° 9.265 de 30/06/2014 (Não reconhecido) Dec. Estadual N° 51.621 - Reconhecido e Revogado	FIDE	R\$ 3.865.999,46

DATA	TIPO DE EVENTO	Código COBR ADE	BAIRROS ATINGIDOS	DECRETO SITUAÇÃO EMERGÊNCIA	SZID	CUSTO R\$
24/07/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch	Não	FIDE	-
30/08/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa - com incidência de ventos fortes, granizo e deslizamento	1.3.2.1.4	Linha Paredão, Alto Paredão, Linha Arroio do Tigre, Linha Volta do Arroio do Tigre, Linha Cerro dos Cabritos, Linha Chaves, Monte Alverne	Dec. N° 9.308 de 01/09/2014 (Não reconhecido)	FIDE	R\$ 100.000,00
16/10/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Rauber, Dona Carlota - Lot. Beckenkamp, Corredor Morsch, Trav. DAER, Alto Paredão	Não	FIDE	R\$ 2.632,50
20/12/2014	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Centro, Várzea, Pedreira, Santuário, Faxinal, Menino Deus, Rauber, Esmeralda, Ohland, Arroio Grande, Santa Vitoria, Dona Carlota - Lot. Beckenkamp), Mãe de Deus	Dec. N° 9.373 de 22/12/2014 (Não reconhecido)	FIDE	R\$ 115.000,00
09/01/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota–Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch	1 VÍTIMA	FIDE	R\$ 2.092,00
17/06/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Várzea, Dona Carlota–Lot. Beckenkamp, Rauber, Trav. DAER, Corredor Morsch		FIDE	R\$ 21.861,14
13/07/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Dona Carlota–Lot. Beckenkamp, Rauber, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Monte Alverne	Não		R\$ 5.822,00
19/07/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Trevo 2001, Trevo BR 471, Senai, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp, Belvedere, Rauber, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Alto da Malhada, Arroio do Couto, Buraco do Caranguejo, Monte Alverne, Rio Pardinho, Boa Vista, Alto Paredão.	Dec. N° 9.463 de 28/07/2015 (Não reconhecido)	FIDE	R\$ 667.453,00
17/09/2015	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	1.3.2.1.3	Higienópolis, Santo Inácio, Universitário, Avenida, Margarida, Senai, Schulz, Pedreira, Goiás, Renascença Várzea, Boa Vista, Monte Alverne, São Martinho, Linha Saraiva, São José da Reserva, Alto Paredão, Rio Pardinho.	Não		-
14/10/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa - com incidência de ventos fortes e granizo	1.3.2.1.4	Santuário, Progresso, Mãe de Deus, Esmeralda, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Alto da Malhada, Arroio do Couto, Capela dos Cunha, Buraco do Caranguejo, Monte Alverne, Rio Pardinho, Boa Vista, Alto Paredão, Linha Arroio do Tigre, Linha Chaves, Capão da Cruz, Linha Nova, Linha Pinheiral	Dec. N° 9.499 de 19/10/2015 (Não reconhecido) Retroativo a 14/10/2015	FIDE	R\$ 1.673.000,00

DATA	TIPO DE EVENTO	Código COBR ADE	BAIRROS ATINGIDOS	DECRETO SITUAÇÃO EMERGÊNCIA	SZID	CUSTO R\$
14/12/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Trevo 2001, Trevo BR 471, Senai, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp – Lot. Viver Bem, Belvedere, Margarida, Rauber, Arroio Grande, Santa Vitória, Faxinal, Menino Deus, Pedreira, Santuário, Progresso, Mãe de Deus, Esmeralda, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Alto da Malhada, Arroio do Couto, Capela dos Cunha, Buraco do Caranguejo, Monte Alverne, Rio Pardinho, Boa Vista, Alto Paredão, Linha Arroio do Tigre, Linha Chaves, Capão da Cruz, Linha Nova, Linha Pinheiral	Não	Não	-
24/12/2015	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Trevo 2001, BR 471 (Trevo Maxi Atacado), Senai, Dona Carlota– Lot. Beckenkamp– Lot. Viver Bem, Belvedere, Margarida, Rauber, Arroio Grande, Santa Vitória, Faxinal, Menino Deus, Pedreira, Santuário, Progresso, Mãe de Deus, Esmeralda, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Alto da Malhada, Arroio do Couto, Capela dos Cunha, Buraco do Caranguejo, Monte Alverne, Rio Pardinho, Boa Vista, Alto Paredão, Linha Arroio do Tigre, Linha Chaves, Linha Nova, Linha Pinheiral	Não	FIDE	-
30/01/2016	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Trevo 2001, BR 471 (Trevo Maxi Atacado), Senai, Dona Carlota – Lot. Beckenkamp – Lot. Viver Bem, Belvedere, Margarida, Rauber, Arroio Grande, Santa Vitória, Faxinal, Menino Deus, Pedreira, Santuário, Progresso, Mãe de Deus, Esmeralda, Corredor Morsch, Trav. DAER, Várzea, Alto da Malhada, Arroio do Couto, Capela dos Cunha, Buraco do Caranguejo, Monte Alverne, Rio Pardinho, Boa Vista, Alto Paredão, Linha Arroio do Tigre, Linha Chaves, Linha Nova, Linha Pinheiral	Não	FIDE	R\$ 163.001,00
17/02/2016	Tempestade Local/Convectiva - Vendaval	1.3.2.1.5	Centro, Rauber, Santa Vitória, Santo Antonio, Dona Carlota – Lot. Viver Bem, Bom Jesus, Várzea, Menino Deus, Bom Jesus, Vila Nova.	Não	FIDE	R\$ 12.525,50
26/02/2016	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Centro, Trevo 2001, Bom Jesus, Várzea, Trav. DAER, Corredor Morsch	Não	FIDE	R\$ 20.000,00
02/03/2016	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Centro, Trevo 2001, Trevo BR 471, Jardim Europa, Santo Inácio, Country, Higienópolis, Belvedere, Margarida, João Alves, Monte Verde, Germânia, Renasença, Independência, Universitário, Avenida, Várzea, Goiás, Schulz, Senai, Bonfim, Bom Jesus, Arroio Grande, Aliança, São João, Esmeralda, Progresso, Pedreira, Ana Nery, Santuário, Faxinal, Menino Deus, Castelo Branco, Santa Vitória, Dona Carlota, Rauber, Do Parque, Alto da Malhada, Buraco do Caranguejo, Rio Pardinho, Linha Arroio do Tigre, Alto Paredão, Linha Pinheiral, Arroio do Couto, Monte Alverne, Boa Vista, Linha Chaves, Capão da Cruz, Linha Nova.	Não	FIDE	R\$ 75.000,00
10/07/2016	Tempestade Local/Convectiva Chuva Intensa	1.3.2.1.4	Centro, Trevo 2001, Trevo BR 471, Jardim Europa, Santo Inácio, Country, Higienópolis, Belvedere, Margarida, João Alves, Monte Verde, Germânia, Renasença, Independência, Universitário, Avenida, Várzea, Goiás, Schulz, Senai, Bonfim, Bom Jesus, Arroio Grande, Aliança, São João, Esmeralda, Progresso, Pedreira, Ana Nery, Santuário, Faxinal, Menino Deus, Castelo Branco, Santa Vitória, Dona Carlota - Lot. Viver Bem, Rauber, Do Parque. Alto da Malhada, Buraco do Caranguejo, Rio Pardinho, Linha Arroio do Tigre, Alto Paredão, Linha Pinheiral, Arroio do Couto, Monte Alverne, Boa Vista, Linha Chaves, Capão da Cruz, Linha Nova.	Não	FIDE	R\$ 17.466,00
14/07/2016	Tempestade Local/Convectiva - Granizo	1.3.2.1.3	Linha Arroio do Leite, Linha Justo Rangel, Linha Cerro dos Cabritos, Linha Arroio do Tigre, Linha Chaves, Alto Linha Chaves, Linha Saraiva, Linha Macuco, Alto Paredão	Não	FIDE	R\$ 14.774,00

DATA	TIPO DE EVENTO	Código o COBR ADE	BAIRROS ATINGIDOS	DECRETO SITUAÇÃO EMERGÊNCIA	SZID	CUSTO R\$
19/10/2016	Tempestade Local/Convectiva – Chuva Intensa com incidência de forte Ventos	1.3.2.1.4	Centro, Trevo 2001, Várzea, Rauber, Dona Carlota Lot. Beckemcamp - Lot. Viver Bem, Trav. DAER, Corredor Morsch, Monte Alverne, Rio Pardinho, Linha Arroio do Tigre, Alto Paredão, Arroio do Couto, Boa Vista, Linha Chaves, Capão da Cruz, Linha Pinheiral, Linha Nova, Linha Julio de Castilhos	Dec. N° 9.670 de 21/10/2016 (Não Reconhecido) e 1 VÍTIMA	FIDE	R\$ 960.000,00
30/12/2016	Tempestade Local/Convectiva – Vendaval – Com Intensa com incidência forte chuva	1.3.2.1.5	Centro, Trevo 2001, Dona Carlota - Lot. Viver Bem, Faxinal, Menino Deus, Harmonia, Arroio Grande, Aliança, Santo Inácio, Monte Alverne	Não	FIDE	R\$ 120.000,00
TOTAL	R\$ 36.433.317,90					

Fonte:Vaz et al, 2018.

Com a compilação desses dados, os autores identificaram os bairros e localidades que sofrem de maneira recorrente com estes desastres. Na área urbana os bairros Várzea (23), Rauber (20), Dona Carlota – Loteamento Beckenkamp (19), Travessa DAER (18) e Corredor Morsch (18) foram os mais afetados enquanto no interior as localidades de Monte Alverne (13), Alto Paredão (12), Rio Pardinho (10) e Boa Vista (10) se destacam em relação aos registros.

A situação que envolve as inundações nessas áreas é mais crítica por afetar de forma direta uma população que subsiste em uma condição de extrema vulnerabilidade social.

O levantamento quanto aos custos dos desastres configura-se em um desafio permanente e de acordo com os relatórios da Defesa Civil de Santa Cruz do Sul, conforma afirma Vaz, et al, (2018), este é um item que vem ganhando atenção e foi possível ter uma estimativa de custos para dezoito eventos, totalizando o montante de mais de R\$ 36 milhões envolvendo prejuízos públicos e privados.

3DIAGNÓSTICO DE INUNDAÇÕES

3.1 Inundações influenciadas diretamente pelo rio Pardinho

A inundação do rio Pardinho atinge residências do bairro Várzea, especialmente na Praia dos Folgados. Além de inundação, de acordo com o já constatado pelo relatório do CPRM, e visualizado *in loco*, há um processo crônico de erosão de taludes fluvias, com solapamento de margem.

Em uma das residências, conforme indicado pela própria defesa civil, havia risco iminente à segurança de quem residia no local, visto que a mesma já apresentava trincas nas paredes externas, devido aos processos erosivos que começavam gradativamente a remover a matriz de solo utilizada no apoio estrutural da residência. Nesse caso, foi realizado um aterro emergencial com restos de construção civil e rochas, conforme indicado na Figura 16.

Neste caso, em virtude da urgência que demandava a ação, a utilização desses materiais tem um efeito estabilizador paliativo, deve-se observar com cuidado esse tipo de ação, pois em alguns casos, se mal executada, pode acabar por agravar a situação de desgaste e solapamento das margens do recurso hídrico. Tal ação deve sempre que possível, vir acompanhada de um estudo hidrológico onde se possa determinar a máxima vazão e velocidade que o recurso hídrico pode alcançar, com base nesses valores é possível determinar materiais que tenham tamanho mínimo suficiente para não serem carreados juntamente com o fluxo de água.



Figura 16 – Processo de solapamento das margens devido a inundações do Rio Pardinho
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Situações como a apresentada anteriormente tem início em condições como as ilustradas na Figura 17, observa-se um processo crônico de verticalização de taludes nas margens do recurso hídrico, aspecto esse condicionado pela faixa estreita de vegetação na margem, potencializada muitas vezes, pelo fato, de algumas espécies de vegetação presentes, não serem as mais adequadas para o processo de estabilização de solos.

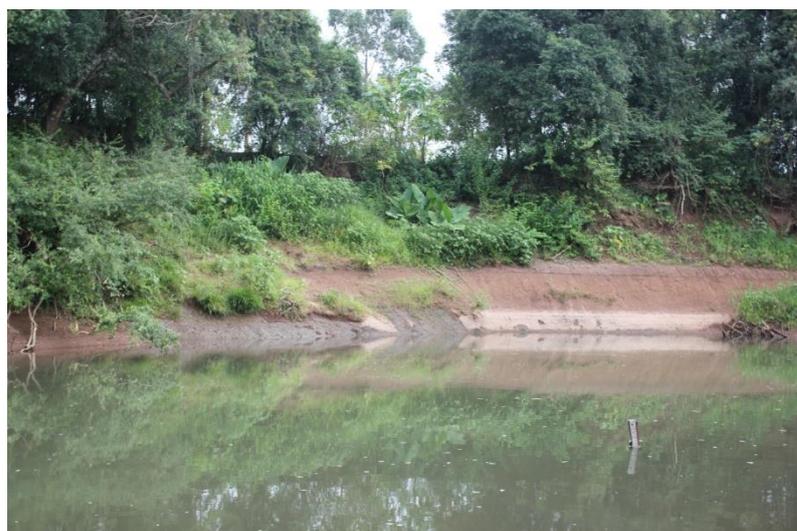


Figura 17 – Processo de erosão e assoreamento de trecho da margem do rio Pardinho.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018)

No Bairro várzea, mais especificamente na praia dos folgados, as residências são de alta vulnerabilidade, algumas poucas residências apresentam segundo pavimento ou aterro prevendo cota de inundação. As vias não são pavimentadas e não há rede de drenagem pluvial e sistema para esgotamento sanitário. Muitas construções, apresentam características já adaptadas a condição de cheias no local, conforme apresentado na Figura 18, a seguir.



Figura 18 – Residências adaptadas a condição de inundação ocupando área de preservação permanente do rio Pardinho.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Observa-se ao fundo da figura, destacado pela linha pontilhada vermelha, a distância da residência para o rio Pardinho, evidenciando a ocupação de área de APP.

A área afetada pelas cheias do Rio Pardinho no bairro Várzea estão delimitadas pela área grifada em vermelho na Figura 19.



Figura 19 – Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Várzea.
Fonte: Google Earth, 2018.

A condição de um recurso hídrico é sempre um reflexo da gestão de sua bacia hidrográfica. Em larga escala, a maneira como se ocupa o solo, as práticas de cultivo, e a manutenção de áreas ripárias ao longo de toda a extensão do talvegue irão determinar a qualidade da água, e o nível de degradação de suas margens. Ao longo de toda a extensão do Rio Pardinho, a situação é recorrente, com taludes verticalizados, níveis elevados de assoreamento. O que se observa no bairro várzea, é apenas um reflexo do rio a montante, a Figura 20, obtida a partir de um comparativo de imagens históricas obtidas do Google Earth, ilustra o processo de assoreamento e solapamento as margens do Rio Pardinho, nesse caso, que ocorrem na local no distrito de Rio Pardinho. A primeira imagem faz referência ao ano de 2008, enquanto a segunda faz menção ao ano de 2017.



Figura 20 – Comparativo da morfologia fluvial do rio Pardinho nos anos de 2008 e 2017 no Distrito de Rio Pardinho.

Fonte: Google Earth, 2018.

A Figura 21 apresenta um panorama do nível de assoreamento do Rio Pardinho, o que compromete a sua capacidade de suporte de eventos mais extremos em termos pluviométricos. Cabe salientar, que a condição atual do recurso hídrico em questão, não é fruto puramente da condição atual de ocupação de solo, mas principalmente de um longo período de descaso para com a preservação da vegetação nativa e o uso de práticas agrícolas inadequadas.



Figura 21 – Assoreamento do leito do rio Pardinho em trecho localizado no distrito de Rio Pardinho.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018)

O processo de assoreamento do Rio Pardinho leva a necessidade de ações recorrentes de desassoreamento do seu leito, o que pode ser observado no trecho destacado na Figura 22, obtida do *Google Earth*.



Figura 22 – Ponto de intervenção para desassoreamento do leito do rio Pardinho.

Fonte: Google Earth, (2018).

A área é um demonstrativo claro dos problemas que ocorrem ao longo de boa parte da extensão do recurso hídrico. Concomitante ao assoreamento do leito do rio, ocorre o desvio do fluxo principal de água no recurso hídrico, que é totalmente direcionado para a margem direita, onde passa uma linha que dá acesso a propriedades rurais. Com vazões mais elevadas, a água acaba por gradativamente

remover material colocado para estabilização dos taludes, e aumentando a quantidade de material no leito (Figura 23).



Figura 23 – Análise dos efeitos do assoreamento sobre as margens do rio Pardinho.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Nessa condição se efetuam processos de remoção do material depositado, conforme demonstrado na Figura 24, a imagem foi feita no dia 20 de abril, quando havia transito intenso de veículos retirando a grande quantidade de sedimentos.



Figura 24 – Desassoreamento do leito do Rio Pardinho em abril de 2018.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Observa-se também em muitos locais a presença de indivíduos exóticos de vegetação, como Eucalipto (*Eucalyptus spp.*) e Uva do Japão (*Hovenia dulcis*), espécimes que não possuem um potencial biotécnico interessante, e que muitas

vezes, em períodos de maior vazão acabam sendo carreados para o interior dos recursos hídricos. A Figura 25 traz a ultima limpeza que foi realizada na cabeceira da ponte na divisa entre Santa Cruz e Vera Cruz, na RS 409.



Figura 25 – Acúmulo de material na cabeceira da ponte entre Santa Cruz e Vera Cruz (RS 409) em 2016.
Fonte: Defesa Civil, (2016).

A limpeza foi realizada em janeiro de 2016. Porém, como pode ser observado na Figura 26, em pouco mais de dois anos, a situação na cabeceira da mesma ponte observamos o acúmulo de um volume significativo de galhadas, porém por hora ainda com menores dimensões, mas isso demonstra que o processo de solapamento de margens e carreamento de grandes massas de solo e vegetação são crônicos no Rio Pardini.



Figura 26 – Acúmulo de material na cabeceira da ponte entre Santa Cruz e Vera Cruz (RS 409) em 2018.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

O processo de remoção de vegetação nativa das margens e por consequência, transporte de sedimentos para o interior do recurso hídrico, vem agravando o processo de formação das cheias. De acordo com dados da Defesa Civil uma inundação do rio Pardinho dura em média de 2 a 3 dias e ocorreu no mínimo uma vez nos anos de 2011, 2012, 2014 e 2015, 2016 e 2017.

3.2 Efeitos das cheias de recursos hídricos secundários na área urbana.

3.2.1 Inundações e problemas de drenagem associados ao arroio Lajeado

O município de Santa Cruz do Sul, não é afetado somente pelas cheias oriundas do Rio Pardinho, há uma rede de drenagem composta por inúmeros recursos hídricos de menor porte, mas que também são igualmente causadores de problemas. Problemas esses mais uma vez agravados pela ocupação desordenada de áreas que compõem o leito maior desses recursos hídricos.

É interessante destacar que a população e a municipalidade em geral não valorizam esses bens, que atualmente são responsáveis por carrear grande parte dos despejos sanitários das residências, além de receber quantidade significativa de resíduos. A solução aplicada em Santa Cruz do Sul, para a solução da problemática envolve unicamente a retificação e canalização, medidas clássicas da engenharia. Essas intervenções modificam significativamente o comportamento hidrológico desses recursos hídricos, podendo resolver paliativamente o problema em no ponto e intervenção, mas usualmente agravando problemas a jusante.

Um dos primeiros pontos de análise abordados nesse sentido está no bairro Várzea, a Figura 27, traz a ilustração da área afetada com um indicativo do fluxo do arroio Lajeado. A ocupação da área é mista, apesar de inicialmente o bairro ser residencial, a um processo de avanço e atividades industriais, isso principalmente nas proximidades da RS 471. De acordo com relatos de locais, as atividades industriais e comerciais são significativamente comprometidas em épocas de inundação. É importante frisar que nesse ponto há ainda a contribuição do Rio Pardinho nesses eventos, tendo uma duração média de 2 a 3 dias, que ocorreram de forma recorrente nos últimos anos, vide 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016 e 2017.



Figura 27 – Detalhe de ponte localizada sobre o arroio Lajeado.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Atualmente, conforme dados da defesa Civil, aproximadamente 281 residências com 1124 pessoas habitam o local, conforme destacado pela Figura 28, abaixo.

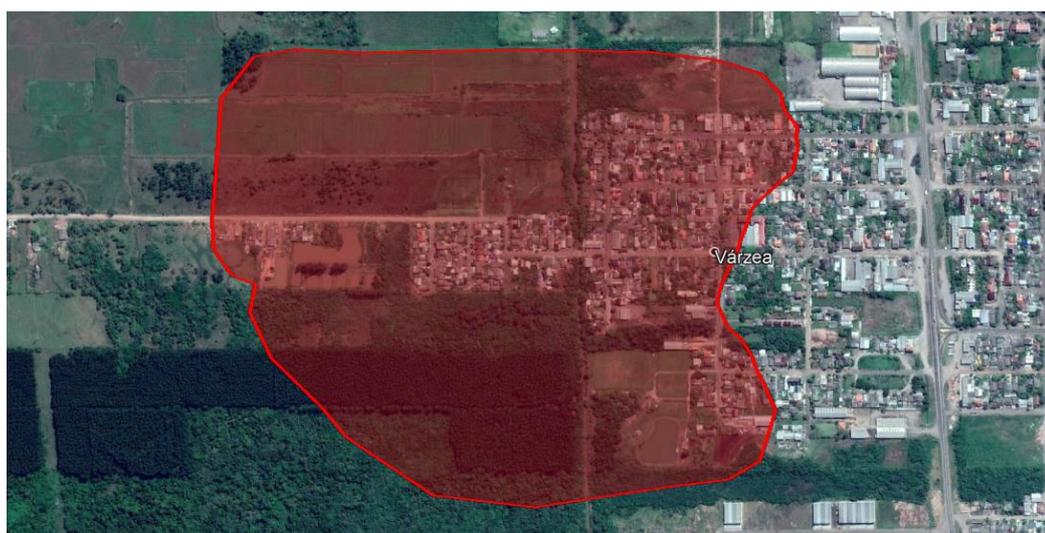


Figura 28 - Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Várzea.
Fonte: Google Earth, (2018).

Outra questão de grande importância é a condição das margens do recurso hídrico, há um processo de solapamento das margens na ponte sobre o arroio na rua Irmão Emílio, que de acordo com relatos da Defesa Civil, levaram a ações emergenciais para tentar estabilizar o talude no local, visto que havia risco iminente de desabamento de parte do muro de um dos empreendimentos que ocupa a margem direita do recurso hídrico.

Na mesma rua, ainda muito próximo do ponto anteriormente descrito, está constituída uma estrutura para amortização das cheias, construída em 2008, ilustrado pela Figura 29. Esse tipo de ação é de grande importância, trazendo inúmeros benefícios a população, primeiramente essas áreas podem contribuir dentro de um contexto urbano para o aumento de zonas verdes que podem ser perfeitamente aproveitadas para a recreação da população. A criação desses parques também inibe a ocupação de áreas de risco, reduzindo passivos futuros.



Figura 29 – Bacia de contenção para inundações do Rio Pardinho.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

A rua Irmão Emílio dá acesso a Praia dos Folgados, anteriormente descrita como uma área diretamente afetada pela cheia no Rio Pardinho, sendo o único caminho para a efetivação dos resgates e deslocamentos da população em situações de inundações. A Figura 30, traz uma das medidas implementadas para auxiliar nos resgates, visto que em inúmeras ocasiões os mesmos são efetuados a noite, e sem auxílio de iluminação pública. Foram instalados postes para guiar os motoristas, medida necessária e fundamental para prevenir acidentes, que de acordo com relatos da Defesa Civil, já ocorreram em outras ocasiões.

Do ponto de vista técnico a medida precisaria apenas de alguns pequenos ajustes, com a utilização de tinta refletiva, que facilitaria ainda mais a visualização

dessas estruturas, além da instalação de mais guias em mais pontos para auxiliar no trânsito pela via em dias de alagamentos.



Figura 30 – Guias para a orientação em períodos de inundação na rua Irmão Emílio.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Outra questão importante diagnosticada é que varias galerias localizadas na sob a rua Irmão Emílio estão com sua capacidade de vazão comprometida, tanto pelo crescimento de vegetação nos seus bocais, como pelo acumulo de galharia e resíduos. Tal situação pode comprometer o fluxo de água em período de cheia, limitando a capacidade de drenagem do local, elevando a lâmina de água principalmente sobre a própria rua Irmão Emílio (Figura 31).



