



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**

LUCAS SANTOS MELO DE JESUS

RENATO SANTOS MOREIRA

SIDNEA OLIVEIRA DE ARAÚJO

**CANAIS DE DRENAGEM URBANA EM SANTOS: DESAFIOS NO CONTROLE DAS
ÁGUAS PLUVIAIS E ALTAS DAS MARÉS**

SÃO PAULO

2024

LUCAS SANTOS MELO DE JESUS

RENATO SANTOS MOREIRA

SIDNEA OLIVEIRA DE ARAÚJO

**CANAIS DE DRENAGEM URBANA EM SANTOS: DESAFIOS NO CONTROLE DAS
ÁGUAS PLUVIAIS E ALTAS DAS MARÉS**

Trabalho apresentado à Pontifícia
Universidade Católica de São Paulo, como
exigência parcial para obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil, sob a
orientação da Prof.(a) Dr.(a) Karen Niccoli
Ramirez

SÃO PAULO

2024

Banca Examinadora

DIEGO CARTACHO

FRANCISCO SEVEGNANI

KAREN NICCOLI RAMIREZ

RESUMO

A gestão de drenagem urbana é crucial para a sustentabilidade e resiliência das cidades, especialmente em regiões costeiras como Santos, vulneráveis a inundações. Este estudo analisou o sistema de drenagem da cidade, com foco nos canais abertos, identificando deficiências estruturais e propondo soluções para os desafios causados por chuvas intensas e marés altas. Além de sua função técnica, os canais de drenagem têm um valor cultural e ambiental significativo, refletindo a história e a identidade de Santos. A pesquisa revelou pontos críticos no escoamento das águas pluviais, sugerindo intervenções como o aumento da capacidade dos canais, a implementação de áreas verdes para absorção da água e o uso de tecnologias sustentáveis. A participação comunitária também foi destacada, com programas de educação ambiental voltados para o engajamento da população na gestão das águas pluviais. Os resultados apontam que, ao melhorar a infraestrutura e promover políticas públicas eficazes, é possível reduzir os riscos de enchentes, proteger o patrimônio urbano e elevar a qualidade de vida dos moradores. Este estudo oferece uma contribuição para a criação de um modelo de gestão integrada e sustentável, essencial para lidar com os desafios climáticos e preservar o patrimônio de Santos.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Sustentabilidade. Inundações. Santos.

ABSTRACT

Urban drainage management is essential for the sustainability and resilience of cities, especially in coastal areas like Santos, which are prone to flooding. This study analyzes the city's drainage system, focusing on open channels, identifying key deficiencies, and proposing solutions to address challenges caused by heavy rainfall and high tides. In addition to its technical function, the drainage system is recognized as both a cultural and environmental asset, reflecting the city's history and identity. The research identified critical points in the stormwater runoff system, suggesting interventions such as increasing the structural capacity of channels, implementing green spaces for water absorption, and using sustainable technologies. Community participation was also highlighted, with environmental education programs aimed at engaging the public in stormwater management. The findings suggest that improving infrastructure, combined with effective public policies and community awareness, can reduce flood risks, protect urban heritage, and improve residents' quality of life. This study contributes to the development of an integrated and sustainable management model, essential for addressing climate challenges and preserving Santos' heritage.

Keywords: Urban drainage. Sustainability. Floods. Santos.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	7
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.2.1 Objetivo geral.....	9
1.2.2 Objetivos específicos	9
1.3 METODOLOGIA.....	9
1.4 JUSTIFICATIVA.....	10
1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA.....	12
2. HISTÓRICO	14
2.1 TOPOGRAFIA.....	14
2.2 HISTÓRIA DOS CANAIS DE DRENAGEM DE SANTOS.....	14
2.3 CONSTRUÇÃO E DESCRIÇÃO DOS CANAIS.....	20
3. ASPECTOS TÉCNICOS DOS CANAIS	44
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	45
3.2 MANUTENÇÃO DOS CANAIS DE DRENAGEM.....	46
4. CANAIS: AÇÃO DAS CHUVAS E MARÉS	48
4.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS: ESTRATÉGIAS PARA MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO.....	48
4.2 IMPACTOS AMBIENTAIS NA REGIÃO LITORÂNEA DE SANTOS.....	52
4.3 INFLUÊNCIA DAS MARÉS.....	57
4.4 ANÁLISE ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS.....	59
4.5. ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS DE ACORDO COM METEORED (2013 Á 2023).....	60
4.6 ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS.....	63
4.7. IMPACTOS DAS MARÉS ALTAS E CHUVAS NOS CANAIS.....	64
4.8 BACIAS DE CONTENÇÃO.....	66
5. GESTÃO DE DRENAGEM EM PROL DA SUSTENTABILIDADE	72
5.1 O PAPEL DOS CANAIS NA HISTÓRIA E IDENTIDADE DE SANTOS.....	75
5.2 A DEMOCRATIZAÇÃO DO PATRIMÔNIO E A INCLUSÃO DOS CANAIS.....	76
5.3 DESAFIOS NA PRESERVAÇÃO E GESTÃO DOS CANAIS DE DRENAGEM...78	
5.4 CANAIS DE SANTOS COMO PATRIMÔNIO AMBIENTAL E CULTURAL.....	80
5.5 O VALOR AMBIENTAL DOS CANAIS DE DRENAGEM DE SANTOS.....	81

5.6	SUSTENTABILIDADE E PRESERVAÇÃO: PREPARANDO A INFRAESTRUTURA PARA O FUTURO.....	82
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	86
7.	REFERÊNCIAS	88

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A gestão de drenagem urbana representa um desafio central para a sustentabilidade e resiliência das cidades modernas, particularmente em áreas sujeitas a inundações frequentes, como a cidade de Santos. Ao longo da história, os sistemas de drenagem no Brasil têm sido concebidos com base em uma lógica de eficiência hidráulica, que reflete uma abordagem higienista voltada para "sanear" o ambiente por meio da rápida remoção das águas pluviais. Esse paradigma resultou na construção de estruturas de micro e macrodrenagem projetadas para captar e direcionar a água o mais rapidamente possível para fora das áreas urbanas, seguindo a máxima "pegar e largar depressa", conforme descrito por Botelho (1998). Embora eficaz no curto prazo, essa visão puramente técnica e quantitativa, fundamentada no cálculo de vazões e no dimensionamento de condutos e galerias, ignora as complexas interações entre o desenvolvimento urbano e os ecossistemas naturais. Além disso, desconsidera os impactos negativos da ocupação inadequada do solo, como a impermeabilização crescente, a invasão de áreas de várzea e a destruição de cursos d'água naturais, perpetuando um ciclo de problemas ambientais, econômicos e sociais associados às inundações.

Problemas como o crescimento urbano descontrolado, a impermeabilização do solo e as mudanças climáticas agravam os alagamentos e inundações, revelando a fragilidade dessa abordagem tradicional. Cidades como Santos enfrentam desafios significativos, que afetam diretamente a qualidade de vida, a economia local e o meio ambiente. A ocupação de várzeas e áreas alagadiças, ignorando os cursos d'água naturais, reflete um descompasso entre o planejamento urbano e a necessidade de desenvolvimento sustentável dos sistemas de drenagem.

Esse cenário reforça a urgência de políticas públicas robustas e estratégias integradas de manejo das águas pluviais, capazes de alinhar o desenvolvimento urbano às demandas ambientais e sociais das cidades contemporâneas. Essas políticas devem ser formuladas com base em uma visão interdisciplinar, envolvendo não apenas engenheiros e urbanistas, mas também especialistas em meio ambiente, climatologia e ciências sociais, garantindo que os diferentes aspectos do problema sejam abordados de forma holística. É essencial que essas ações priorizem a

resiliência urbana, promovendo a adaptação das cidades aos desafios climáticos, como o aumento da frequência e intensidade das chuvas. Isso implica a implementação de infraestruturas sustentáveis, que vão além das tradicionais galerias e canais de concreto, adotando soluções inovadoras como pavimentos permeáveis, telhados verdes, bacias de retenção e sistemas de captação e reutilização de águas pluviais.

Além disso, a incorporação de soluções baseadas na natureza (SbN) é fundamental. Essas soluções, que incluem a preservação e restauração de áreas de várzea, a criação de parques lineares ao longo de rios e o aumento da cobertura vegetal nas cidades, não apenas ajudam a controlar o escoamento das águas, mas também melhoram a qualidade ambiental e promovem benefícios sociais, como a melhoria da saúde pública e o aumento das áreas de lazer. Somente por meio de uma abordagem integrada e preventiva será possível mitigar os impactos das mudanças climáticas, reduzir os riscos de alagamentos e inundações e garantir a funcionalidade e qualidade de vida nas cidades no longo prazo. Essa transformação exige investimentos contínuos, engajamento político, educação ambiental e a participação ativa da sociedade, criando um pacto coletivo em prol de cidades mais seguras, sustentáveis e resilientes (Cunha et al., 2014; Barbosa et al., 2012; Tucci, 2007).

Em Santos, a vulnerabilidade às enchentes é intensificada por sua geografia única, caracterizada pela proximidade ao nível do mar, áreas de manguezais e encostas, aliada à alta densidade populacional que sobrecarrega os sistemas de infraestrutura. A cidade enfrenta desafios recorrentes com eventos de chuva intensa, que evidenciam a inadequação das soluções tradicionais de drenagem urbana, muitas vezes incapazes de suportar o volume e a velocidade das águas pluviais, resultando em alagamentos frequentes e prejuízos econômicos e sociais significativos (Cunha et al., 2014). Esses problemas apontam para a necessidade urgente de superar a abordagem convencional, baseada apenas em eficiência hidráulica, e avançar na implementação de práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras. Isso inclui sistemas de drenagem que integrem soluções baseadas na natureza, como a preservação de áreas verdes e a recuperação de manguezais, além de infraestrutura moderna e adaptativa, como bacias de retenção e pavimentos permeáveis. Essas estratégias não apenas mitigam os impactos negativos das chuvas, mas também protegem o patrimônio público e privado, promovem maior resiliência às mudanças climáticas e

asseguram a segurança e o bem-estar da população (Barbosa et al., 2012; Tucci, 2007).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar os canais do sistema de drenagem urbano da cidade de Santos, sua contribuição e desafios frente ao excesso de águas pluviais e das altas das marés.

1.2.2 Objetivos específicos

Esta pesquisa tem como objetivos específicos apresentar um breve histórico da implantação do sistema de drenagem em Santos, com foco nos canais e suas interligações, além de contextualizar a variação dos índices pluviométricos da região e analisar a influência das marés e mudanças climáticas no dimensionamento dos canais.

Além disso, busca-se descrever os aspectos técnicos dos canais, como topografia, extensão, seção transversal e materiais utilizados, além de realizar um diagnóstico da infraestrutura atual de drenagem, mapeando pontos críticos e limitações.

Identificar as principais deficiências dos canais, como também os potenciais melhorias para mitigar os efeitos decorrentes do excesso de águas pluviais e das altas das marés na cidade.

Discutir as políticas públicas de drenagem e saneamento, avaliando sua implementação e impacto na mitigação de enchentes, assim como potenciais melhorias no sistema de canais, com ênfase em práticas sustentáveis e tecnologias inovadoras.

1.3 Metodologia

A pesquisa é estruturada a partir de uma abordagem qualitativa, mas que faz uso de dados quantitativos para descrição do objeto de estudo:

A primeira etapa consiste em realizar uma revisão bibliográfica a partir de teses, dissertações, artigos publicados em periódicos sobre os conceitos de drenagem urbana, os canais de drenagem em Santos, políticas públicas de gestão de drenagem e estudos de caso de intervenções em outras cidades.

A pesquisa fundamentada na revisão da literatura baseia-se em estudos como os de Medau (2018) e Satiro et al. (2019) que fornecem *insights* sobre sistemas de drenagem eficazes e as melhores práticas adotadas em diferentes contextos urbanos. A Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, é uma referência social, que destaca a necessidade de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais para a saúde pública e segurança. Examinar documentos como a Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, permitirá compreender melhor os planos de drenagem da cidade para entender as políticas públicas vigentes e as estratégias de gestão adotadas.

A literatura também explora o impacto ambiental e social das enchentes, enfatizando a necessidade de integrar a gestão de drenagem com o planejamento urbano sustentável para minimizar a impermeabilização do solo e preservar áreas verdes (Lima, 2019; Peixoto et al., 2019).

Também será realizada pesquisa documental e a acervo fotográfico relativos à construção e projeto dos canais de drenagem em Santos.

A análise documental envolve coletar e analisar leis, decretos, planos diretores e outros documentos oficiais relacionados à drenagem urbana em Santos.

Prevê-se também realizar visitas técnicas aos canais - Canal 1 a Canal 7 -, observando suas condições atuais, funcionamento e manutenção. São coletados dados históricos sobre a construção e evolução dos canais a partir de fontes documentais.

1.4 Justificativa

A cidade de Santos, localizada no litoral paulista, enfrenta desafios significativos devido à sua geografia, densidade populacional e impactos das mudanças climáticas. A urbanização intensa e desordenada tem causado diversos problemas ambientais e sociais em cidades ao redor do mundo, e Santos não é uma exceção. As inundações frequentes não apenas causam danos materiais, mas também representam um risco à vida e ao bem-estar da população. Sistemas de

drenagem mal planejados ou insuficientes podem levar à degradação ambiental, como a poluição dos cursos d'água e a erosão do solo. Portanto, estudar e melhorar a drenagem urbana é crucial para a sustentabilidade ambiental e para a qualidade de vida dos cidadãos (Fiori et al., 2014).

As enchentes e inundações causam prejuízos significativos tanto em termos econômicos quanto sociais. As áreas urbanas de Santos frequentemente enfrentam alagamentos que resultam em perdas materiais, como danos a propriedades residenciais e comerciais, interrupções nas atividades econômicas e custos elevados de manutenção e reparo de infraestruturas públicas. Além disso, a exposição contínua a inundações pode ter impactos graves na saúde pública, aumentando a incidência de doenças transmitidas pela água. A implementação de políticas de drenagem eficazes pode mitigar esses impactos e promover a resiliência socioeconômica (Silva et al., 2018).

Vale ressaltar que um sistema eficiente de drenagem urbana é um componente crítico para a sustentabilidade e resiliência das cidades contemporâneas, especialmente em regiões suscetíveis a eventos extremos, como enchentes e inundações. A cidade de Santos, localizada no litoral paulista, enfrenta desafios significativos devido à sua geografia, densidade populacional e impactos das mudanças climáticas. A análise do sistema de drenagem urbana em Santos é fundamental para entender as melhores práticas e identificar áreas que necessitam de melhorias (Tucci, 2005).

Ao revisar a literatura existente e analisar estudos de caso, a pesquisa oferece *insights* sobre as práticas e os desafios enfrentados em diferentes contextos urbanos. A apresentação de projetos de referência de outras cidades proporciona um panorama abrangente das estratégias de drenagem urbana possíveis para a cidade de Santos, permitindo a identificação de soluções inovadoras e eficazes.

1.5 Estrutura da Pesquisa

A estrutura desta pesquisa foi organizada de modo a proporcionar uma compreensão clara e sequencial do tema abordado, permitindo uma análise aprofundada dos canais de drenagem de Santos sob a perspectiva do patrimônio cultural e ambiental. A disposição dos capítulos e seções segue um fluxo lógico, que se inicia com a fundamentação teórica e culmina nas reflexões finais sobre a importância da

preservação desses elementos para a cidade. A seguir, apresenta-se um resumo de cada seção do trabalho:

Capítulo 1: Introdução

Apresenta a contextualização, objetivos, metodologia e justificativa da pesquisa sobre os canais de drenagem de Santos como patrimônio cultural e ambiental.

Capítulo 2: Histórico

Explora a história e construção dos canais de drenagem em Santos, incluindo topografia, desafios enfrentados pela cidade e soluções implementadas.

Capítulo 3: Aspectos Técnicos

Discute os aspectos técnicos dos canais, incluindo materiais, manutenção, interdisciplinaridade e aspectos ambientais, sociais e urbanos.

Capítulo 4: Canais: Ação das Chuvas e Marés

Analisa o impacto das chuvas e marés nos canais de drenagem, abordando mudanças climáticas, impactos ambientais e influência das marés.

Capítulo 5: Gestão de Drenagem

Examina a democratização do patrimônio, desafios na preservação e gestão dos canais de drenagem, destacando a importância da participação da comunidade.

Capítulo 6: Sustentabilidade e Preservação

Explora as interseções entre sustentabilidade e preservação dos canais de drenagem, enfatizando a educação ambiental e práticas sustentáveis.

Capítulo 7: Considerações Finais

Apresenta as considerações finais, resumindo os principais achados e propondo recomendações para futuras pesquisas e políticas públicas.

Capítulo 8: Referências

Lista as fontes consultadas durante a pesquisa, fornecendo uma base sólida para estudos futuros sobre o tema.

2 HISTÓRICO

2.1 A topografia de Santos

Santos é um destino de turismo cultural, abrigando teatros, museus, igrejas históricas e monumentos (Lichti, 1996). Entre as atrações mais visitadas estão o Museu do Café, localizado no antigo prédio da Bolsa do Café, que conta a história da economia cafeeira do estado de São Paulo, e o Museu Pelé, que celebra a vida e a carreira do lendário jogador de futebol Edson Arantes do Nascimento. Outro ponto turístico imperdível é o Monte Serrat, de onde se tem uma vista panorâmica da cidade e das vizinhas Guarujá e Cubatão.

A cidade ainda preserva curiosidades históricas significativas. Em 1543, foi fundada a Santa Casa de Misericórdia de Santos, o segundo hospital mais antigo do Brasil e o mais antigo em funcionamento contínuo até os dias atuais. Santos também foi palco de invasões piratas, como a ocorrida em 1591 pelo corsário inglês Thomas Cavendish, que atacou a vila na noite de Natal (Lichti, 1996). Desde sua fundação por Brás Cubas no século XVI, e protagonismo durante o ciclo do café, tornou-se um dos destinos turísticos do país. (Lichti, 1996).

Está localizada a 70 quilômetros da capital paulista, o acesso à cidade é facilitado pelas rodovias Anchieta e Imigrantes.

2.2. A História dos Canais de Drenagem em Santos

Santos, uma das cidades mais antigas do Brasil, foi fundada em 1546, com seu aniversário celebrado em 26 de janeiro. Inicialmente chamada de Enguaguaçú pelos indígenas guaianases, a região é de grande relevância histórica para o estado de São Paulo. Sua história está intrinsecamente ligada ao Porto de Santos, construído por Brás Cubas no século XVI, que transferiu o comércio marítimo para o interior do estuário. Atualmente, o Porto de Santos é o maior da América Latina, tendo sido essencial no período colonial para a exportação de açúcar e, mais tarde, de café, especialmente após a construção da ferrovia São Paulo Railway. Além disso, a cidade preserva marcos históricos importantes, como o Outeiro de Santa Catarina e a Casa do Trem Bélico (Brasiliana Iconográfica, 2017).

No início do século XX, Santos enfrentava graves problemas de infraestrutura e saneamento que afetavam diretamente a saúde pública e a eficiência dos serviços

portuários. A cidade sofria com constantes alagamentos devido à precariedade de sistemas de drenagem. Durante as chuvas, as áreas entre a praia e o centro histórico 1doenças como febre amarela e, mais recentemente, dengue, Zika e Chikungunya. Entre 1890 e 1900, as epidemias resultaram em cerca de 22.588 mortes, representando aproximadamente 50% da população local na época (Ramos et al., 2018).

Figura 1 - História de Santos



Fonte: Fundação Santos, 2019

A ausência de saneamento básico era um dos principais fatores que agravavam as condições de saúde. Sem redes de esgoto e abastecimento de água potável, os habitantes enfrentavam constantes desafios, com impactos na saúde pública e na economia local. Nesse contexto, em 1905, o engenheiro Francisco Saturnino Rodrigues de Brito, reconhecido como Patrono da Engenharia Sanitária Brasileira, foi convocado para resolver a crise de saneamento. Ele apresentou um plano inovador que separava as águas pluviais dos esgotos, construindo canais de drenagem específicos para cada tipo de escoamento. Essa infraestrutura incluía encanamentos inclinados para transporte dos esgotos às estações de tratamento, melhorando significativamente a salubridade urbana (Lichti, 1996).

Os primeiros 2.030 metros de canais de drenagem foram inaugurados em 1907, acompanhados por coletores afluentes, pontes de concreto armado e passadiços. O projeto foi entregue em etapas ao longo de 20 anos, sendo posteriormente adotado

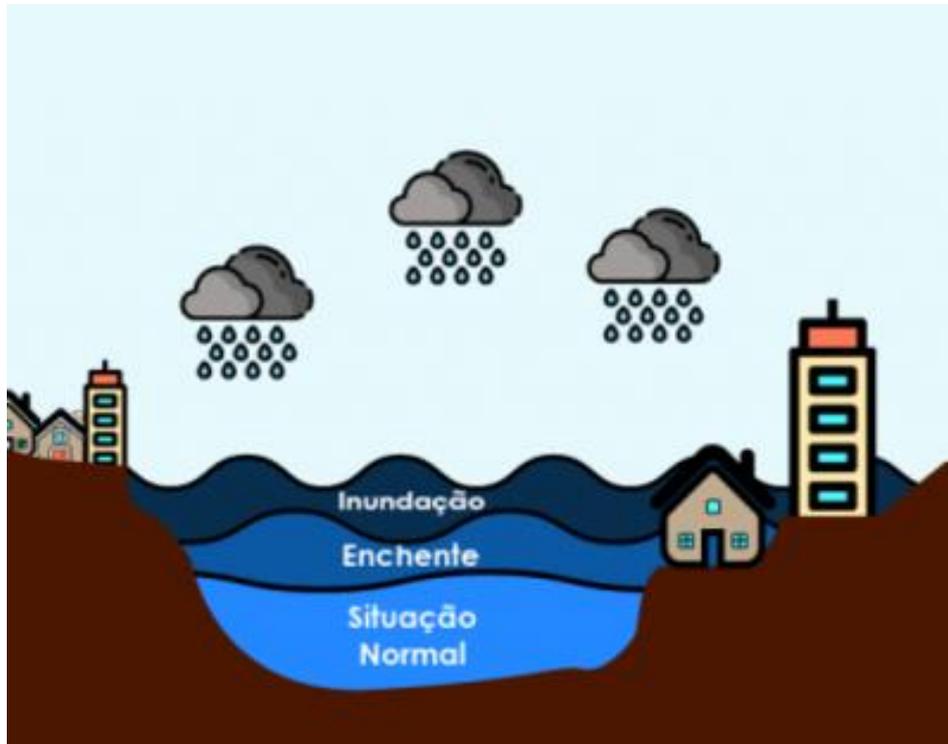
em 54 cidades brasileiras e inspirando implementações em países como França, Inglaterra e Estados Unidos, reforçando sua importância para a engenharia sanitária mundial (Frigieiro et al., 1992).

Atualmente, Santos possui sete canais principais a céu aberto que deságuam na praia, além de diversos canais subterrâneos espalhados pela cidade. Estes últimos, como os das ruas Moura Ribeiro e Francisco Manoel, são responsáveis pela captação de esgoto, que, inicialmente, era despejado sem tratamento no mar. Hoje, o sistema é complementado por estações de tratamento, como a do Emissário Submarino, que garantem maior segurança ambiental (Prefeitura de Santos, 2024).

A manutenção dos canais é fundamental para prevenir alagamentos e deslizamentos. Desde a última grande operação em 2016, que removeu detritos acumulados, ações de limpeza e desassoreamento têm sido realizadas regularmente. Em 2024, por exemplo, foram retiradas 470 toneladas de resíduos em 26 bairros, evidenciando o compromisso com a funcionalidade do sistema (Prefeitura de Santos, 2024).

Além de minimizar as enchentes, caracterizadas pelo transbordamento momentâneo das águas em áreas urbanas, os canais desempenharam um papel importante na prevenção de inundações, que envolvem a ocupação prolongada e mais ampla de terrenos pelas águas, muitas vezes com impactos mais severos, como mostra na Figura 2. Essas estruturas também contribuíram significativamente para a saúde pública, ao reduzir criadouros de mosquitos e, conseqüentemente, a incidência de epidemias. Essa transformação foi essencial para a qualidade de vida da população, ao mitigar problemas sanitários graves e reduzir a incidência de doenças como febre amarela e disenteria, além de impulsionar o desenvolvimento urbano de Santos, permitindo a ocupação planejada de áreas antes inabitáveis. Ao integrar engenharia sanitária e planejamento estratégico, a implementação dos canais de drenagem representou um marco no urbanismo brasileiro, tornando-se modelo para outras cidades que enfrentavam desafios semelhantes. Esse projeto não apenas solucionou questões de saúde pública, mas também consolidou Santos como polo urbano e econômico, destacando o impacto de políticas públicas bem fundamentadas no progresso social e urbano (Ramos et al., 2018).

Figura 2 – Inundação e enchentes

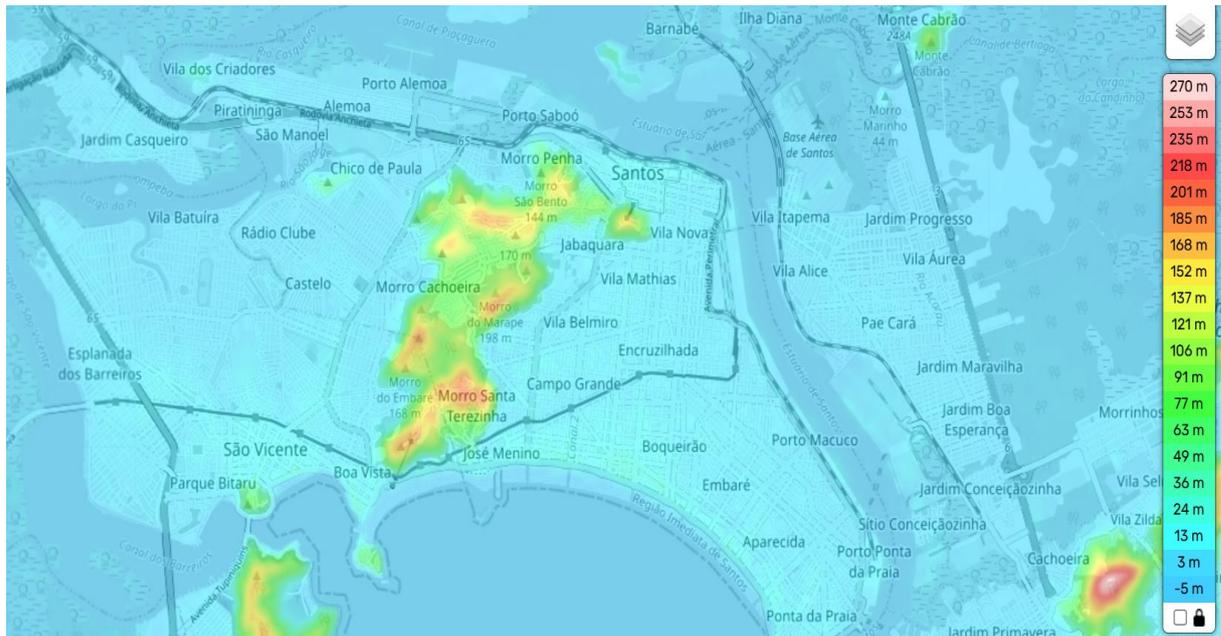


Fonte: Rossingnoli, 2022

Apesar de sua relevância histórica, sanitária e urbanística, a memória dos canais de drenagem de Santos permanece pouco valorizada, sendo frequentemente relegada ao esquecimento tanto pelo poder público quanto pela população. Detalhes sobre a concepção, construção e evolução dessa obra fundamental, assim como documentações históricas, são frequentemente negligenciados ou pouco acessíveis. Essa lacuna na valorização cultural e histórica destaca a necessidade de resgate e preservação desse legado único, que transformou radicalmente as condições de saúde pública e habitabilidade da cidade.

Preservar a história dos canais é essencial para compreender o desenvolvimento urbano e social da cidade e seu impacto contínuo na vida de seus habitantes (Brasiliana Iconográfica, 2017). O mapa topográfico da cidade de Santos (Figura 3) é uma ferramenta essencial para a compreensão das características geográficas:

Figura 3 - Mapa Topográfico de Santos



Fonte: Topographic: site, 2024

Situada na Região Metropolitana da Baixada Santista, a cidade de Santos apresenta uma topografia variada que combina áreas baixas, próximas ao nível do mar, com terrenos mais elevados e acidentados localizados nas proximidades da Serra do Mar. Em termos técnicos, essa diversidade topográfica resulta de processos geomorfológicos que moldaram a região ao longo do tempo, incluindo sedimentação costeira nas áreas planas e erosão e soerguimento tectônico nas áreas serranas. Essa configuração influencia diretamente a ocupação urbana, concentrando o desenvolvimento em terrenos baixos e planos, mais suscetíveis a inundações e alagamentos, enquanto as áreas mais elevadas permanecem menos ocupadas devido às restrições naturais, como inclinações acentuadas e maior risco de deslizamentos. Além disso, a topografia diversificada de Santos está diretamente ligada à sua relevância econômica, pois o relevo plano facilitou a instalação do porto, um dos maiores da América Latina, enquanto as barreiras naturais, como a Serra do Mar, atuam como proteção contraventos fortes e tempestades marítimas.

Santos é uma cidade localizada no estado de São Paulo, com uma população de 418.608 habitantes, conforme dados da Organização das Nações Unidas em 2022. Administrada pelo prefeito Rogério Santos, a cidade ocupa uma área de 280,674 km², com uma elevação média de apenas 2 metros acima do nível do mar. Seu clima é classificado como tropical (Am), caracterizado por altas temperaturas e elevados índices pluviométricos ao longo do ano. Essas características geográficas e

climáticas, somadas à baixa altitude e à proximidade com o oceano, tornam Santos uma região singular e desafiadora em termos de planejamento urbano e gestão ambiental, especialmente no que diz respeito à mitigação dos impactos das chuvas e das marés (IBGE,2014).

A geografia da cidade moldou, de forma significativa, o seu crescimento ao longo dos séculos. No início do século XVI, Santos começou a se formar a partir da Ilha de São Vicente, onde os primeiros colonizadores europeus estabeleceram dois núcleos urbanos. Um desses núcleos, chamado de Nova Povoação, foi fundado por Brás Cubas por volta de 1540. Ele foi responsável por transferir o porto da Ponta da Praia para uma área mais protegida, próximo a um pequeno morro que mais tarde seria denominado Outeiro de Santa Catarina. Este deslocamento foi um marco importante no desenvolvimento de Santos, pois o morro oferecia proteção natural contra as invasões marítimas, além de facilitar a atividade portuária, que viria a ser o principal motor econômico da cidade (IBGE, 2014).

A topografia do município também tem uma função determinante na organização de seus espaços urbanos. As áreas de baixa altitude, próximas ao mar, são onde se concentra a maior parte da população e da infraestrutura urbana, incluindo o Porto de Santos, que é o maior da América Latina e exerce um papel vital na economia regional e nacional. Essas áreas planas são ideais para a construção de grandes estruturas e facilitam a movimentação de mercadorias, o que contribui para o desenvolvimento de atividades comerciais e industriais.

Por outro lado, as áreas montanhosas, como o Monte Serrat, oferecem uma vista privilegiada da cidade e do mar, além de possuírem grande relevância histórica. O Monte Serrat, por exemplo, é um ponto turístico importante e guarda em sua encosta o famoso funicular que leva turistas e moradores ao topo, onde está localizado o Santuário de Nossa Senhora do Monte Serrat. Essas áreas de maior altitude são utilizadas principalmente para fins turísticos e de lazer, além de abrigarem importantes reservas de vegetação nativa, parte do bioma Mata Atlântica.

A influência do relevo de Santos vai além da sua paisagem, impactando também o clima local. A proximidade com o mar e a presença das montanhas criam um microclima que alterna períodos de calor intenso com brisas marítimas que refrescam a cidade. No entanto, as áreas baixas próximas ao litoral, especialmente em épocas de chuvas intensas, estão sujeitas a alagamentos, um problema que a

cidade vem enfrentando há muitos anos e que se agrava com as mudanças climáticas e o aumento do nível do mar (Prefeitura de Santos, 2024).

Essa complexa topografia também influenciou o processo de urbanização da cidade, que precisou conciliar o crescimento populacional e econômico com as limitações impostas pelo relevo. A construção de túneis e vias de acesso, como a ligação com o planalto paulista através da Serra do Mar, foi um dos grandes desafios que a engenharia local superou ao longo do tempo. O sistema Anchieta-Imigrantes, que conecta Santos à capital São Paulo, é um exemplo de como a infraestrutura moderna teve que se adaptar às condições geográficas, permitindo que a cidade se tornasse um importante elo entre o litoral e o interior do estado.

Além disso, o relevo montanhoso e a Mata Atlântica que circunda a cidade desempenham um papel fundamental na conservação ambiental. A preservação dessas áreas é crucial para o equilíbrio ecológico da região, garantindo a proteção de nascentes e a manutenção de uma rica biodiversidade. Iniciativas de turismo ecológico, como trilhas e visitas às reservas naturais, têm ganhado destaque nos últimos anos, à medida que Santos busca aliar seu desenvolvimento urbano à sustentabilidade ambiental.

A topografia de Santos é um elemento central na definição de sua história, cultura e desenvolvimento. Desde sua fundação até o presente, a cidade tem se moldado em torno de suas características geográficas, transformando desafios em oportunidades e mantendo-se como uma das cidades mais importantes do Brasil, tanto em termos econômicos quanto turísticos. Segundo a prefeitura de Santos, a complexa relação entre relevo, mar e urbanização continua a definir o futuro de Santos, que segue crescendo em harmonia com suas raízes históricas e geográficas (Prefeitura de Santos, 2024).

2.3. Construção e descrição dos canais

Os canais de Santos são elementos emblemáticos da cidade, desempenhando um papel essencial tanto no sistema de drenagem urbana quanto como pontos de referência geográfica. Projetados inicialmente para resolver problemas de alagamento e insalubridade, esses canais atravessam diversas regiões da cidade, conectando áreas residenciais, comerciais e turísticas. A numeração dos canais tornou-se uma prática importante, ajudando moradores e visitantes a se localizarem, especialmente

aqueles que não estão familiarizados com a cidade. Cada canal possui características específicas, como comprimento, localização e capacidade de drenagem, compondo uma rede integrada fundamental para o funcionamento da cidade.

Os canais de pequena escala, média escala e grande escala referem-se a diferentes tipos de canais de drenagem, classificados conforme sua capacidade de escoamento e a área que atendem. Os canais de pequena escala são projetados para áreas menores e com menor volume de água, geralmente encontrados em bairros com menor densidade urbana, e servem para direcionar as águas pluviais para sistemas maiores. Já os canais de média escala atendem áreas com densidade populacional moderada e têm capacidade de vazão intermediária, conectando os canais de menor capacidade aos de grande escala. Os canais de grande escala são aqueles que possuem maior capacidade de drenagem, projetados para grandes áreas urbanas com alta densidade populacional e volumes significativos de água, sendo essenciais para prevenir inundações e alagamentos em regiões críticas. A integração adequada entre os diferentes tipos de canais é fundamental para um sistema de drenagem eficiente, que minimize o risco de enchentes e melhore a gestão das águas pluviais nas cidades (Filho, 2015).

Além de sua função hidráulica, os canais são frequentemente mencionados como pontos de encontro e referências culturais, demonstrando sua relevância para a identidade urbana de Santos. A inclusão de uma figura ilustrativa que mostre a localização dos canais em relação à malha urbana pode enriquecer a compreensão sobre como eles estão distribuídos e como interagem com os diferentes bairros da cidade, destacando sua importância histórica, funcional e geográfica.

Linha do Tempo dos Canais de Santos

- **1895:** O governo de São Paulo cria a Comissão de Defesa Sanitária de Santos, com o objetivo de sanear a cidade, que sofria com epidemias de doenças como febre amarela e disenteria, agravadas pelas condições insalubres do terreno pantanoso e falta de esgoto.

- **1905:** Contratação do engenheiro sanitário Francisco Saturnino de Brito e do engenheiro civil Miguel Presgrave para projetar um sistema de coleta de esgoto e drenagem, que inclui também o abastecimento de água potável, sendo a primeira fase da reestruturação sanitária da cidade.

- **1906:** Início das obras do sistema de esgoto e drenagem, com o planejamento dos primeiros canais, projetados por Saturnino para captar e escoar as águas das chuvas e drenar as áreas pantanosas, preparando a cidade para futuras expansões.

- **1907:** Inauguração do Canal 1, o mais longo, com 2.240 metros, que percorre os bairros de Marapé, Vila Mathias e Vila Nova até desaguar próximo ao Mercado Municipal. Esse canal teve papel essencial na drenagem do território e na navegação até a área central da cidade.