Figura 31 – Obstrução da saída das canalizações de drenagem.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Outra constatação feita ao longo da mesma rua é a disposição de restos da construção civil e resíduos. Observa-se que essas ações são feitas de forma deliberada, para elevar a cota do terreno e estabelecer uma área passível de construção, ações essas que em curto e médio prazo, podem comprometer ainda mais a situação das inundações no local, elevando o número de afetados e por consequência o prejuízo humano e econômico associado. A Figura 32A, ilustra exatamente esse tipo de ação, o que a torna ainda mais impactante é o fato de os resíduos estarem sendo dispostos muito próximo a uma das galeria dispostas sob a rua, permitindo fluxo de água em cheias de menor magnitude na área. A Figura 32B, ilustra a disposição de resíduos a margem da rua.



Figura 32 – Aterros ilegais em áreas de inundação.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Salienta-se que naturalmente essas áreas compreendem o que pode ser definido como áreas que constituem uma grande importância para ao amortecimento das cheias.

Seguindo pelo mesmo arroio lajeado, na sua confluência com o arroio Preto, nas ruas 28 de Setembro e Ernesto Matheis, observa-se uma ocupação tanto de residências como de indústrias, em uma área que é assolada pelas cheias, conforme Figura 33.



Figura 33 – ocupação das margens arroio Preto e sua confluência com o arroio Lajeado.

Fonte: Topocart, (2018).

Surpreende observar que no local, na rua Julio de Castilhos, há uma área que parece estar sendo preparada para a ocupação de indústrias. Dessa forma se reforça o efeito de impermeabilização de solo, e a ocupação das áreas de várzea, que naturalmente compõem o leito maior desses recursos hídricos. Essas áreas deveriam ter sua ocupação controlada.

A Figura 34, apresenta a delimitação da área anteriormente descrita, onde se observa a ocupação predominantemente industrial da área.



Figura 34 - Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Várzea.

Fonte: Topocart, (2018).

Um exemplo da ocupação irregular da área de inundação do Arroio Lajeado segue-se muito próxima a sua foz, em uma área denominada Travessa Daer, ilustrada pela Figura 36. Há conforme dados da Defesa Civil, pelo menos 17 residências com aproximadamente 68 pessoas residindo no local, a área afetada pelas cheias é delimitada pela Figura 35.



Figura 35 - Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Bom Jesus.
Fonte: Topocart, (2018).

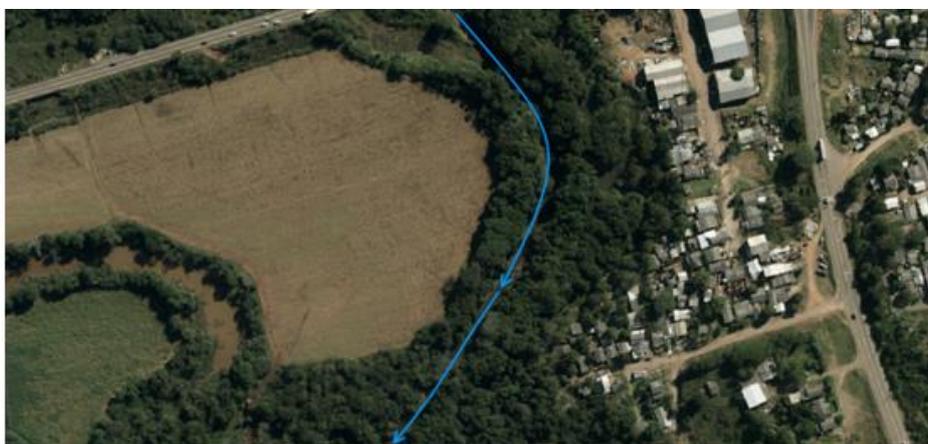


Figura 36 – Fragilidade social observada na área afetada.
Fonte: Topocart/ Defesa Civil, (2018).

O local apresenta como pode ser visualizado na Figura 36, alta vulnerabilidade socioeconômica, com vias não pavimentadas com ausência de sistema de drenagem pluvial e esgotamento sanitário.

A Figura 37, a seguir, ilustra o que acontece na área, percebe-se a montante da Travessa DAER, que os recursos hídricos foram completamente retificados, aumentando a velocidade de escoamento da água nesses trechos, porém todo esse volume de água encontra muito próximo a sua foz uma condição mais meândrica e o encontro do Arroio Lajeado, com o Rio Pardinho, o que contribui para o represamento da água nesse ponto e elevação rápida do nível do arroio Lajeado.

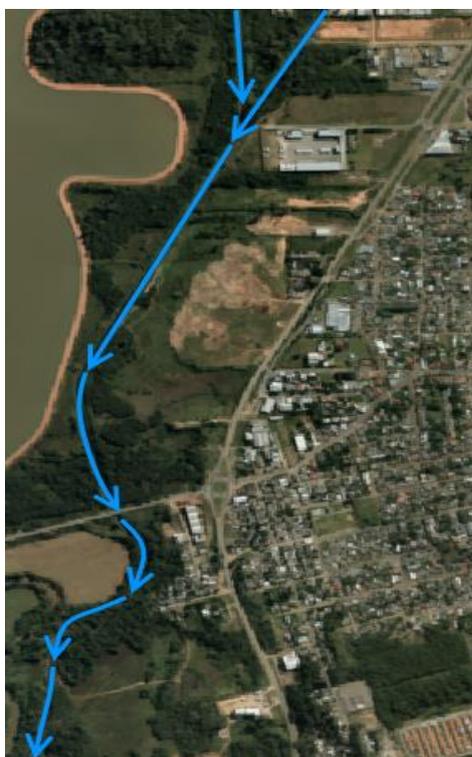


Figura 37 – Análise da morfologia modificada do arroio Lajeado
Fonte: Topocart, (2018).

3.2.2 Inundações e problemas de drenagem associados ao Arroio das Pedras

Observa-se mais um recurso hídrico, nesse caso o Arroio das Pedras, que é amplamente utilizado para escoar as águas provenientes da drenagem pluvial além de despejos sanitários. A ocupação de áreas de APP, é mais um problema recorrente nessa sub-bacia, na qual a ausência de vegetação adequada, e vazões de pico elevadas, há mais uma vez um processo crônico de solapamento das

margens que pode comprometer a segurança das residências que ocupam essas áreas.

Um ponto que foi avaliado no Bairro Santa Vitória, foi nas proximidades das Ruas João Francisco Rauber com a Abrelino Pedroso, de acordo com a Figura 38. O local está muito próximo ao loteamento popular Viver bem. A população desse local, tem seu deslocamento comprometido em dias de enxurrada, visto o passador que existe sobre o arroio não dá as condições mínimas de segurança para os transeuntes. Há grande quantidade de resíduos que são dispostos de forma inadequada no leito do curso hídrico.

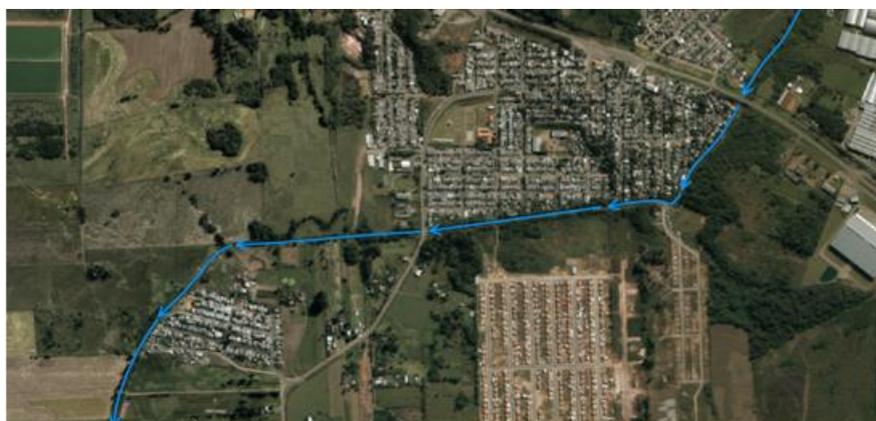


Figura 38 – Ponto de alagamento e solapamento de margem no arroio das Pedras.
Fonte: Topocart/ Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Sobre efeito das inundações condicionadas pelo arroio das pedras, porém em uma condição de precariedade muito mais elevadas, encontra-se a denominada ruas das Carrocinhas, no bairro Dona Carlota, conforme Figura 39. As vias não apresentam pavimentação e não há sistema para drenagem pluvial e para esgotamento sanitário.



Figura 39 – Ponto de alagamento do arroio das Pedras na rua das Carrocinhas.
Fonte: Topocart/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Como pode ser observado, o recurso hídrico encontra-se nesse ponto retificado, podendo condicionar elevadas velocidades de escoamento, o que combinado com a ausência de vegetação ripária e grande quantidade de resíduos dispostas sobre o leito, contribui significativamente para a degradação das margens e intensificação de processos de inundações. De acordo com dados da Defesa Civil, ocorrem eventos de inundação entre 2 a 4 vezes no ano, com duração média de 6 horas. Porém essa área por se tratar de uma área de várzea, com cotas de terreno baixas, em vários pontos a cota de inundação é de 1,5m, altura suficiente para cobrir boa parte das residências do local. A vulnerabilidade socioeconômica dificulta a ação da Defesa Civil neste setor, onde estão em risco aproximadamente 114 residências, totalizando uma população afetada de 456 pessoas.

Outra questão complexa associada as inundações nesse local, é a grande quantidade de resíduos dispostos inadequadamente no local, o que favorece a proliferação de vetores, e doenças de veiculação hídrica (Figura 40).



Figura 40 – Descarte inadequado de resíduos sólidos no entorno das moradias.
Fonte: Topocart, (2018).

3.2.3 Inundações e problemas de drenagem associados ao Arroio Levis Pedroso

O arroio Levis Pedroso, também apresenta alguns pontos que merecem um destaque pelos efeitos causados por suas cheias. Em comparação ao arroio Lajeado e arroio das Pedras, seu traçado apresenta uma condição mais meândrica, sem retificações. O primeiro ponto de análise, é o bairro Progresso, em uma região que de acordo com dados da Defesa Civil residem aproximadamente 75 famílias, totalizando em torno de 300 pessoas, que são de fato afetadas diretamente pelos efeitos das cheias. A Figura 41, traz uma ilustração do arroio Levis Pedroso nesse trecho.



Figura 41 – Morfologia fluvial do arroio Levis Pedroso no Bairro Progresso.

Fonte: Topocart, (2018).

Algumas questões importantes podem ser observadas no local. Primeiramente deve-se avaliar o efeito que a ponte sobre a Av. Deputado Euclides Nicolau Kliemann tem sobre o represamento de maiores vazões do corpo hídrico. Afunilamentos da seção do recurso hídrico podem levar a processos de represamento da do fluxo da água.

A área afetada nesse ponto de análise, esta destacada na Figura 42, a seguir.



Figura 42 - Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Progresso.

Fonte: Topocart, (2018).

Outro ponto de análise é o que se observa da Figura 43, onde destaca-se a presença de vegetação exótica nas margens, nesse caso tanto uma espécie amplamente difundida da região, como a Uva do Japão (*Hovenia dulcis*) que apresenta um processo de disseminação muito associado ao transporte de frutos e sementes pela água. A segunda espécie, destacada na figura é a Taquara (*Bambusa tuldoides Munro*). Nesse caso, muitas vezes o plantio dessa espécie é realizado de forma deliberada, especialmente nas margens de recursos hídricos, na tentativa de estabilizar taludes e protegê-los da erosão fluvial, porém, conforme Sutili (2007), a utilização de taquaras, porém, cumpre apenas em parte com seu propósito, conferindo estabilidade momentânea às margens dos cursos de água. Com o passar do tempo, as touceiras desenvolvem uma característica estética pouco interessante, além de altura e volume aéreo exagerados em comparação ao

seu sistema radicial que, apesar de denso, é pouco profundo. Com a ação do vento, as touceiras funcionam como alavancas, facilitando a erosão das margens e a obstrução dos cursos de água, ao tombarem para seu interior. O anteparo formado direciona a força da água contra as margens, resultando em novos pontos de desconfinamento e decorrente desestabilização dos taludes fluviais.



Figura 43 – Efeito de represamento do fluxo da água no arroio Levis Pedroso.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Seguindo o talvegue do arroio Levis Pedroso, por aproximadamente 1000 metros, chega-se ao bairro Rauber, no qual as cheias do recurso hídrico afetam de acordo com dados da Defesa Civil, diretamente 73 famílias, totalizando em torno de 292 pessoas, conforme destacado pela Figura 44.



Figura 44 - Delimitação da área afetada pelas cheias no Bairro Rauber.

Fonte: Topocart, (2018).

O Tipo de ocupação constituída por edificações residenciais, em sua maioria, com um pavimento, de madeira e/ou alvenaria, com vulnerabilidade alta. Os eventos ocorrem 1 ou 2 vezes ao ano. A Figura 45, ilustra a condição do local.

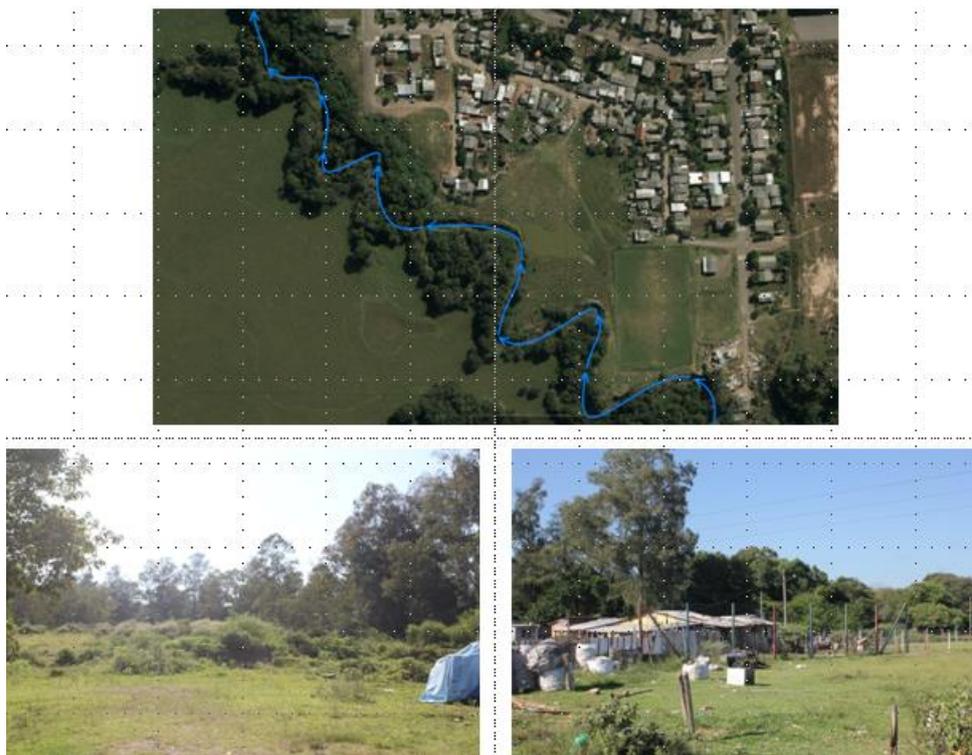


Figura 45 – Caracterização das áreas afetadas pelas cheias. No bairro Rauber.

Fonte: Topocart/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Seguindo por mais 2800 m pelo talvegue do arroio Levis Pedroso, observa-se uma área de ocupação nas margens do recuso hídrico, de alta vulnerabilidade frente ao processo de inundação uma vez que estão no nível do solo. Os eventos ocorrem duas vezes por ano e as famílias ficam 6 dias fora de casa. São de acordo com dados da Defesa Civil, aproximadamente quatorze famílias ocupam a margem sul do arroio Levis Pedroso no Corredor Morcsh no bairro Dona Carlota (Figura 46).



Figura 46 – Caracterização da localidade afetada pelas cheias do arroio Levis Pedroso no Corredor Morsch.

Fonte: Topocart/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

3.2.4 Problemas de drenagem diagnosticados na área urbana e nas áreas contribuintes dos recursos hídricos.

Existem problemas associados a drenagem pluvial, que não necessariamente estão condicionados a presença de recursos hídricos nas suas proximidades. Falta de planejamento no direcionamento da água e estruturas insuficientes são os maiores causadores desses problemas. É interessante destacar que tais questões podem comprometer de forma significativa a qualidade de vida da população de seu entorno, bem como as populações residentes de áreas relativamente distantes, mas localizadas a jusante no sentido de escoamento da água.

Um dos primeiros pontos a ser destacado está localizado no limite do bairro Centro com os bairros Verena e Universitário, na Esquina entre a rua Cel. Oscar Rafael Jost e Av. João Pessoa. No local, de acordo com informações repassadas pela Secretaria de Transporte e Serviços Urbanos, há uma incompatibilidade entre os diâmetros das tubulações muito próxima ao ponto de lançamento da água o arroio Jucurí, onde há uma redução no diâmetro instalado em um ponto final de

rede. Tal situação leva ao represamento da água na rede, o que condiciona alagamentos nas vias e danos aos estruturas de drenagem. A Figura 47, traz uma visão superior do local descrito, enquanto que a Figura 48, ilustra o principal ponto danificado pelos processos de alagamentos no local, localizado na Avenida João Pessoa, bem em frente à sede dos bombeiros militares de Santa Cruz do Sul, na qual as linhas em vermelho, bem como as setas indicam os pontos danificados na via pelas enxurradas.



Figura 47 - Problemas de Drenagem na esquina da Rua Cel Oscar Rafael Jost com a Av. João pessoa
Fonte: Topocart, (2018).



Figura 48 – Caixa de inspeção da rede pluvial danificada.
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Outros dois pontos que tem registros de alagamentos em regimes torrenciais de chuva são as Rótula da Rua Cel. Oscar Rafael Jost, que faz a ligação com a Avenida Independência e a Rua Carlos Trein Filho. De acordo com informações da Secretaria de Transportes e serviços urbanos, há nesse ponto tubulações que tem diâmetros insuficientes para a vazão de água a ser transportada. A Figura 49, destaca a localização do ponto e a altura da lâmina de água formada em enxurradas no local.



Figura 49 – Ponto de alagamento na rótula da Rua Cel. Oscar Rafael Jost.
Fonte: Topocart/Defesa Civil, (2018).

Outro ponto que apresenta igualmente problemas de drenagem na área central da cidade é o entroncamento das ruas Tenente Coronel Brito com a Senador Pinheiro Machado. Nesse ponto observa-se um fluxo significativo de água oriundo da parte mais alta da rua Tenente Coronel Brito, que acaba por se acumular no cruzamento entre essas vias (Figura 50).



Figura 50 – Problemas de alagamento no entroncamento das Rua Tenente Coronel Brito com a Rua Senador Pinheiro Machado
Fonte: Topocart, (2018).

Alguns problemas em relação a drenagem também podem ser observados nas rua Antônio Assmann, bairro Margarida/Aurora. A mesma localiza-se na área demarcada do Cinturão Verde, onde há o histórico de deslizamentos de terra e blocos rochosos, a rua localiza-se no sopé de um talude de aproximadamente 17 m, conforme ilustrado pela Figura 51, a seguir.



Figura 51 – Acumulo de água da drenagem pluvial na lateral da via.
Fonte: Topocart/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

De acordo com relatos da Defesa Civil, há fluxo significativo de água que escoam superficialmente no talude, fazendo com que na lateral da via, fosse efetuada uma pequena elevação para evitar que a água escoe diretamente sobre a estrada e vá de encontro as residências. O local não possui canalização, dessa forma a água permanece acumulada no local, podendo favorecer a proliferação de mosquitos.

Muito próximo ao ponto anteriormente descrito, porém na parte de cima da encosta, na rua João Werlang, há um problema de lançamento descontrolado de água de drenagem. A mesma é lançada diretamente sobre a encosta, sem nenhuma proteção a encosta. Tal ação pode ao longo do tempo levar aos desgastes da base da encosta, e favorecer o deslocamento de massas de solo ou blocos de pedra. Destaca-se que não há moradores próximos na parte baixa da encosta, porém no caso de ocorrência da movimentação de solo nessa área, poderia haver comprometimento das vias de acesso na parte superior, (Figura 52).



Figura 52 – Lançamento desordenado de água em encosta de talude.
Fonte: Topocart/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

A Figura 53 a seguir, obtida da apostila de Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações (2004), ilustra perfeitamente a situação

encontrada no local. Cabe salientar, que a área foi visitada em fevereiro de 2018, em época de estiagem, e observava-se fluxo contínuo de água na saída da tubulação, fator agravante a situação, que demonstra ligações irregulares na tubulação de drenagem.

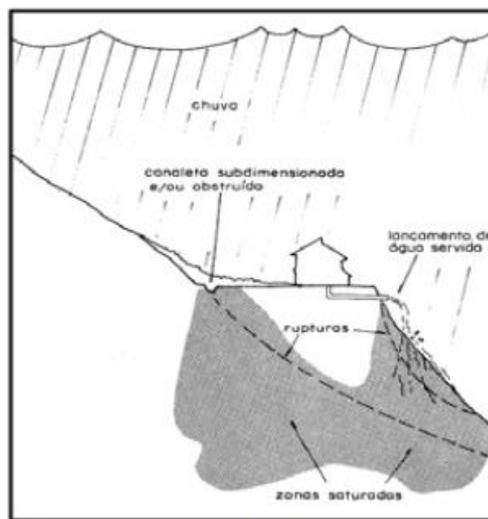


Figura 53 – Ilustração do efeito do lançamento de água ou efluentes na base de taludes em longo prazo.

Um ponto de análise do presente plano também diz respeito as novas ocupações que se concentram em alguns pontos específicos do município, nesse caso atenta-se a ocupação das zonas altas, localizadas principalmente nos bairros Linha Santa Cruz, João Alves e Jardim Europa, todos com diferentes implicações e bacias hidrográficas afetadas. É importante destacar que essas ampliações estão contempladas no plano diretor, e todos possuem licença ambiental para operar suas atividades. A questão aqui é a modificação significativa da taxa de infiltração dessas áreas devido a urbanização, que aumenta as vazões que escoam superficialmente sobre o solo e , além disso, aumenta a velocidade do escoamento, contribuindo para o aumento da vazão de pico, ou vazão máxima nos recursos hídricos receptores. O que pode acarretar em alagamentos, em áreas que outrora nunca observaram tais efeitos, ou mesmo potencializar os alagamentos em locais que já sofriam com esse problema previamente.

Para melhor visualizar esse processo, foi efetuado um comparativo de imagens, obtidas a partir do *Google earth*, datadas de 2008 e 2017, nelas foram destacadas áreas em vermelho, nas quais ocorreu um processo de mudança do uso

do solo total, de lavoura ou mata em área urbanizada. Também foi destacado, alguns núcleos que já eram urbanizado em 2008, porém que tiveram um acréscimo significativo no número de residências presentes.

Na linha Santa Cruz observa-se a esquerda da Rua José Germano Frantz, três empreendimentos instalados que tem sua drenagem pluvial contribuindo para a bacia do arroio Lajeado. São aproximadamente 42,75 hectares de solo que tiveram sua cobertura modificada, (Figura 54).



Figura 54 – Modificações no uso e ocupação do solo na Linha Santa Cruz, bacia do arroio Lajeado.

Fonte: Google Earth, (2018).

Ainda na Linha Santa Cruz, observam-se contribuições que afetam diretamente a localidade de Pinheiral, pois a água drenada nesse ponto é direcionada para o arroio Schmidt, que tem seu exutório no rio Taquari Mirim. Todos esses recursos hídricos pertencem a bacia do Taquari-Antas. Muitas das áreas afetadas pela cheias principalmente do arroio Schmidt são de uso agrossilvopastoril, porém já se observam residências ocupando as várzeas de inundação em alguns pontos, as margens da RS 287. Nessa bacia observa-se aproximadamente 40 hectares que tiveram modificações no uso e ocupação do solo, e 58,8 hectares que tiveram um aumento na densidade de ocupação do solo, com incremento no número de residências presentes.

A Figura 55, a seguir traz a ilustração desse ponto analisado.

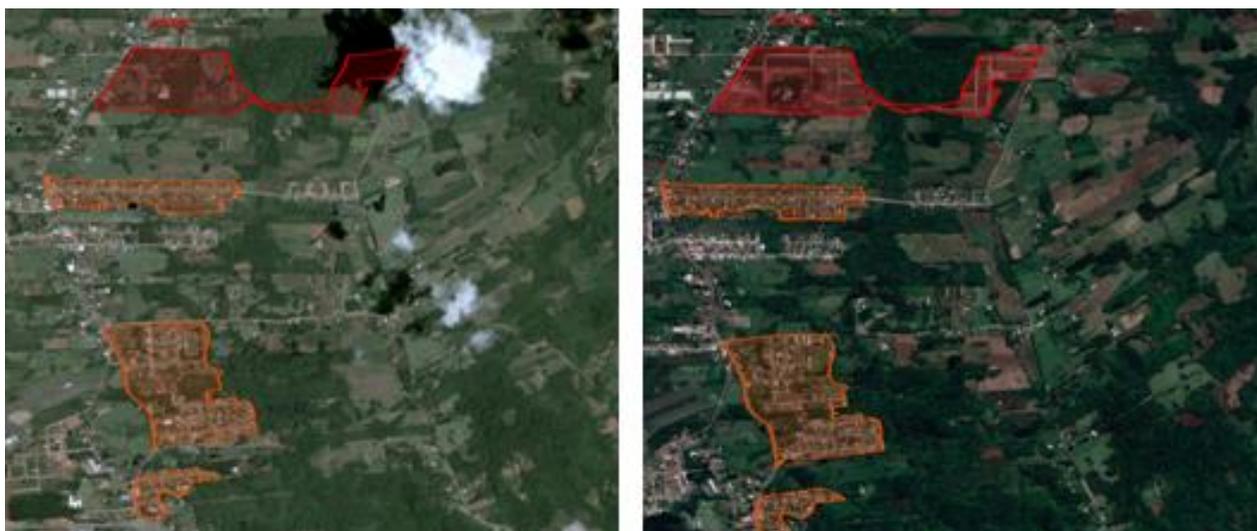


Figura 55 - Modificações no uso e ocupação do solo na Linha Santa Cruz, bacia do arroio Schimidt.