- **1910:** Construção do Canal 2, correndo paralelo ao Canal 1, para escoar as águas dos bairros Pompeia, Campo Grande e Vila Belmiro. Nesse mesmo ano, é iniciada a construção da Ponte Pênsil em São Vicente, destinada a levar o esgoto para o mar.

- **1911:** Conclusão de dois pequenos canais auxiliares - chamados de "canaletes" - para drenagem, o Canal 9 - José Menino - e o Canal 10 – Jabaquara -, ambos localizados próximos à área elevada de morros para captar as águas pluviais e de pequenos riachos locais.

- **1913:** Inauguração do Canal 8 - Av. Moura Ribeiro, concluindo grande parte do projeto de drenagem de Saturnino e ampliando o sistema de escoamento para toda a área urbana existente na época.

- **1917:** Construção do Canal 6 - Av. Joaquim Montenegro - no bairro Aparecida, ampliando a cobertura de drenagem e permitindo a expansão urbana para áreas antes alagadiças e insalubres.

- **1923:** Inauguração dos Canais 3 - Av. Washington Luiz – e Canal 4 - Av. Siqueira Campos -.

- **1927:** Inauguração do Canal 5 - Av. Almirante Cochrane -, seguindo o projeto inicial de Saturnino para acompanhar o crescimento populacional da cidade, ampliando ainda mais a rede de drenagem.

- **1960-1970:** Expansão do sistema com a construção de novos canais, o reforço da infraestrutura e instalação de um novo emissário submarino, adaptando o sistema para o crescimento urbano e industrial das décadas seguintes. inauguração do canal 7 - Avenida General San Martin - em 1968.

- **Década de 2000:** Projeto de revitalização e recuperação dos canais liderado pela Sabesp, incluindo restaurações e melhorias para preservar o sistema, eliminar ligações clandestinas e restaurar o valor patrimonial do sistema original de Saturnino.

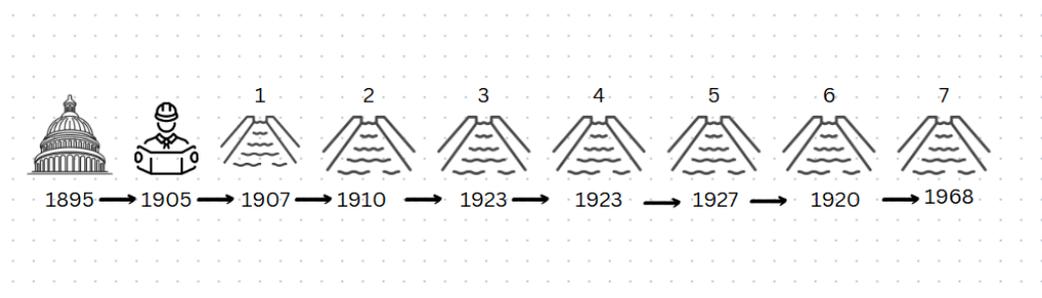
- **2007**: Celebração do centenário do Canal 1 e tombamento do sistema original como patrimônio histórico de São Paulo, protegendo o legado de Saturnino de Brito e mantendo os canais como um símbolo histórico e funcional da cidade de Santos.

Conforme ilustrado na cronologia da Figura 4 e Figura 5, a evolução dos canais de drenagem em Santos foi marcada por uma série de eventos significativos que moldaram o desenvolvimento urbano e sanitário da cidade ao longo do tempo. A inauguração do Canal 1, em 1907, simbolizou o início de um sistema pioneiro projetado para mitigar os impactos das enchentes e melhorar as condições de saúde pública em um território historicamente marcado por terrenos alagadiços e insalubres.

Em 1910, a construção da Ponte Pênsil destacou-se como um marco de engenharia, viabilizando o escoamento do esgoto diretamente para o mar, um avanço crucial para o saneamento da região. Posteriormente, a expansão do sistema na década de 1960, que incluiu a construção de novos canais e o reforço da infraestrutura existente, adaptou a cidade ao crescimento urbano e industrial, consolidando a gestão eficiente das águas pluviais e contribuindo para a modernização e sustentabilidade do ambiente urbano.

Esses eventos não apenas transformaram a paisagem de Santos, mas também serviram como exemplo de planejamento integrado, alinhando desenvolvimento urbano com preservação ambiental e saúde pública.

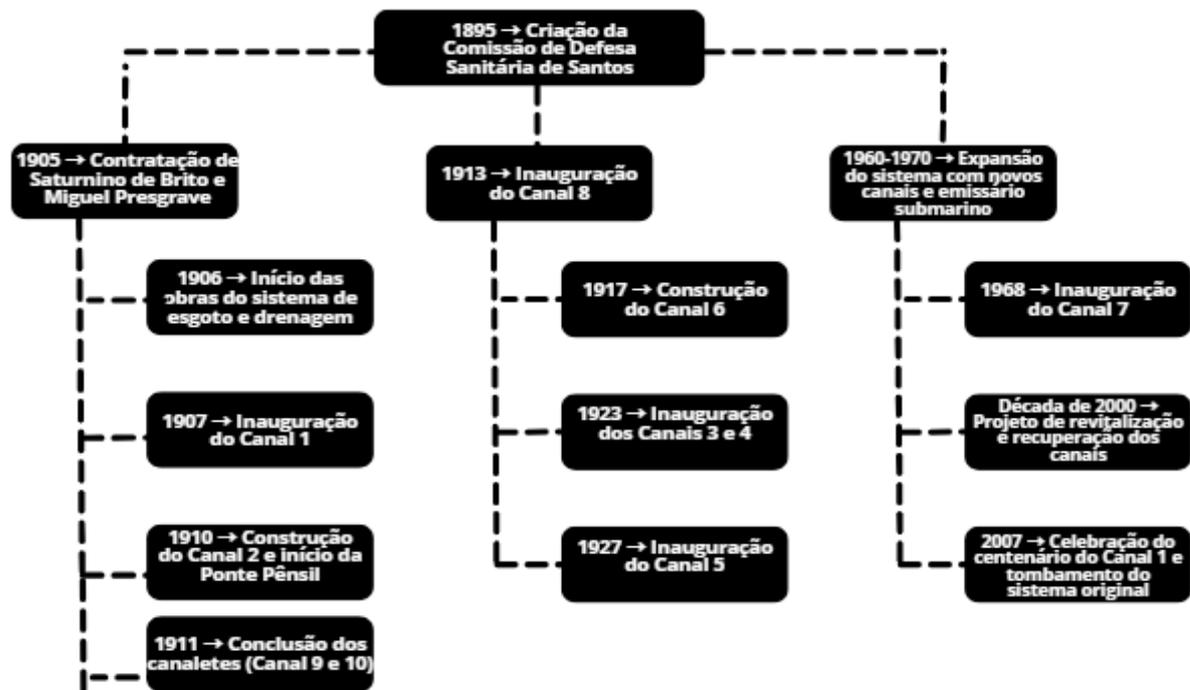
Figura 4 - Cronologia dos canais



Fonte: Autoral, 2024.

Figura 5 - Linha do Tempo dos Canais de Santos

Fluxograma da Evolução dos Sistemas de Drenagem Urbana em Santos

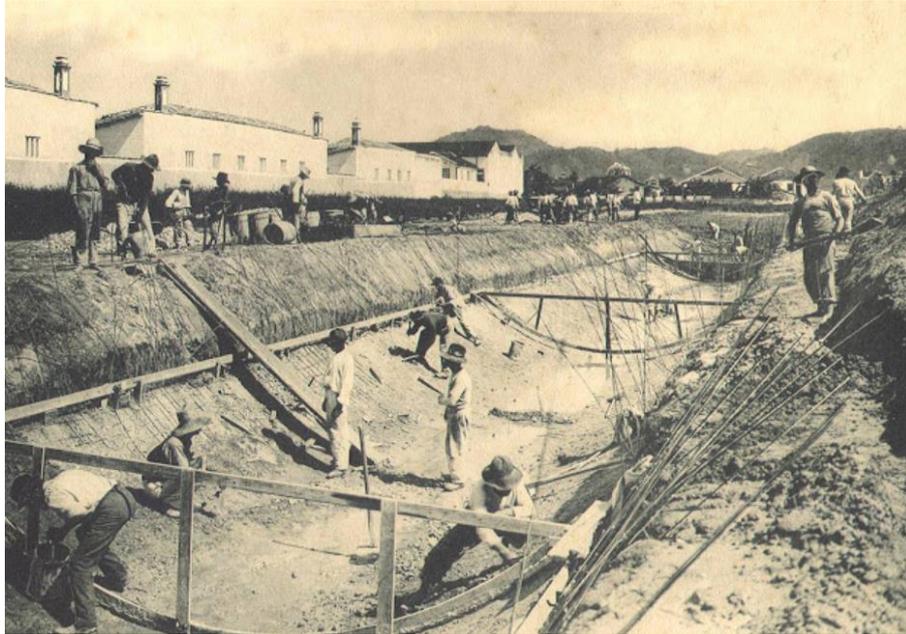


Fonte: Autoral, 2024.

A Figura 6 ilustra as condições técnicas de execução durante a construção do Canal 1, que foi o primeiro canal projetado e executado no sistema de drenagem urbana de Santos. Esta imagem retrata não apenas o avanço da engenharia sanitária da época, mas também os desafios enfrentados devido às características do terreno pantanoso e às limitações tecnológicas do início do século XX.

É possível observar os métodos construtivos empregados, como a utilização de equipamentos rudimentares para escavação e o uso intensivo de mão de obra, evidenciando a complexidade da obra em um terreno sujeito a inundações frequentes. A escolha de materiais e técnicas, como o revestimento em alvenaria das paredes do canal, foi fundamental para garantir a durabilidade e eficiência do sistema. Esses elementos destacam a visão pioneira do engenheiro Saturnino de Brito e sua equipe, que buscaram implementar soluções funcionais e inovadoras para os problemas de drenagem da cidade.

Figura 6 – Saneamento de Santos (Canal 1)



Fonte: Veiga, 2017, p.2.

A implementação do sistema de drenagem na cidade de Santos é uma parte significativa da história urbana do Brasil, marcada pelo governo de Campos Sales, presidente do Brasil entre 1898 e 1902, e pelo engenheiro civil Saturnino de Brito. Em 1906, sob a liderança de Brito, iniciou-se o plano de drenagem superficial do município, como mostra na Figura 6, um projeto que surgiu como resposta aos problemas de alagamento que afetavam a cidade, especialmente em períodos de chuvas intensas. A água das chuvas, ao descer dos morros, encontrava dificuldades para se direcionar ao mar, resultando em frequentes inundações nas áreas mais baixas e próximas à costa. Este contexto geográfico e histórico incentivou a construção de um sistema de drenagem eficaz (Brito, 1908).

A primeira fase do projeto, desenvolvida entre 1906 e 1910, focou na construção de galerias pluviais. Essas galerias eram concebidas para coletar a água da chuva que escorria dos morros e redirecioná-la para o mar. O projeto foi aprimorado com a criação de pequenas valetas e sarjetas ao redor dos morros, que serviam como coletoras de água. Essas valetas alimentariam caixas de retenção de areia, responsáveis por controlar a sedimentação e garantir que a água fluísse de maneira eficaz.

O resultado deste sistema de drenagem incluía a construção de quatro grandes galerias pluviais, projetadas para descarregar a água nos trechos de desembocadura

do cais de Santos. A partir deste planejamento, a água que antes inundava as ruas e áreas urbanas da cidade agora era conduzida de forma controlada ao canal do porto, contribuindo para a prevenção de alagamentos e melhorando a infraestrutura urbana de Santos. Saturnino de Brito incorporou técnicas europeias avançadas de drenagem e saneamento ao projetar os canais de Santos, adaptando-as às condições locais. Ele adotou a separação dos sistemas de esgoto e águas pluviais, inspirado em modelos de cidades como Londres e Paris, e utilizou declividades calculadas para garantir o fluxo contínuo, prevenindo estagnação e assoreamento. Também empregou revestimentos de alvenaria duráveis, uma prática comum em cidades como Amsterdã, para reforçar as margens dos canais. Planejou um sistema integrado de saneamento, incluindo emissários para afastar o esgoto das áreas urbanas, e propôs o zoneamento de várzeas para drenagem. Essas soluções, alinhadas à vanguarda europeia, foram adaptadas de forma pioneira às características geográficas e sociais de Santos, resultando em um marco na engenharia civil brasileira e na gestão de águas pluviais, deixando um legado importante para o desenvolvimento urbano da cidade (Dieb, 2015).

Para os canais de drenagem, foram construídas oito unidades acompanhado de canaletas, galerias, coletores e sarjetas auxiliares, formando uma rede pluvial completa, como mostra na Figura 7. As galerias e canais de Santos foram projetados para escoar as águas das áreas contribuintes, desde as encostas das montanhas até os bairros urbanizados, onde a pavimentação das vias e calçadas reduz significativamente a infiltração natural no solo. Embora não existam dados públicos disponíveis sobre a capacidade específica dessas estruturas na cidade, sistemas de drenagem urbanos em geral são dimensionados para suportar eventos de chuva com períodos de retorno determinados, considerando fatores como seção transversal, declividade e material utilizado. Contudo, o crescimento urbano desordenado e a impermeabilização excessiva do solo frequentemente excedem essa capacidade, evidenciando a importância de manutenção periódica e adaptações no sistema para atender às demandas atuais.

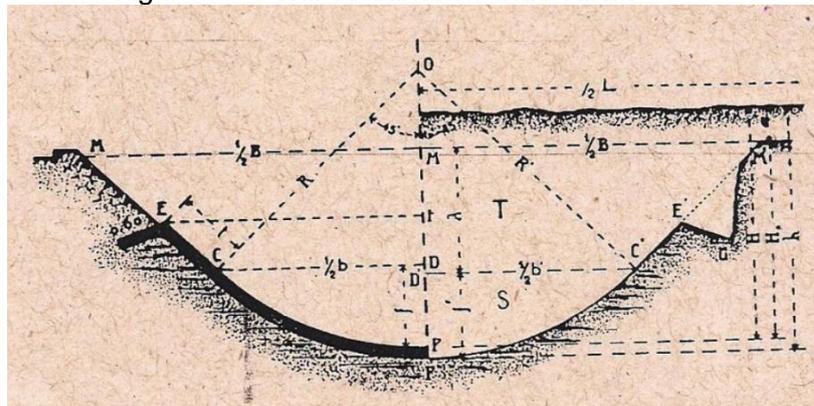
Figura 7 – Galeria Pluvial



Fonte: SPMais, 2017

Foram construídos dois tipos de canais, conforme a capacidade necessária e as condições locais. O primeiro tipo, utilizado em vias estreitas, consiste em um segmento circular com raio variável e ângulo central de 90° . As tangentes formam ângulos de 45° com o horizonte, e parte dessas tangentes serve como diretriz para estender o revestimento de concreto armado, que depois se dobra e mergulha no solo, formando abas de resistência e apoio para os taludes inclinados a 45° , revestidos de grama (Brito, 1908, p.81).

Figura 8 – Perfil do canal em vias curtas



Fonte: Brito, 1908, p.81.

A Figura 8 refere-se ao projeto dos canais de drenagem em Santos, com destaque para aqueles localizados no centro ou adjacentes às principais avenidas e ruas da cidade. Ela ilustra uma seção transversal, que representa o formato e a estrutura interna de um canal, mas não necessariamente todos os canais. Esse tipo de representação técnica é usado para detalhar aspectos como largura, profundidade, inclinação das margens e revestimento interno, que variam de acordo com a

localização e a função do canal no sistema de drenagem. A seção transversal apresentada pode ser uma das várias adotadas no projeto, mas não é universal para todos os canais. Seu objetivo é mostrar como o canal foi projetado para atender à demanda de escoamento em determinada área, considerando características específicas do terreno, volume de água esperado e necessidades de integração com a infraestrutura urbana. O posicionamento estratégico dos canais em Santos é fundamental para garantir a eficiência do escoamento das águas pluviais sem interferir em quarteirões ou terrenos particulares, evitando problemas relacionados à servidão de passagem. Esse planejamento considera a diferenciação entre vias curtas e vias longas, conceitos importantes na engenharia de drenagem.

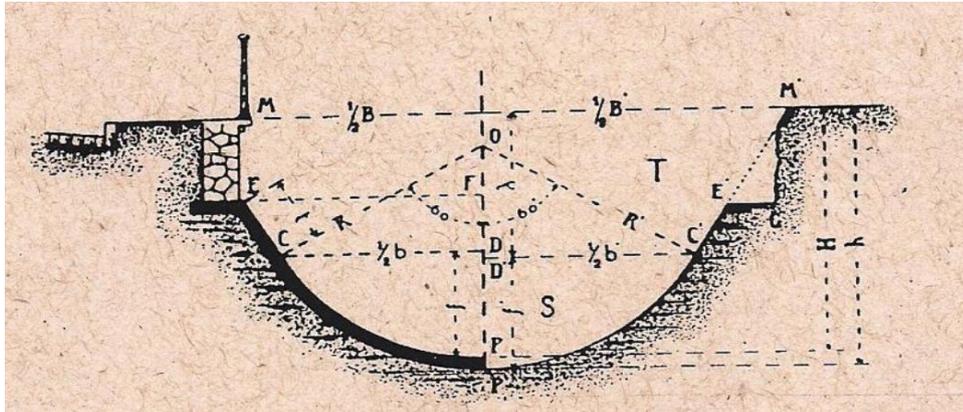
Vias curtas referem-se a trechos onde a água percorre distâncias reduzidas até alcançar o canal ou galeria mais próxima, geralmente encontrados em áreas densamente urbanizadas ou com topografia plana, facilitando o escoamento superficial. Já as vias longas são trajetos mais extensos que a água percorre antes de chegar a um ponto de drenagem, comuns em regiões com declividades acentuadas, como nas proximidades de encostas ou áreas com menor densidade de canais e galerias. Essa distinção influencia diretamente o dimensionamento dos canais, pois vias longas requerem maior capacidade de escoamento para suportar o volume acumulado ao longo do percurso, enquanto vias curtas reduzem a carga sobre o sistema em cada trecho. Assim, o projeto dos canais de Santos prioriza um equilíbrio entre essas características, otimizando a eficiência hidráulica e a integração ao espaço urbano.

Em Santos, as novas avenidas estão sendo planejadas com larguras de 30 metros com os canais posicionados centralmente. Um exemplo concreto desse planejamento é o alargamento da Rua Rangel Pestana no lado Sul, com a aprovação da Câmara Municipal e a cooperação de diversos proprietários que cederam gratuitamente parte de seus terrenos para esse propósito. Esse projeto não apenas facilita a drenagem eficiente das águas pluviais, mas também contribui para a melhoria do ambiente urbano ao integrar elementos de paisagismo e arborização (Prefeitura de Santos, 2022).

Essas medidas ilustram a importância da integração urbana e ambiental no planejamento das infraestruturas de drenagem urbana, visando não apenas resolver problemas imediatos de inundação, mas também promover um desenvolvimento urbano sustentável e resiliente ao clima.

O segundo tipo de canal, destinado a vias mais largas como avenidas, tem um ângulo central de 120° . As tangentes revestidas se inclinam a 60° , e sobre as abas erguem-se muros verticais, que podem ser de concreto armado, alvenaria de pedra ou alvenaria de tijolo. No topo do muro, é instalado um parapeito (Brito, 1908, p. 81).

Figura 9 – Perfil do Canal em vias largas

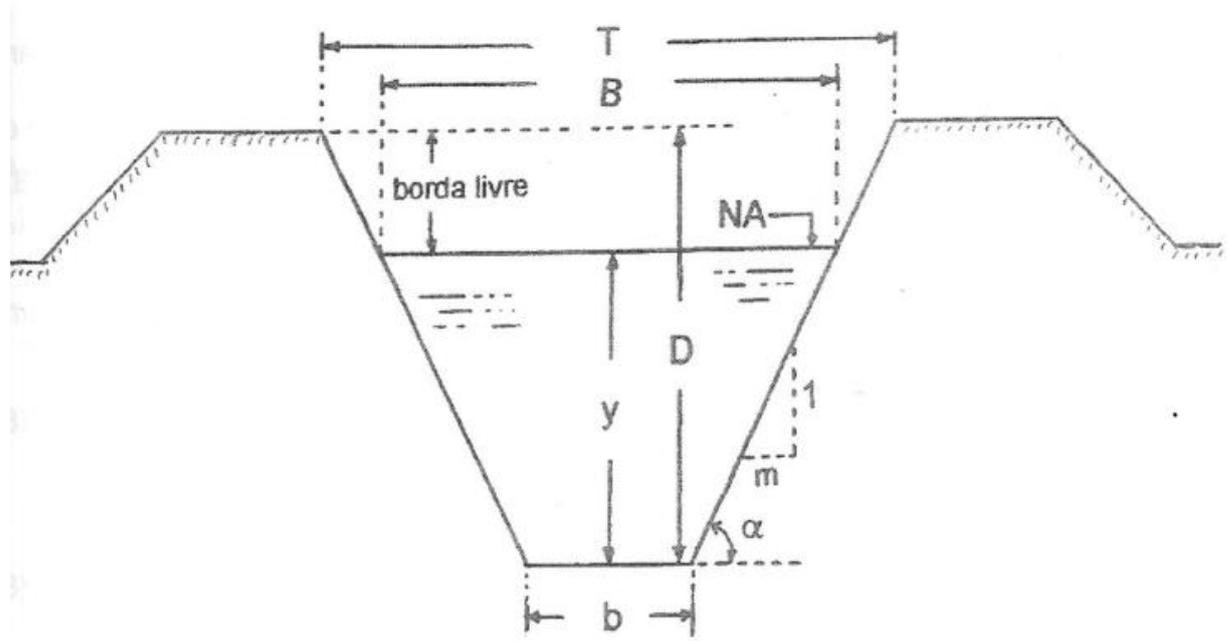


Fonte: Brito, 1908, p.81.

O tipo de canal descrito na Figura 9 apresenta características específicas que o diferenciam dos modelos convencionais de drenagem urbana. Com um ângulo central de 120 graus, acompanhado de muros marginais e parapeitos, como os aplicados na Rua Rangel Pestana em Santos, essa configuração é mais custosa devido à estrutura complexa, fundações profundas e materiais especiais. No entanto, é ideal para reduzir a ocupação de superfície, especialmente em áreas urbanas densas com largura limitada, pois permite maior eficiência no escoamento das águas pluviais e libera espaço para outros usos (Brito, 1908).

Outro tipo de canal é o canal em "V", como mostra na Figura 10

Figura 10: Canal em V



Fonte: Hidráulica Tolentino, nov 19, 2020

O desenho dos canais, que se assemelha a um "V invertido", foi pensado para acelerar o fluxo da água, permitindo que ela se desloque de maneira mais rápida e eficiente em direção ao oceano. A forma em "V" garante que a água seja canalizada para a parte mais baixa da estrutura, facilitando o escoamento mesmo em situações de alto volume pluviométrico. Esse formato também ajuda a evitar que a água fique estagnada nos canais, o que poderia comprometer a eficiência do sistema e aumentar o risco de transbordamentos (Ramos et al. 2018).

Além disso, a concepção desse sistema de drenagem é especialmente crítica devido à falta de inclinação natural no terreno de Santos, o que impede que a água seja drenada por gravidade de forma rápida e eficaz. Em muitos casos, cidades com inclinações acentuadas conseguem direcionar a água das chuvas naturalmente, mas em Santos, onde o relevo é plano, é necessário recorrer a soluções de engenharia mais avançadas. O formato em "V", ao otimizar o movimento da água, funciona como uma alternativa para compensar essa ausência de declividade, permitindo que a drenagem ocorra com maior velocidade (Ramos et al. 2018).

Em alguns dos pontos mais críticos da cidade, onde o risco de alagamentos é maior, foi ajustada em cada canal de forma precisa para garantir que o sistema tivesse a capacidade de suportar grandes volumes de precipitação sem sobrecarregar a

infraestrutura existente. Esses ajustes garantem que o sistema de drenagem funcione de forma contínua e eficiente, mesmo durante eventos climáticos extremos, minimizando a necessidade de intervenções corretivas ou manutenções frequentes, o que também contribui para a longevidade do sistema.

Além disso, em áreas onde o solo já se encontrava saturado ou encharcado, foi necessário realizar escavações mais profundas para garantir que as estruturas de drenagem fossem adequadamente instaladas e tivessem a capacidade de drenar não apenas a água superficial, mas também a água subterrânea (Ramos et al. 2018). Esse cuidado na execução da obra demonstra o quão complexo é o planejamento de infraestrutura em uma cidade como Santos, em que as condições do solo variam de uma região para outra, exigindo soluções personalizadas para garantir a funcionalidade do sistema como um todo.

Nessas regiões, onde o solo saturado impede o escoamento natural, o uso de bombas hidráulicas tornou-se essencial para complementar o sistema de drenagem. Essas bombas têm a função de controlar e remover o excesso de água subterrânea, evitando que ela se acumule nos canais e comprometa a capacidade de drenagem. As bombas hidráulicas foram estrategicamente posicionadas em locais onde o acúmulo de água era mais crítico, garantindo que, mesmo em períodos de chuvas intensas ou prolongadas, o sistema de drenagem continue a operar de forma eficiente, prevenindo enchentes e outros problemas associados ao excesso de água.

Esse conjunto de soluções, que combina o formato inteligente dos canais com a utilização de bombas hidráulicas de controle de água, é um exemplo de como a infraestrutura urbana pode ser adaptada para enfrentar os desafios impostos por condições geográficas e climáticas adversas.

Cada canal foi projetado dessas formas e adaptados e integrados às suas respectivas avenidas, não apenas desempenham um papel essencial nos serviços sanitários de drenagem urbana, mas também têm um valor estético significativo no ambiente urbano. Além disso, contribuem para a distribuição adequada da ventilação, beneficiada tanto pela largura das avenidas quanto pelo fluxo natural das águas.

Essas características ressaltam a importância do planejamento urbano integrado, que não apenas considera a funcionalidade e eficiência dos sistemas de drenagem, mas também valoriza o aspecto estético e ambiental das infraestruturas urbanas (Brito, 1908).

A limpeza e a descarga dos canais ocorrem de forma natural, utilizando o próprio sistema de águas pluviais ou a água do mar durante a maré alta. Para impedir que a maré alta traga areia para os canais, foi instalada uma comporta nas suas desembocaduras nas praias, como mostra na Figura 11 (Pimentel, 2017).

Figura 11 - Comportas



Fonte: Pimentel, 2017.

Saturnino de Brito planejou os canais para que fossem construídos no centro ou ao lado de avenidas, evitando que passassem por terrenos privados e, assim, prevenindo o descarte de resíduos domésticos nos canais. No entanto, ainda há esgotos clandestinos em alguns bairros residenciais ao longo dos canais.

As distâncias entre os canais de Santos variam significativamente, refletindo a distribuição estratégica planejada para atender às necessidades de drenagem da cidade. Por exemplo, a menor distância é entre o Canal 1 e o Canal 2, com 655 metros, enquanto a maior é entre o Canal 6 e o Canal 7, com 1.630 metros. Esses intervalos permitem que as águas pluviais sejam escoadas de forma eficiente, cobrindo áreas urbanas densamente povoadas, como mostra na tabela 1. Apesar de informações detalhadas sobre as dimensões dos canais não estarem disponíveis publicamente, essa disposição demonstra o cuidado em equilibrar a drenagem local e a integração com a malha urbana.

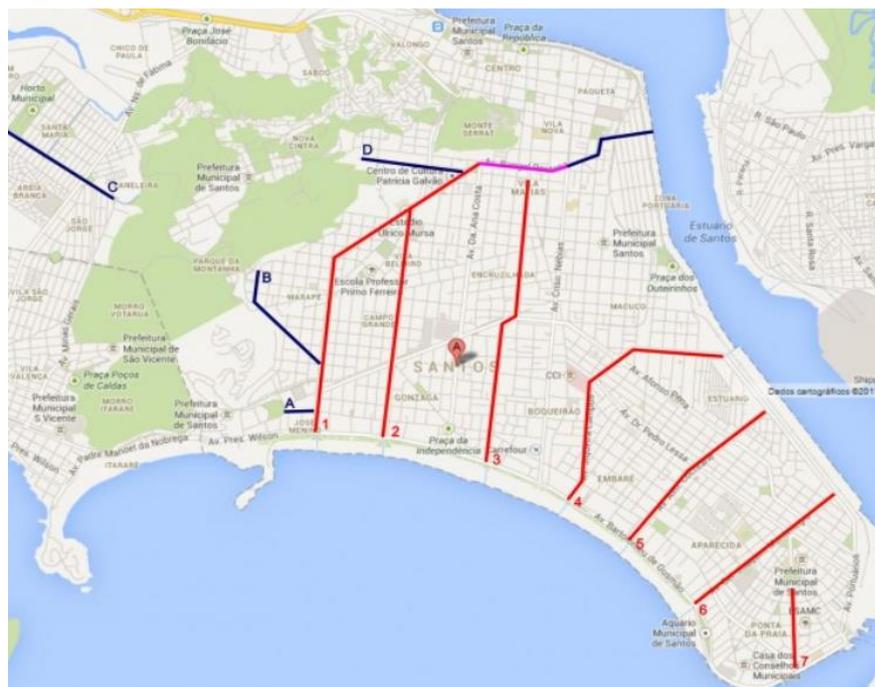
Tabela 1 - Distância entre os canais de Santos

Canais	Distância (Metros)
Canal 1 e Canal 2	655
Canal 2 e Canal 3	1.005
Canal 3 e Canal 4	920
Canal 4 e Canal 5	730
Canal 5 e Canal 6	910
Canal 6 e Canal 7	1.630

Fonte: Cuqui, revista nove, 2017

Conforme a Figura 12, os canais de Santos estão estrategicamente distribuídos ao longo da cidade para otimizar a drenagem das águas pluviais, considerando as características geográficas e topográficas locais. Essa disposição favorece o escoamento eficiente, minimizando alagamentos em áreas críticas e permitindo que a água seja conduzida rapidamente para o mar. Além disso, os canais estão interligados de forma a criar uma rede integrada, essencial para enfrentar eventos climáticos extremos, como chuvas intensas e marés altas. Essa configuração reflete a engenharia avançada aplicada durante sua construção e a importância contínua dessas infraestruturas para a cidade.

Figura 12 – Mapa Canais de Santos



Fonte: Encontra Santos, 2024.

Canal 1 – Av. Senador Pinheiro Machado

O Canal 1, situado na Avenida Senador Pinheiro Machado, foi inaugurado em 1907 (Figura 13) e possui uma seção transversal trapezoidal, projetada para otimizar o escoamento das águas pluviais. Localizado próximo à divisa com São Vicente, ao Teatro Municipal, ao Orquidário e ao Emissário Submarino, este canal desempenha um papel essencial na captação das águas pluviais da região. Sua estrutura contribui de maneira significativa para a drenagem urbana, auxiliando na mitigação de alagamentos e na manutenção da funcionalidade do sistema de escoamento da área (Encontra Santos, 2024).

Figura 13 – Canal 1



Fonte: Autoral, 2024.

Canal 2 – Av. Bernardino de Campo

O Canal 2, inaugurado em 1910, está localizado nas proximidades do Mendes Convention Center, no Gonzaga, e na Vila Belmiro, onde se encontra o estádio do Santos (Figura 14). Com uma seção transversal retangular com fundo plano, projetada para maximizar a eficiência do escoamento, o canal desempenha a importante função de captar as águas pluviais da região. Sua estrutura é vital para a gestão da drenagem urbana, contribuindo significativamente para a prevenção de alagamentos e a manutenção da segurança hídrica dessas áreas (Revista Nove, 2020).

Figura 14 – Canal 2

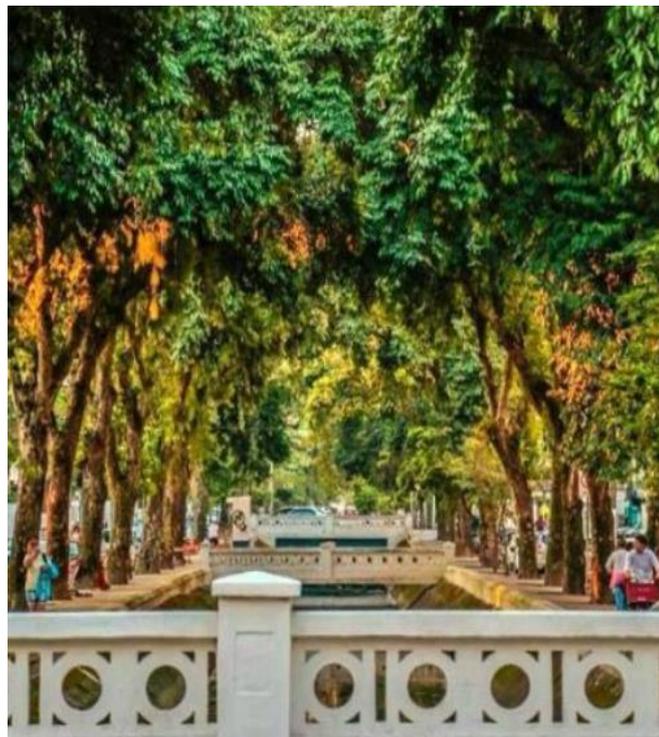


Fonte: Revista digital nove, 2020.

Canal 3 – Av. Washington Luiz

O Canal 3, inaugurado em 1923, está localizado na Avenida Washington Luiz, no bairro do Gonzaga, uma área de grande relevância econômica e turística em Santos, conhecida por seus hotéis, restaurantes e shoppings. Este canal possui um formato de seção transversal triangular. Sua principal função é captar e direcionar as águas pluviais da região, contribuindo de forma crucial para a drenagem urbana e a prevenção de alagamentos em uma das áreas mais movimentadas da cidade (Figura 15; Revista Nove, 2020).

Figura 15 – Canal 3



Fonte: Achei Santos imóveis, 2020.

Canal 4 – Av. Siqueira Campos

O Canal 4, inaugurado em 1923, está localizado no centro de Santos, nas proximidades do Super Centro Boqueirão, Conselheiro Nébias, e das principais instituições como hospitais, escritórios e universidades. Sua principal função é a captação de águas pluviais, desempenhando um papel essencial na drenagem urbana

e na prevenção de alagamentos em uma área central de grande importância para a cidade. Com uma seção transversal retangular com fundo inclinado e paredes inclinadas revestidas, características que garantem maior estabilidade estrutural e eficiência no escoamento das águas (Jornal Costa Norte, 2021). (Figura 16).

Figura 16 – Canal 4



Fonte: Jornal Costa Norte, Santos, 2021.

Canal 5 – Av. Almirante Cochrane

O Canal 5, inaugurado em 1927, está localizado próximo ao Shopping PraiaMar, à Fonte do Sapo, ao Sesc e a diversos bares e padarias tradicionais de Santos (Figura 17). Sua principal função é a captação de águas pluviais, contribuindo de maneira significativa para o sistema de drenagem urbana da região e ajudando a prevenir inundações em áreas de grande movimentação e importância para a cidade. O canal possui uma seção transversal Semi-elíptico, um modelo que facilita o escoamento

eficiente das águas pluviais, especialmente em regiões com alta densidade urbana, como é o caso de Santos. Esse tipo de configuração é essencial para lidar com os volumes de água gerados por chuvas intensas, garantindo maior eficiência no controle de alagamentos e na manutenção da funcionalidade do sistema de drenagem urbana (Revista Nove, 2020).

Figura 17 – Canal 5



Fonte: Revista digital nove, Santos, 2020.

Canal 6 – Av. Coronel Joaquim Montenegro

O Canal 6, inaugurado em 1919, está localizado próximo ao Aquário de Santos, ao Museu de Pesca e aos principais clubes da cidade, como o Internacional, Saldanha e Vasco da Gama. Sua principal função é a captação de águas pluviais, contribuindo de forma eficaz para o sistema de drenagem urbana da região e ajudando a prevenir inundações em áreas de interesse turístico e recreativo de Santos (Figura 18). O canal possui uma seção transversal retangular, um formato que favorece o escoamento das

águas, garantindo maior capacidade de condução e eficiência na drenagem das chuvas intensas, típicas da região (Revista Nove, 2020).

Figura 18 – Canal 6



Fonte: Revista digital nove, Santos, 2020.

Canal 7 – Av. General San Martin

O Canal 7, inaugurado em 1968, está situado próximo ao Museu do Mar, ao Deck do Pescador, ao Mercado do Peixe e a diversos restaurantes renomados de Santos (Figura 19). Sua principal função é a captação de águas pluviais, desempenhando um papel essencial no sistema de drenagem urbana da região. O canal possui uma seção transversal trapezoidal com laterais inclinadas, um formato que facilita o escoamento das águas pluviais e contribui para a estabilidade estrutural, sendo ideal para lidar com volumes de água gerados por chuvas intensas. Essa infraestrutura é crucial para a prevenção de inundações em áreas turísticas e

comerciais importantes de Santos, além de ajudar na preservação do patrimônio histórico e cultural da cidade (Mais Santos, 2020).