Fonte: Google Earth, (2018).

No bairro João Alves há contribuições para a bacia do arroio das Pedras. São 160 hectares de solo com algum tipo de modificação, conforme ilustrado na Figura 56, a seguir.



Figura 56 - Modificações no uso e ocupação do solo bairro João Alves, bacia do arroio das Pedras.

Fonte: Google Earth, (2018).

Na Figura 57, a seguir, são destacados os efeitos que o acréscimo de vazão ocasionado por um empreendimento, que acabou levando ao colapso o sistema de drenagem que existia previamente no local. Muitas vezes há uma incompatibilidade entre a capacidade de transporte das tubulações existentes e o acréscimo de vazão direcionado pela drenagem dos empreendimentos.



Figura 57 – Efeito da vazão excedente sobre rede de drenagem pluvial na Linha João Alves.

Fonte: Google Earth/Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

No bairro Jardim Europa, há tanto o incremento da ocupação de áreas já urbanizadas, como a abertura de novos loteamentos. Enfatiza-se nessa área, os efeitos ocasionados pela drenagem sobre um dos principais acessos da cidade, o Acesso Grasel. A rede de drenagem que existia no local, com diâmetro de 0,5 m, não comportou mais os acréscimos de vazão oriundos dos novos complexos habitacionais, sobrecarregando a estrutura já existente. Tal situação levou a alagamentos sobre a via, com riscos iminentes de aquaplanagem, e danos a residências.

Por essa razão no mês de janeiro de 2018, foi instalada uma nova galeria de concreto armado com 1,5 metros de altura por 1,5 metros de largura, visando comportar os acréscimos de vazão gerados pelos empreendimentos instalados no local. Esse ponto demonstra bem os efeitos da urbanização nesses locais, e a importância de prever bacias de amortização de vazão para reduzir os efeitos desses escoamentos superficiais, que podem comprometer significativamente as populações de jusante. O Jardim Europa é drenado pelo arroio Jucurí, tendo 67,86 hectares de área com sua superfície modificada, de áreas de agricultura e vegetação nativa, para residências.



Figura 58 - Modificações no uso e ocupação do solo no bairro Jardim Europa, bacia do arroio Jucurí.

Fonte: Google Earth, (2018).

Dessa forma percebe-se a integração entre todos os problemas de drenagem identificados no município, obviamente os casos aqui apresentados não refletem a totalidade dos problemas de drenagem encontrados, mas refletem de uma maneira geral, as consequências da ocupação de margens de recursos hídricos, sua retificação e entubamento, além dos efeitos da impermeabilização dos solos.

Infelizmente se carece de dados técnicos em relação às vazões dos recursos hídricos, para avaliação de sua relação com o meio urbano. O que pode ser observar é que de acordo com os relatos de alguns moradores que habitam algumas áreas próximas a recursos hídricos, é de que há um aumento no nível dos mesmos em períodos de precipitação mais intensa. Dessa forma, deve-se regulamentar as expansões urbanas, avaliando-se com mais critério os efeitos das vazões e o seu direcionamento. Os prognósticos irão de encontro a essa problemática, visando direcionar ações que possibilitem a redução na taxa de impermeabilização do meio urbano, e uma melhor regulamentação do uso e ocupação de áreas de várzea.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS SOBRE O DIAGNÓSTICO DOS SERVIÇOS DE DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.

Após a execução do diagnóstico, entre os meses de Janeiro e Julho de 2018, foi possível chegar-se a algumas considerações finais específicas em relação a drenagem e o manejo de águas pluviais no município de Santa Cruz do Sul.

O primeiro ponto a ser destacado é a dificuldade de obtenção de informações técnicas a respeito da drenagem. Não há claramente um responsável específico por gerenciar essa área, ficando diferentes secretarias, juntamente com a Defesa Civil, responsáveis pela sua gestão. Cada ente possui estudos e dados que são de grande valia, porém não há a disseminação desses materiais entre todas as partes.

Observa-se que está ocorrendo um processo de cadastramento da redes e galerias pluviais, o que pode vir a ser fundamental para o processo de manutenção de redes. Ocorrem ainda problemas pontuais associados a diâmetros inadequados da rede de microdrenagem, porém o município tem investido de forma significativa recursos para sanar as situações mais críticas, de forma gradual, sob gerência da Secretaria de Obra e Infraestrutura.

Observam-se inúmeros problemas de inundação associados tanto a recursos hídricos rurais como urbanos, grande parte dos prejuízos associados estão diretamente condicionados a ocupação regular ou irregular das áreas de inundação, que constituem-se no leito maior dos recursos hídricos. Na área urbana, a modificação do índice de cobertura vegetal do solo, já tem e acordo com relatos informações ouvidos ao longo da execução do plano, modificado o comportamento hidrológicos de vários arroios e córregos urbanos, porém, não há qualquer dado preciso de medição de vazões nos mesmos, o que dificulta a análise de tal situação. O que é evidente é que o código de obras do município bem como o plano diretor sejam adequados as recomendações do presente plano de saneamento, bem como as leis ambientais que limitam a ocupação de áreas de preservação permanente, correndo-se o risco, caso nenhuma medida seja tomada, de se agravar os problemas já existentes.

5. PROGNÓSTICOS PARA A DRENAGEM E MANEJO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

O presente item de prognóstico pretende, a partir das informações levantadas na etapa de diagnóstico, elencar um conjunto de ações estruturais e não estruturais para a uma melhor gestão das águas pluviais e recursos hídricos no município de Santa Cruz do Sul.

É importante frisar que, com base no que foi elencado no diagnóstico, o município de Santa Cruz do Sul apresenta uma rede de macrodrenagem ao redor da qual se observa intenso processo de urbanização, desta forma é inevitável que a ocupação de áreas que compõem o leito maior de rios, arroios e sangas, condicionará a impactos significativos tanto para a população como para o próprio recurso hídrico.

Visando mitigar e compensar os impactos oriundos dessa ocupação, e nortear o processo de desenvolvimentos das novas áreas de expansão, complementando o Plano Diretor Urbano da cidade, são estipuladas ações considerando um horizonte 20 anos, com metas de curto (4 a 8 anos), médio (9 a 12 anos) e longo prazo (13 a 20 anos). É importante frisar que todas as ações propostas seguem o que está normatizado através da Lei Municipal 12.651/2012, que traz a definição de áreas de preservação permanente, tanto para zonas rurais como urbanas, indicando as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente desde a borda da calha do leito regular.

Os dados aqui apresentados também servem de base para o planejamento de investimentos com vistas à obtenção de financiamentos para os ações prioritizadas.

Para melhor acompanhamento, tanto por parte da população como pelo próprio poder público municipal, serão apresentados indicadores de desempenho para o serviço de drenagem. A análise gradual dos resultados e geração dos indicadores pode prover ao município subsídios para o contínuo aprimoramento de seu sistema de gestão, oportunizando condições para o estabelecimento de um processo de melhoria contínua na prestação de serviços de manejo de águas pluviais.

As ações propostas serão divididas em dois grandes grupos, compostos por medidas estruturantes (não-estruturais) e medidas estruturais. Com base nos objetivos elencados para cada ação, serão determinados:

- a) O que será feito
- b) Que recursos serão requeridos
- c) Quem será o responsável
- d) Quando isso será concluído
- e) Como os resultados serão avaliados, incluído os indicadores para monitorar o progresso em direção ao alcance de seus objetivos ambientais mensuráveis.

O município de Santa Cruz do Sul possui estudos referentes ao planejamento da drenagem urbana, o mais completo deles, foi elaborado em 2008 pela STE Engenharia, denominado “plano de manejo das águas pluviais da cidade de Santa Cruz do Sul – PMSAP”. O referido estudo apresenta um diagnóstico e alternativas de gestão muito bem descritas, e que em algumas partes servirão de base para a proposição de alternativas para o presente prognóstico.

O segundo material utilizado são os “estudos de concepção para gestão das águas pluviais do município de Santa Cruz do Sul, localizados nas micro bacias hidrográficas do arroio das Pedras, do arroio Jucurí e do arroio São João, contidas na áreas urbanas deste município”, elaborado pela empresa Encop Engenharia Ltda. Este estudo é específico na determinação de medidas estruturais, no caso a construção de canais em trechos críticos de três sub-bacias urbanas.

5.1 Distribuição das metas ao longo do Horizonte do PMSB (20 anos)

Os prazos para a efetivação das ações descritas no prognóstico da presente revisão foram estabelecidos da seguinte forma, com base na Lei 11.445/2007:

- Medidas imediatas ou emergenciais: Medidas com resultados esperados em um prazo máximo de 03 anos **(2019-2021)**;
- Medidas de Curto Prazo: Resultados esperados entre 4 e 8 anos **(2022-2026)**;
- Medidas de Médio Prazo: Resultados esperados entre 9 a 12 anos **(2027-2030)**;
- Medidas de Longo Prazo: Resultados esperados entre 13 a 20 anos **(2031-2039)**.

5.2 Projeção populacional do município de Santa Cruz do Sul – RS

As projeções populacionais são essenciais para orientação de políticas públicas e tornam-se instrumentos importantes para todas as esferas de planejamento. Esta etapa representa uma etapa de difícil de planejamento urbano, uma vez que a tentativa de estabelecer a provável tendência de crescimento populacional de uma cidade invariavelmente conduz às incertezas, decorrentes do grande número de variáveis que a compõe e da imprevisibilidade das mesmas. Estas informações viabilizam as análises das demandas por serviços públicos e auxiliam no cálculo de vários indicadores. Neste sentido, é ferramenta básica para determinação das características e do porte das unidades componentes do SAA e do SES.

5.2.1 Avaliação dos dados e Estudos Populacionais Existentes

Para a projeção populacional do município, utilizou-se como base de avaliação do estudo populacional as estatísticas censitárias dos últimos disponíveis anos (1980, 1991, 2000 e 2010) e informações da planta da área urbana do distrito, conforme Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 – Dados Censitários do Município

POPULAÇÃO						DOMICÍLIOS URBANOS	
ANO	URBANA	RURAL	TOTAL	TAXA URBANA		Nº	OCUPAÇÃO (TAXA MÉDIA)
				ARITMÉTICA	GEOMÉTRICA		
1980	59.273	42.355	101.628			15.396	3,85
1991	74.295	43.484	117.779	1,37	2,07	23.847	3,12
2000	91.147	16.442	107.589	1,87	2,30	33.414	2,73
2010	102.414	15.960	118.374	1,13	1,17	40.015	2,56

Os parâmetros básicos para projeção da população urbana resultaram:

- População em 2010: 102.414 habitantes

- Taxa de crescimento 1990/2000: 2,30% aa.
- Taxa de crescimento 2000/2010: 1,17% aa.

5.2.2 Métodos de Crescimento Populacional considerados

A metodologia adotada para a projeção populacional foi adaptada do Estudo de Concepção Técnico realizado pela empresa STE Serviços Técnicos de Engenharia S.A. (2016), e adequada para os dados referentes ao Plano de Saneamento, sendo considerado 2019 como ano base e horizonte de plano equivalente a 20 anos. Os métodos empregados foram aqueles usualmente utilizados para avaliação do crescimento populacional, conforme seguem:

- Método geométrico, fundamentado em taxas incrementais geométricas constantes ao longo do tempo;
- Método aritmético, fundamentado em taxas incrementais aritméticas constantes ao longo do tempo.
- Método geométrico com taxas decrescente, fundamentado em taxas incrementais geométricas decrescentes ao longo do tempo;
- Método logístico, fundamentado em taxas incrementais logarítmicas variáveis ao longo do tempo;

Cada método tem expressão algébrica que define a sua aplicação, estando as mesmas apresentadas na tabela a seguir. Também nesta tabela estão indicados os dados e parâmetros de cada método empregados para projeção populacional.

5.2.3 Métodos de Crescimento Populacional avaliados

Fundamentada a escolha de métodos para projeção populacional, prosseguiu-se a estimativa pela determinação das curvas de crescimento demográfico e sua distribuição na área de projeto, adaptado do Estudo de Concepção (STE Serviços Técnicos de Engenharia, 2016). Nesta etapa da projeção populacional, estimou-se a tendência de crescimento **para a área urbana de Santa Cruz do Sul**. Para a avaliação em curso empregaram-se os métodos indicados anteriormente, bem como estudo feito pela CORSAN, na elaboração da tabela de Consumos Progressivos, fornecida pela Companhia. Este estudo é balizado pela

metodologia das projeções de crescimento que a CORSAN adota no Estado do Rio Grande do Sul, através do método dos componentes, a partir do qual se adapta para as especificidades de crescimento de cada município. As adaptações são realizadas conforme dados censitários. Na supracitada projeção, o cálculo foi correlacionado com a estimativa da população total do município no ano de 2018 (IBGE, 2018). O valor inicial foi adequado à população atendida pela CORSAN atualmente (2018). Na Tabela 5 estão apresentadas as projeções para cada método.

Tabela 5: Projeções populacionais para o período do plano nos cinco métodos.

ANO	MÉTODO									
	CORSAN		GEOMÉTRICO		ARITMÉTICO		DECRESCENTE		LOGÍSTICO	
	POP	TX	POP	TX	POP	TX	POP	TX	POP	TX
2010	102414		102414		102414		102414		102414	
2018	113236	-	112000	1.17%	111099	1.06%	107494	0.62%	107821	0.66%
2019	113780	0.48%	113310	1.17%	112287	1.07%	108203	0.66%	108576	0.70%
2020	114326	0.48%	114636	1.17%	113422	1.01%	108690	0.45%	109097	0.48%
2021	114920	0.52%	115977	1.17%	114556	1.00%	109157	0.43%	109588	0.45%
2022	115518	0.52%	117334	1.17%	115690	0.99%	109594	0.40%	110049	0.42%
2023	116107	0.51%	118707	1.17%	116824	0.98%	110000	0.37%	110478	0.39%
2024	116699	0.51%	120096	1.17%	117957	0.97%	110385	0.35%	110887	0.37%
2025	117294	0.51%	121501	1.17%	119089	0.96%	110749	0.33%	111264	0.34%
2026	117892	0.51%	122923	1.17%	120221	0.95%	111092	0.31%	111620	0.32%
2027	118482	0.50%	124361	1.17%	121351	0.94%	111414	0.29%	111954	0.30%
2028	119074	0.50%	125816	1.17%	122479	0.93%	111715	0.27%	112268	0.28%
2029	119670	0.50%	127288	1.17%	123618	0.93%	112006	0.26%	112560	0.26%
2030	120268	0.50%	128777	1.17%	124756	0.92%	112274	0.24%	112830	0.24%
2031	120857	0.49%	130284	1.17%	125891	0.91%	112521	0.22%	113089	0.23%
2032	121450	0.49%	131808	1.17%	127024	0.90%	112758	0.21%	113327	0.21%
2033	122045	0.49%	133350	1.17%	128154	0.89%	112983	0.20%	113554	0.20%
2034	122643	0.49%	134911	1.17%	129295	0.89%	113198	0.19%	113758	0.18%
2035	123231	0.48%	136489	1.17%	130433	0.88%	113402	0.18%	113951	0.17%
2036	123823	0.48%	138086	1.17%	131567	0.87%	113583	0.16%	114134	0.16%
2037	124417	0.48%	139702	1.17%	132699	0.86%	113754	0.15%	114305	0.15%
2038	125014	0.48%	141336	1.17%	133840	0.86%	113913	0.14%	114465	0.14%
2039	125614	0.48%	142990	1.17%	134978	0.85%	114072	0.14%	114614	0.13%

5.2.4 Justificativa do Critério utilizado para projeção da população

No caso avaliado optou-se pela adoção da projeção realizada pela CORSAN, em concordância com o Estudo de Concepção realizado pela STE Serviços

Técnicos de Engenharia S.A. Esta escolha está fundamentada no fato de que o estudo se origina em dados de levantamentos de campo realizados pela Companhia e, principalmente, na similaridade com o comportamento de crescimento populacional dos últimos anos de acordo com o IBGE, para os municípios do Estado do Rio Grande do Sul, adaptados a cada especificidade. Além disso, este método foi devidamente adaptado às estimativas recentes do IBGE (2018) para Santa Cruz do Sul e, desta forma, condiz com as previsões atuais.

A partir dos dados demonstrados, observa-se que a população de Santa Cruz do Sul não apresenta crescimento constante ao longo do tempo com taxas aritméticas. Além disso, espera-se que as taxas de crescimento estabilizem ao passar dos anos, dentro do período de horizonte do plano. Considera-se, portanto, um pequeno declínio na velocidade de crescimento, o que é muito provável, levando em consideração que as altas taxas dos últimos dez anos tenderão a aproximar-se da média no Estado. Além do estudo da CORSAN, os métodos que foram julgados mais próximos da realidade são o Aritmético e o Decrescente, sendo que o estudo da CORSAN apresentou um valor intermediário para a população em final de plano. Através da projeção supracitada, a população urbana a ser considerada para final de plano de 20 anos, em 2039, será de 125.614 habitantes. Ainda assim, recomenda-se o acompanhamento e reavaliação destes valores nas subseqüentes revisões de Plano de Saneamento, de modo que se possa utilizar dados do IBGE sempre atualizados para validar as projeções populacionais e reduzir assim as incertezas decorrentes das variáveis de cálculo.

Para melhor observação dos dados de projeção populacional em relação a drenagem, foi realizada uma síntese dos dados dos estudos realizados pela CORSAN, e determinadas as populações para cada bairro e posteriormente em relação as principais sub-bacias existentes no município. Pode ser observado em comparação a Tabela 4, apresentada anteriormente no texto, que a população total e o número de residências especificados para o ano de 2010 na Tabela 6 diferem. Tal variação se deve ao fato de a população dos bairros ser estimada com base em zonas censitárias, e algumas áreas levantadas não serem devidamente nomeadas em relação a nenhum bairro, e dessa forma não contabilizadas nas estimativas populacionais.

Tabela 6 – Estimativa populacional projetada para os bairros de Santa Cruz do Sul

BAIRRO	Pop. 2010 Censo	Número de Residências Atual	Área km²	Dens.Pop. Hab/km² (Censo 2010)	Pop. 2018
Centro	8730	4373	2,786	3134	9071
Higienópolis	2505	947	1,401	1788	2846
Margarida	3138	1078	1,175	2672	3480
Bonfim	3361	1343	0,977	3439	3702
Ana Nery	3300	1266	1,191	2770	3641
Pedreira	3604	1104	1,398	2577	3945
Bom Jesus	5903	1888	0,920	6413	6244
Schulz	6941	2663	1,339	5185	7282
Goias	3362	1377	1,062	3165	3703
Avenida	2534	1037	0,659	3846	2875
Universitário	3849	1930	1,484	2593	4190
Santo Inácio	4873	1968	1,582	3079	5214
Country	715	269	9,228	77	1056
Belvedere	893	277	0,516	1732	1234
Monte Verde	554	202	0,710	779	895
Arroio Grande	5207	1992	2,123	2453	5548
Faxinal Menino Deus	5172	1299	1,155	4477	5513
Várzea	1914	664	1,957	978	2255
Independência	1745	700	0,384	4545	2086
Renascença	1743	636	1,081	1612	2084
Germânia	2786	1096	26,665	104	3127
Linha Santa Cruz	2977	1144	13,700	217	3318
Castelo Branco	1704	630	0,829	2057	2045
Progresso	1340	351	13,883	97	1681
Rauber	2244	721	5,748	390	2586
Dona Carlota	1805	596	5,640	320	2146
Do Parque	83	29	0,426	195	424
Santa Vitória	5001	1522	1,069	4677	5342
Santuário	3681	1275	1,618	2275	4022
São João	572	176	13,819	41	913
João Alves	344	130	4,598	75	685
Jardim Europa	525	220	2,237	235	866
Aliança	2682	951	3,931	682	3024
Santo Antônio	710	262	0,382	1858	1051
Esmeralda	4801	1729	3,190	1505	5142
TOTAL	101296	37844			113236

Utilizando os valores das projeções populacionais estipulados pela CORSAN, chegou-se na população prevista, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7 – Projeção populacional para cada bairro no horizonte de abrangência do plano

Bairro	Projeção da população por ano de análise																					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Centro	9071	9114	9158	9206	9254	9301	9348	9396	9444	9491	9538	9586	9634	9681	9729	9776	9824	9871	9919	9966	10014	10062
Higienópolis	2846	2860	2874	2888	2903	2918	2933	2948	2963	2978	2993	3008	3023	3038	3053	3068	3083	3097	3112	3127	3142	3157
Margarida	3480	3496	3513	3531	3550	3568	3586	3604	3623	3641	3659	3677	3696	3714	3732	3750	3769	3787	3805	3823	3841	3860
Bonfim	3702	3720	3738	3757	3776	3796	3815	3835	3854	3873	3893	3912	3932	3951	3970	3990	4009	4029	4048	4067	4087	4107
Ana Nery	3641	3658	3676	3695	3714	3733	3752	3771	3790	3809	3828	3847	3867	3886	3905	3924	3943	3962	3981	4000	4019	4039
Pedreira	3945	3964	3983	4003	4024	4045	4065	4086	4107	4127	4148	4169	4190	4210	4231	4252	4272	4293	4314	4334	4355	4376
Bom Jesus	6244	6274	6304	6337	6370	6402	6435	6468	6501	6533	6566	6599	6632	6664	6697	6730	6763	6795	6828	6861	6894	6927
Schulz	7282	7317	7352	7390	7429	7467	7505	7543	7582	7619	7658	7696	7734	7772	7810	7849	7887	7925	7963	8001	8040	8078
Goiás	3703	3721	3739	3758	3778	3797	3816	3836	3855	3874	3894	3913	3933	3952	3971	3991	4010	4030	4049	4069	4088	4108
Avenida	2875	2889	2903	2918	2933	2948	2963	2978	2994	3009	3024	3039	3054	3069	3084	3099	3114	3129	3144	3159	3174	3190
Universitário	4190	4211	4231	4253	4275	4297	4319	4341	4363	4385	4406	4428	4451	4472	4494	4516	4538	4560	4582	4604	4626	4648
Santo Inácio	5214	5239	5264	5292	5319	5346	5373	5401	5428	5456	5483	5510	5538	5565	5592	5620	5647	5674	5701	5729	5756	5784
Country	1056	1061	1066	1072	1077	1083	1088	1094	1100	1105	1111	1116	1122	1127	1133	1138	1144	1149	1155	1160	1166	1172
Belvedere	1234	1240	1246	1253	1259	1266	1272	1279	1285	1291	1298	1304	1311	1317	1324	1330	1337	1343	1350	1356	1363	1369
Monte Verde	895	899	903	908	913	917	922	927	931	936	941	945	950	955	960	964	969	974	978	983	988	992
Arroio Grande	5548	5575	5601	5630	5660	5689	5718	5747	5776	5805	5834	5863	5892	5921	5950	5979	6009	6038	6067	6096	6125	6154
Faxinal Menino Deus	5513	5540	5566	5595	5624	5653	5682	5711	5740	5769	5798	5827	5856	5884	5913	5942	5971	6000	6029	6058	6087	6116
Várzea	2255	2266	2277	2289	2301	2312	2324	2336	2348	2360	2371	2383	2395	2407	2419	2431	2442	2454	2466	2478	2490	2502
Independência	2086	2096	2106	2117	2128	2139	2150	2161	2172	2183	2193	2204	2215	2226	2237	2248	2259	2270	2281	2292	2303	2314
Renascença	2084	2094	2104	2115	2126	2137	2148	2159	2170	2181	2192	2203	2214	2224	2235	2246	2257	2268	2279	2290	2301	2312
Germânia	3127	3142	3157	3174	3190	3207	3223	3239	3256	3272	3289	3305	3322	3338	3354	3371	3387	3403	3420	3436	3453	3469
Linha Santa Cruz	3318	3334	3350	3368	3385	3402	3420	3437	3455	3472	3489	3507	3524	3542	3559	3576	3594	3611	3629	3646	3663	3681
Castelo Branco	2045	2055	2065	2076	2087	2097	2108	2119	2130	2140	2151	2162	2172	2183	2194	2205	2215	2226	2237	2247	2258	2269
Progresso	1681	1689	1697	1706	1715	1724	1732	1741	1750	1759	1768	1777	1785	1794	1803	1812	1821	1829	1838	1847	1856	1865
Rauber	2586	2598	2610	2624	2638	2651	2665	2678	2692	2705	2719	2732	2746	2760	2773	2787	2800	2814	2827	2841	2854	2868
Dona Carlota	2146	2156	2167	2178	2189	2200	2212	2223	2234	2245	2257	2268	2279	2290	2302	2313	2324	2335	2347	2358	2369	2381
Do Parque	424	426	428	431	433	435	437	439	442	444	446	448	451	453	455	457	460	462	464	466	468	471

Continuação...