Figura 19– Canal 7



Fonte: Mais Santos, 2020

Com a implantação dos canais de drenagem, Santos passou por uma significativa modernização em seu sistema de saneamento, resultando em melhorias na saúde pública e na eficiência das operações portuárias. A criação desses canais ajudou a prevenir inundações e melhorou a qualidade das águas na cidade, separando eficazmente as águas pluviais dos esgotos. A estação de tratamento de esgoto próxima ao Orquidário e ao Emissário Submarino assegura que os efluentes sejam devidamente tratados antes de serem lançados no mar, contribuindo para a sustentabilidade ambiental (Cidade e Cultura, 2024).

Os canais de drenagem de Santos constituem um exemplo que transcende os limites tradicionais de preservação de monumentos e edifícios históricos, conectando-se diretamente com a infraestrutura essencial da cidade e com a proteção ambiental. Além de sua função técnica e prática, os canais também devem ser entendidos sob a

ótica da preservação cultural e patrimonial, tornando-se parte integrante das políticas públicas voltadas para o patrimônio urbano

De acordo com Rodrigues (2001), tanto o patrimônio quanto o território são construções que emergem da apropriação coletiva de determinados espaços e elementos culturais, os quais carregam consigo significados profundos e refletem a identidade de grupos sociais ao longo do tempo.

No contexto de Santos, os canais de drenagem exemplificam essa definição, indo muito além de uma simples infraestrutura física projetada para gerenciar águas pluviais. Eles se transformaram em símbolos da trajetória histórica e da adaptação contínua da cidade, evidenciando como a comunidade santista se organizou para enfrentar os desafios naturais impostos pela proximidade com o mar e pelo clima tropical úmido característico da região. Esses canais não apenas representam uma solução técnica para problemas de inundação, mas também revelam um aspecto crucial do desenvolvimento urbano e social de Santos (Rodrigues, 2001). (Figura 20).

Figura 20 - Canal 2



Fonte: TopTour, 2024.

Desde o seu planejamento e construção, os canais se relacionam diretamente com o crescimento da cidade, a expansão portuária e as mudanças climáticas ao longo das décadas. O processo de urbanização de Santos, impulsionado pela importância do Porto de Santos para a economia brasileira, foi acompanhado de uma série de adaptações para enfrentar a alta pluviosidade e a proximidade com o mar, ambos desafios significativos para o desenvolvimento local. Neste sentido, os canais de drenagem incorporam valores simbólicos de resiliência e inovação, mostrando como os habitantes de Santos souberam se adaptar e moldar seu território em resposta às condições adversas.

Além disso, segundo Rodrigues (2001), os canais refletem as lutas sociais e políticas que marcaram o desenvolvimento da infraestrutura da cidade, sendo parte do patrimônio coletivo não apenas no sentido físico, mas também enquanto testemunhos das conquistas e enfrentamentos da comunidade ao longo dos anos. Eles se configuram como um patrimônio vivo, na medida em que continuam a desempenhar um papel essencial na vida cotidiana dos moradores de Santos, minimizando a ação das enchentes e preservando a sua funcionalidade, especialmente em momentos de chuvas intensas ou marés elevadas. Essa resiliência constante é um reflexo da identidade cultural local, demonstrando o engenho e a capacidade de adaptação dos santistas frente as pressões ambientais.

A cidade de Santos possui um sistema de drenagem complexo, composto por canais a céu aberto e subterrâneos que direcionam as águas pluviais para o mar. O fluxo das águas pluviais segue uma rede estruturada, onde os canais a céu aberto desempenham papel crucial. O Canal 1 capta as águas da região norte da cidade e as direciona para o Canal 2, que por sua vez recebe essas águas e as encaminha para o Canal 3. O Canal 3, localizado na região central, direciona a água para o Canal 4, que recebe o fluxo do Canal 3 e o conduz para o Canal 5, responsável por direcionar as águas da região sul para o mar.

Além desses canais a céu aberto, existem canais subterrâneos que também auxiliam no escoamento das águas pluviais. O Canal 6 capta águas da região leste e as direciona para o Canal 7, que então leva o fluxo diretamente para o mar. Esse sistema, apesar de eficiente, enfrenta pontos de gargalo críticos, que tornam o controle das águas mais desafiador.

A interseção entre os Canais 2 e 3 é um dos principais pontos de gargalo, onde o alto volume de água e a curva acentuada geram dificuldades no escoamento. Outro

trecho problemático ocorre entre os Canais 4 e 5, onde o estreitamento do canal e o aumento da velocidade da água tornam o fluxo mais difícil de gerenciar. Além disso, a saída do Canal 7 para o mar é impactada por obstáculos naturais e artificiais, o que também contribui para os riscos de transbordamento.

Esses pontos de gargalo são mais suscetíveis a transbordamentos devido à combinação de fatores como alto volume de água, velocidade do fluxo, curvas acentuadas, estreitamento dos canais e a presença de obstáculos. A compreensão desses pontos críticos é essencial para implementar medidas de mitigação eficazes, com o objetivo de prevenir inundações e enchentes na cidade. (Prefeitura de Santos, 2023).

Os canais de drenagem de Santos representam um marco na história do saneamento urbano brasileiro porque foram pioneiros no desenvolvimento de soluções técnicas avançadas e adaptadas às necessidades específicas de áreas urbanas densamente ocupadas e vulneráveis a inundações. Projetados pelo engenheiro Saturnino de Brito no início do século XX, esses canais estabeleceram um modelo eficiente de escoamento de águas pluviais e saneamento, combinando funcionalidade, engenharia avançada e preservação ambiental. A estrutura dos canais, com diferentes seções transversais adaptadas ao relevo e à densidade da região, demonstrou a importância de soluções integradas no planejamento urbano, servindo de referência para outras cidades do país. (Revista Digital Nove, 2020). A visão inovadora de Saturnino de Brito, implementada no início do século XX, continua a ser fundamental para a infraestrutura da cidade. A separação eficaz das águas pluviais dos esgotos e a modernização das estações de tratamento garantem que Santos possa enfrentar os desafios da urbanização de forma sustentável, preservando a saúde pública e o meio ambiente.

3 ASPECTOS TÉCNICOS DOS CANAIS

A planície santista, além de ser um obstáculo natural ao escoamento, era cortada por diversos rios e canais, que, em vez de facilitarem o escoamento das águas, contribuíam para a saturação do solo, tornando-o ainda mais encharcado. A baixa declividade dificultava o escoamento da água, tanto superficial quanto subterrânea, agravando a situação de enchentes em períodos de chuvas intensas. Esses alagamentos eram recorrentes, e as áreas mais afetadas incluíam tanto os bairros centrais quanto as periferias, que se encontravam mais próximas das áreas de mangue (Ramos et al. 2018).

O aumento da população e a expansão da cidade tornaram a situação ainda mais crítica, pois a falta de drenagem eficiente gerava condições de vida precárias para os moradores, que conviviam com águas estagnadas, fossas a céu aberto e problemas sanitários constantes.

O plano de drenagem envolvia a criação de canais que cruzavam a cidade em várias direções, coletando e escoando a água das chuvas para fora da área urbana. Esses canais foram estrategicamente posicionados de forma a captar a maior quantidade possível de água, evitando o acúmulo e garantindo que ela fosse direcionada rapidamente para o mar. Saturnino de Brito também teve o cuidado de projetar os canais de modo que não interferissem no sistema de esgoto, permitindo que ambos os sistemas operassem de maneira independente, mas complementar, para melhorar a saúde pública e a infraestrutura da cidade (Ramos et al, 2018).

Esse planejamento foi fundamental para o desenvolvimento de Santos, transformando uma cidade que antes sofria com frequentes inundações e epidemias em uma região com uma infraestrutura de saneamento de referência para o país. A criação dos canais também foi uma peça-chave no crescimento econômico e populacional da cidade, que passou a atrair mais investimentos, especialmente com o desenvolvimento do porto e o aumento do turismo. Assim, o projeto de Saturnino de Brito não só solucionou o problema de drenagem, mas também preparou Santos para se tornar uma das cidades mais importantes do litoral brasileiro.

3.1 Materiais utilizados

O engenheiro Saturnino de Brito introduziu uma inovação crucial durante a construção dos canais de Santos: o uso do concreto em vez da madeira, que era o material tradicional utilizado na época em obras de infraestrutura (Brito, 1908). Esta mudança foi um marco no Brasil, pois o concreto, amplamente utilizado em países europeus, oferecia uma durabilidade e resistência muito maiores. A escolha do concreto foi motivada pela necessidade de garantir que os canais pudessem resistir às condições adversas, como o contato constante com a água e as variações climáticas. Ao contrário da madeira, que se deteriora mais rapidamente em ambientes úmidos, o concreto permitia a criação de uma estrutura sólida e de longa duração, essencial para o sucesso do sistema de drenagem. Abaixo na Figura 21, mostra a inserção das muretas de concreto em Santos, trazendo uma proposta mais duradoura e inovadora na época.

Figura 21: Muretas dos Canais



Fonte: Memória Santista, 2024

Os canais de concreto em Santos possuem parâmetros técnicos específicos. A resistência do concreto (f_{ck}) varia de acordo com o projeto, mas valores comuns são:

- 20 MPa (2900 psi) para canais de pequena escala
- 25 MPa (3625 psi) para canais de média escala
- 30 MPa (4350 psi) para canais de grande escala

No entanto, não dispõe de informações específicas sobre a espessura dos canais em concreto. Além do concreto, foram utilizados outros materiais, como pedras e agregados, para reforçar as fundações dos canais que foram projetadas com base no relatório de Saturnino de Brito (1908), que especifica em: Fundações de sapata com 2 metros de profundidade; Estacas pré-moldadas com 30 cm de diâmetro e 5 metros de profundidade. Isso foi particularmente importante nas áreas onde o solo era mais frágil e sujeito à erosão. O reforço com pedras ajudava a garantir que as estruturas permanecessem estáveis ao longo do tempo, mesmo em condições de solo menos favoráveis. Durante a construção do Canal 1, guindastes e ferrovias temporárias foram usados para transportar grandes quantidades de pedra e terra, facilitando o andamento das obras e acelerando o processo de finalização. Esse esforço logístico foi essencial para que o projeto avançasse de forma organizada e eficiente, marcando o início de um sistema de drenagem que transformaria a cidade de Santos (Ramos et al. 2018).

3.2. Manutenção dos canais de drenagem

A preservação dos canais de drenagem de Santos envolve uma série de desafios técnicos e físicos que demandam uma gestão eficiente e contínua das infraestruturas urbanas. Esses canais, projetados para escoar a água pluvial e mitigar os riscos de enchentes, estão expostos a diversos fatores que afetam sua funcionalidade e durabilidade ao longo do tempo.

Conforme ilustrado na Figura 22, a manutenção periódica dos canais de Santos é essencial para garantir sua eficiência e longevidade. Essa manutenção inclui a remoção de detritos, sedimentos e lixo acumulado, processos que, quando negligenciados, podem resultar em obstruções que aumentam significativamente o risco de inundações, especialmente durante períodos de alta pluviosidade. Além disso, a erosão das margens e o desgaste dos materiais utilizados na construção dos canais, como concreto e revestimentos impermeabilizantes, demandam intervenções regulares para evitar danos estruturais severos. A figura 26 exemplifica as etapas do

processo de limpeza, destacando a importância dessas ações para preservar a funcionalidade do sistema de drenagem (Boqnews, 2024).

Figura 22: Manutenção Canais de Santos



Fonte: Boqnews, 2024.

Outro aspecto técnico importante é a adequação da capacidade dos canais ao crescimento urbano. Com o aumento da impermeabilização do solo nas áreas urbanizadas e o consequente aumento do escoamento superficial, os canais muitas vezes se tornam insuficientes para lidar com o volume de água pluvial. A infraestrutura dos canais de drenagem também precisa ser integrada a outros sistemas de escoamento e controle de águas urbanas, como galerias de águas pluviais e sistemas de bombeamento. A interligação entre esses diferentes componentes é crucial para garantir a eficiência do sistema como um todo. Além disso, a modernização e o uso de novas tecnologias, como sensores para monitoramento em tempo real do fluxo de água, podem ser ferramentas valiosas para a gestão preventiva e a manutenção dos canais (Funasa, 2015).

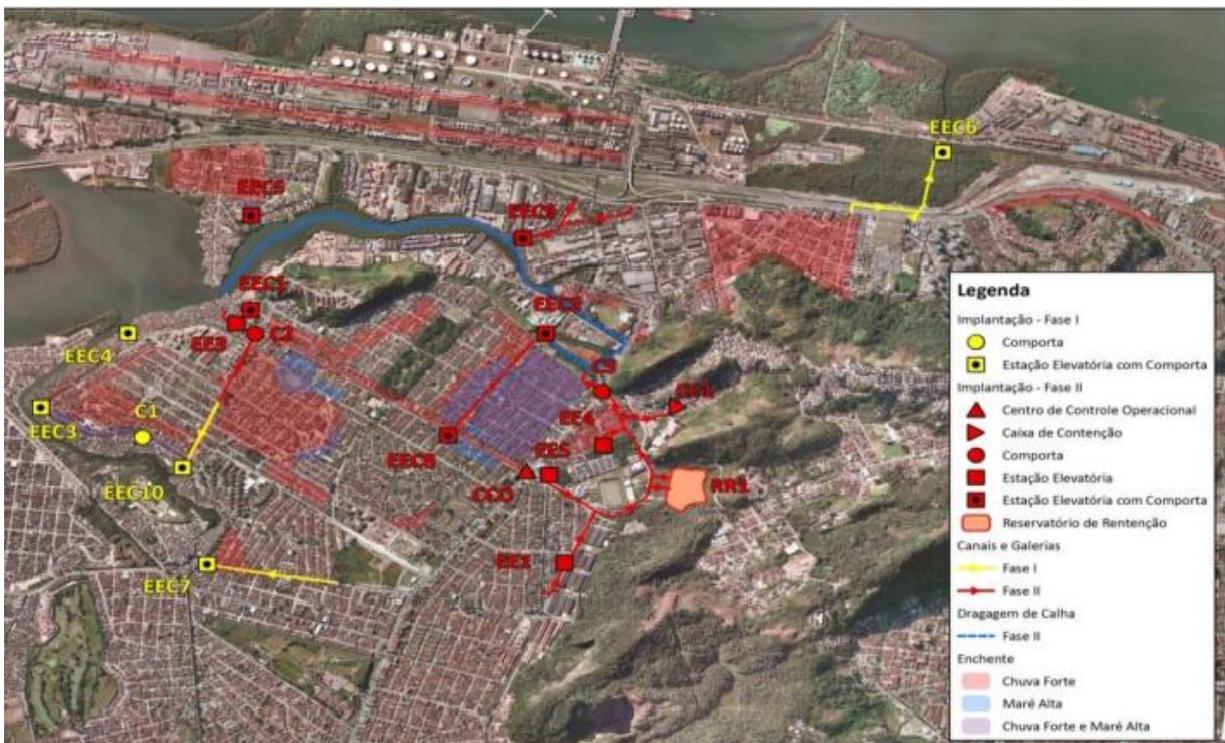
A preservação física dos canais deve considerar os impactos das mudanças climáticas, como a elevação do nível do mar e o aumento da intensidade das chuvas. Essa preservação envolve não apenas a manutenção física, mas também a atualização constante da infraestrutura para atender às demandas de uma cidade em crescimento e aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

4 CANAIS: AÇÃO DAS CHUVAS E MARÉS

4.1 Mudanças climáticas: estratégias para mitigação e adaptação

Desde 2015, quando foi criada a Comissão Municipal de Adaptação à Mudança do Clima - CMMC, Santos tem buscado um compromisso contínuo com a prevenção e adaptação aos impactos climáticos, destacando-se até mesmo antes da criação do Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, instituído em maio de 2016. A cidade tem se antecipado a essas questões, atuando proativamente na elaboração de um plano robusto que visa preparar seus cidadãos e seu território para as ameaças ambientais que se agravam com o tempo (Boqnews, 2024). Abaixo na Figura 23, mostra o mapa de alagamentos por chuvas fortes e marés altas.

Figura 23 - Mapa de alagamentos por chuvas fortes e marés altas



Fonte: Prefeitura Municipal de Santos, 2023

Uma das ações mais significativas foi a aprovação oficial, em janeiro de 2023, do Plano de Ação Climática de Santos – PACS -, através da assinatura do prefeito Rogério Santos. Este documento estratégico delineia uma série de iniciativas e medidas que serão implementadas até 2050, buscando alinhar Santos com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS - da Agenda 2030 da ONU e os

compromissos firmados no Acordo de Paris, ambos de 2015. A elaboração do PACS contou com a participação de uma rede de especialistas e pesquisadores de renome, provenientes de instituições como Unicamp, USP, Unifesp, Unisanta, Unisantos, e INPI, demonstrando a importância de um esforço colaborativo entre academia e poder público para enfrentar as mudanças climáticas de forma eficiente (Prefeitura de Santos, 2022).

O plano de ação é dividido em três horizontes temporais — até 2025, 2030 e 2050 — cada um com metas claras e ações específicas para tornar a cidade mais resiliente às alterações clima educativas. Entre as várias iniciativas adotadas, destacam-se projetos de Educação Ambiental, que visam conscientizar a população desde a infância sobre a importância de proteger o meio ambiente e adotar práticas sustentáveis. Um exemplo é o projeto Beco Limpo, realizado na comunidade do Dique da Vila Gilda, que promove a limpeza e conservação do espaço urbano, incentivando a participação da população local e gerando uma consciência coletiva sobre os cuidados com o ambiente (Prefeitura de Santos, 2022).

Santos também se preocupa com a mitigação dos impactos diretos das mudanças climáticas em sua faixa costeira. O secretário de Meio Ambiente de Santos, o engenheiro químico Márcio Gonçalves Paulo, destacou em uma entrevista recente algumas das ações concretas que estão sendo realizadas. Um dos principais projetos envolve a instalação de *geobags* na Ponta da Praia, estruturas projetadas para conter a erosão causada pelas ondas e proteger a faixa de areia da região. Esta intervenção foi realizada em parceria com a Unicamp, com aval e recursos do Ministério Público, e compreendeu a instalação de 240 metros de *geobags* em formato de L, além de um trecho adicional de 270 metros. Essa solução não só previne a erosão da praia como também melhora a proteção contra ressacas e outros fenômenos costeiros exacerbados pelas mudanças climáticas (Boqnews, 2024).

Conforme destacado pelo secretário, ainda há desafios significativos a serem enfrentados, incluindo a ampliação das ações para a área do Canal 5 e o manejo adequado das montanhas de areia que se acumulam em partes das praias, dificultando a organização de barracas e o trabalho dos ambulantes. Para enfrentar esses problemas, a utilização de *geobags*, como mostrado na Figura 24, tem sido uma solução importante. Essas estruturas, feitas de material geotêxtil resistente, são usadas para controlar o fluxo de areia e estabilizar áreas críticas, reduzindo o risco de bloqueio dos canais que atravessam a cidade. Além disso, o controle e a redistribuição

da areia são essenciais para manter o equilíbrio entre as faixas de areia das praias, como Boqueirão, Gonzaga, Pompeia e José Menino, garantindo a funcionalidade do sistema de drenagem e a preservação das áreas de lazer e comércio local (Prefeitura de Santos, 2022).

Figura 24 - Geobags



Fonte: Prefeitura de Santos, 2022.

Instaladas em canais como o Canal 1, que abrange bairros como Marapé, Vila Mathias e Vila Nova, e o Canal 2, que atende Pompeia, Campo Grande e Vila Belmiro, essas barreiras submersas são essenciais para garantir a estabilidade do solo e mitigar riscos de deslizamentos. Além disso, foram aplicadas também no Canal 8 (Avenida Moura Ribeiro), Canal 6 (Avenida Joaquim Montenegro, bairro Aparecida) e nos Canais 9 e 10 (José Menino e Jabaquara), reforçando o sistema de drenagem da cidade e ajudando a evitar danos à infraestrutura urbana.

A expansão do uso das Geobags está integrada a um projeto maior de recuperação costeira iniciado em 2018 na Ponta da Praia. Com o apoio da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a colaboração da Autoridade Portuária de Santos, o projeto visa melhorar as condições de navegação no Porto de Santos e preservar as praias da Aparecida e do Embaré. As barreiras submersas têm demonstrado sucesso na retenção de areia e na redução da força das ondas, o que ajuda a proteger a orla e a infraestrutura costeira. Essa iniciativa, que também contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, visa garantir um futuro mais seguro e sustentável para a população e o ambiente de Santos (Prefeitura de Santos, 2024).

Outro ponto importante da agenda ambiental da cidade é a gestão de resíduos sólidos, um desafio crescente para Santos. O atual Aterro Sanitário Sítio das Neves, localizado na área continental de Santos, está próximo da sua capacidade máxima de saturação, com previsão de esgotamento em breve. A discussão sobre soluções sustentáveis para o manejo de resíduos sólidos em Santos resultou, em 2024, na aprovação da implantação de uma Usina de Recuperação Energética (URE). Essa usina utilizará processos de incineração controlada para transformar resíduos sólidos urbanos em energia, oferecendo uma alternativa inovadora para a gestão de resíduos e contribuindo para a redução do volume enviado aos aterros sanitários (G1, 2024).

Embora essa seja uma alternativa viável para lidar com o excesso de resíduos, o secretário Gonçalves Paulo também alerta para o fato de que, caso a solução não seja implementada a tempo, a cidade poderá ser forçada a transportar seus resíduos para aterros localizados fora da Baixada Santista, o que aumentaria significativamente os custos de operação e, conseqüentemente, o ônus para os contribuintes (Prefeitura de Santos, 2022).

Além disso, o secretário destaca as dificuldades enfrentadas pelas cooperativas de trabalhadores que atuam na coleta e separação de materiais recicláveis. Essas cooperativas, fundamentais para a cadeia de reciclagem da cidade, estão enfrentando desafios relacionados à escassez de mão de obra, uma vez que os valores pagos aos cooperados são inferiores aos recebidos em programas sociais do governo federal, o que afasta potenciais trabalhadores. Para enfrentar esse obstáculo, há propostas em discussão para aumentar os incentivos e benefícios oferecidos aos trabalhadores do setor de reciclagem, de modo a fortalecer essa atividade essencial para a sustentabilidade da cidade.

Essas iniciativas refletem um esforço integrado e contínuo para enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas em uma cidade tão vulnerável quanto Santos, que possui uma vasta faixa costeira exposta aos efeitos do aumento do nível do mar e eventos climáticos extremos. O Plano de Ação Climática de Santos representa não apenas um conjunto de ações concretas, mas também um modelo de governança ambiental a ser seguido por outras cidades brasileiras (Prefeitura de Santos, 2022).

4.2. Impactos ambientais e vulnerabilidade na região litorânea de Santos

A cidade de Santos, localizada no litoral paulista, é um dos principais exemplos de áreas altamente vulneráveis às mudanças climáticas no Brasil. Santos é uma cidade portuária de grande importância econômica. No entanto, sua geografia a coloca em uma posição de risco elevado frente a fenômenos climáticos extremos.

A topografia plana, a proximidade com o nível do mar e a densa ocupação urbana, especialmente em áreas de baixada e próximas ao mar, aumentam a sua suscetibilidade a eventos naturais, como a elevação do nível do mar - NMM, ressacas, enchentes, deslizamentos de terra e tempestades tropicais (PBMC, 2016).

A região tem enfrentado problemas significativos relacionados ao aumento do nível do mar e à intensificação de ressacas, que afetam diretamente a população e as atividades econômicas, em especial as portuárias e turísticas. Esses fenômenos já impactam de forma notável a infraestrutura urbana, com a destruição de vias, imóveis e áreas de lazer. A economia local também é prejudicada, pois o fechamento do porto durante eventos extremos pode acarretar grandes prejuízos financeiros e logísticos, afetando não apenas a cidade, mas também a cadeia produtiva nacional. Além disso, a qualidade de vida da população é severamente impactada, já que enchentes e deslizamentos de terra, provocados por chuvas intensas, resultam em perdas materiais, desalojamento de famílias e, em casos extremos, vítimas fatais.

Esses eventos extremos tendem a se intensificar com o aumento das temperaturas globais e a alteração nos padrões de precipitação, consequência direta das mudanças climáticas. O aquecimento global tem contribuído para o derretimento de calotas polares e geleiras, o que aumenta o volume dos oceanos e, conseqüentemente, eleva o nível do mar. Estudos indicam que a temperatura média da Terra poderá aumentar entre 1,5°C e 4°C até o final do século, dependendo das ações tomadas para mitigar as emissões de gases de efeito estufa. Esse aquecimento tende a agravar os efeitos já sentidos em regiões costeiras, como Santos, tornando eventos de ressacas mais frequentes e intensos, além de provocar tempestades e ciclones tropicais mais devastadores (PBMC, 2016).

De acordo com Souza (2005), o nível do mar no litoral paulista subiu 30 cm no século passado, um valor que excede a média global de 10 cm no mesmo período. Esse aumento acima da média global reforça a urgência de medidas de adaptação específicas para a região. A elevação do nível do mar coloca em risco não apenas a

zona costeira de Santos, mas também áreas urbanas que se situam em altitudes muito próximas ao nível do mar, amplificando a probabilidade de inundações em eventos de maré alta ou ressacas.

As praias da região, que são importantes não apenas para o turismo, mas também para a proteção natural contra o avanço do mar, estão sendo erodidas. Estudos indicam que pelo menos 20 dessas praias podem desaparecer nas próximas décadas, o que causaria danos ecológicos e econômicos irreparáveis (Souza, 2005). As praias funcionam como uma barreira natural, absorvendo o impacto das ondas e protegendo as áreas internas da cidade de inundações. No entanto, com a perda dessas praias, a cidade se torna mais exposta e vulnerável, necessitando de intervenções artificiais, como a construção de muros de contenção ou aterros, soluções que podem ser financeiramente inviáveis ou ambientalmente prejudiciais a longo prazo.

A cidade de Santos enfrenta constantemente os impactos das ressacas e marés altas. Entre 1928 e 2016, foram registrados 236 eventos extremos relacionados ao nível do mar, dos quais 123 (52,1%) foram de marés meteorológicas altas e 113 (47,9%) de ressacas (Novo Milênio, 2011). As marés altas ocorrem devido a uma combinação de fatores naturais, como a influência das fases da lua e a ação dos ventos sobre a superfície do oceano, que elevam o nível das águas acima do normal, provocando alagamentos e erosão costeira em áreas vulneráveis.

Esses eventos causam estragos consideráveis em áreas residenciais e comerciais, além de interromper serviços essenciais, como o abastecimento de água e energia. Os sistemas de drenagem pluvial, que em muitos casos são obsoletos, tornam-se insuficientes para escoar a água das chuvas combinadas com o avanço do mar, resultando em alagamentos severos (PBMC, 2016).

A maior parte desses eventos de ressacas e marés altas ocorreu na década de 2000, que contabilizou 83 episódios, refletindo uma tendência clara de aumento tanto na frequência quanto na intensidade dessas ocorrências. Isso evidencia que, com o passar do tempo e o agravamento das mudanças climáticas, a situação em Santos tende a piorar, exigindo ações imediatas de mitigação e adaptação por parte dos governos municipais e estaduais, bem como uma maior conscientização da população sobre os riscos e a necessidade de preservação ambiental.

Medidas de adaptação, como o fortalecimento das infraestruturas costeiras, a criação de sistemas de alerta precoce e a reurbanização de áreas vulneráveis, já são

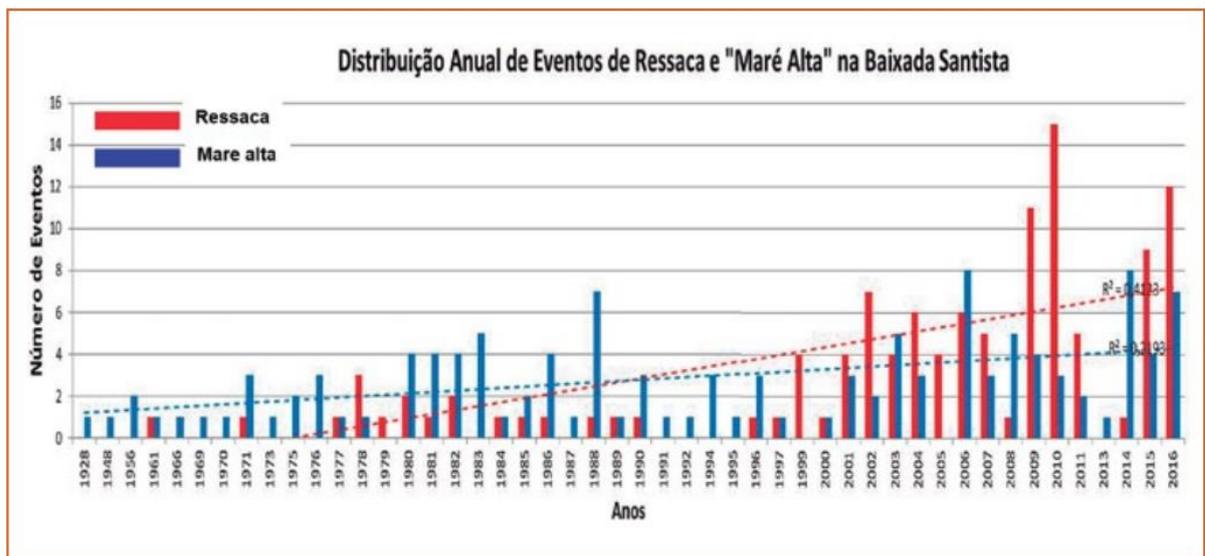
discutidas e, em alguns casos, implementadas em Santos. O fortalecimento das infraestruturas é exemplificado pela instalação de *geobags* na Ponta da Praia, uma solução desenvolvida em parceria com a Unicamp e o Ministério Público para conter a erosão costeira e proteger a faixa de areia contra o avanço do mar.

A reurbanização de áreas vulneráveis também tem ganhado destaque, como no caso do *projeto Beco Limpo*, que atua na comunidade do Dique da Vila Gilda, promovendo a limpeza e conservação de espaços urbanos por meio da conscientização ambiental e do engajamento comunitário.

Essas iniciativas integram ações práticas que já estão em curso e se conectam a discussões mais amplas sobre a criação de sistemas de alerta precoce, fundamentais para preparar a população para eventos climáticos extremos, como as ressacas e as marés altas que frequentemente afetam a cidade.

No entanto, a eficácia dessas medidas dependerá da continuidade dos investimentos públicos e da criação de políticas mais integradas de gestão do risco climático e de planejamento urbano sustentável. A participação da sociedade civil e do setor privado também é fundamental para que essas ações sejam implementadas de maneira efetiva e duradoura, minimizando os impactos ambientais, sociais e econômicos que Santos continuará a enfrentar diante das mudanças climáticas. A Figura 25 mostra a distribuição anual de eventos de ressaca e maré alta na baixada santista.

Figura 25 – Distribuição Anual de Eventos de Ressaca e “Maré Alta” na Baixada Santista



Fonte: PBMC, 2016

O gráfico acima mostra os eventos de ressaca e maré alta na Baixada Santista de 1926 a 2016. Mais de um milhão de pessoas estão expostas ao risco social em Santos e em municípios vizinhos, como Cubatão, São Vicente e Guarujá. Esses riscos são agravados por fenômenos meteorológicos adversos e pela falta de espaço para a expansão de áreas de amortecimento, como os manguezais, que vêm desaparecendo gradualmente devido à elevação do NMM (Nível Médio do Mar) (Nicolodi e Petermann, 2010).

A distribuição dos impactos das marés altas e ressacas varia de acordo com a localização geográfica em Santos. A região sudeste, em particular a Ponta da Praia, é frequentemente atingida por ressacas, enquanto a região noroeste é mais vulnerável a inundações causadas por marés meteorológicas e chuvas intensas. Esses eventos têm gerado prejuízos substanciais ao patrimônio público e privado, afetando a circulação de veículos, o comércio, o turismo e as atividades portuárias. Em 2016, por exemplo, uma ressaca de grandes proporções culminou no fechamento do porto de Santos, com perdas materiais significativas e destruição de benfeitorias públicas (Nicolodi e Petermann, 2010).

Além disso, o sistema de drenagem da cidade, construído no início do século XX, tem sido insuficiente para conter o agravamento das inundações causadas pela combinação de marés altas e chuvas intensas. Na região noroeste, os efeitos das marés de sizígia são particularmente preocupantes durante o verão, quando ocorrem chuvas mais intensas. Em contrapartida, a região sudeste da cidade sofre com a erosão costeira, que inicialmente afetava a Ponta da Praia, e atualmente está se estendendo para outras áreas, como a Praia da Aparecida (Nicolodi e Petermann, 2010). A combinação de fatores climáticos, socioeconômicos e demográficos coloca Santos em uma posição de destaque em termos de vulnerabilidade. Estima-se que, sem medidas eficazes de adaptação, o prejuízo econômico na região sudeste de Santos pode ultrapassar R\$ 1 bilhão até 2100, considerando um cenário de alta elevação do nível do mar (Marengo et al., 2017). Diante disso, estratégias de adaptação são urgentemente necessárias para mitigar os impactos futuros. Em oficinas realizadas com a participação da sociedade civil, comerciantes, cientistas e representantes do governo local, foram propostas soluções de adaptação, como o fortalecimento de infraestruturas, dragagem de canais e restauração de manguezais e dunas.

O mapeamento das áreas vulneráveis à elevação do nível médio do mar em Santos revela que grande parte das regiões sudeste e noroeste da cidade apresentam alta suscetibilidade a inundações. Essas áreas são caracterizadas por uma topografia plana e baixa, o que facilita a ocorrência de alagamentos e dificulta o escoamento da água durante eventos de maré alta, ressacas ou chuvas intensas. Estudos como o de Zanetti et al. (2016) apontam que, em cenários de emissões elevadas de gases de efeito estufa, a tendência é que o nível do mar continue subindo de maneira acelerada, exacerbando os riscos para essas regiões.

A zona sudeste de Santos inclui áreas densamente povoadas e economicamente importantes, como o bairro da Ponta da Praia, que abriga muitos moradores e infraestrutura crítica, incluindo o Porto de Santos, que é vital para a economia local, regional e nacional. A zona noroeste, por sua vez, é conhecida por ser uma área industrial, mas também possui comunidades residenciais vulneráveis, muitas vezes em situação de precariedade habitacional (Zanetti, 2016). Essas regiões, por serem de grande importância econômica e social, estão particularmente ameaçadas por inundações frequentes e duradouras, que podem afetar diretamente a mobilidade, a saúde pública, a moradia, e a integridade das instalações industriais e portuárias.

Em cenários de emissões elevadas de gases de efeito estufa, a elevação do nível médio do mar pode ser ainda mais grave, como apontam diversos relatórios climáticos globais. Se as emissões de carbono não forem reduzidas drasticamente, as projeções indicam que o nível do mar pode subir até 1,5 metros até o final do século, causando impactos catastróficos em regiões costeiras como Santos. Isso coloca muitas pessoas e ativos econômicos em risco, incluindo a infraestrutura portuária, que já é afetada por ressacas e marés altas.

Os impactos socioeconômicos seriam profundos, especialmente para populações de baixa renda que vivem em áreas mais vulneráveis e que, muitas vezes, não possuem os recursos financeiros necessários para se proteger ou se realocar. Esse cenário reforça a necessidade urgente de intervenções coordenadas entre o poder público, a iniciativa privada e a sociedade civil para mitigar os impactos das mudanças climáticas e proteger a população e a infraestrutura de Santos. Intervenções estruturais, como a construção de diques, quebra-mares, muros de contenção, e a criação de sistemas de drenagem mais eficientes, podem ajudar a reduzir a vulnerabilidade da cidade. Além disso, é crucial investir em estratégias de

adaptação, como a realocação de moradores de áreas de risco e a implementação de sistemas de alerta precoce para desastres naturais (PBMC, 2016).

No entanto, essas intervenções não podem ser feitas de maneira isolada. Uma abordagem integrada, que considere as dimensões ambientais, sociais e econômicas, é essencial para enfrentar os desafios colocados pelas mudanças climáticas. É importante que o planejamento urbano de Santos leve em consideração as projeções climáticas de longo prazo e que haja um esforço coordenado para criar políticas públicas eficazes de redução de riscos e adaptação climática. A adoção de práticas sustentáveis de urbanização e o fortalecimento da governança ambiental são fundamentais para garantir a resiliência da cidade frente as mudanças climáticas.

A implementação de políticas de mitigação, como a redução das emissões de gases de efeito estufa em nível local, e o incentivo à preservação de ecossistemas costeiros naturais, como manguezais e restingas, também podem contribuir significativamente para reduzir os impactos das mudanças climáticas. Esses ecossistemas funcionam como barreiras naturais contra a elevação do nível do mar e ajudam a absorver o impacto de ressacas e marés altas, protegendo as áreas urbanas e a população local.