Bairro	Projeção da população por ano de análise																					
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Santa Vitória	5342	5367	5393	5421	5449	5477	5505	5533	5561	5589	5617	5645	5674	5701	5729	5757	5786	5813	5841	5869	5897	5926
Santuário	4022	4041	4061	4082	4103	4124	4145	4166	4187	4208	4229	4251	4272	4293	4314	4335	4356	4377	4398	4419	4440	4462
São João	913	917	921	926	931	936	941	945	950	955	960	965	969	974	979	984	988	993	998	1003	1008	1012
João Alves	685	688	692	695	699	703	706	710	713	717	720	724	728	731	735	738	742	746	749	753	756	760
Jardim Europa	866	870	874	879	883	888	892	897	902	906	911	915	920	924	929	933	938	942	947	951	956	961
Aliança	3024	3038	3053	3069	3084	3100	3116	3132	3148	3164	3179	3195	3211	3227	3243	3259	3275	3290	3306	3322	3338	3354
Santo Antônio	1051	1056	1061	1067	1072	1078	1083	1089	1094	1100	1105	1111	1116	1122	1127	1133	1138	1144	1149	1155	1160	1166
Esmeralda	5142	5166	5191	5218	5245	5272	5299	5326	5353	5380	5407	5434	5461	5488	5515	5542	5569	5596	5622	5649	5677	5704

Para melhor análise das projeções populacionais para a o manejo de águas pluviais, fez-se uma estimativa da população por Sub-bacias no município de Santa Cruz do Sul, considerando as bacias mais representativas. Como a divisão dos bairros não segue exatamente a divisão das sub-bacias, para os bairros com mais 70% de sua área disposta em uma sub-bacia, sua população e número de residências foi considerada integralmente naquela sub-bacia.

As tabelas 8 a 11 apresentam a evolução populacional para as sub-bacias analisadas, observa-se que as bacias do arroio Lajeado, Jucurí e Das Pedras.

Tabela 8 – Projeção populacional para a Sub-bacia do Arroio Lajeado para o período de vigência do plano de saneamento.

SUB-BACIA ARROIO LAJEADO					
Bairro	População Censo 2010	Residências	População 2018	População 2039	Residências 2039
Universitário	3849	1930	4190	4648	2331
Independência	1745	700	2086	2314	929
Renascença	1743	636	2084	2312	844
Germânia	2786	1096	3127	3469	1365
Linha Santa Cruz	2977	1144	3318	3681	1414
TOTAL	13100	5507	14806	16425	6883

Tabela 9 – Projeção populacional para a Sub-bacia do Arroio Jucurí para o período de vigência do plano de saneamento.

SUB-BACIA JUCURI/PRETO					
Bairro	População Censo 2010	Residências	População 2018	População 2039	Residências 2039
Centro	8730	4373	9071	10062	5041
Higienópolis	2505	947	2846	3157	1193
Goias	3362	1377	3703	4108	1682
Avenida	2534	1037	2875	3190	1306
Santo Inácio	4873	1968	5214	5784	2336
Country	715	269	1056	1172	440
Várzea	1914	664	2255	2502	868
Jardim Europa	525	220	866	961	402
TOTAL	25157	10854	27886	30935	13268

Tabela 10 – Projeção populacional para a Sub-bacia do Arroio das Pedras para o período de vigência do plano de saneamento.

SUB-BACIA DAS PEDRAS					
Bairro	População Censo 2010	Residências	População 2018	População 2039	Residências 2039
Margarida	3138	1078	3480	3860	1325
Bonfim	3361	1343	3702	4107	1641
Ana Nery	3300	1266	3641	4039	1549
Pedreira	3604	1104	3945	4376	1341
Belvedere	893	277	1234	1369	425
Monte Verde	554	202	895	992	362
Arroio Grande	5207	1992	5548	6154	2355
Faxinal Menino Deus	5172	1299	5513	6116	1536
Dona Carlota	1805	596	2146	2381	786
Santa Vitória	5001	1522	5342	5926	1804
São João	572	176	913	1012	313
João Alves	344	130	685	760	287
Aliança	2682	951	3024	3354	1189
TOTAL	35631	11935	40066	44446	14913

Tabela 11 – Projeção populacional para a Sub-bacia do Arroio Levis Pedroso para o período de vigência do plano de saneamento.

SUB-BACIA LEVIS PEDROSO					
Bairro	População Censo 2010	Residências	População 2018	População 2039	Residências 2039
Progresso	1340	351	1681	1865	489
Rauber	2244	721	2586	2868	921
Do Parque	83	29	424	471	166
Esmeralda	4801	1729	5142	5704	2054
TOTAL	8468	2830	9833	10907	3630

Dessa forma, as ações devem priorizar as áreas nas quais se observa maior incidência de doenças de veiculação hídrica, bem como as áreas com maiores taxas de ocupação do solo, pois são as que tendem apresentar maiores taxas de impermeabilização, que podem se refletir em efeitos negativos especialmente nas áreas já afetadas por inundações.

6. DEFINIÇÃO DOS PROGRAMAS AÇÕES E METAS ESTIPULADOS PARA A DRENAGEM E MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS.

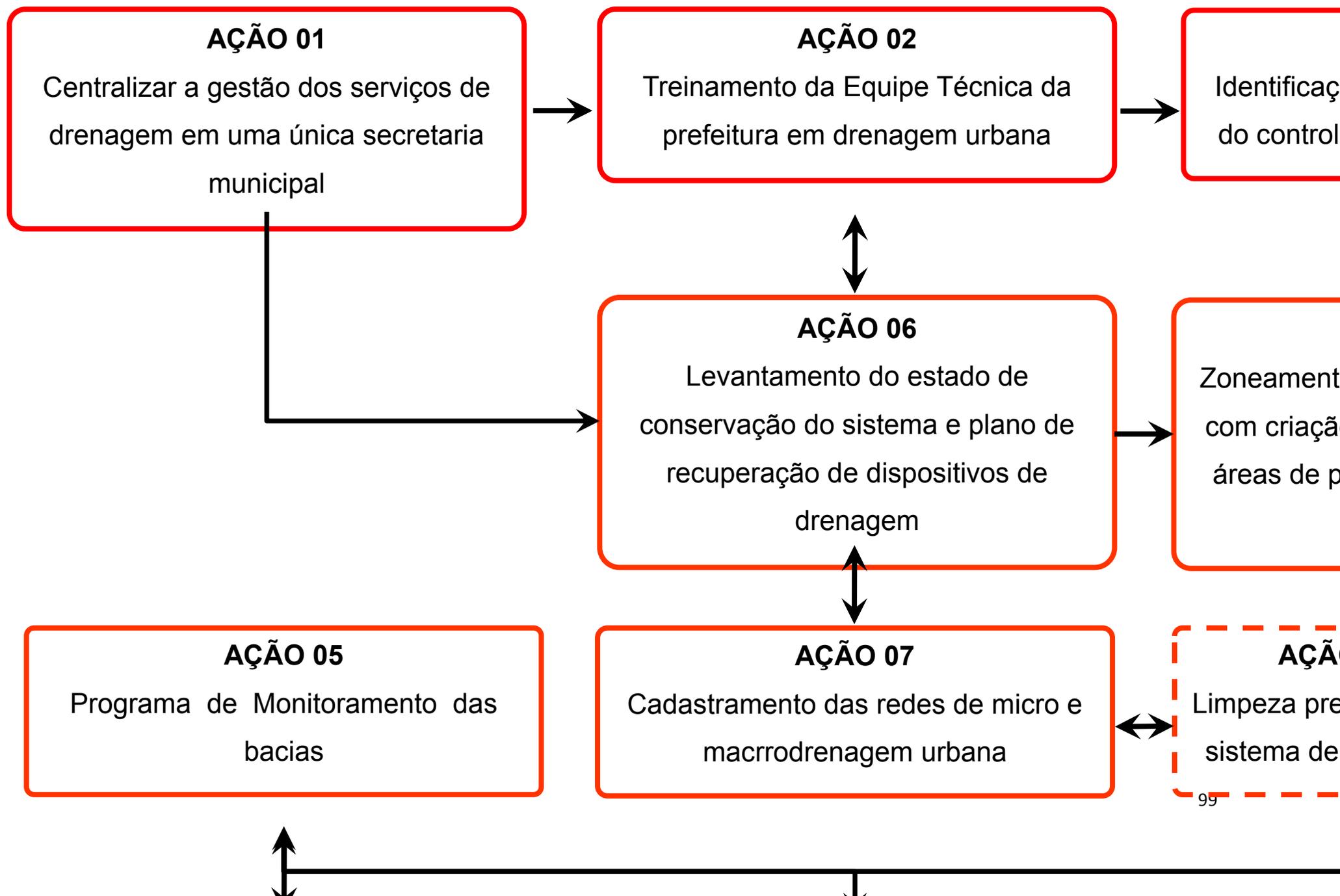
O presente prognóstico foi dividido em dois conjuntos de ações; Primeiramente serão apresentadas as medidas estruturantes, que se caracterizam pelo fornecimento de suporte técnico, político e gerencial para a sustentabilidade da prestação dos serviços de drenagem manejo de águas pluviais. As ações especificadas como estruturantes, encontram-se tanto na esfera do aperfeiçoamento da gestão, como em ações de capacitação em todas as suas dimensões, possibilitando a melhoria cotidiana e rotineira da infraestrutura física.

Um segundo grupo de ações indicadas é denominado de medidas estruturais, que correspondem aos tradicionais investimentos em obras, sendo intervenções físicas relevantes nos territórios, para a conformação das infraestruturas de manejo das águas pluviais.

Essas medidas são evidentemente necessárias para suprir o déficit de cobertura pelos serviços e favorecer a proteção da população quanto a riscos epidemiológicos, sanitários e patrimoniais.

A Figura 59, traz um fluxograma ilustrativo com o sequenciamento da implementação das ações indicadas para a melhoria dos serviços de drenagem, com o prazo estimado para que sejam implementadas ao longo dos 20 anos de vigência do plano. Inicialmente, pretende-se estruturar melhor o serviço de gestão, qualificando o corpo técnico e provendo dados mais precisos para que todas as medidas estruturais posteriores tenham uma maior efetividade.

Figura 59 - Fluxograma de execução das ações de drenagem e manejo de águas pluviais



6.1 PROGRAMA DE MODERNIZAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DA GESTÃO DA DRENAGEM EM SANTA CRUZ DO SUL

AÇÃO 01

Centralizar a gestão dos serviços de drenagem em uma única secretaria municipal, estabelecendo atribuições claras para a elaboração de projetos de drenagem, fiscalização e regulação.

OBJETIVO

O principal objetivo dessa ação é centralizar as atribuições de planejamento de novas obras, infraestruturas e fiscalização, centralizando todo o processo de gestão e acompanhamento das medidas propostas pelo plano de Saneamento em uma única secretaria.

JUSTIFICATIVA

Durante a elaboração do diagnóstico, observou-se grande dificuldade na obtenção de informações relativas a drenagem pluvial. Documentos importantes para o planejamento de ações encontram-se isolados não sendo seu compartilhamento efetivo, prejudicando a disseminação de informações e conhecimento. Atualmente a gestão desse serviço é realizada de forma desarticulada entre as diferentes secretarias que tem atribuições específicas internamente, sendo elas:

- Secretaria municipal de planejamento orçamento e gestão;
- Secretaria municipal de obras e infraestrutura
- Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Saneamento e sustentabilidade.
- Secretaria Municipal de Transportes e Serviços Públicos.

Conforme verificado junto à Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, atualmente a Secretaria de Planejamento e a de Obras e Infraestrutura são as responsáveis pela elaboração e implantação de projetos de drenagem enquanto a secretaria municipal de transportes e serviços públicos executa manutenções em pontos específicos da rede de microdrenagem. A secretaria

de meio ambiente acompanha estudos e avalia condicionantes para o licenciamento ambiental.

EXECUÇÃO

Orienta-se o poder público a centralizar essas ações. Sugere-se a Secretaria de Obras e Infraestrutura para tal, centralizando documentos, estudos e pessoal técnico, visando estabelecer um núcleo ativo para a gestão das ações propostas por esse plano e estudos correlatos anteriores. As ações exequíveis por esse departamento envolvem:

- Avaliar projetos de drenagem dentro da nova concepção de controle, possuindo capacidade de orientar soluções para os projetistas;
- Fiscalizar a execução das estruturas de controle com objetivo de regulamentar as ações na cidade;
- Desenvolver um programa de educação para: (a) profissionais de entidade e projetistas; e (b) população. É essencial para o entendimento e apoio às medidas de drenagem urbana, o conhecimento da população para colaborar no controle da drenagem urbana.

ETAPAS

- As primeiras ações a serem centralizadas seriam as da Secretaria de obras e infraestruturas e Transportes e Serviços Públicos. Dessa forma a Secretaria de Infraestrutura e Transportes não teria mais atribuições diretas associadas a drenagem, na qual atualmente executa basicamente desentupimentos de canalizações.
- Alocação de pessoal e adaptação da infraestrutura da Secretaria de Obras para o recebimento de funcionários oriundos de outras secretarias.
- Criação de uma plataforma online para uso interno dos técnicos da prefeitura, com todos os estudos na área de drenagem executados para o município.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Nesse caso, basicamente, seriam necessários técnicos internos a Prefeitura, porém alocados na Secretaria de Obras de forma a contribuir de

forma direta com a gestão da drenagem. Sugere-se que a equipe seja formada por:

- 2 Engenheiros Civis;
- 1 Engenheiro Ambiental;
- 1 Arquiteto Urbanista;
- 1 Topógrafo;
- 1 Biólogo/Engenheiro Florestal;
- Estagiários de engenharia Ambiental/Civil;

Seriam necessários a adaptação ou criação de um espaço para que a equipe e trabalho execute suas atividades de forma conjunta, pequenas reformas na estrutura já existente da Secretaria de Obras poderiam ser uma alternativa, com custo estimado em R\$ 20.000,00. Além disso, a compra de computadores e softwares para toda a equipe demandaria um total de R\$ 29.814,00, ainda somando-se mobiliário básico a um custo de R\$ 3.263,94. Ao todo a ação pode custar 53.077,94.

AÇÃO 2

Treinamento e capacitação da equipe técnica da prefeitura municipal de Santa Cruz do Sul em hidrologia e drenagem urbana.

OBJETIVO

O objetivo da presente ação é dar subsídios técnicos para que uma equipe fixa dentro da Prefeitura de Santa Cruz do Sul tenha as qualificações e treinamentos necessários para complementar sua formação técnica na área.

JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a criação de uma equipe fixa alocada junto à secretaria de Obras e infraestrutura, para executar a gestão da drenagem e manejo das águas pluviais, é fundamental que essa equipe esteja continuamente sendo capacitada para melhor executar as ações propostas pelo plano.

EXECUÇÃO

Após a formação de uma equipe específica para a drenagem, à mesma deve debater internamente quais são suas necessidades em termos de treinamentos e capacitações. Alguns temas sugeridos para os Cursos podem envolver os tópicos elencados abaixo, que já foram sugestão do PMSAP, 2008, são apresentadas a seguir, com algumas adaptações:

- O Ciclo Hidrológico em áreas urbanas;
- Avaliação de impactos de urbanização sobre o escoamento superficial em áreas urbanas;
- Técnicas e métodos para quantificação e qualificação do escoamento pluvial Urbano;
- Técnicas compensatórias para controle do escoamento superficial: conceitos e projeto;
- Drenagem urbana sustentável: conceitos e projeto;
- Monitoramento de variáveis hidrológicas no meio urbano;
- Modelagem hidrológica;
- Sistema de alerta de cheias, análise de riscos e planos de contingência;
- Arcabouço institucional e legal para modernização e qualificação dos sistemas de drenagem urbana;
- Planejamento urbano e drenagem pluvial;
- Dimensionamento de Obras de Engenharia Natural;

Algumas referências que podem ser utilizadas para a busca por cursos e capacitações específicos nessas áreas podem ser:

- Sindicato dos Engenheiros no Estado do Rio Grande do Sul - <http://www.sengers.org.br/site/index.php>
- Associação Brasileira de Recursos Hídricos - <https://www.abrh.org.br>;
- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária - <https://www.abes-rs.org.br>;
- Delegação de prefeituras municipais - <https://borbapauseperin.adv.br/>;

- Federação das associações dos municípios do Rio Grande do sul
<http://www.famurs.com.br/>;
- Consultoria em Direito Público -
<http://www.cdprs.com.br/index.php/home>;

A Universidade de Santa Cruz do Sul pode agir como facilitador no processo de execução dos cursos, podendo disponibilizar espaço físico e material técnico e humano para a execução desses cursos, através da Secretaria de Extensão da Unisc, disponível em (<https://www.unisc.br/pt/extensao/apresentacao>). Além da própria Universidade, o Comitê Pardo também pode agir como um facilitador nessas ações, fomentando a vinda de referências na área de Gestão de Recursos Hídricos para ministrar cursos e palestras.

É fundamental que sejam feitos seminários internos periódicos na Prefeitura para disseminação dos conhecimentos técnicos adquiridos, de forma a valorizar o investimento realizado na formação de cada funcionário.

Para dar suporte básico de consulta aos técnicos da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, sugere-se a aquisição de algumas referências bibliográficas básicas e seus respectivos autores, para o estudo e consulta dos técnicos internos a prefeitura no tema:

- Hidrologia – Engenharia e Meio Ambiente – Luciene Pimental da Silva
- Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais – Walter Collischonn e Fernando Dornelles;
- Hidrologia Ciência e aplicação – Carlos E.M. Tucci
- Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais – Plínio Tomaz
- Estudos e modelagem da qualidade da água de rios – Marcos Von Sperling;
- Drenagem Urbana Do projeto tradicional à sustentabilidade – Marcelo Gomez Miguez, Aline Pires Veról, Osvaldo Moura Rezendo
- Manual de Hidráulica – Azevedo Netto
- Técnicas compensatórias em Drenagem urbana – Márcio Baptista, Nilo Nascimento, Sylvie Barraud

RECURSOS NECESSÁRIOS

A determinação de valores em relação aos cursos é de difícil previsibilidade, estima-se que cada técnico que atuar diretamente em drenagem for executar um curso anual, a um custo médio, somando-se deslocamento, estadia e matrícula em R\$ 2000, 00 teríamos um custo aproximado de R\$ 14.000,00 anuais. A aquisição de bibliografia recomendada tem custo estimado de R\$1.004,91.

Essa é a medida com o menor prazo estipulado entre as ações do plano, isso se deve ao fato de ela ser de execução simplificada, podendo-se já no primeiro ano do plano, indicar alguns técnicos para executar alguns cursos específicos.

AÇÃO 03

Identificação, quantificação e análise das áreas impermeáveis na área urbana e distritos de Santa Cruz do Sul.

OBJETIVO

Quantificar e classificar os níveis de impermeabilização existentes no município de Santa Cruz do Sul de modo a possibilitar a avaliação do seu nível ao longo do tempo e espaço, possibilitando maior previsibilidade no comportamento hidrológico dessas áreas e indicar áreas prioritárias para intervenções de caráter compensatório.

JUSTIFICATIVA

A adoção da Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento é de aceitação universal, uma vez que ela é um sistema natural, bem delimitado no espaço e de fácil caracterização, onde interações, no mínimo físicas, estão integradas.

De forma complementar, as bacias podem ser subdivididas em unidades menores, o que facilita, por razões técnicas e estratégicas, o seu planejamento (SANTOS, 2004).

Por sua importância histórica e também pelo fato de hoje constituírem áreas de intensa ocupação urbana, as bacias hidrográficas presentes no meio urbano constituem um recorte espacial de importância fundamental para o

planejamento urbano. Quase sempre, seu processo de uso e ocupação do solo, é desenvolvido de modo espontâneo, raramente fundamentado nas questões ambientais.

A intensidade de uso e ocupação de uma bacia hidrográfica está fortemente associada ao nível de impermeabilização do solo dessa mesma região e por isso esses aspectos devem ser trabalhados de forma conjunta. O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para tornar mais evidente os padrões de uso e ocupação dos espaços. A visualização dos fatos no espaço, melhora a compreensão das interações existentes. O estudo detalhado das microbacias urbanas visa identificar, mapear e interpretar o uso e ocupação do solo e assim servir como base para ações voltadas às políticas públicas relacionadas à sua ocupação.

Essa ação está diretamente relacionada ao Mapa da cidade que é um Programa criado pela Prefeitura de Santa Cruz do Sul para atualizar o Cadastro Técnico Municipal. Para execução do mesmo, foram adquiridas imagens de alta resolução, que permitem uma avaliação detalhada do território urbano, servindo de suporte no estabelecimento da Ação 8 - Proposição de uma tarifa para os serviços de drenagem. O modelo de cobrança pode estar associado a taxa de impermeabilização do lote, ou mesmo da área na qual o lote está incluído. Assim sendo, já se justifica a implementação da ação de identificação e quantificação de áreas impermeáveis. Contudo, além disso, deve-se considerar que, desde que não controladas a jusante, as áreas impermeáveis são as principais causas do aumento do escoamento em áreas urbanas. Logo, as ações para o controle da drenagem urbana necessitam deste estudo para possibilitar o suporte à decisão dos gestores.

EXECUÇÃO

Identificar, quantificar e analisar o controle das áreas impermeáveis em Santa Cruz do Sul.

A análise de uma área depende, dentre muitas variáveis, do tipo de estudo que se almeja realizar. No caso de uma avaliação de uso e ocupação de solo é necessário que, em primeiro lugar, se tenha claramente explicitada a área de estudo.

Como a proposta é fazer um mapeamento do uso e ocupação, para isso foi importante que se realizasse uma correlação cronológica do uso e ocupação da área. Assim, algumas características já utilizadas por outros autores, como Tamura (2006), para classificar a área devem ser levadas em consideração.

No trabalho elaborado pelo autor acima citado, o nível de impermeabilização do solo foi à base para a realização de uma avaliação da densidade de ocupação da área. Segundo ele, o espaço estudado foi separado nas seguintes categorias: Densamente urbanizada, Urbanizada, Vazios urbanos/ Uso rural e Remanescente de mata nativa.

O grau de impermeabilização do solo mostra a evolução do uso e da ocupação da área, uma vez que o critério pode considerar, segundo tabela abaixo (Tabela 12), os seguintes tipos de uso do solo.

As sub-bacias dos arroios Jucuri e Das Pedras possuem as maiores taxas de ocupação do solo, devendo ser a prioritárias na análise da impermeabilização do solo. Após isso, as bacias do Arroio Lajeado, Levis Pedroso e Schimidt devem ser analisadas.

Tabela 12 – Referência para classificação do uso do solo para geoprocessamento.

Grau de impermeabilidade do solo	Uso do solo	Coefficiente C
Baixo	Parques; pastos; áreas cultivadas	0,3
Médio	Residencial (lotes $\geq 1000 \text{ m}^2$)	0,5
Alto	Residencial ($100 < \text{lotes} < 1000 \text{ m}^2$); edifícios; indústrias; rodovias	0,8

Fonte: Tamura 2006.

Simplificar ou reduzir o número de variáveis para análise pretende facilitar o processo de análise, gerando de forma rápida imagens como as trazidas pela Figura 60. Dessa forma análises mais específicas do uso e ocupação do solo podem ser feitas para o município de Santa Cruz. Há a possibilidade de executar essa análise tendo em vista imagens anteriores do

município, obtendo-se assim um histórico da ocupação do solo e aumento da impermeabilização do mesmo.

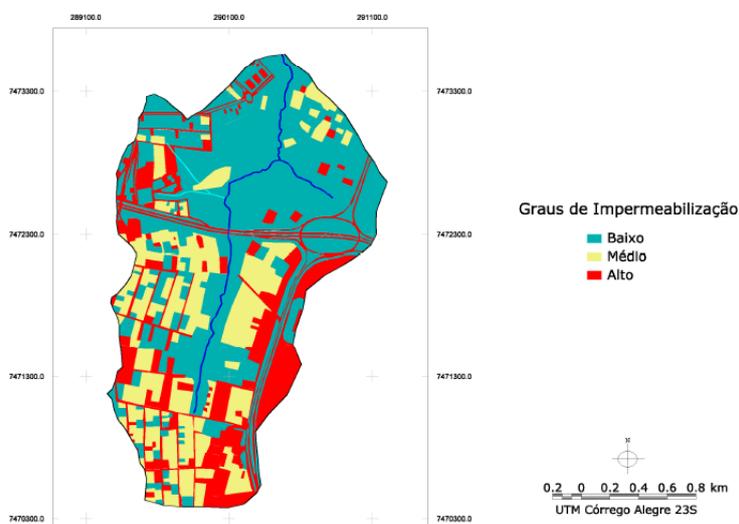


Figura 60 - Exemplificação de um mapa de Impermeabilização do solo
Fonte: Adaptado de Sebusiani e Betine, (2011).

PRAZO

Está é uma ação imediata, com data limite para ser finalizada em 2021.

AÇÃO 4

Criação de uma legislação específica para o controle e manejo adequado das águas pluviais visando mitigar os impactos decorrentes do processo de urbanização padronizando termos e elementos de dimensionamento para o município de Santa Cruz do Sul.

OBJETIVO

Regulamentar os critérios estabelecidos para que empreendedores e técnicos do poder público municipal possam executar projetos de drenagem e manejo de águas pluviais com base em uma normativa padronizada, com indicações de terminologias e equações de cálculo.

JUSTIFICATIVA

Tendo em vista o processo de ocupação do solo e expansão das áreas urbanas no município de Santa Cruz do Sul, percebe-se uma modificação

significativa nos níveis de permeabilidade do solo e por consequência nos índices de escoamento superficial que indicam a relação entre o volume de chuva precipitado e o percentual que contribui de forma direta para os sistemas de micro e macro drenagem.

Em consonância a ao anteriormente exposto, o atual Plano Diretor do município, traz em sua seção III, elementos regulamentadores, para mitigar os efeitos de impermeabilização do solo, indicando o uso de reservatórios de retenção ou detenção de águas pluviais, porém não é específica na indicação de critérios de dimensionamento.

Ações com esse viés tem um efeito preventivo, minimizando a possibilidade de intensificação das cheias que já ocorrem naturalmente no município. O princípio das técnicas compensatórias em drenagem urbana é a manutenção das vazões de saída dos lotes urbanos em condições de pré-urbanização, ou seja, supondo seu estado natural de uso sem ocupação por superfícies impermeáveis.

Estudos realizados pela empresa STE Engenharia, em 2008, trouxeram dados importantes nesse sentido, estabelecendo a vazão específica de pré-urbanização e o volume específico a reter no lote para a manutenção da vazão de pré-urbanização.

EXECUÇÃO

Para a implementação dessa ação, o presente plano traz algumas definições específicas para a drenagem, e que são fundamentais, devendo ser entendidas da mesma forma tanto por técnicos do poder público municipal, como empreendedores e técnicos contratados para execução dos estudos de concepção de empreendimentos locados no município de Santa Cruz do Sul. Os conceitos apresentados de Bacia Hidrográfica, escoamento superficial, recorrência e tempo de concentração foram obtidos de Netto (2014).

- **Bacia hidrográfica – Seção de drenagem**

Seção de drenagem é a seção transversal de um curso d'água para a qual interessa determinar a variação de vazão resultante de precipitação ocorrida a montante. Chama-se bacia hidrográfica ou bacia de contribuição de uma seção de drenagem a uma área geográfica constituída pelas vertentes que coletam a

água precipitada que, escoando superficialmente, atingirá a seção de drenagem.

- **Tempo de Recorrência (Tr)**

Sendo o objetivo da micro e da mesodrenagem a solução para o escoamento das vazões de chuvas mais frequentes, portanto menores recorrências e menores intensidades é admitida a ocorrência de alagamentos pontuais, quando aumenta a intensidade da chuva

A Tabela 13 sugere os valores de recorrência (retorno) tidos como usuais para, na falta de legislação específica, ou melhor juízo do engenheiro projetista balizar cálculos expeditos e avaliações.

Tabela 13 – Tempos de retorno recomendados para obras de drenagem

Tipo de ocupação da área	Tr (Anos)		
	Microdrenagem	Mesodrenagem	Macrodrenagem
Ruas em áreas verdes e de recreação	1	1	1 a 2
Ruas residenciais	2 a 4	3 a 5	50 a 100
Ruas comerciais e industriais (escolas e hospitais sem emergência)	5 a 7	6 a 9	75 a 100
Artérias principais de tráfego, dando acesso e interligando bombeiros, aeroportos, polícia, rododiferroviárias, hospitais de emergência	8 a 15	10 a 25	500

- **Tempo de concentração (Tc)**

A aplicação do método racional tem como base o fato de que a máxima vazão ocorre quando toda a bacia está contribuindo na seção em análise, isso é, quando a duração (Tn) da chuva é igual (ou superior) ao tempo de concentração (Tc)

$$t_n \geq t_c$$

- **Escoamento superficial**

Do volume total precipitado sobre o solo, apenas uma parcela escoar sobre a superfície e sucessivamente constitui as enxurradas, os córregos, os ribeirões, os rios, os lagos e o mar. O restante é interceptado pela cobertura vegetal e

depressões do terreno, infiltra e/ou evapora. A proporção entre essas parcelas, a que escoam e a que fica retida ou volta à atmosfera, depende das condições físicas do solo – declividade, tipo de vegetação, impermeabilização, capacidade de infiltração, retenções (depressões) e condições climático-meteorológicas.

- **Coefficiente de escoamento superficial C**

Embora seja apresentado como o resultado da ação do terreno sobre a chuva, relacionando o volume que escoam com o volume que é precipitado.

O professor P.S. Wilken sugere a adoção de um único valor para toda a bacia, resultante da média ponderada das parcelas da área total com seus respectivos coeficientes, como pesos, conforme suas características fisiográficas.

Determinação da vazão de projeto para rede de microdrenagem: Método Racional

De acordo com o exposto pelo plano de drenagem de Porto Alegre/RS, o método racional é largamente utilizado na determinação da vazão máxima de projeto para bacias pequenas e pode ser considerado um estudo para a medição das vazões em Santa Cruz do Sul.

Para o dimensionamento de redes, utilizando o método racional, adota-se como limite uma área de até 2km². Os princípios básicos do Método Racional são:

- a duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade;
- adota um coeficiente único de perdas, denominado C, estimado com base nas características da bacia;
- não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões, portanto não pode ser utilizado para o dimensionamento de reservatórios de amortecimento.

Conforme estudos realizados pela STE Engenharia, a vazão de pré-urbanização deve ser entendida como a vazão que um lote produz para determinada precipitação de projeto em seu estado natural de uso do solo.

Esta vazão é importante de ser estabelecida, pois limitará as emissões de águas pluviais para o sistema de drenagem pluvial público de cada lote individualmente.

Considerando os limites inerentes ao Método Racional, conforme apresentado anteriormente, este pode ser utilizado para estimar as vazões decorrentes de escoamentos superficiais, sendo representado pela equação a seguir:

$$Q = 2,78 C I A$$

Onde:

Q = vazão máxima em l/s,

I = intensidade da precipitação em mm/h e

A = área da bacia em ha.

Um dos principais elementos a serem determinados para o uso mais adequado do método racional é a determinação precisa do coeficiente de escoamento, que deve ser determinada a partir da média ponderada entre as diferentes características do solo que compõem a área em análise. A Equação a seguir, sintetiza esse processo.

$$C = \frac{C_p A_p + C_i A_i}{A_t}$$

Onde:

C_p - Coeficiente de escoamento da parcela permeável da bacia;

A_p - Área da bacia considerada permeável;

C_i - Coeficiente de escoamento da outra parcela que é impermeável;

A_i - Parcela da bacia com área impermeável

A_t - Área total da bacia, ou seja a soma das áreas permeáveis e impermeáveis.

A principal questão aqui é a determinação do valor do coeficiente de escoamento para as duas superfícies: permeável e impermeável. Vários estudos experimentais já obtiveram valores médios para estes coeficientes. Em 1987, Schueler apresentou a seguinte equação ajustada a partir de observações em 44 bacias urbanas americanas:

$$C = 0,05 + 0,9 AI$$

Observa-se que neste caso o C_p corresponde a 0,05, ou seja apenas 5% dos totais precipitados são convertidos em escoamento superficial na condição de pré-urbanização.

A Tabela 14 apresenta valores médios obtidos e tabelados em diversos estudos para o coeficiente de escoamento em sua condição de pré-urbanização.

Tabela 14 – Valores aplicado de C_p para diferentes estudos

Fonte	C_p
Gramma (solo arenoso) - ASCE, 1969	0,05 a 0,20
Gramma (solo pesado), - ASCE 1969	0,13 a 0,35
Matas, parques e campos de esporte - Wilken 1978	0,05 a 0,20
Equação Schueller - USA, 44 Bacias	0,05
Equação Urbonas et al - USA, 60 Bacias, 1990	0,04
Equação Tucci - Brasil, 11 bacias	0,047
<i>Soil Conservation Service</i>	0,025 a 0,31

Fonte: Adaptado de STE, Engenharia.

Em bacias urbanas brasileiras poucos estudos foram desenvolvidos deste tipo, destaca-se o trabalho de Tucci (2000), que dispunha de dados de 11 bacias urbanas, gerando a seguinte equação:

$$C = 0,047 + 0,9.AI$$

Verifica-se a proximidade com os valores obtidos por Schueler (1987), o que indica um comportamento médio similar entre as bacias analisadas.

Nesse caso, os estudos elaborados pela STE Engenharia, levaram em consideração as características geomorfológicas do solo de Santa Cruz do Sul, e para condições naturais, atribuíram um coeficiente médio de $C_p = 0,15$.

De acordo com Collischon e Dorneles (2013) as chuvas intensas são as causas das cheias, e as cheias são causas de grandes prejuízos quando os rios transbordam e inundam casas, ruas estradas, escolas, podendo destruir plantações, edifícios, pontes, As cheias também põem trazer sérios prejuízos a saúde pública ao disseminar doenças de veiculação hídrica. Por esses motivos, existe o interesse pelo conhecimento detalhado da intensidade de chuvas no projeto e na análise de estruturas hidráulicas como bueiros, pontes, canais e vertedores.

O problema da análise de frequência de chuvas máximas é calcular a precipitação P que atinge uma área A em uma duração D com uma dada probabilidade de ocorrência em um ano qualquer. a forma de relacionar quase todas essas variáveis é a curva de Intensidade-Duração-Frequência (curva IDF).

Nesse sentido, cada localidade apresenta a sua própria curva IDF. Na ausência de dados, usualmente se buscam dados de algum posto pluviométrico próximo que apresente a sua equação determinada.

Para Santa Cruz do Sul, Saul (2015) determinou uma curva IDF, tendo em vista dados coletados entre 1999 e 2014 pela estação meteorológica da Universidade de Santa Cruz do Sul.

$$i = \frac{(922,24 \cdot TR)^{0,10}}{(t + 9,79)^{0,72}}$$

Onde:

i = intensidade máxima média em milímetro por hora,

TR = tempo de retorno em anos,

t = duração em minutos da precipitação

Uma segunda equação foi apresentada por PMSAP, (2008) *apud*, Encop (2006), para Santa Cruz do Sul, na qual a intensidade da precipitação é determinada considerando duração entre 1 hora e 24 horas e período de retorno de 10 anos.

$$i = \frac{67,86 \cdot \text{LOG}(t) + 57,40}{t}$$

Onde:

l - intensidade da precipitação em mm/h

t - duração do evento em horas.

Para a segunda equação apresentada, substituindo na equação valores para uma precipitação com duração de 1 hora, ter-se-ia uma precipitação com intensidade de 57,4 mm/h.

Assim, com os valores especificados é possível estimar a vazão de pré-urbanização, através da substituição dos valores determinados na equação.

$$q = 2,78 \cdot 0,15 \cdot 57,4 = 23,9 \text{ l/s.ha}$$

Dessa forma, para Santa Cruz do Sul a vazão de pré-urbanização por hectare é equivalente a 23,9 litros por segundo. Como comparação, para a cidade de Seattle (USA) o valor adotado é de 14 l/s.ha; para Denver (USA) é de 16,7 l/s.ha; em Porto Alegre, o valor adotado foi de 20,8 l/s.ha.

A determinação da vazão de pré-urbanização de uma bacia ou lote em Santa Cruz do Sul pode ser realizada através da seguinte relação:

$$Q_p = 23,9 \cdot A_t$$

Onde:

Q_p - Vazão de pré-urbanização em l/s

A_t - área total contribuinte em hectares.

VOLUME DE CONTROLE

A determinação dos volumes a armazenar nos lotes ou bacias urbanas, na forma de reservatórios, deve considerar a manutenção da vazão efluente em valores iguais ou inferiores ao de pré-urbanização. Assim, este volume pode ser estimado pela seguinte equação:

$$V = (Q_u - Q_p) \cdot t \cdot k$$

Onde:

V = volume a ser armazenado em m³;

Q_u = vazão gerada após a urbanização da área em estudo em l/s;

Q_p = vazão de pré-urbanização também em l/s; t a duração do evento de precipitação em horas

k = coeficiente de compatibilização das unidades, com valor de 3,60.

Assim como no caso anterior, o volume necessita tornar-se específico (v) para permitir a aplicação sobre toda a área do município:

$$V = \frac{V}{A} = \left(\frac{Q_u}{A} + \frac{Q_p}{A} \right) \cdot 3,60 \cdot t$$

Considerando a equação (1), pode-se estimar a vazão específica para a condição de pós urbanização. Para as condições de pré-urbanização utiliza-se a equação (8). Assim, tem-se a seguinte equação :

$$V = (2,78 \cdot C \cdot I - Q_p) \cdot 3,6 \cdot t$$

Para determinar o valor de C , utiliza-se a equação (4), com $C_p = 0,15$ e $C_i = 0,95$. A intensidade da precipitação para $TR = 10$ anos e duração entre 1 hora e 24 horas pode ser obtida pela equação (7). Assim, substituindo todas as equações na equação (12) tem-se que:

$$V = \left[2,78 \cdot (0,15 + 0,80 \cdot A_i) \cdot \left(\frac{67,86 \cdot \text{LOG}(t) + 57,40}{t} \right) - 23,6 \right] \cdot 3,6 \cdot t$$

Sendo

A_i = parcela impermeável com valor entre 0 e 1;

t = duração do evento de precipitação considerado para $TR = 10$ anos.

Neste caso, considerando $t = 1$ hora, conforme o item anterior, tem-se que:

$$v = 4,60 \cdot A_i$$

Sendo v o volume específico para armazenamento em m^3/ha e A_i a parcela impermeável, aqui em porcentagem (0 a 100%).

A determinação do volume a armazenar em um reservatório para um lote ou bacia qualquer, dentro das limitações do método (áreas < 200ha), pode então ser realizada pela seguinte fórmula:

$$V = v \cdot At$$

Sendo At a área total contribuinte em hectares. Considerando por exemplo um lote de 1000m², com 50% de área impermeável em Santa Cruz do Sul, teríamos o seguinte:

$$V = \frac{1000}{10000} \cdot 4,60 \cdot 50 = 23 \text{ m}^3$$

Ou seja, seria necessário reservar 23,0m³ na forma de um reservatório de águas pluviais para manter a condição de vazão de pré-urbanização. Caso seja possível a adoção de uma profundidade de 1,5m para o reservatório, isso representaria uma área superficial de 15,3m², o que equivaleria a menos de 1,6% da área total do lote.

O controle do limite de vazão seria realizado através da verificação “*in loco*” do diâmetro máximo de saída da tubulação pós-reservatório de detenção, ou seja, da rede que conecta a saída da drenagem do lote com as redes públicas.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Para a implementação dessa ação não são necessários recursos financeiros, sendo apenas necessária mobilização de técnicos para a elaboração de Decreto ou Lei Municipal. É importante destacar que o Plano Diretor e o Código de Obras do município devem complementar ou incorporar esses preceitos em seu texto, unificando as proposições de gestão e manejo de águas pluviais. Por não demandar recursos específicos a ação pode ser implementada em um prazo imediato dentro do horizonte de execução do plano.

PROPOSTA DE TEXTO DA LEGISLAÇÃO PARA O CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS E DOS IMPACTOS DECORRENTES DO DESENVOLVIMENTO MUNICIPAL

Introdução do seguinte artigo no Plano Diretor de Santa Cruz do Sul no Capítulo VIII – Do Parcelamento do Solo:

Artigo xx. As áreas resultantes de parcelamentos do solo no Município de Santa Cruz do Sul devem prever a manutenção das vazões máximas escoadas em valores equivalentes aos da condição de pré-urbanização.

Parágrafo único: Os critérios técnicos para a determinação da vazão de pré-urbanização e para o dimensionamento de dispositivos de controle do escoamento pluvial serão definidos através de Decreto Municipal.

DECRETO N ° XX.XXX

Regulamenta o controle da drenagem urbana.

O PREFEITO MUNICIPAL DE SANTA CRUZ DO SUL, usando de suas atribuições legais e tendo em vista o artigo xx do Plano Diretor municipal, e considerando que:

Compete ao Poder Público prevenir o aumento das inundações devido à impermeabilização do solo e canalização dos arroios naturais;

O impacto resultante da impermeabilização produz aumento de frequência de inundações, piora da qualidade da água e aumento do transporte de material sólido, degradando o ambiente urbano;

Deve ser responsabilidade de cada empreendedor a manutenção das condições prévias de inundação nos arroios da cidade, evitando-se a transferência para o restante da população do ônus da compatibilização da drenagem urbana;

A preservação da capacidade de infiltração das bacias urbanas é prioridade para a conservação ambiental dos arroios e rios, que compõem a macrodrenagem e dos rios receptores do escoamento da cidade de Santa Cruz do Sul.

DECRETA:

Art. 1º Toda ocupação que resulte em superfície impermeável, deverá possuir uma vazão máxima específica de saída para a rede pública de pluviais igual ou inferior a 23,90 l/s.ha.

§ 1º A vazão máxima de saída é calculada multiplicando-se a vazão máxima específica pela área total do terreno.

§ 2º A água precipitada sobre o terreno não pode ser drenada diretamente para ruas, sarjetas e/ou redes de drenagem.

§ 3º Para terrenos com área inferior a 600m² e para habitações unifamiliares, a limitação de vazão referida no "caput" deste artigo poderá ser desconsiderada, a critério da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul.

Art. 2º Todo parcelamento do solo deverá prever na sua implantação o limite de vazão máxima específica disposto no art. 1º.

Art. 3º A comprovação da manutenção das condições de pré-ocupação no lote ou no parcelamento do solo deve ser apresentada à Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul.

§ 1º Para terrenos com área inferior a 200 (duzentos) hectares, o volume por unidade de área do terreno necessário ao reservatório de amortecimento das vazões pluviais deve ser determinado através da equação:

$$v = 4,60 AI$$

Onde v é o volume por unidade de área de terreno ou volume específico em m^3 /hectare e AI é a área impermeável do terreno em %.

§ 2° O volume útil para o reservatório de amortecimento das vazões pluviais deve ser obtido através da multiplicação do volume específico pela área total do terreno, verificando a compatibilização de unidades.

§ 3° O volume de reservação necessário para áreas superiores a 200 (duzentos) hectares deve ser determinado através de estudo hidrológico específico, considerando precipitação de projeto com probabilidade de ocorrência de 10% (dez por cento) em qualquer ano (Tempo de retorno = 10(dez) anos) e duração mínima de 1 (uma hora) ou igual ao tempo de concentração da área contribuinte caso este seja superior à duração mínima.

§ 4° Serão consideradas áreas impermeáveis todas as superfícies que não permitam a infiltração da água para o subsolo.

§ 5° Pavimentos permeáveis podem ser utilizados como dispositivos alternativos de controle complementares ao reservatório de amortecimento de cheias, tendo a sua superfície reduzida em 50% de sua área no cálculo da área impermeável total do terreno.

§ 6° A aplicação de dispositivos alternativos complementares ao controle por reservatório estará sujeita à autorização da Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, após a devida avaliação das condições técnicas necessárias ao seu perfeito funcionamento, a serem declaradas e comprovadas pelo interessado.

6.2 PROGRAMA DE MONITORAMENTO E CADASTRAMENTO DE DADOS DA REDE DE DRENAGEM

AÇÃO 05

Monitoramento estratégico qualitativo e quantitativo das de recursos hídricos representativos no município de Santa Cruz do Sul.

OBJETIVO

Verificar o atendimento das metas estabelecidas para as ações estruturais e não estruturais propostas no Plano de Saneamento de Santa Cruz do Sul, correlacionando as ações propostas para a drenagem e esgotamento sanitário, identificando “gargalos” do sistema de drenagem que impedem a obtenção das metas estabelecidas.

O monitoramento prévio a implementação das ações permite a determinação com precisão do estado atual dos recursos hídricos na área urbana do município.

JUSTIFICATIVA

Percebe-se a necessidade de obter dados precisos em relação primeiramente à vazão tanto dos corpos hídricos presentes em sub-bacias urbanas como em pontos estratégicos no meio rural, permitindo determinar o tempo de resposta a precipitações específicas que podem vir a ocorrer no município. Tal processo permite estabelecer as curvas-chave das seções estabelecidas, ou seja, a relação cota-vazão para as seções. A partir disso poderão ser feitas as medições limnimétricas nas seções e com o uso da curva-chave estabelecer a vazão real de forma direta, associando-se a isso e a leitura dos pluviógrafos estabelecer a real relação precipitação-vazão no município especialmente para os recursos hídricos que são mais crônicos em relação a problemas que envolvem inundações.

Aspectos qualitativos da água também são fundamentais para determinação de ações de fiscalização, principalmente no que diz respeito ao lançamento direto de efluentes sanitários nos recursos hídricos, ou a ligações irregulares a rede pluvial.

EXECUÇÃO

Proposição de parcerias

A primeira etapa para execução da presente ação é estabelecer parcerias estratégicas entre poder público, iniciativa privada e instituições de ensino Superior.

A proposta apresentada no presente plano de saneamento deverá ser encaminhada para apreciação da Promotoria Estadual, viabilizando a aplicação de verbas provenientes de Termos de Ajustamento de Conduta, firmados com infratores ambientais.

Em relação à iniciativa privada indica-se a abertura de um edital para que as empresas da região manifestem interesse em auxiliar como parceiras, tendo inclusive seu logo vinculado aos materiais do projeto. As empresas poderão fornecer materiais, verba, voluntários e dados para a execução do projeto.

A Universidade de Santa Cruz do Sul, através dos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Civil, poderia estabelecer um projeto contínuo de análises qualitativas da água dos principais recursos hídricos urbanos, e do Rio Pardinho para estabelecer uma série de dados histórica. Para tanto poderia se aplicar de forma contínua as verbas obtidas dos trabalhos de conclusão de curso de alunos interessados em efetuar pesquisas na área.

Medidas de monitoramento de nível e vazão

Escolha de pontos estratégicos para determinação de curva-chave e instalação de estações limnimétricas de monitoramento automatizadas. Sugere-se esse tipo de modelo devido às características das bacias urbanas, que tendem a condicionar respostas rápidas as precipitações ocorridas sobre sua área de drenagem. A Figura 61 apresenta um indicativo de dois locais, destacados em vermelho, com grande representatividade para análise dos referidos dados.



Figura 61 – Indicação de pontos para monitoramento fluviométrico.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, 2018.

Sugere-se que a instalação das estações fluviométricas seja feita preferencialmente em áreas de fácil acesso, e devidamente protegidas de cheias e vandalismo. A utilização de áreas privadas pode ser uma alternativa para minimizar esses riscos.

Para uma resposta mais precisa em relação ao tempo de resposta dos recursos hídricos em relação a precipitações, também se sugere a instalação de estações pluviométricas em pontos estratégicos nas cabeceiras dos recursos hídricos.

Tendo em vista o histórico de cheias no Rio Pardinho, e o contingente de famílias afetadas pelas mesmas, a instalação e operação de uma estação fluviométrica e pluviométrica automatizada, que permita a obtenção de dados via satélite é fundamental para o planejamento das ações emergenciais de evacuação da população que reside nas áreas de risco, com a antecedência necessária para minimizar danos e possibilidades de incidentes mais graves, que culminem no óbito de pessoas. Para tanto a instalação de uma estação no município de Sinimbu é estratégica, principalmente após a confluência do rio Pequeno com o Rio Pardinho, conforme ilustra a Figura 62.



Figura 62 – Indicação de local para estação fluviométrica em Sinimbu para monitoramento de nível no Rio Pardinho

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, 2018.

Medidas de monitoramento de qualidade da água

Coleta de amostras

Com base na indicação de parcerias entre a Universidade de Santa Cruz do Sul e Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, deve-se proceder à análise contínua da qualidade da água nas sub-bacias de Santa Cruz do Sul. Sugere-se que os estudos iniciem-se pelas bacias do Arroio Lajeado, Jucuri que se situam em áreas com maiores densidades populacionais. A escolha dos pontos de amostragem deve levar em consideração pontos estratégicos para o diagnóstico preciso dos reais culpados pela deterioração da qualidade dos corpos d'água, para tanto se recomenda a análise dos seguintes parâmetros básicos com objetivo de diminuir os custos desta atividade:

- Temperatura: deve estar entre 15 e 25 °C, diferente disso evidencia atividade antropogênica, como despejo de efluentes sanitários;
- Condutividade: capacidade da água transmitir corrente elétrica, associada a presença de sólidos dissolvidos. É uma medida indireta de sólidos dissolvidos, sais e cor;
- Turbidez: é a alteração da penetração da luz no corpo d'água. Evidencia a presença de sólidos suspensos provenientes de atividades agrícolas, construções e erosão em geral;

- Oxigênio Dissolvido: baixo significa presença de matéria orgânica, pois organismos que a decompõe utilizam OD, dentre outras coisas;
 - pH: condição ácida (pH baixo) representa a presença de despejos domésticos e industriais, oxidação da MO. A condição básica (pH alto) evidencia elevadas taxas de fotossíntese devido à proliferação de algas.
- Estes parâmetros podem ser medidos *in loco*, sem a necessidade de análises laboratoriais.