Portanto, diante das evidências científicas e do aumento progressivo dos impactos climáticos, é imperativo que Santos adote uma postura proativa e coordenada, integrando a gestão de riscos climáticos em seu planejamento urbano e mobilizando recursos para a adaptação às mudanças que já são uma realidade concreta e cada vez mais intensa. O futuro da cidade depende da capacidade de adaptação e de ações imediatas para mitigar os impactos climáticos, proteger suas populações mais vulneráveis e preservar a infraestrutura essencial para o desenvolvimento econômico sustentável.

4.3. A influência das marés

De acordo com um estudo internacional realizado por pesquisadores de instituições renomadas, como o Centro de Monitoramento de Desastres Naturais - Cemaden - e o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Inpe -, em parceria com universidades nacionais e estrangeiras, existe a probabilidade de o nível do mar em Santos pode subir até 18 centímetros até 2050 e 36 centímetros até o final do século. Essas mudanças não apenas tornam as marés mais altas, mas também aumentam o

risco de inundações permanentes nas áreas mais baixas da cidade (Agência Fapesp, 2015).

Desde o final dos anos 1990, Santos tem experimentado uma série de ressacas intensas que afetam principalmente as áreas costeiras. A combinação desses fatores representa uma ameaça direta à infraestrutura urbana e à segurança da população, especialmente em regiões como a Zona Noroeste e a Zona Sudeste, que já enfrentam problemas de alagamentos durante marés altas e chuvas fortes.

A área da Ponta da Praia é um exemplo claro dos efeitos da elevação do nível do mar. Essa região, que já sofre há décadas com erosão costeira – agravada pela urbanização e construção de avenidas à beira-mar – está se tornando ainda mais vulnerável às marés e ressacas. A perda da faixa de areia ao longo da costa reduz a capacidade natural da praia de absorver o impacto das ondas, o que pode levar a inundações mais frequentes e intensas (Agência Fapesp, 2015).

Os modelos climáticos utilizados no estudo sugerem que, se as tendências atuais continuarem, as áreas mais baixas e próximas aos canais da cidade estarão entre as mais afetadas. A Zona Noroeste, por exemplo, que já experimenta inundações periódicas durante tempestades, pode sofrer impactos ainda maiores à medida que o nível do mar continua subindo. Nessa região, como mostra na Figura 26, a água da maré alta muitas vezes não consegue escoar adequadamente, resultando em alagamentos graves e frequentes.

Figura 26 – Maré Alta na orla da praia



Fonte: G1, 2021

Santos possui uma longa série de dados sobre mudanças do nível do mar, com registros iniciados em 1944, coletados por meio de marégrafos instalados no Porto de Santos. Esses dados históricos foram posteriormente complementados com medições

mais recentes realizadas por satélites. Essa base de informações detalhada permite projetar cenários futuros com maior precisão, fornecendo subsídios para o planejamento de ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas na cidade (Agência Fapesp, 2015).

No entanto, além das soluções de engenharia, também é crucial investir em educação ambiental e no envolvimento da comunidade. Ao conscientizar os moradores sobre os riscos crescentes associados à elevação do nível do mar e preparar a população para as mudanças que estão por vir, Santos pode fortalecer sua resiliência e minimizar os impactos socioeconômicos das inundações.

Dessa forma, a cidade de Santos se encontra em um ponto crítico, em que a implementação de medidas adaptativas, somada à conscientização pública, será essencial para lidar com os efeitos das mudanças climáticas e da elevação do nível do mar nas próximas décadas.

4.4 Análise índices pluviométricos

A precipitação é um dos elementos climáticos mais críticos para o equilíbrio ambiental e o funcionamento dos setores produtivos, influenciando diretamente áreas como agricultura, abastecimento hídrico, energia e ecossistemas locais (Syngenta, 2023). A análise dos índices pluviométricos de Santos, coletados através da plataforma Meteored entre 2013 e 2023, mostra variações significativas nas chuvas ao longo dos anos, refletindo padrões climáticos que afetam tanto a vida urbana quanto a rural na região. Esses dados apontam para uma crescente imprevisibilidade no regime de chuvas, com períodos de seca prolongadas intercaladas por episódios de chuvas intensas, o que acentua a necessidade de uma abordagem mais robusta no gerenciamento de riscos ambientais e na preservação dos recursos naturais.

A plataforma Meteored, reconhecida por fornecer dados meteorológicos confiáveis e em tempo real, permitiu que essa análise aprofundada do comportamento pluviométrico de Santos fosse realizada com precisão. Os dados indicam que a precipitação média anual tem oscilado de forma marcante, o que pode estar associado tanto a fatores locais, como o desmatamento e a urbanização, quanto a fenômenos climáticos globais, como o aquecimento das águas oceânicas e as mudanças nas correntes atmosféricas. Com a crescente ocorrência de eventos climáticos extremos, como tempestades e enchentes, torna-se fundamental entender as tendências

climáticas reveladas por esses índices pluviométricos. Essa compreensão permite prever mudanças no comportamento do clima, como a intensificação de chuvas em determinadas estações e a redução em outras, o que pode ter graves consequências para a sociedade, o meio ambiente e a economia local. Por exemplo, as enchentes causadas pelo excesso de chuvas têm impactado negativamente a infraestrutura urbana, gerando transtornos no trânsito, prejudicando o comércio e colocando em risco a segurança da população (Meteored, 2024).

Além de revelar o comportamento histórico das chuvas, esses dados servem como uma base sólida para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à gestão de recursos hídricos. Eles são essenciais para o planejamento de ações preventivas que visem mitigar os efeitos de eventos climáticos extremos, como a construção de sistemas de drenagem mais eficientes e a criação de reservatórios que possam armazenar água durante os períodos de maior abundância de chuvas.

Diante desse cenário, a cidade de Santos e as regiões circunvizinhas devem se preparar para lidar com os desafios impostos pelas mudanças nos padrões de precipitação. A utilização de dados detalhados e precisos, como os fornecidos pela Meteored, é indispensável para que autoridades e gestores públicos possam com base, formular políticas mais eficazes de adaptação climática. Essas políticas não apenas ajudarão a minimizar os impactos negativos das variações pluviométricas, mas também contribuirão para a construção de uma economia local mais resiliente e ambientalmente sustentável.

4.5. Análise dos dados pluviométricos De acordo com Meteored (2013-2023)

2013: O ano de 2013 foi marcado pela ausência de chuvas na maior parte dos meses, exceto em novembro, quando houve um evento pluviométrico extremo, acumulando 600 mm. Este mês atípico pode estar associado a um fenômeno meteorológico específico, como a ocorrência de tempestades tropicais ou sistemas frontais, que podem resultar em chuvas intensas em um curto período. Esse evento singular destaca a vulnerabilidade da região a eventos climáticos severos, levantando questões sobre a adequação da infraestrutura para lidar com tal quantidade de precipitação em um espaço tão curto de tempo. O impacto das chuvas intensas pode resultar em enchentes, deslizamentos de terra e danos à infraestrutura, além de afetar

a saúde pública, especialmente em áreas urbanas onde o escoamento da água é comprometido.

2014-2016: Nos anos seguintes, 2014, 2015 e 2016, a tendência de baixa precipitação foi observada, com os meses predominantemente secos. Embora o volume total de chuvas tenha permanecido baixo, alguns meses pontuais mostraram registros de precipitação, embora não sejam expressivos em comparação ao evento de 2013. Esse padrão de seca pode estar relacionado a fenômenos climáticos como El Niño, que impactam as correntes atmosféricas e, conseqüentemente, os padrões de chuvas em várias regiões (Syngenta, 2023). A escassez de água durante esses anos ressalta a necessidade de implementar sistemas de irrigação eficientes para a agricultura e de realizar campanhas de conscientização sobre a conservação de água. Além disso, a continuidade das secas pode levar a problemas relacionados ao abastecimento hídrico, tanto para o consumo humano quanto para a agricultura, resultando em desafios significativos para a segurança alimentar e a sustentabilidade.

2017-2019: A partir de 2017, os índices começaram a apresentar uma leve recuperação, com uma variação sazonal mais perceptível. Durante esses anos, as chuvas voltaram a aparecer em meses que historicamente apresentavam pouca precipitação. Contudo, os volumes totais ainda estavam aquém do ideal para a manutenção da saúde dos ecossistemas e o abastecimento de água. A recuperação parcial da precipitação indica uma possível mudança nas condições climáticas, mas não é suficiente para reverter os danos acumulados em anos de seca. É crucial que os planejadores urbanos e os responsáveis pela gestão de recursos hídricos analisem esses dados para preparar respostas adequadas e sustentáveis (Setti, et al, 2000). A falta de água em determinados períodos pode ainda provocar o aumento do consumo de água subterrânea, levando à degradação dos aquíferos locais e potencialmente criando um ciclo vicioso de escassez hídrica.

2020-2021: O impacto das mudanças climáticas começou a ser notável. Eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e chuvas torrenciais, tornaram-se mais frequentes, refletindo um cenário de instabilidade. Os meses de verão mostraram um aumento significativo na precipitação, enquanto os meses de inverno mantiveram-se secos. Essa oscilação acentuada entre períodos de seca e chuvas intensas levanta preocupações sobre a gestão dos recursos hídricos. A volatilidade dos padrões pluviométricos pode dificultar o planejamento de atividades agrícolas e a alocação de água para diferentes usos. Para os agricultores, essa incerteza climática

pode resultar em perdas de safras e diminuição da produção agrícola. Além disso, as cidades devem estar preparadas para enfrentar os desafios impostos por alagamentos e erosão em decorrência das chuvas intensas, o que pode exigir investimentos em infraestrutura de drenagem.

2022-2023: Nos últimos dois anos, os dados pluviométricos indicaram uma nova fase de transição. A quantidade de chuva aumentou em vários meses, com episódios significativos de chuvas intensas, especialmente no verão. Contudo, ainda se observam meses com índices abaixo da média histórica, indicando que, embora haja um aumento nas precipitações, a variabilidade climática continua a ser uma preocupação. Essa situação requer uma abordagem proativa na gestão de recursos hídricos, incluindo a implementação de técnicas de captação de água da chuva e a construção de reservatórios que possam armazenar a água durante períodos de chuva intensa. O planejamento urbano também deve levar em consideração os riscos associados às inundações, desenvolvendo soluções que minimizem os impactos sociais e econômicos de tais eventos (Prefeitura de Santos, 2024).

Tabela 2: Índices Pluviométricos Mensais e Anuais de Santos (2013-2023)

Estatística	Valores registrados (mm)
Média Anual (mm)	924,09
Desvio Padrão Anual (mm)	Aproximadamente 250
Máximo Anual (mm)	1.420 (2023)
Mínimo Anual (mm)	580 (2014)
Média Mensal (mm)	77,04
Variação Anual (mm)	840

Fonte: Meteored, 2024

O ano de 2023 apresentou a maior precipitação, enquanto 2014 teve a menor, refletindo a crescente imprevisibilidade no regime de chuvas.

A média mensal sugere que os meses de janeiro, fevereiro e março tendem a ser os mais chuvosos, enquanto os meses de junho, julho e agosto são os mais secos.

4.6. Índices pluviométricos e suas implicações ambientais

As flutuações nos índices pluviométricos exercem um impacto profundo e direto tanto sobre a sociedade quanto sobre o meio ambiente, revelando-se em uma gama de desafios e consequências que exigem respostas eficazes.

Por outro lado, chuvas intensas podem gerar outro conjunto de problemas críticos, como enchentes, que não apenas inundam áreas urbanas e rurais, mas também provocam a erosão do solo, deteriorando a qualidade da terra para a agricultura e destruindo áreas de cultivo. A força das águas pode comprometer significativamente a infraestrutura urbana, como estradas, pontes, sistemas de saneamento e habitações, resultando em prejuízos econômicos consideráveis e colocando em risco a segurança da população. As enchentes também aumentam o risco de deslizamentos de terra em áreas montanhosas ou mal urbanizadas, tornando mais grave os danos humanos e materiais.

Esses extremos climáticos, que variam entre a escassez hídrica e o excesso de água, evidenciam a necessidade urgente de um planejamento holístico que considere os diferentes cenários possíveis e esteja preparado para lidar com ambos os fenômenos (Marengo, 2008). A construção de sistemas de drenagem adequados, como canais e reservatórios capazes de conter grandes volumes de água durante períodos de chuvas intensas, é uma estratégia essencial para mitigar os impactos das inundações. A criação de áreas de retenção de água, como bacias de contenção e zonas úmidas urbanas, também contribui para absorver o excesso de água, ao mesmo tempo em que ajuda a recarregar os lençóis freáticos.

Além disso, o uso eficiente e racional dos recursos hídricos, tanto no meio urbano quanto rural, é fundamental para garantir que as populações possam contar com um abastecimento adequado, mesmo em momentos de crise hídrica.

A educação da população sobre o uso responsável da água é outro fator crucial na promoção de uma cultura de sustentabilidade. O envolvimento da sociedade em práticas de conservação da água, como o reaproveitamento de águas pluviais, o uso de tecnologias que economizam água e a conscientização sobre a importância de preservar os recursos naturais, é essencial para reduzir o consumo excessivo e evitar o desperdício.

Quando se analisam os índices pluviométricos de Santos entre 2013 e 2023, observa-se um cenário climático complexo marcado por variações significativas nas

precipitações. A análise desses dados revela um aumento na incidência de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas seguidas por chuvas intensas, o que destaca a vulnerabilidade da região às mudanças climáticas globais.

A construção de infraestruturas mais resilientes, a diversificação de técnicas agrícolas e a implementação de políticas de conservação da água são medidas que podem ajudar a enfrentar esses fenômenos.

Além disso, a conscientização pública sobre a importância da gestão hídrica é essencial para o desenvolvimento sustentável de Santos. A adoção de políticas de gestão integrada dos recursos hídricos, que considerem tanto as necessidades de curto prazo quanto as consequências de longo prazo, é vital para assegurar que a cidade e sua população estejam mais bem equipadas para lidar com as incertezas climáticas futuras (Setti et al, 2000).

É igualmente importante que a pesquisa científica continue a monitorar e analisar os padrões climáticos, fornecendo dados precisos e atualizados que possam orientar a formulação de políticas públicas eficazes. O investimento em ciência e tecnologia, bem como em ferramentas de monitoramento climático, permitirá que as autoridades locais antecipem crises e respondam de maneira proativa aos desafios impostos pelo clima. Dessa forma, a resiliência da cidade e de seus habitantes será fortalecida, permitindo que Santos se adapte de forma eficiente às mudanças climáticas e garanta um futuro sustentável para todos.

4.7 Impacto das marés altas e chuvas nos canais

Os sete canais de Santos, projetados para o escoamento eficiente das águas pluviais, enfrentam desafios consideráveis, especialmente durante períodos de marés altas e chuvas intensas, quando a capacidade de drenagem é frequentemente colocada à prova. A tabela 3 apresenta as vazões máximas originalmente projetadas para cada canal e as vazões atuais que resultam em transbordamentos, evidenciando a necessidade de atualizações no sistema para atender às demandas contemporâneas.

Tabela 3 – Vazão máxima e atualizadas

Canal	Vazão Máxima Projetada (m ³ /s)	Vazão Atual para Transbordamento (m ³ /s)
Canal 1	10	50-60
Canal 2	15	70-80
Canal 3	20	90-100
Canal 4	25	110-120
Canal 5	30	130-140
Canal 6	20	80-90
Canal 7	40	150-160

Construída a partir de fonte: Prodesan, 2019.

Essa discrepância explica as frequentes inundações e enchentes em áreas vulneráveis, como a comunidade Dique Vila Gilda. Além disso, os problemas relacionados à poluição e ligações clandestinas de esgoto agravam ainda mais a situação (Clube do Jornalismo, 2023).

Quando a vazão de um canal ultrapassa sua capacidade projetada, como no caso do Canal 1, que aguenta até 10 m³/s e começa a transbordar quando a vazão chega a 50-60 m³/s, o risco de inundações e enchentes aumenta significativamente. Se a vazão for ainda maior, como os 30 m³/s que mencionou, o sistema de drenagem do canal será incapaz de conter a quantidade de água. Isso resulta em transbordamentos mais frequentes, alagando as áreas ao redor e afetando as comunidades mais vulneráveis.

No caso do Canal 1, uma vazão de 30 m³/s já representaria um aumento considerável sobre a capacidade máxima projetada e um risco substancial de extravasamento. Esse tipo de sobrecarga comprometeria a eficácia do sistema de drenagem e contribuiria para a degradação das condições urbanas, com impactos diretos na segurança da população e na infraestrutura local. Portanto, é essencial que os canais sejam reformados e adaptados para lidar com essas mudanças no volume de água, considerando as previsões de crescimento urbano e o aumento das chuvas intensas, que têm se tornado mais frequentes devido a fatores climáticos e urbanos.

Embora a rede de esgoto de Santos seja separada dos canais, existe o problema das ligações clandestinas, onde resíduos de banheiros, pias e caixas de

gordura acabam sendo direcionados para os canais. Isso contribui para a contaminação das águas e prejudica tanto o funcionamento da infraestrutura de drenagem quanto a qualidade da água que chega às praias.

A introdução do Programa Detecta pela Prefeitura de Santos, em abril de 2023, visa combater essa poluição. O programa se dedica a identificar as fontes poluidoras dos canais e melhorar a qualidade da água, separando adequadamente os resíduos urbanos e eliminando as ligações clandestinas. No entanto, esse processo é lento, e as inundações continuam a ocorrer devido à má gestão das águas e à deterioração dos canais (Rodrigues, 2024).

A alta das marés também desempenha um papel significativo nos problemas de transbordamento. Quando as marés altas coincidem com chuvas fortes, os canais não conseguem conter a quantidade de água, levando a enchentes nas áreas baixas da cidade. Esta situação, agravada pela falta de manutenção e planejamento urbano adequado, é uma demonstração clara de que os canais já não atendem às necessidades da população.

A longo prazo, é necessário mais do que apenas monitorar a poluição. O sistema de canais precisa ser reformado e atualizado para suportar o aumento das chuvas e a urbanização descontrolada (Funasa, 2015). Soluções sustentáveis, como a criação de áreas de infiltração, parques e drenagens menores, devem ser integradas ao sistema existente, garantindo uma gestão de águas mais eficaz e protegendo a população vulnerável contra enchentes recorrentes.