Em caso de maior disponibilidade de recursos pode-se proceder com análises de mais específicas, como DBO, DQO, Nitrogênio, fósforo e micropoluentes inorgânicos (cádmio, cromo, chumbo, mercúrio).

RECURSOS NECESSÁRIOS

O estabelecimento de parcerias com o setor privado visa justamente reduzir os custos ao poder público dessa ação. Uma estação fluviométrica automatizada pode custar em torno de R\$ 25.000,00 reais, no caso o custo total pode ser de R\$ 50.000,00. As análise de monitoramento, com base em orçamento realizado pela Universidade de Santa Cruz do Sul, pode custar em torno de R\$ 864,00 reais apenas com parâmetros básicos,. São indicadas ao menos 4 análises anuais visando o monitoramento do arroio Scimidt, Lajeado, Jucuri, Das Pedras e Levis Pedroso, totalizando R\$ 17.280 reais mensais.

AÇÃO 06

Levantamento do estado de conservação do sistema e plano de recuperação de dispositivos de drenagem

OBJETIVO

O objetivo da medida proposta é proporcionar a identificação e recuperação dos problemas de conservação, possibilitando a recuperação estrutural de pontos críticos para o sistema de drenagem. Tal ação é de extrema importância para o correto funcionamento do sistema implantado, evitando estrangulamentos provocados por defeitos na estrutura dos componentes do sistema implantado.

JUSTIFICATIVA

Durante a etapa de diagnóstico foram apontados pontos que apresentavam problemas crônicos de extravasamento nas redes de coleta pluviais. Além disso, trechos dos canais e galerias do município apresentavam problemas estruturais e de manutenção.

Assim, com base no concomitante ao cadastramento das redes (Ação 07) que já está sendo executado, se propõe a realização de um levantamento do estado de conservação das redes, galerias e canais, seguido de estabelecimento de um cronograma para o reparo dos problemas verificados.

EXECUÇÃO

Tendo em vista os pontos identificados na cidade, tanto por técnicos da prefeitura, como nos relatórios da Defesa Civil, sugere-se que as ações de diagnóstico, e nesses casos específicos, obras de substituição de estruturas, deve se priorizar os seguintes pontos:

- Esquina da Rua Coronel Oscar Rafael Jost com a Avenida João Pessoa;
- Rótula da Rua Cel. Oscar Rafael Jost (próximo ao parque da Oktoberfest);
- Esquina da Rua Tenente Coronel Brito com a Rua Senador Pinheiro Machado;

Após esses pontos crônicos, deve-se iniciar o diagnóstico das redes em um caráter mais amplo.

Muitos problemas pontuais de alagamentos surgem devido a regimes hidráulicos desfavoráveis nos pontos de lançamento da água drenada nas ruas na rede de microdrenagem na rede de macrodrenagem. Para que essa ação tenha um resultado positivo, deve-se iniciar com um diagnóstico preciso do estado de conservação das redes das galerias e canais pelos quais transitam os recursos hídricos. No presente plano de saneamento, devido ao curto prazo para sua execução, foram apenas visitados alguns pontos críticos de conhecimento da prefeitura municipal de Santa Cruz do Sul e Defesa Civil. Sugere-se que com o uso de equipamentos de proteção individual adequados, conforme indicado:

- Botas de borracha;
- Calças Impermeáveis;
- Luvas;
- óculos de proteção;
- Máscaras com capacidade de filtração para micro-organismos;

Seguido exatamente essa lógica, serve de referência o projeto Nosso Engenho que está sendo executado em Lajeado pelo poder público municipal. A Figura 63 traz a ilustração do processo de diagnóstico do recurso hídrico. Tal projeto poderia servir como *case de Benchmarking* para a recuperação dos recursos hídricos urbanos em Santa Cruz do Sul.



Figura 63 – Diagnóstico das redes de drenagem no projeto Nosso Engenho – Prefeitura municipal de Lajeado.

Fonte: SEMA, Lajeado, (2018).

Um ponto importante a ser observado é a utilização ou não de dispositivos para a dissipação de energia da água nos pontos de descarga de águas pluviais no leito do córrego. A ausência de tais dispositivos potencializa a erosão do solo próximo a estes pontos.

Torna-se necessário a realização de reparos periódicos ou a instalação dos mesmos por meio do poder público municipal. A implantação de novos

dissipadores em todos os pontos de drenagem de água pluvial pode controlar ou até mesmo eliminar os processos erosivos e assoreamento.

Há a necessidade de implementação de medidas de fiscalização mais efetivas para otimizar a eficiência das redes de drenagem e minimizar a incidência de ligações irregulares de esgoto na mesma. As ações de fiscalização especificadas a seguir foram referências nas ações executadas pela equipe técnica do Sistema de Água, Esgoto e Saneamento Ambiental de São Caetano do Sul – SAESA SCS. Vale a pena a referência a essa equipe devido aos resultados obtidos por suas ações.

FILMAGEM E TELEVISIONAMENTO DA REDE

Este mecanismo é fundamental para um diagnóstico preciso das condições internas das redes de drenagem no município contribuindo para uma fiscalização efetiva dos lançamentos inadequados de efluentes na rede pluvial.

O objetivo principal dessa atividade é identificar ocorrências de falhas estruturais ou trechos assoreados, e assim, direcionar com maior precisão os trabalhos de manutenção e recuperação. A inspeção por televisionamento é realizado após as ações de limpeza preventiva e corretiva, eliminando e removendo os resíduos ou obstruções, de modo a permitir a passagem do equipamento pelo interior da tubulação. Para determinar as prioridades da inspeção, é tomado como base a quantidade de ocorrências por trecho de rede, a partir do histórico das obstruções nas estações do período de “seca” e “chuva”.

A Figura 64 ilustra o funcionamento do mecanismo de monitoramento via câmeras em uma galeria de águas pluviais do município de São Caetano do Sul – SP. Além disso, traz-se a Figura 06, para ilustrar os dispositivos usualmente utilizados para este tipo de monitoramento.



Figura 64 – Exemplo das imagens obtidas por um sistema de televisionamento de redes pluviais.

Fonte: Costa e Lucena, (2017).



Figura 65 – Exemplificação de equipamento para monitoramento de redes de drenagem.

Fonte: Costa e Lucena, (2017).

TESTE DE FUMAÇA

O teste consiste do lançamento de fumaça na rede de drenagem, e abertura de todos os Poços de Visita de Esgoto, para verificação visual de possíveis indícios de interligações as redes existentes.

Para a realização dos testes de fumaça, indica-se a verificação prioritária das redes localizadas em Bacias mais antigas e com alto índice de histórico de interligações de esgoto.

O equipamento utilizado para os testes pode ser visualizado na Figura 66, o mesmo necessita ter a capacidade de emitir grande volume de fumaça, devido a grandes extensões de galerias e caixas de passagem. No caso exemplificado pela figura, aplicou-se a fumaça nas redes de drenagem, e foi realizada a abertura de todos os Poços de Visita de Esgoto, para a verificação visual de possíveis indícios de interligações as redes existentes no município de São Caetano do Sul.



Figura 66 – exemplificação da aplicação do teste de fumaça em redes coletoras de esgoto.

Fonte: Costa e Lucena, (2017).

RECURSOS NECESSÁRIOS

O monitoramento visual das redes de drenagem pode ser realizado pelos próprios técnicos da Prefeitura, não havendo necessidade de contratação de equipes terceirizadas. Não há estimativa especificada para os custos dos testes de fumaça e para o televisionamento das redes. Parcerias com a Universidade de Santa Cruz do Sul, especialmente com os cursos de Engenharia Mecânica e Controle e automação poderiam ser úteis para desenvolver tais protótipos a custos reduzidos.

AÇÃO 07

Cadastramento das redes de micro e macrodrenagem urbana.

OBJETIVO

O objetivo da medida proposta é finalizar o cadastro das redes que integram o sistema de drenagem pluvial de Santa Cruz do Sul. Tal cadastro vai possibilitar um preciso conhecimento do sistema implantado com a indicação de diâmetros, extensões de tubulações e declividades.

JUSTIFICATIVA

Um preciso conhecimento do sistema de drenagem implantado no município, em conjunto com o conhecimento detalhado do relevo das áreas de estudo são de extrema importância para a programação da implantação das ações aqui propostas, sobretudo aquelas que demandam projetos executivos detalhados.

Neste contexto é que se indica a realização deste cadastramento das redes de micro e macrodrenagem existentes na área urbana de Santa Cruz do Sul.

EXECUÇÃO

Atualmente o mapeamento das redes já vem sendo executado, na Secretaria de Planejamento, pelo setor de Geoprocessamento. Tendo em vista a ação de centralização das ações que envolvem a drenagem junto à Secretaria de Obras, poderia se integrar essa ação a referida secretaria, que atualmente possui vasta documentação com informações técnicas das redes implantadas no município em décadas anteriores. Com o auxílio de estagiários de engenharia poderia se agilizar a compilação destes dados, atribuindo-se ao cadastramento maior precisão a informações cadastradas.

RECURSOS NECESSÁRIOS

A ação já vem sendo executada atualmente junto a prefeitura, por técnicos alocados na Secretaria de Planejamento. Não são necessários investimentos a mais nesse quesito.

AÇÃO 08

Proposição de uma taxa para os serviços de drenagem urbana, com elaboração de legislação para este fim.

OBJETIVO

Otimizar execução as ações estruturais e não estruturais para a drenagem pluvial garantindo recursos específicos disponíveis para a pronta execução dos mesmos com ênfase a elaboração de cronogramas de manutenções preventivas. Além disso, busca-se incentivar boas práticas em drenagem pelos proprietários de lotes e imóveis.

JUSTIFICATIVA

Observa-se, com base nos levantamentos executados na fase de diagnóstico, que há uma crescente demanda pelos sistemas de drenagem no município de Santa Cruz do Sul, oriundas principalmente de um processo acelerado de urbanização, comum a grande maioria dos municípios brasileiros, que condicionam necessidades crescentes de investimento em ampliação de redes coletoras e aumento nos diâmetros nominais instalados.

Tendo em vista essa situação e a dificuldade de obtenção de recursos próprios orçamentários para a gestão dos serviços de drenagem, a própria Lei 11.445/07 em seu artigo 29, explicita que “os serviços públicos de saneamento básico terão a sustentabilidade econômico-financeira assegurada por meio de remuneração pela cobrança dos serviços, e, quando necessário, por outras formas adicionais como subsídios ou subvenções”.

No caso da drenagem pluvial, os serviços de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas podem ser realizados na forma de tributos, inclusive taxas, conforme o regime de prestação do serviço ou das suas atividades. Nesse sentido está especificado, que a instituição das tarifas, preços públicos e taxas de serviços de saneamento básico deverão observar as seguintes diretrizes especificadas:

- I - prioridade para atendimento das funções essenciais relacionadas à saúde pública;
- II - ampliação do acesso dos cidadãos e localidades de baixa renda aos serviços;
- III - geração dos recursos necessários para realização dos investimentos, objetivando o cumprimento das metas e objetivos do serviço;
- IV - inibição do consumo supérfluo e do desperdício de recursos;

V - recuperação dos custos incorridos na prestação do serviço, em regime de eficiência;

VI - remuneração adequada do capital investido pelos prestadores dos serviços;

VII - estímulo ao uso de tecnologias modernas e eficientes, compatíveis com os níveis exigidos de qualidade, continuidade e segurança na prestação dos serviços;

VIII - incentivo à eficiência dos prestadores dos serviços.

O artigo 36 traz que a cobrança pela prestação do serviço público de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas deve levar em conta, em cada lote urbano, os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva, bem como poderá considerar:

I - o nível de renda da população da área atendida;

II - as características dos lotes urbanos e as áreas que podem ser neles edificadas.

Ainda há a Lei Federal 9.433/1997, que instituiu a *Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos*, possibilita a cobrança de uma taxa para a disposição de águas de drenagem pluvial nos corpos d'água em seu artigo 12, inciso III:

“Art 12. – Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos de recursos hídricos:

Inciso III – Lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com fim de sua diluição, transporte ou disposição final.

Inciso IV – outros usos que alterem o regime, a quantidade e a qualidade de água existente em um curso d'água.

Art; 20 – Serão cobrados os usos de recursos hídricos sujeitos à outorga, nos termos do art. 12.

EXECUÇÃO

A ação de proposição de uma taxa específica para a drenagem é produto do amadurecimento do poder público no conhecimento de sua realidade e necessidades específicas. Há a obrigatoriedade de já estar devidamente regulamentada a gestão centralizada do manejo de águas pluviais para otimizar a aplicação eficiente de recursos humanos e financeiros.

O primeiro e mais complexo ponto a ser determinado para a execução dessa ação, é o valor e método de cobrança a ser instituído no município de Santa Cruz do Sul para os usuários do sistema de manejo das águas pluviais. Para tanto serão indicadas três alternativas, sendo um modelo americano, e dois brasileiros.

No Brasil, bem como em outros países, os serviços de drenagem urbana são financiados por uma parcela do orçamento do município. Eventualmente, podem ocorrer investimentos Federais ou Estaduais, dirigidos especialmente a execução de obras, mas a composição destes recursos empregados na manutenção dos sistemas de drenagem é municipal, sendo captados através de impostos. Geralmente, o financiamento é feito através do IPTU – Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana. Como a drenagem urbana não é percebida como prioridade política, seu financiamento esbarra na restrição orçamentária e o que se tem observado é que os investimentos são insuficientes diante da elevada demanda (Cançado, Nascimento e Cabral, 2006; Tucci, 2002).

Estudo de caso - *Rocky Mount*, Carolina do Norte/ Estados Unidos.

Os autores Forgiarini et al., 2007, apresentam o caso do Condado da Cidade de *Rocky Mount*, que aprovou a implementação da taxa de drenagem pluvial em 01 de Julho de 2003. As taxas pela utilização são baseadas na área impermeável de cada construção ou parque e são pagas para cobrir os gastos com a operação, a manutenção e o capital investido no Sistema de Drenagem da Cidade (*Rocky Mount*, 2007).

A área impermeável média para uma residência unifamiliar em *Rocky Mount* é de 232,5 m², determinada pela análise de fotografia aérea. Para cada

232,5 m² de área impermeável são cobrados uma taxa de R\$ 13,0 por mês (US\$ 3,25 para US\$ 1,00 = R\$ 4,00, cotação de setembro de 2018).

Assim, a taxa é de R\$ 0,056/m². Para residências multifamiliares e todas as propriedades não residenciais a taxa é determinada da mesma forma que para as residências unifamiliares, mas o valor é diferenciado.

Estudo de caso - Santo André, São Paulo/Brasil

Qualquer bibliografia que fale do processo de cobrança pelos serviços de drenagem urbana no Brasil, sempre irá citar o caso pioneiro de Santo André, no Estado de São Paulo, que definiu pela Lei Municipal 7.606 de 23 de Dezembro de 1997. A lei define que:

Artigo 2 - A taxa de drenagem é devida em razão da utilização efetiva ou da possibilidade de utilização, pelo usuário, dos serviços públicos de drenagem de águas pluviais, decorrentes da operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem existentes no Município.

Artigo 4 - O custo decorrente da prestação dos serviços de operação e manutenção dos sistemas de micro e macrodrenagem será dividido proporcionalmente entre cada usuário, segundo a contribuição volumétrica das águas advindas de seu respectivo imóvel, lançadas ao sistema de drenagem urbana.

Parágrafo único - O cálculo da contribuição volumétrica de águas ao sistema de drenagem terá por base o índice pluviométrico médio mensal do Município que, associado à área coberta de cada imóvel (impermeabilização), definirá o volume efetivamente lançado ao sistema.

A taxa de drenagem é cobrada na conta mensal de Saneamento Ambiental de todos os imóveis e os valores cobrados são (SNSA, 2005):

- valor mínimo: R\$ 0,56 por metro cúbico ao mês;
- valores médios: R\$ 2,00 a R\$ 3,00 por metro cúbico ao mês.

De acordo SNSA (2005), com a cobrança da drenagem, o Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André (Semasa) arrecada cerca de R\$ 6 milhões por ano, o que é suficiente para cobrir 50% dos gastos de manutenção da rede (limpeza de bocas-de-lobo, galerias, limpeza e desassoreamento de córregos, manutenção dos piscinões existentes na cidade, etc.). É importante deixar claro que os recursos provenientes da taxa de drenagem não são usados para obras, o dinheiro é destinado apenas para manutenção, conforme prevê a Lei.

Estudo de caso - Cobrança interna aos municípios: Taxa pelo serviço de drenagem – Exemplo Santa Maria

Silveira et al, 2009, apresentam uma metodologia para cobrança pelo serviço de drenagem, a situação apresentada, condiz com a realidade de muitos municípios brasileiros, nos quais há a inexistência de Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDrUs). Esse é o caso para a Bacia do Rio Santa Maria, objetivo do estudo dos autores, que em função da dificuldade de fazer uma avaliação das necessidades de investimentos nas áreas urbanas da bacia antes do desenvolvimento de estudos de diagnósticos dos problemas enfrentados, por simplificação, para a definição do valor do investimento nos PDDrUs foi utilizado o valor de R\$ 2,5 milhões por quilômetro quadrado de área urbana como referência.

Este valor foi obtido a partir de Tucci (2007), que indica uma faixa de 1 a 4 milhões de reais por quilômetro quadrado, normalmente utilizada para a execução de obras de controle em escala de macrodrenagem.

Utilizou-se o valor médio, pois não é certo que todas as áreas urbanas da bacia tenham problemas de drenagem pluvial que requeiram investimentos.

O investimento necessário para o controle da drenagem urbana nos municípios da bacia foi dividido pela população para ter uma ordem de grandeza

O valor médio para os municípios foi de R\$ 964,06 por habitante (variação de R\$ 678,14/hab a R\$ 1358,27/hab), para a bacia o valor foi de R\$ 823,78/hab. Estes valores são semelhantes ao obtido por Cruz (2004), que analisou a situação atual do sistema de drenagem de Porto Alegre e

determinou soluções otimizadas (mínimo custo) para os problemas de alagamentos. As soluções adotadas pelo autor foram a ampliação da micro e macrodrenagem e a construção de reservatórios de amortecimento, seguindo o planejamento de acordo com as técnicas compensatórias ou de BMPs. O custo total para as vinte e sete bacias hidrográficas do município de Porto Alegre foi de R\$ 1.418.934.329,60, que dividido pela sua população (1.383.454 habitantes — IBGE, 2000) representa um valor de R\$ 1.025,64/hab.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Essa medida não demanda investimentos específicos, os próprios técnicos da Prefeitura juntamente com o poder legislativo no município, podem elaborar e discutir tal aplicação.

AÇÃO 09

Zoneamento da passagem de cheias, com criação de parques lineares nas áreas de preservação permanentes (APP'S) e demarcação de cotas de inundação.

OBJETIVO

Definir a zona de passagem das cheias nas áreas urbanas do Município de Santa Cruz do Sul, que estão em área ribeirinha, de modo a possibilitar a definição de restrições de ocupação do solo a serem incorporadas ao plano diretor urbano.

JUSTIFICATIVA

O Município de Santa Cruz do Sul sofre, com alguma regularidade, dos problemas relacionados às inundações ribeirinhas. Esta situação é decorrente, dentre outros aspectos, da ocupação urbana em áreas de extravasamento das calhas dos corpos d'água que existem no município, notadamente na várzea do rio Pardinho.

EXECUÇÃO

O diagnóstico executado para o presente plano de saneamento apresentou uma simulação das áreas afetadas por inundações no município de Santa Cruz do Sul, a Figura 67, apresenta a delimitação dessas áreas.

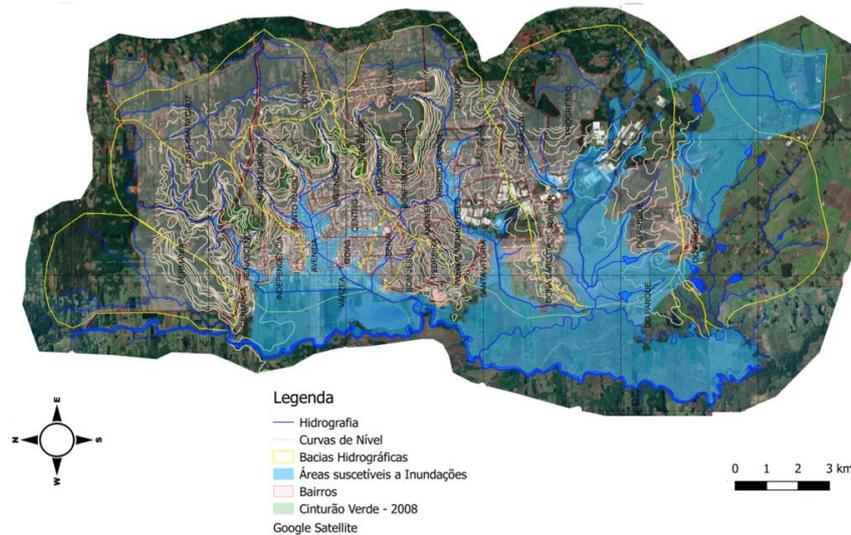


Figura 67 – delimitação das áreas de inundação.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

Da mesma forma, com base no mapa IV - *Zoneamento de usos e Áreas especiais de proteção*, elaborado para a revisão do Plano Diretor de Santa Cruz do Sul, foram destacadas em laranja, as áreas de ocupação controlada diretamente associadas a inundação provenientes do Rio pardinho e seus afluentes urbanos, a Figura 68 traz o que foi demarcado para o município, tendo em vista seu planejamento futuro.

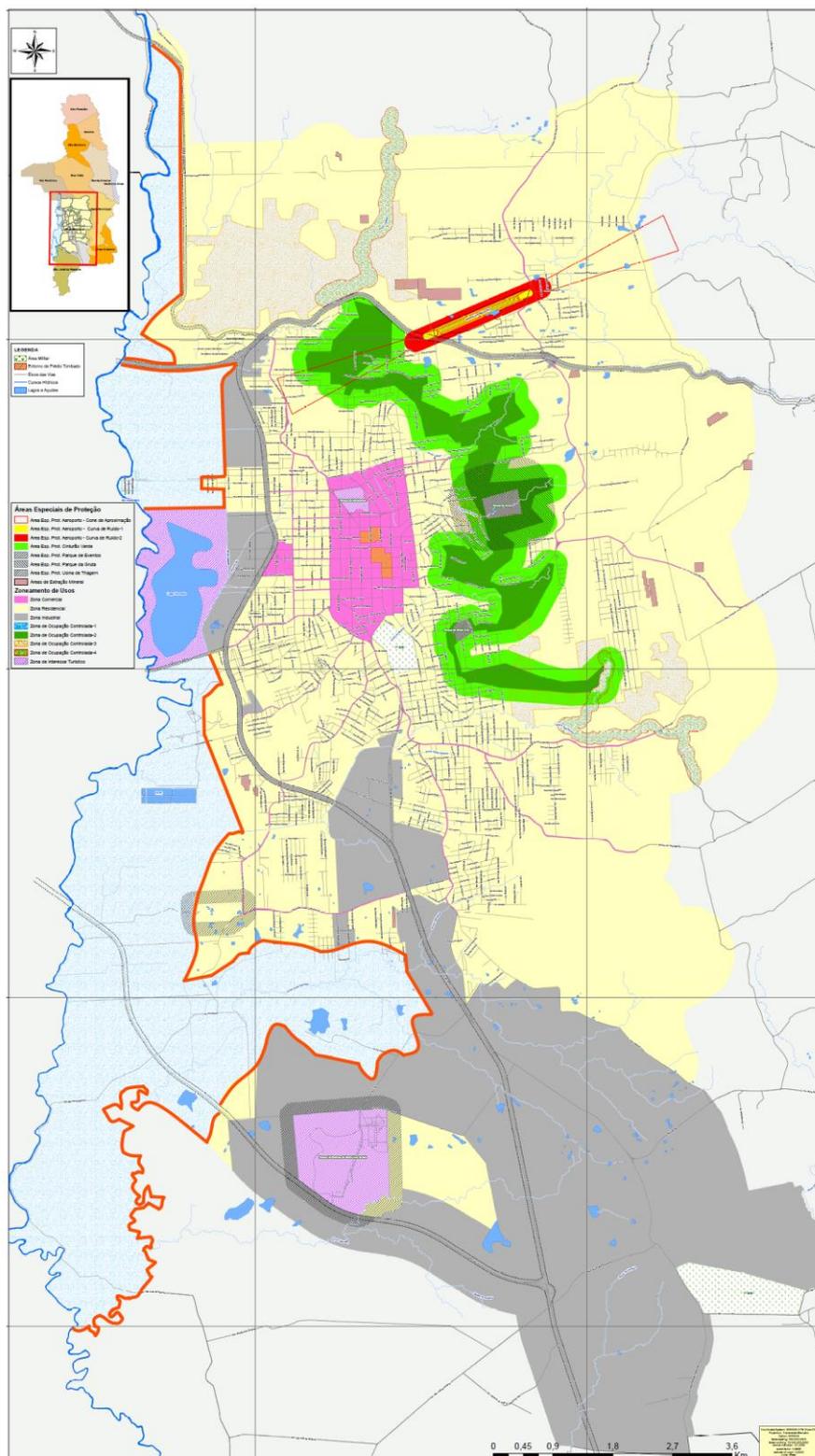


Figura 68 – zoneamento estabelecido pela revisão do plano diretor
 Fonte: Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul, (2018).

Percebe-se que o zoneamento já existe. Dessa forma, sugere-se algumas ações para enfatizar os riscos de ocupações nesses pontos e no caso de inundações minimizar seus efeitos.

DEMARCAÇÃO DE COTAS DE REFERÊNCIA

Uma ação que pode ser implementada em pontos de mapeados como sujeitos a inundações é a demarcação em pontos de referência do nível que o recurso hídrico pode atingir naquele ponto, em cheias históricas.

Tal demarcação poderia ocorrer em postes de luz, ou mesmo em pontos estratégicos, como escolas e residências, de modo a conscientizar todo e qualquer indivíduo ou empreendimento que deseje ocupar a área de forma regular ou irregular, dos riscos associados à ocupação dessas áreas. A Figura 69, traz a exemplificação de como essa medida pode ser implementada.

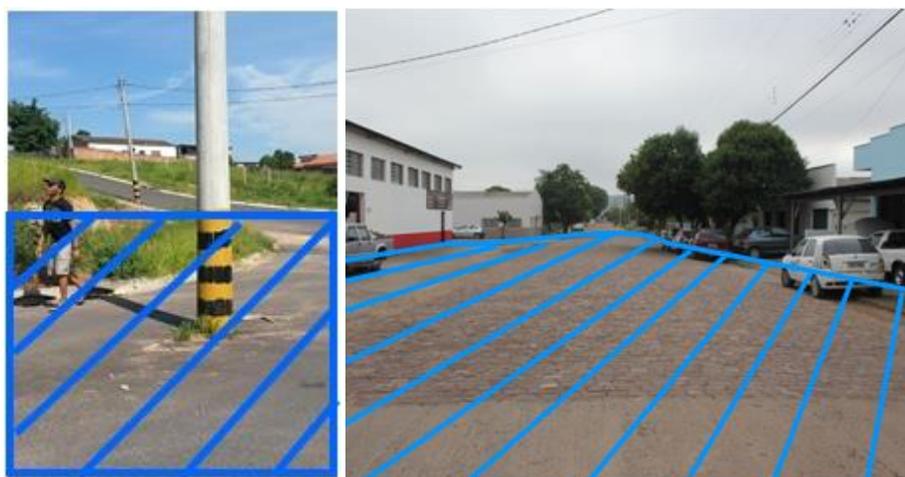


Figura 69 – Exemplo de pintura em postes para indicação de cota de inundação.

Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

ALOCÇÃO DE MARCOS DE REFERÊNCIA PARA INUNDAÇÕES

Em vários pontos sujeitos a alagamentos, residem indivíduos que em eventos extremos de inundação necessitam ser realocados pela defesa civil. Em muitos casos os resgates são realizados a noite, onde fica difícil para os motoristas de ônibus e caminhões manterem a referência do traçado correto da estrada. Nesses casos, sugere-se a instalação de postes com fitas refletoras, indicando qual o traçado da estrada, não só no bairro várzea, como em outras vias de áreas sujeitas à inundação.

CRIAÇÃO DE PARQUES LINEARES

Esta medida pretende valorizar a relação entre a população e os recursos hídricos existentes no município. O PMSAP (2008) indicou algumas

ações interessantes que são aqui no presente plano reforçadas. No caso, utilizando-se das delimitações especificadas pelo plano diretor do município e das cotas de inundação, foi elaborado o seguinte mapa, apresentado na Figura 70.

Foram delimitadas duas faixas com possibilidades de uso distintas, próximas ao rio Pardinho, no caso da zona de inundação, delimitada em azul. Esta faixa deve ficar desobstruída, porém, como as ocupações já são existentes, a Prefeitura Municipal deverá criar mecanismos que facilitem a mudança da população ribeirinha, bem como evitar que novas ocupações nestas áreas sejam feitas.

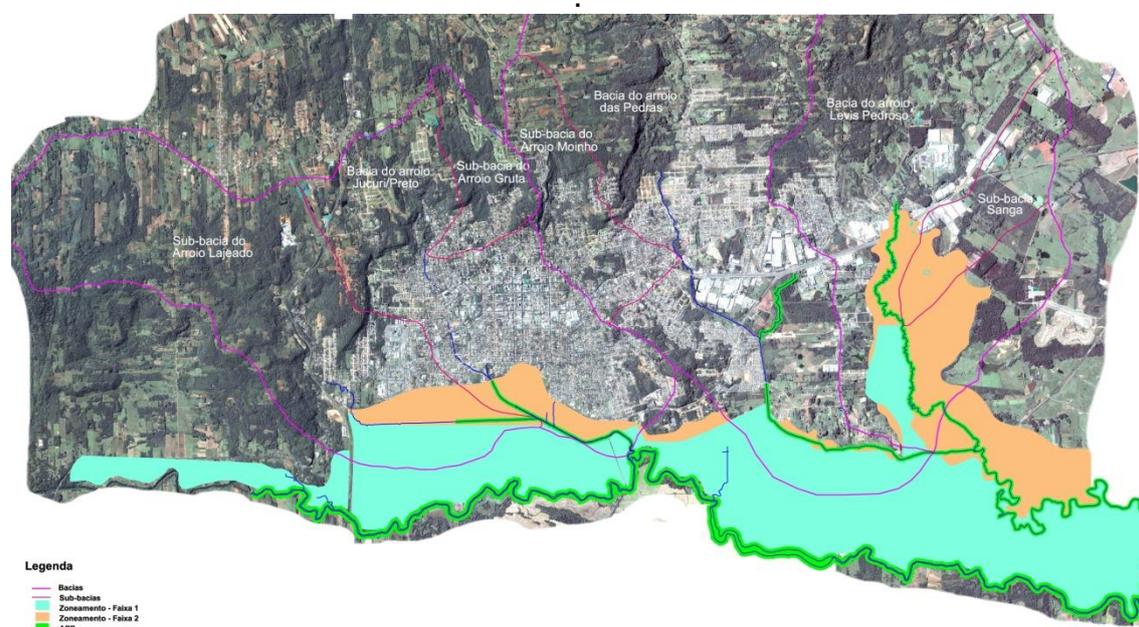


Figura 70 – Delimitação de faixas de ocupação às margens do Rio Pardinho e seus afluentes

Fonte: PMSAP, (2008).

A área delimitada em laranja, é uma área que pode ser ocupada porém com restrições, tendo sido dividida em dois trechos. O primeiro, entre o final da Área de Alagamento do PDDSU de Santa Cruz do Sul e a BR-471, iniciando na RS-287 até a Rua Coronel Overbeck. O segundo, na área de inundação identificada no Arroio Levis Pedroso, afluente do Rio Pardinho. A ocupação desta faixa poderá ser utilizada para:

- (i) construção de parques para atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo;
- (ii) uso agrícola;
- (iii) usos industrial-comercial, com áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeitos a danos de cheia. Nesse caso, não deve ser permitido armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos;
- (iv) serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados;
- (v) habitação com mais de um piso, estruturalmente protegida contra enchentes, onde o piso superior será utilizado para períodos críticos de inundação.

Dentro do zoneamento, propõe-se ainda a criação do Parque Linear do Rio Pardinho (PLRP), que se constituirá da Área de Preservação Permanente (APP) ao longo das margens do rio Pardinho e de seus afluentes na largura prevista no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12.651 de 2012).

O Parque Linear do Rio Pardinho (PLRP) será formado pelas várzeas de inundação naturais dos cursos d'água ainda não ocupadas e pelas áreas das cabeceiras dos rios principais para proteção desses rios contra assoreamento e proteção da qualidade da água. Devem ser previstas, nestas áreas, a recuperação e preservação da mata ciliar. Além disso, ressalta-se que o controle do uso do solo deve ser intenso na área demarcada como Cinturão Verde e nas áreas similares, que apresentem as mesmas características de vegetação e solo, cujos limites serão estabelecidos em lei municipal específica.

Para indicar um modelo de aplicação de parques lineares, cabe destacar aqui a tese de doutorado de Verol 2013, intitulada "*Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades mais Resilientes*". As soluções de projeto foram desenvolvidas pela autora da Tese em conjunto com a aluna de mestrado em Arquitetura Paisagística Ianic Bigate, cuja dissertação foi defendida em julho de 2013, utilizando como base as ideias de projeto propostas por COSTA *et al.* (2011). O projeto paisagístico foi elaborado por BIGATE (2013) e as soluções hidráulicas modeladas pela autora da Tese.

O trabalho foi desenvolvido na Baixada Fluminense, área metropolitana do Rio de Janeiro. A Figura 71 traz uma caracterização da área de estudo, com algumas indicações das soluções indicadas para cada trecho. Salienta-se aqui que o presente plano não irá resumir integralmente a tese de doutorado, mas vale a consulta ao material completo, visando o planejamento e dimensionamento de ações dessa natureza em Santa Cruz do Sul.

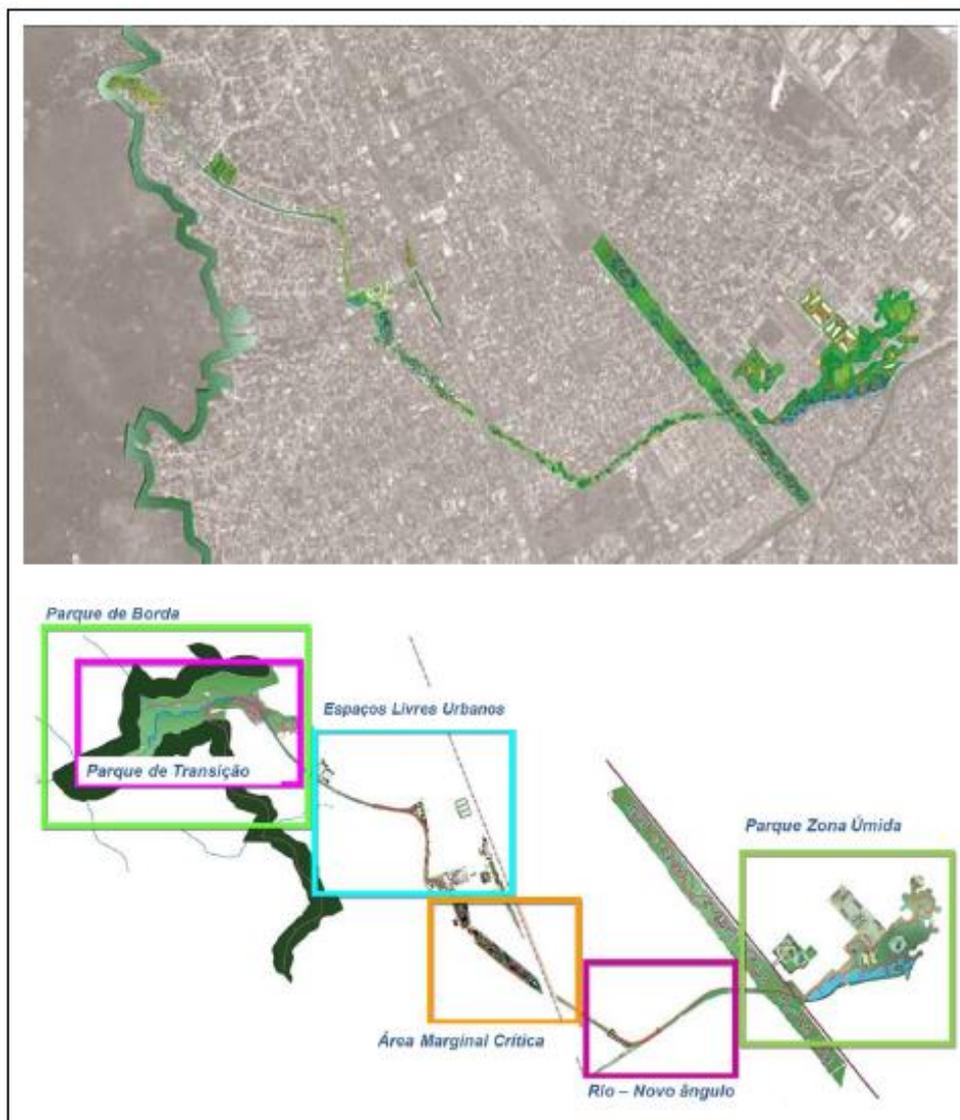


Figura 71 - Áreas afetadas pelas propostas de Requalificação Fluvial
Fonte: Verol, (2013).

O primeiro trecho considerado é o que está localizado na região de montante. As intervenções neste trecho referem-se a uma proposta de conectar a cidade até a área de preservação ambiental de montante. Assim, foi proposto um trecho de corredor fluvial (Parque de Transição), que conectasse

a Área de Proteção Ambiental (APA) com o meio urbano, de forma suave (Figura 72). Essa área conjuga o seu caráter de parque verde com o de zona de habitação de baixa densidade. No trabalho foi prevista a remoção das habitações do primeiro quarteirão junto ao rio, com ocupação precária em área de pouca infraestrutura, para locais próximos. A ocupação remanescente permanece adensada a certa distância do rio.

A implantação de um corredor fluvial aproximará as duas áreas e fará uma transição gradual entre a área verde e a área urbana. Com isso, aproximase a população do contato com o rio.



Figura 72 – Exemplificação da aplicação de parques transição
Fonte: Verol, (2013).

UTILIZAÇÃO DE ESPAÇOS LIVRES URBANOS

Neste trecho foram identificados no trabalho três locais que poderiam atuar como reservatórios de detenção, amortecendo as vazões do rio em época de cheia. A bacia, de forma geral, quase não possui espaços livres para medidas de reservação. Assim, a conjugação da solução hidráulica com

objetos paisagísticos, configurando paisagens multifuncionais (MIGUEZ *et al.*, 2007a), demonstra ser uma solução interessante.

As áreas escolhidas como espaços livres urbanos para uso como bacia de retenção correspondem a um campo de futebol, uma praça já existente, e uma área aparentemente abandonada. Todas as três áreas estão demarcadas na Figura 73.



Figura 73 – Exemplificação da ocupação e utilização de espaços livres urbanos para minimizar efeitos de inundações.

Fonte: Verol, (2013).

É destacada aqui uma proposta de execução de uma praça, utilizando os diferentes patamares de ocupação do recurso hídrico. A praça foi concebida de forma a atuar como bacia de retenção, sendo rebaixada conformando um reservatório em patamares (Figura 74).



Figura 74 – Proposta de ocupação de área livre urbana com praça
Fonte: Verol, (2013).

RECURSOS NECESSÁRIOS

A ação 09 demanda inicialmente investimentos baixos, principalmente na demarcação das cotas de inundação em áreas de alagamentos, pois demanda basicamente a pintura e instalação de placas indicativas. O Custo Estimado para essa ação poderia incluir ainda materiais de educação ambiental, distribuídas nas escolas dos locais afetados. O custo estimado para tal ação é de R\$ 8000,00. Ainda há a necessidade de instalação de postes guias para o deslocamento de veículos em vias sujeitas e inundações, os mesmos devem ser executados em cores vias com adesivos reflexivos, custo de R\$ 9.000,00.

A criação de parques lineares depende de projetos específicos, cuja estimativa e valores é muito variável.

AÇÃO 10

Limpeza preventiva dos sistemas de drenagem

AÇÃO PROPOSTA

Elaboração de um cronograma de limpeza dos sistemas de drenagem para desobstrução e aumento da capacidade de águas pluviais.

OBJETIVO

Reduzir pontos de alagamentos ocasionados especificamente por obstruções na rede de drenagem.

JUSTIFICATIVA

Atualmente, o processo de manutenção e desobstrução de redes ocorre unicamente por demandas em momentos de colapso do sistema. Em muitos casos, já com a ocorrência de prejuízos as estruturas de drenagem, ou mesmo a residências e veículos próximos ao ponto de alagamento causado por alguma obstrução da rede.

Dessa forma em caráter pró-ativo, se sugere em trechos críticos do sistema, que sejam executadas manutenções e limpezas periódicas.

EXECUÇÃO

A partir de algumas medidas estruturantes, se bem executadas, podem dar subsídios suficientes para elaboração de um programa de manutenção preventiva, sendo elas:

- Ação 03 - Identificação, quantificação e análise do controle das áreas impermeáveis.
- Ação 06 - Levantamento do estado de conservação do sistema e plano de recuperação de dispositivos de drenagem
- Ação 07 - Cadastramento das redes de micro e macrodrenagem urbana

As áreas prioritárias para ações de manutenção devem encontrar-se em pontos de maior índice de impermeabilização, menores declividades, e tubulações que concentrem a drenagem de áreas grandes.

As manutenções devem ser realizadas por equipe específica utilizando maquinário adequado. O equipamento utilizado para a limpeza por ação de jato de água a alta pressão exercer uma ação de limpeza e desassoreamento nas mais diversas condições da tubulação, sempre seguros de preservar sua total integridade, garantindo uma vazão mínima necessária para o arraste de todo material depositado na tubulação, permitindo a sucção de misturas de água e sólidos ou apenas dos sólidos.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Atualmente já existe contrato com empresa terceirizada para executar os serviços de limpeza. Estimando-se um valor de R\$150,00 reais a hora trabalhada, com uma demanda semanal de 10 horas de trabalho, o custo de tal medida seria de R\$ 6.000,00 reais ao mês.

7.3 PROGRAMA DE RECUPERAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL

AÇÃO 11

Desassoreamento de cursos d'água urbanos e rurais, além de trechos críticos do rio Pardinho a montante da área urbana.

OBJETIVO

O objetivo da medida proposta é proporcionar uma melhoria nas condições de funcionamento do sistema municipal de drenagem, recuperando a capacidade de condução de vazão dos arroios, prejudicada pelas obstruções que resultam do assoreamento das calhas dos rios.

JUSTIFICATIVA

Durante a etapa de diagnóstico deste plano bem como nos diagnósticos elaborados para elaboração do PMSAP (2008), foram visitados alguns pontos críticos de cursos de água urbanos de Santa Cruz do Sul, com grande quantidade de detritos oriundos de tentativas de estabilização de taludes mal sucedidas, bem como resíduos e sedimentos propriamente. Tal situação se torna mais crítica, sobretudo em pontos de estrangulamento da vazão dos recursos hídricos, como ponte e galerias.

EXECUÇÃO

A realização desta atividade deve se desenvolver em duas etapas, a partir do diagnóstico detalhado do sistema de drenagem.

- A primeira etapa tem caráter emergencial, pois há muitos pontos com deposição de material, que precisam passar por um processo de recuperação e limpeza.
- Numa segunda etapa, esta atividade ganha um caráter efetivamente preventivo e passa a integrar procedimentos de rotina a serem adotados pela Prefeitura Municipal de Santa Cruz do Sul.

Esta atividade tem forte integração com a anterior, que diz respeito a limpeza das estruturas do sistema de drenagem urbana de Santa Cruz do Sul. Em verdade, as duas atividades têm um caráter de limpeza e manutenção, porém uma se aplica ao sistema construído de drenagem e a outra aos cursos d'água naturais.

O desassoreamento visa à retirada de material depositado nos cursos d'água, e deverá ter um funcionamento periódico e permanente, devendo-se intensificar sua realização nos períodos de precipitação mais intensa.

Devem ser observadas as exigências quanto a Licenciamento Ambiental e Alvarás de Corte para esta atividade.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Com o aporte pessoal e material da própria prefeitura, visualiza-se somente os custos de manutenção de maquinário e pessoal para tanto, o que pode reduzir significativamente os custos operacionais de tal ação.

AÇÃO 12

Remoção de vegetação exótica e de porte inadequado das margens de recursos hídricos rurais e urbanos.

OBJETIVO

Eliminar espécimes exóticos de vegetação e árvores de porte inadequado nas margens de rios e arroios, desobstruindo a calha do recurso hídrico, minimizando os riscos de desabamento e a intensificação de processos erosivos nos taludes.

JUSTIFICATIVA

Em alguns pontos críticos para o fluxo da vazão dos recursos hídricos observa-se a presença de vegetação exótica, ou mesmo nativa, porém de porte inadequado para a sua localização ao longo do talvegue. Sua localização na margem de recursos hídricos além de ter em muitos casos efeitos negativos sobre a estabilização de taludes acaba por favorecer a dispersão de espécimes exóticos que ocupam o espaço de vegetação nativa com funções ecológicas e biotécnicas importantes.

Alem disso existem espécimes nativos, mas com porte inadequado, que muitas vezes, tem seu tronco projetado sobre o leito do recurso hídrico, favorecendo principalmente em períodos de maior vazão a formação de fluxo preferenciais de água direcionados no sentido dos taludes, o que a longo prazo propiciam a erosão e solapamento das margens, comprometendo a estabilidade do sistema radicular desses indivíduos, levando em casos específicos ao solapamento da margem com a própria vegetação, que acabam por se depositar sobre o leito do rio, ou em período de maior vazão são transportados e contribuem para o entupimento de pontes e galerias de passagem.



Figura 75 – ponto de obstrução presente na margem dos recursos hídricos a) Arroio Lajeado e b) Arroio Jucuri
Fonte: Marcelo Luís Kronbauer, (2018).

EXECUÇÃO

Esta etapa deve assim como no caso do desassoreamento ser realizada em etapas, iniciando-se pela localização de pontos críticos e a obtenção de licenças ambientais para a remoção dessa vegetação nas áreas de preservação permanente.

Remoção da vegetação em trechos críticos, onde observa-se de forma mais sensível a formação de processos de erosão das margens, priorizar nesse sentido trechos meândricos dos recursos hídricos, que naturalmente possuem velocidades de escoamento mais lentas.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Com o aporte pessoal e material da própria prefeitura, visualiza-se somente os custos de manutenção de maquinário e pessoal para tanto, o que pode reduzir significativamente os custos operacionais de tal ação.

6.4 PROGRAMA DE AÇÕES ESTRUTURAIS DE GRANDE PORTE NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DE SANTA CRUZ DO SUL

Antes de trazer as ações aqui especificadas, salienta-se que no PMSAP (2008), foi realizada uma análise sistemática de alternativas para o controle de inundações em Santa Cruz do Sul, no referido estudo foram simulados 3 cenários distintos, com intervenções de maior ou menor magnitude visando limitar de forma significativa a ocorrência de inundações.

A partir das diversas alternativas apresentadas, foi selecionada aquela que apresenta uma combinação de intervenções de forma a promover o controle adequado das águas pluviais das bacias de Santa Cruz do Sul, sempre com a visão de minimização do impacto do sistema no seu corpo receptor principal, o rio Pardinho.

Este arranjo alternativo proporciona uma redução dos riscos de inundação ao reter os volumes escoados, ou seja, apresenta a melhor relação benefício-custo. Ela é viável, pois no município de Santa Cruz do Sul existe a possibilidade de implantação de reservatórios abertos nas demais sub-bacias identificadas como críticas ou em alto potencial de impacto, acrescida do

controle através da implantação de galerias pluviais com suficiência hidráulica nas demais bacias.

A alternativa proposta de acordo com o PMSAP (2008) minimiza os investimentos em obras, pois nas bacias onde são previstos os reservatórios supõe-se que o sistema de macrodrenagem existente pode conduzir as vazões controladas à jusante, representando em investimento nulo para as canalizações nestas bacias. Foi considerado que as canalizações existentes são capazes de conduzir a vazão gerada por eventos com TR = 5 anos no cenário atual de urbanização.

O presente plano enfatiza e reforça a necessidade de aplicação das referidas intervenções propostas já em 2008 para Santa Cruz do Sul, mas que não foram executadas até o momento, porém inclui-se nessa discussão a alternativa de execução de intervenções nos recursos hídricos, por métodos que vem ganhando cada vez mais notoriedade, baseados em métodos de engenharia natural que utilizam basicamente, rochas, madeira e vegetação para obter os mesmos benefícios de estabilização obtidos por métodos convencionais.

AÇÃO 13

Canalização convencional de trechos críticos para inundações ampliando sua capacidade de escoamento.

OBJETIVO

O objetivo desta medida estrutural é reduzir o alagamento na área urbana do município através da implantação de galerias pluviais nos trechos críticos do sistema nas sub-bacias dos arroios Pedras, Moinho, Jucuri/Preto e Gruta, para solucionar os problemas de alagamentos.

JUSTIFICATIVA

Necessidade de ampliação da capacidade de condução de vazões que, atualmente, devido às condições do estado de conservação das redes, obstruções e pontos de extravasamento ou insuficiência hidráulica do sistema vem condicionando problemas e alagamento.

Para solucionar esses problemas é apresentada uma medida estrutural de implantação de galerias pluviais dimensionadas e alocadas pela equipe técnica do PMSAP (2008)

EXECUÇÃO

Dentre as bacias/sub-bacias estudadas, foram identificadas aquelas nas quais é possível a implantação de reservatórios de detenção, objeto da Ação 15 e nas demais se sugere a ampliação da capacidade de condução de vazões.

Dessa forma, esta medida estrutural foi aplicada para a bacia do arroio das Pedras, para a sub bacia do arroio Moinho, para a bacia dos arroios Jucuri e Preto, e para a sub-bacia do arroio da Gruta.

Para as bacias simuladas, foram dimensionadas galerias pluviais considerando a possibilidade de utilização de velocidades máximas para o escoamento (5,0 m/s), uma vez que não se dispõe de levantamento topográfico (e tampouco cadastro) ao longo dos trechos de redes de drenagem existentes. Assim, foram consideradas as vazões máximas de saída de cada sub-bacia para o cenário futuro de urbanização e período de retorno de 25 anos.

As extensões das galerias foram estimadas a partir da mancha urbana atual e compreende os caminhos de coleta das águas pluviais de cada bacia até o corpo receptor, na maioria dos casos o rio Pardinho. Para a bacia do arroio das Pedras o comprimento do canal a ser implantado foi estimado em 3.000 metros, para a sub-bacia do arroio Moinho foi de 1.000 metros, para o caso do Jucuri/Preto foram estimados 2.000 metros e para o arroio da Gruta 1.000 metros.

O dimensionamento foi realizado considerando a formulação de Manning, com coeficiente de rugosidade igual a 0,015, considerando galerias em concreto e perdas localizadas resultantes de curvas, inspeções e transições possíveis.

Caberá a Prefeitura, previamente à implantação das redes, preparar os projetos executivos, que deverão contar com os elementos de projeto necessários para o detalhamento da solução aqui indicada.

RECURSOS NECESSÁRIOS

Uma estimativa dos custos necessários para a implementação total dos projetos de canalização pelo método convencional, conforme dimensionado pelo PMSAP (2008), é apresentado na Tabela 15.

Tabela 15 – custos globais para execução de obras de canalização.

Bacia/Sub-bacia (Tipo de Controle)	Extensão (m)	Dimensões	Custo (Milhões)
Jucuri/Preto (Canalização por galeria em concreto)	2000	16,0 x 4,0 m	R\$ 90,56
Gruta (Canalização por galeria em concreto)	1000	3,5 x 2,4 m	R\$ 11,44
Pedras (Canalização por galeria em concreto)	3000	11,0 x 4,0 m	R\$ 99,71
Moinho (Canalização por galeria em concreto)	1000	7,5 x 2,5 m	R\$ 19,23
TOTAL	7000		R\$ 220,94

Os custos globais para a solução integral dos problemas que envolvem o escoamento dos recursos hídricos e a necessidade de canalização e retificação de trechos específicos é de R\$ 220,9400,00.

A ação 14 apresentada a seguir, pode ser uma alternativa aos custos aqui apresentados, a ação 13 e 14 se complementam perfeitamente, podendo-se analisar criticamente alguns trechos para os quais foi indicada nos estudos apresentados no PMSAP (2008), e utilizar técnicas de Engenharia natural para se obter os mesmos resultados hidrológicos.

AÇÃO 14

Estabilização de taludes instáveis nas margens de recursos hídricos rurais e urbanos utilizando técnicas de engenharia natural.

OBJETIVO

Recuperar a qualidade ambiental e estabilidade de pontos críticos utilizando técnicas de Engenharia Natural reconhecidas pelo seu nível de segurança e desempenho.

JUSTIFICATIVA

Existem pontos diagnosticados que apresentam problemas de estabilidade de suas margens. Há a necessidade urgente de estabelecer métodos seguros e eficientes para que se reduzam os processos de solapamento e verticalização de taludes.

A Engenharia Natural, também conhecida como Bioengenharia ou Bioengenharia de Solos, é o ramo da Engenharia que preconiza o uso de materiais vivos combinados ou não com materiais inertes para prevenir, mitigar e/ou corrigir problemas técnicos relacionados a processos erosivos e à perda de estabilidade superficial de massas (Maffra, 2018). Além disso, a Engenharia Natural cumpre com funções ecológicas, estéticas e de produção de material vegetal para aplicação em novas obras.

A Engenharia Natural tem como principal aplicação as intervenções ligadas a obras de terra, especificamente à estabilização de taludes (naturais e de corte, de encosta e fluviais), o controle de processos erosivos superficiais e subsuperficiais, a recuperação de áreas degradadas e a estabilização da condição hidráulica de canais abertos (naturais ou artificiais, de escoamento fluvial ou pluvial). As técnicas de Engenharia Natural apresentam-se como alternativa e complemento à abordagem tradicional da Engenharia Civil nas soluções e tratativas ligadas às obras de terra (Sutili e Gavassoni, 2012).

Aplicação em áreas que sofrem com processos erosivos e que precisam ser ambientalmente recuperadas ou melhoradas, sejam estas em cursos de água, encostas de montanhas ou em taludes em empreendimentos associados à estradas, rodovias, ferrovias, lagos de barragens, linhas de transmissão, parques eólicos, áreas de mineração, etc.

EXECUÇÃO

As obras de engenharia natural possuem algumas restrições quanto ao período adequado para sua execução, portanto devem ser feitas em etapas ao longo dos trechos críticos dos recursos hídricos. Sugere-se que sejam feitas obras em pontos estratégicos, iniciando-se com obras de menor porte e amplitude, até as equipes técnicas executoras dominem totalmente a aplicação das metodologias que são indicadas pela engenharia natural.

No Rio Pardinho, há trechos principalmente a margem de estradas vicinais que poderiam ser pontos de execução de obras desse tipo, reduzindo custos e aumentando a durabilidade das estradas.

Estudos bem específicos foram realizados pela Encop Engenharia, no ano de 2014, trazendo alternativas para a canalização de trechos de três recursos hídricos urbanos, sendo os recursos hídricos e as alternativas indicadas apresentadas abaixo:

- Arroio Jucuri (Galeria de concreto armado ou canal trapezoidal em colchão Reno),
- Arroio das Pedras (canal trapezoidal em concreto armado ou canal revestido em gabião)
- Arroio São João (canal trapezoidal em concreto armado ou canal trapezoidal em colchão Reno)

Com base em informações obtidas na etapa de diagnóstico, a obra no arroio São João já estava licitada para ser executada nesse caso com medidas convencionais de canalização. Porém, salienta-se que com os dados presentes nos relatórios da Encop Engenharia (2014) e os estudos da STE Engenharia (2008), possui-se subsídios suficientes para dimensionar obras de engenharia natural nos trechos especificados do arroio Jucuri e das Pedras, reduzindo os custos de projeto, e posteriormente os custos de execução. Recomenda-se dessa forma a priorização desses trechos, que são ilustrados pela Figura, extraída dos estudos executados pela Encop engenharia.

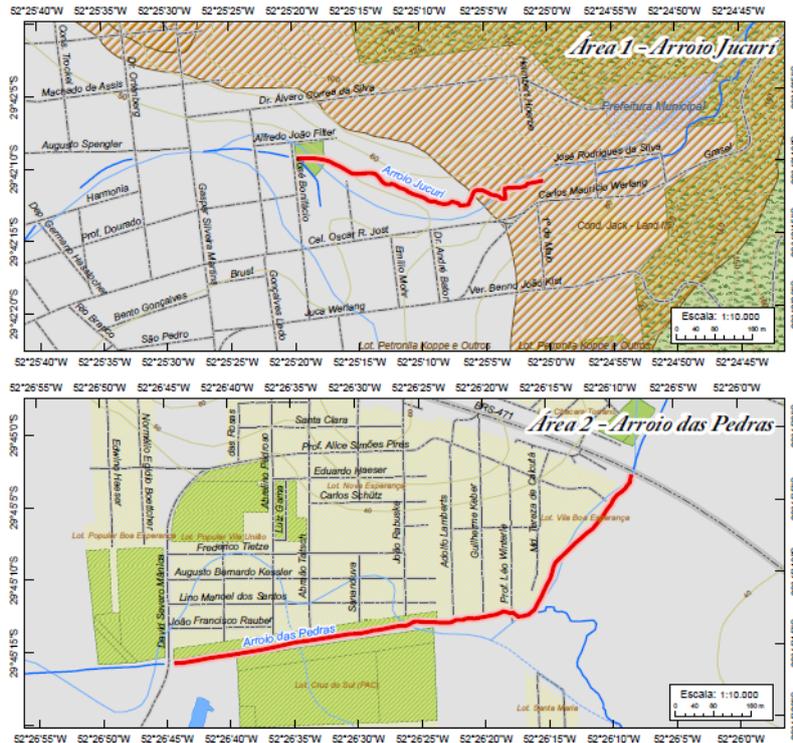


Figura 76 – Localização dos pontos de intervenção prioritárias com técnicas de Engenharia Natural na área urbana de Santa Cruz do Sul
 Fonte: Encop Engenharia, (2014)

RECURSOS NECESSÁRIOS

Sem os devidos estudos detalhados para cada bacia hidrografia, recurso hídrico e as características específicas de cada trecho em que se deseja implementar a técnica de estabilização de solo com engenharia natural, é complexo estimar um valor exato para essa ação. O que foi repassado em caráter prático, com base em trabalhos técnicos como o de Maffra, (2014), se indicam custos de execução para tais obras que ficam em torno de 50% dos valores das técnicas convencionais de estabilização de taludes.

Faz-se aqui uma simulação simplificada, levando-se em consideração os dois trechos indicados para canalização pelos estudos da Encop Engenharia no arroio Jucuri e no arroio das Pedras, utilizando como referência de valores, as alternativas indicadas pelo estudo para cada trecho em questão.

No caso do Arroio Jucuri, a alternativa convencional indicada tem um custo total de R\$ 1.155.049,98 reais de acordo com estimativa de custos de 2014, se considerarmos como referência esse valor, teríamos uma estimativa para o mesmo trecho com técnicas de engenharia natural de R\$ 577.524,99 reais.

Para o Arroio das Pedras o custo para a técnica convencional de revestimento do canal com gabião, o custo estimado para o trecho indicado pelo estudo da Encop Engenharia é de R\$ 11.197.359,31 reais, dessa forma a estabilização do talude para o mesmo trecho com engenharia natural teria um custo estimado em R\$ 5.598.679,66 reais.

Salienta-se que deve-se avaliar cada trecho individualmente para avaliar a viabilidade de aplicação da Engenharia Natural, há pontos que somente trarão o desempenho e resultado esperados, caso se apliquem as técnicas convencionais de engenharia para aumento da vazão do canal e estabilização dos taludes.

AÇÃO 15

Construção de Bacias de amortecimento para inundações na área urbana de Santa Cruz do Sul.

OBJETIVO

O objetivo desta medida estrutural é reduzir o alagamento na área urbana do município através da implantação de reservatórios de amortecimento em regiões definidas como críticas ou com potencial de criticidade futura.

JUSTIFICATIVA

Necessidade de estabelecer medidas compensatórias para a drenagem urbana, visando repor a capacidade natural de amortecimento das bacias, perdidas quando da urbanização das mesmas, minimizando problemas de alagamentos em determinados pontos da cidade, devido às condições do estado de conservação das redes, obstruções e pontos de extravasamento ou insuficiência hidráulica do sistema.

Para solucionar esses problemas é apresentada pelo PMSAP (2008) uma medida estrutural de implantação de reservatórios de amortecimento ao longo das bacias hidrográficas da área urbana de SCS.

EXECUÇÃO

Todos os critérios de dimensionamento encontram-se especificados no PMSAP (2008), onde foi realizado o dimensionamento dos reservatórios, estipulando-se que os mesmos devam manter a vazão de saída das bacias/sub-bacias em valores correspondentes às vazões de picos dos hidrogramas simulados para o cenário atual com período de retorno de 5 anos; além disso foi considerado também que os volumes totais a serem reservados em cada bacia fossem determinados a partir dos hidrogramas simulados para um período de retorno de 25 anos. Os reservatórios adotados foram os reservatórios de contenção de cheias a céu aberto.

É importante destacar que o uso deste tipo de reservatório exigirá uma avaliação, quando da execução de projetos executivos, das condições locais para detalhamento da solução, tais como: disponibilidade de espaço, presença de resíduos sólidos e esgotos mistos, condições de acessibilidade, etc.

Tabela 16 – estimativa de volumes para as bacias de retenção propostas.

Bacia/Sub-bacia	Volume (mil m ³)	Dimensões (área x profundidade)
Lajeado/ Cabeceira	101	5,1 ha x 2,0 m
Lajeado Crítico	260	13,0 ha x 2,0 m
Levis Pedroso / Cabeceira	71	3,53 ha x 2,0 m
Levis Pedroso / Crítico	429	21,5 ha x 2,0 m

Fonte: PMSAP,(2008).

A figura 77 apresentada a seguir, traz uma ilustração dos pontos indicados para que os reservatórios fossem construídos. A indicação das áreas foi feita em 2008, não sendo elaborados maiores estudos de viabilidade para a instalação dos mesmos no presente momento.

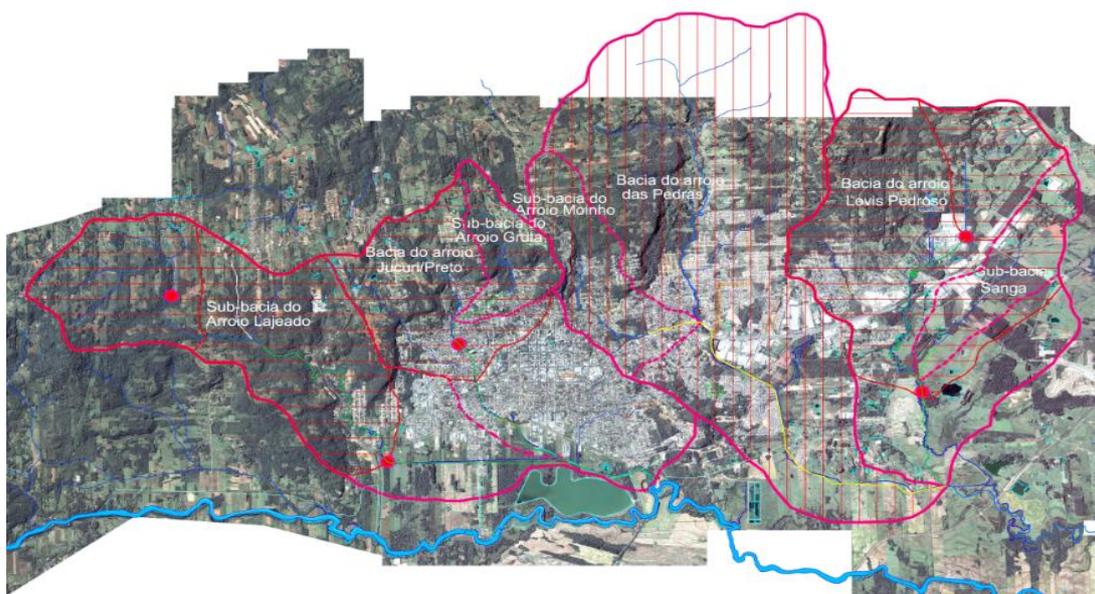


Figura 77 – Indicação de lugares para bacias de contenção para controle de inundação.

Fonte: PMSAP, (2008).

RECURSOS NECESSÁRIOS

A projeção dos custos necessários para a execução desta ação baseia-se nos valores determinados para as obras no ano de 2008, porém devidamente corrigidos para o ano de 2018, conforme apresentado na tabela 17.

Tabela 17 – Estimativa de custos para reservatórios de amortecimento de cheias.

LOCALIZAÇÃO (DESCRIÇÃO)	Volume (mil m ³)	Dimensões	Custo (Milhões) 2018
Lajeado/cabeceira (Reservatório a Céu aberto)	101	5,1 ha x 2,0 m	R\$ 19,49
Lajeado/Crítico (Reservatório a Céu aberto)	260	13,0 ha x 2,0 m	R\$ 50,14
Levis-Pedroso/Cabeceira (Reservatório a Céu aberto)	71	3,53 ha x 2,0 m	R\$ 13,63
Levis Pedroso/Crítico (Reservatório a Céu aberto)	429	21,5 ha x 2,0 m	R\$ 82,79
TOTAL	861		R\$ 166,0

Adaptado de PMSAP, (2008).

7. INDICADORES PARA DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SANTA CRUZ DO SUL

Como se sabe, é muito incipiente a capacidade dos municípios brasileiros para produzir dados e informações acerca do serviço de manejo de águas pluviais, incluída a drenagem. Os indicadores que integram a primeira edição do SNIS Águas Pluviais, lançada em meados de 2016, podem servir de referência para iniciar o processo de organização do serviço, tanto no nível da gestão quanto nos aspectos operacionais. Propõe-se, a seguir, alguns indicadores para subsidiar a caracterização do serviço de manejo de águas pluviais.

- **Indicador de Cobertura da microdrenagem**

$$I_{CMicro} = \frac{LVE}{LVT_{total}}$$

Sendo:

ICMicro: Índice de cobertura de microdrenagem

LVE: Extensão das vias na área urbana com infraestrutura de microdrenagem em km

LVT_{total}: Extensão total das vias na área urbana, em km.

- **Índice de vias com problemas de microdrenagem (%)**

$$\frac{\text{Quantidade de vias que alagam com precipitação TR < 5 anos}}{\text{Número total de vias do município}}$$

- **Indicador de pontos de inundação (numero/km)**

$$\frac{\text{Número de pontos de inundação no ano}}{\text{Extensão dos rios e córregos na área urbana do município (km)}}$$

- **Indicador de área alagada (%)**

$$\frac{\text{Área alagada (km}^2\text{)}}{\text{Área urbana total (km}^2\text{)}}$$

- **Proporção de áreas verdes impermeabilizadas (%)**

$$\frac{\text{Áreas impermeabilizadas (km}^2\text{)}}{\text{Área urbana total (km}^2\text{)}}$$

- **Gestão dos serviços de drenagem**

Quantidade de pessoal próprio alocado nos serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas

- **Proporção de investimentos em drenagem**

$$\frac{\text{Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas}}{\text{Despesa total do município}}$$

- **Porcentagem de investimentos em drenagem subsidiados pela taxa de drenagem**

$$\frac{\text{Despesa total com serviços de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas (R\$/ano)}}{\text{Valor total arrecadado anualmente com a taxa de serviços de drenagem (R\$/ano)}}$$

- **Proporção de recursos hídricos canalizados abertos (%)**

$$\frac{\text{Extensão total dos cursos d'água naturais perenes canalizados abertos em áreas urbanas (km)}}{\text{Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas (km)}}$$

- **Proporção de recursos hídricos retificados (%)**

$$\frac{\text{Extensão total dos cursos d'água naturais perenes com retificação em áreas urbanas (km)}}{\text{Extensão total dos cursos d'água naturais perenes em áreas urbanas (km)}}$$

- **Proporção de domicílios sujeitos a riscos de inundações (%)**

$$\frac{\text{Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação (Número total)}}{\text{Total de domicílios (Número total)}}$$

- **Proporção da população realocada em eventos hidrológicos extremos (%)**

Número de pessoas desabrigadas ou desalojadas na área urbana do município devido a eventos hidrológicos impactantes (Número total)

População total do município (Número total)

8 CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DAS MEDIDAS PROPOSTAS

Para melhor visualização do cronograma executivo das ações indicadas anteriormente, todas as mesmas foram sintetizadas na tabela 12, a seguir. Salienta-se que os prazos indicados visam otimizar e agilizar o estabelecimento de ações para melhoria do serviço de manejo das águas pluviais, principalmente as medidas estruturantes, que são fundamentais para que posteriormente as medidas estruturais possam ser executadas com maior segurança e otimizando a aplicação e recursos financeiros, visto que na grande maioria as ações estruturais demandam um montante significativo de recursos financeiros.

Tabela 18 – Cronograma de execução das ações especificadas no plano

AÇÕES	HORIZONTE DE EXECUÇÃO DAS AÇÕES SANEAMENTO PARA A DRENAGEM																			
	IMEDIATA			CURTO PRAZO					MÉDIO PRAZO				LONGO PRAZO							
	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038
AÇÃO 01 - Centralizar a gestão dos serviços de drenagem			X																	
Mobilizar e equipe para uma unidade centralizada de gestão junto a Secretaria de Obras		X																		
Criar estrutura física necessária para atender a essa equipe		X																		
Criação de plataforma online de drenagem para técnicos administrativos			X																	
AÇÃO 02 - Treinamento da Equipe Técnica da prefeitura em drenagem urbana				X																
Diagnóstico das necessidades de treinamento	X																			
Busca por equipes para ministrar os treinamentos ou cursos	X	X																		
Participação em Cursos/palestras na área de drenagem	X	X	X	X																
Aquisição de bibliografia específica	X	X	X																	
AÇÃO 03 - Identificação, quantificação e análise do controle das áreas impermeáveis				X																
Geoprocessamento e análise de imagens Bacias arroio Jucuri e Das Pedras			X																	
Geoprocessamento e análise de imagens Bacias Lajeado, Schimidt, Levis Pedroso.				X																
AÇÃO 04 - Legislação de controle																				
Criação e aprovação de legislação específica para controle e manejo de águas pluviais			X																	
AÇÃO 05 - Programa de Monitoramento				X																

Execução das ações de limpeza nas redes								X												
AÇÃO 11 - Desassoreamento de cursos d'água urbanos								X												
Execução das ações de desassoreamento em pontos críticos identificados					X	X	X	X	X	X										
AÇÃO 12 - Remoção de vegetação exótica e de porte inadequado das margens										X										
Estudos das áreas críticas para intervenção				X	X															
Obtenção de licenças ambientais					X															
Execução das ações						X	X	X	X	X										
Implementação de medidas compensatórias pela supressão da vegetação											X	X								
AÇÃO 13 - Canalização de trechos críticos para inundações													X		X		X		X	
AÇÃO 14 - Estabilização de taludes utilizando Engenharia Natural												X								
Determinação de pontos estratégicos para execução das contenções			X	X																
Execução das contenções em pequena escala					X	X	X	X												
Execução das ações em grande escala							X	X	X	X	X	X								
AÇÃO 15 - Construção de Bacias de amortecimento para inundações													X		X		X		X	X

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baptista M. B.; Nascimento, N. O. (2002). Aspectos institucionais e de financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v.7, n.1, p.29-49.

Baptista, M., Nascimento N., Barraud, S. (2005). Técnicas compensatórias em Drenagem Urbana. Porto Alegre: ABRH, 266 p.

Costa, R. F.; Lucena, M. V. G. M.; Drenagem urbana – diagnóstico com ações de controle e limpeza - uma gestão de eficiência. ABES – Congresso Brasileiro de engenharia Sanitária e Ambiental, 2017.

ENCOP Engenharia Ltda - Estudo de concepção para gestão das águas pluviais do município de Santa Cruz do Sul; 2014.

Junges Menezes, Daniel – Zoneamento das áreas de risco de inundação na área urbana de Santa Cruz do Sul – RS / Daniel Junges Menezes. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, centro de ciências naturais e exatas, Programa de Pós – Graduação em Geografia e Geociências, RS – 2014.

Maffra, C.R.B.; Metodologia para projetos de engenharia naturais para obras de infraestrutura – Dissertação Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria – 2014.

Miguez, Marcelo Gomes – Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade/ Marcelo Gomes Miguez, Aline Pires Veról, Osvaldo Moura Rezendo (organizadores). – 1. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

Netto, A. Fernández Y Fernández – Manual de Hidráulica – 9. Ed. São Paulo: Blucher, 2015.

Silveira, G. L.; Forgiarini F. R.; Goldenfum J.A., (2009). Taxa não é Cobrança: Uma Proposta para a Efetiva Aplicação do Instrumento de Gestão dos Recursos Hídricos para a Drenagem Urbana. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 14 n.4 ,p. 71-80

STE.SA ENGENHARIA - Plano de manejo das águas pluviais da cidade de Santa Cruz do Sul. Santa Cruz do Sul, 2008.

Sutili, Fabrício J. Manejo biotécnico do arroio Guarda-Mor: princípios, processos e práticas. 2004. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

Tomaz, Plínio – Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais/Plínio Tomaz. – São Paulo: Navegar editora, 2011.

Tucci, Carlos E.M - Inundações urbanas na América do sul/ Carlos E. M. Tucci, Juan Carlos Bertoni (organizadores). – Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

Veról, Aline Pires - Requalificação Fluvial Integrada ao Manejo de Águas Urbanas para Cidades mais Resilientes / Aline Pires Veról. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2013.