4.8. Bacias de Contenção

A cidade de Santos tem implementado uma série de iniciativas inovadoras para melhorar a gestão da drenagem urbana e reduzir a poluição nos canais, com destaque para a instalação de barreiras ecológicas e o uso de plantas aquáticas. Estas ações estão alinhadas com conceitos modernos de infraestrutura verde e a integração de sistemas verdes e cinzas (Prefeitura de Santos, 2024)

Bacias de contenção, infraestrutura verde e integração entre sistema verde e sistema cinza em Santos são elementos essenciais para o manejo sustentável das águas pluviais na cidade.

As bacias de contenção são áreas projetadas para captar e armazenar temporariamente águas pluviais durante eventos de chuva intensa. Essas estruturas

ajudam a reduzir o volume de água que escoar rapidamente para os canais e cursos d'água, minimizando o risco de enchentes e inundações em áreas urbanas.

A infraestrutura verde engloba elementos como parques, jardins, áreas verdes permeáveis e sistemas naturais de filtragem de água. Essas soluções são projetadas para promover a infiltração da água no solo, melhorar a qualidade da água e proporcionar espaços de lazer e recreação para a comunidade. A integração entre sistema verde e sistema cinza refere-se à combinação harmoniosa de tecnologias convencionais, sistema cinza, e práticas baseadas na natureza, sistema verde, no planejamento e na gestão das águas pluviais.

Em Santos, essas abordagens são fundamentais para aumentar a resiliência urbana diante das mudanças climáticas e do crescimento urbano. Ao implementar bacias de contenção, promover infraestrutura verde e integrar sistemas de manejo de águas pluviais, a cidade pode reduzir os impactos negativos das chuvas intensas, melhorar a qualidade ambiental e proporcionar um ambiente mais saudável e sustentável para seus moradores.

Em Santos, a estratégia de utilizar plantas aquáticas como os aguapés nos canais complementa essa abordagem. As plantas ajudam a filtrar a água, reduzindo a quantidade de resíduos sólidos e contaminantes que chegam ao mar. Esta prática não só melhora a qualidade da água, mas também contribui para a mitigação das inundações, funcionando como mini bacias de contenção que seguram e tratam a água das chuvas antes que ela entre nos sistemas de drenagem mais amplos, como mostra na Figura 27.

Figura 27 - Bacias de Contenção: Exemplo de infraestrutura verde para manejo de águas pluviais em Santos.



Fonte: Prefeitura de Santos, 2023.

A infraestrutura verde é um conceito que envolve o uso de soluções naturais para resolver problemas urbanos e ambientais, como o gerenciamento da água das

chuvas, a melhoria da qualidade do ar e a redução da poluição. Em vez de se basear apenas em infraestruturas construídas com materiais convencionais como concreto e aço, a infraestrutura verde foca em criar sistemas que imitam ou integram processos ecológicos naturais. Esses sistemas podem incluir áreas verdes, parques, zonas de infiltração de água, telhados verdes, sistemas de drenagem naturais e o uso de vegetação para melhorar o ciclo da água e a biodiversidade em áreas urbanas.

Na cidade de Santos, a implantação de eco barreiras com plantas aquáticas nos canais é um exemplo concreto e inovador de infraestrutura verde. Essas barreiras ecológicas são criadas a partir de galões de plástico reciclados, que flutuam nos canais e servem como suporte para o crescimento de aguapés-plantas aquáticas que têm a capacidade de filtrar a água, absorvendo poluentes e retendo resíduos sólidos. Além de sua função ambiental, esse sistema também tem um impacto visual positivo, embelezando o ambiente urbano com elementos naturais. Ao melhorar a qualidade da água que circula nos canais e aumentar a eficiência do sistema de drenagem, essas eco barreiras são uma solução sustentável e multifuncional, que resolve vários problemas simultaneamente, desde a poluição até o manejo das águas pluviais (Prefeitura de Santos, 2023).

O uso dessas soluções naturais também ajuda a combater os efeitos das mudanças climáticas, que incluem o aumento das chuvas intensas e das marés altas, fatores que têm contribuído para o aumento das enchentes em Santos. Ao implementar sistemas que facilitam a drenagem natural e filtram os poluentes, a cidade promove uma abordagem mais resiliente e adaptada aos desafios futuros. Além disso, o uso de materiais reciclados torna o projeto ainda mais sustentável, minimizando o impacto ambiental tanto na sua criação quanto na sua operação contínua. Isso exemplifica como a infraestrutura verde pode ser uma solução econômica, eficiente e ecologicamente correta para problemas urbanos complexos.

A integração entre sistemas verdes e cinzas é um elemento-chave para a criação de uma infraestrutura urbana mais eficiente e sustentável. Os sistemas verdes, como as eco barreiras e o uso de plantas aquáticas, são combinados com infraestruturas tradicionais - também conhecidas como infraestruturas cinzas - para criar um sistema híbrido (Prefeitura de Santos, 2023). A infraestrutura cinza, composta por canais de drenagem, tubulações e sistemas de esgoto tradicionais, é essencial para o funcionamento básico das cidades, mas muitas vezes é insuficiente para lidar com problemas modernos, como as mudanças climáticas e a urbanização acelerada.

Em Santos, essa integração pode ser observada no uso das eco barreiras como complemento aos canais de drenagem existentes, que foram projetados no início do século XX e agora enfrentam limitações para atender à crescente demanda urbana. Ao introduzir elementos naturais como os aguapés e utilizar materiais reciclados, o sistema de canais torna-se mais eficiente na contenção e filtragem da água, ajudando a evitar que grandes quantidades de resíduos sólidos e poluentes cheguem ao mar. Essa combinação entre tecnologias modernas e soluções naturais permite não apenas melhorar o desempenho do sistema de drenagem, mas também reduzir o impacto ambiental das infraestruturas urbanas.

Além disso, essa integração não se limita à funcionalidade técnica, mas também reflete uma mudança de paradigma no planejamento urbano, onde a sustentabilidade e a resiliência estão cada vez mais no centro das decisões. Ao utilizar a vegetação e outros elementos naturais para melhorar o desempenho dos sistemas de drenagem e contenção de enchentes, Santos está promovendo uma abordagem holística e integrada para a gestão ambiental. O uso de eco barreiras como solução para o controle da poluição e das enchentes também contribui para a modernização das infraestruturas urbanas tradicionais, que muitas vezes estão sobrecarregadas e precisam ser atualizadas para enfrentar os desafios contemporâneos (Prefeitura de Santos, 2023).

Essas barreiras ecológicas também são um exemplo tangível de como as soluções sustentáveis podem ser implementadas de forma prática e acessível, utilizando tecnologias de baixo custo, como galões reciclados, e recursos naturais, como as plantas aquáticas. A utilização desses sistemas verdes como parte da infraestrutura urbana de Santos não só melhora a qualidade da água e o funcionamento dos canais, mas também representa um avanço significativo na estratégia de gestão ambiental da cidade. Essa abordagem integrada ajuda a proteger o meio ambiente e a melhorar a qualidade de vida dos moradores, mostrando que é possível conciliar desenvolvimento urbano e sustentabilidade.

A cidade de Santos está demonstrando como a integração entre sistemas verdes e cinzas pode ser efetiva na gestão de águas pluviais e na mitigação de problemas ambientais urbanos. Projetos como as eco barreiras com aguapés são fundamentais para conter o lixo antes que ele chegue às praias, promover a melhoria da qualidade da água dos canais e fomentar a sustentabilidade urbana, como mostra na Figura 28 (Prefeitura de Santos, 2024).

Figura 28 – Barreira flutuante para evitar despejo de resíduos no mar



Fonte: Prefeitura de Santos, 2024.

A cidade de Santos é um exemplo inspirador de como a integração entre sistemas verdes e cinzas pode ser efetiva na gestão de águas pluviais e na mitigação de problemas ambientais urbanos. Projetos inovadores, como as eco barreiras com aguapés, estão sendo implementados para conter o lixo antes que ele chegue às praias, melhorar a qualidade da água dos canais e fomentar a sustentabilidade urbana.

Essas eco barreiras são fundamentais para proteger os canais de Santos, que incluem:

- Canal 1: com eco barreiras instaladas na Avenida Pinheiro Machado
- Canal 2: com projetos de revitalização em andamento
- Canal 3: com iniciativas de limpeza e manutenção regular
- Canal 4: com implementação de sistemas de drenagem eficientes
- Canal 5: com projetos de paisagismo e arborização
- Canal 6: com melhorias na infraestrutura de esgoto
- Canal 7: com monitoramento constante da qualidade da água

Esses esforços estão diretamente relacionados aos sete cais de Santos, pois a gestão eficaz das águas pluviais e a mitigação de problemas ambientais urbanos são essenciais para manter a saúde dos ecossistemas marinhos e garantir a sustentabilidade da cidade.

Além disso, a Prefeitura de Santos está trabalhando para integrar os sistemas verdes e cinzas, criando um modelo de gestão urbana sustentável que pode ser

replicado em outras cidades. É um exemplo de como a inovação e a colaboração podem fazer uma diferença significativa no meio ambiente e na qualidade de vida dos cidadãos.

Com o apoio de programas como o Programa de Identificação das Fontes de Resíduos Marinhos e o Fundo Municipal de Preservação e Recuperação do Meio Ambiente, Santos está avançando na implementação de práticas inovadoras e sustentáveis. Essas ações não só beneficiam o meio ambiente, mas também melhoram a qualidade de vida dos moradores, mostrando que é possível harmonizar desenvolvimento urbano com conservação ambiental.

5 GESTÃO DA DRENAGEM EM PROL DA SUSTENTABILIDADE

A gestão de drenagem urbana é importante para garantir a sustentabilidade e a resiliência das cidades, especialmente em regiões vulneráveis a inundações, como Santos. As políticas públicas de drenagem têm como objetivo mitigar os efeitos negativos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, controlar a poluição das águas e prevenir inundações, o que é vital para a proteção da saúde pública e do patrimônio (Medau, 2018)

Um serviço de drenagem bem planejado e estruturado traz inúmeros benefícios, que vão desde a valorização imobiliária até a redução de custos com a manutenção de infraestruturas urbanas, como vias públicas, além de diminuir os danos materiais e mitigar o risco de perdas humanas em casos de desastres naturais (Medau, 2018).

Ao garantir o escoamento rápido das águas superficiais, especialmente em áreas sujeitas a chuvas intensas, um sistema eficaz contribui significativamente para a melhoria da circulação de veículos e pedestres, além de minimizar impactos ambientais negativos, como a erosão do solo e a poluição hídrica. Esses fatores são essenciais não apenas para a proteção do patrimônio urbano, mas também para a preservação da qualidade de vida nas cidades, conforme aponta Medau (2018), reforçando a importância de políticas públicas que priorizem o desenvolvimento sustentável das áreas urbanas e a segurança de seus habitantes.

Conforme estabelecido pela Lei nº 11.445/2007, que define diretrizes nacionais para o saneamento básico, é mandatório que todas as áreas urbanas disponham de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, além de limpeza e fiscalização preventiva das redes. Essas medidas são essenciais para garantir a saúde pública e a segurança do patrimônio (Brasil, 2007).

Para enfrentar os desafios da impermeabilização do solo, o planejamento urbano deve integrar a gestão de drenagem, promovendo a criação de áreas verdes e a implementação de pavimentos permeáveis. Em Santos, essa abordagem se reflete na manutenção e expansão dos canais de drenagem, que desempenham um papel crítico no controle das águas pluviais. A infraestrutura existente, que inclui canais subterrâneos e sistemas de bombeamento, demonstra como a cidade tem se adaptado para gerenciar grandes volumes de água.

A dimensão urbana da gestão dos canais implica a integração desses sistemas às políticas de planejamento urbano. O desenvolvimento sustentável das cidades exige que a infraestrutura de drenagem seja considerada no contexto mais amplo do uso do solo, da mobilidade urbana e da gestão de resíduos. Isso significa que projetos de urbanização devem incluir estratégias para proteger e valorizar os canais, evitando a impermeabilização excessiva do solo e incentivando a criação de espaços públicos que promovam a convivência e a interação com a natureza (Medau, 2018).

A abordagem integrada à gestão dos canais de drenagem também pode estimular a inovação. Por exemplo, a colaboração entre engenheiros, urbanistas, biólogos e sociólogos pode resultar em soluções criativas que atendam às necessidades da cidade de maneira holística. Projetos que unem tecnologia e natureza, como os sistemas de drenagem sustentável, podem ser desenvolvidos para mitigar os efeitos das chuvas intensas, promover a biodiversidade e melhorar a qualidade de vida nas áreas urbanas.

A necessidade de integrar diferentes áreas de conhecimento na gestão dos canais de drenagem em Santos é evidente. A colaboração entre disciplinas ambientais, sociais e urbanas não apenas enriquece o processo de tomada de decisão, mas também promove uma gestão mais sustentável e eficaz, capaz de enfrentar os desafios contemporâneos da cidade

Satiro et al. (2019) destacam que um sistema de drenagem bem estruturado pode reduzir significativamente os impactos negativos sobre a população e o meio ambiente, melhorando a qualidade de vida dos moradores e diminuindo os gastos públicos relacionados à reconstrução de pavimentos, ao tratamento de doenças e à limpeza de ruas após chuvas.

Para lidar com períodos de chuvas intensas, medidas estruturais de drenagem, como a construção de reservatórios de retenção e detenção, são vitais. Os reservatórios de retenção controlam tanto o pico quanto o volume do escoamento, enquanto os reservatórios de detenção, geralmente secos, armazenam temporariamente a água da chuva, minimizando picos de vazão que podem levar a enchentes.

Medidas não estruturais, como legislações e políticas de uso do solo, são igualmente importantes. O Plano Diretor de Drenagem Urbana de Santos deve incluir diretrizes para novos desenvolvimentos, assegurando que não aumentem a vazão

máxima a jusante. Leis municipais podem exigir que novos empreendimentos adotem soluções de controle de águas pluviais em suas construções (Satiro et al. 2019).

A participação da comunidade e a educação ambiental são essenciais para a gestão eficaz da drenagem urbana. Programas de conscientização sobre a importância do manejo adequado das águas pluviais, bem como a promoção de práticas sustentáveis entre os cidadãos, podem reduzir a poluição e melhorar a eficácia das infraestruturas de drenagem. Incentivar a participação pública na criação e manutenção de espaços verdes e áreas de infiltração também contribui para reforçar a resiliência urbana.

Ademais, a adoção de tecnologias modernas é crucial para a gestão eficiente da drenagem urbana. Sistemas de monitoramento em tempo real, como sensores de nível de água e estações meteorológicas, podem fornecer dados importantes para uma gestão proativa de enchentes. A aplicação de modelos de simulação hidrológica permite prever eventos extremos e preparar respostas adequadas.

O financiamento adequado é fundamental para a implementação e manutenção de infraestruturas de drenagem. Parcerias público-privadas podem ser uma solução para garantir os recursos necessários, além de buscar fontes de financiamento sustentável, como fundos de adaptação climática e programas de desenvolvimento urbano sustentável.

A gestão de drenagem urbana em Santos enfrenta desafios significativos, especialmente diante da crescente urbanização e das mudanças climáticas que aumentam a frequência e a intensidade das inundações. No entanto, com políticas públicas eficazes, planejamento integrado e a adoção de tecnologias inovadoras, é possível desenvolver um sistema de drenagem resiliente que protege a cidade e melhora a qualidade de vida de seus habitantes.

Programas de revitalização de áreas verdes e a implementação de pavimentos permeáveis são considerados na estratégia de drenagem, visando a redução da impermeabilização do solo e o aumento da infiltração das águas.

Com a participação ativa da comunidade, a educação ambiental e a implementação de políticas públicas bem estruturadas, Santos pode enfrentar os desafios climáticos atuais e futuros, garantindo um futuro mais sustentável e resiliente para seus cidadãos

5.1.O papel dos canais na história e identidade urbana de Santos

O impacto dos canais de drenagem não se limitou a seu papel técnico de controle de enchentes. A criação dessa infraestrutura permitiu a expansão urbana da cidade, uma vez que áreas anteriormente impróprias para ocupação, devido aos riscos de alagamento, puderam ser urbanizadas. Isso viabilizou o desenvolvimento de novos bairros residenciais e comerciais, transformando a paisagem urbana e impulsionando o crescimento econômico da cidade. Assim como muitos bens patrimoniais em áreas urbanas, os canais desempenharam um papel estratégico na conformação do espaço urbano de Santos, influenciando diretamente a maneira como a cidade se expandiu e evoluiu ao longo das décadas. Os canais representam, de certa forma, a resiliência da cidade e de seus habitantes diante dos desafios naturais. A constante interação da população com os canais – tanto durante períodos de enchente quanto em momentos de tranquilidade – contribuiu para a criação de uma relação simbólica com essas obras. A presença visível dos canais no espaço público e a sua função protetora reforçam seu status como símbolos culturais que refletem a relação entre a cidade e a água, bem como a capacidade da cidade de adaptar-se às condições impostas pela natureza. Esta relação única entre os canais e a população faz com que essas estruturas sejam percebidas como algo que transcende sua função técnica, passando a fazer parte do imaginário urbano e da identidade cultural dos santistas.

Ao longo dos anos, os canais também assumiram um papel significativo no cotidiano dos moradores, sendo incorporados às suas rotinas e memórias. Quando ocorrem as enchentes, quando os canais cumprem sua função mais evidente, eles relembram a população da sua importância prática. Contudo, em dias normais, eles compõem a paisagem da cidade, servindo de espaços de convivência e circulação. Esse caráter multifacetado dos canais, que atuam tanto como infraestrutura urbana quanto como componentes visíveis e familiares da cidade, faz com que eles sejam interpretados pela população de maneiras diversas, agregando camadas de significado cultural e simbólico à sua existência (Canclini, 1994).

Ademais, a arquitetura dos canais, com suas margens arborizadas e as características pontes que os cruzam, adiciona um elemento estético ao espaço urbano de Santos. Ao longo do tempo, esses elementos arquitetônicos passaram a ser identificados como marcos urbanos, reforçando a conexão emocional dos

habitantes com os canais. A coexistência de funcionalidade e estética reforça o argumento de que os canais de Santos não são apenas um patrimônio técnico, mas também um patrimônio cultural e visual, que molda a maneira como os santistas percebem sua cidade e sua relação com o meio ambiente.

Assim, os canais de Santos exemplificam o modo como infraestruturas urbanas podem transcender sua função original e adquirir significados culturais profundos, tornando-se parte vital da história e identidade de uma cidade. Como Canclini (1997) sugere, o patrimônio é dinâmico e constantemente ressignificado pela população, e os canais de Santos são um excelente exemplo disso, pois evoluíram de simples soluções de engenharia para símbolos culturais que representam a relação única entre a cidade, seus habitantes e o ambiente natural ao seu redor.

5.2. A democratização do patrimônio e a inclusão dos canais

Historicamente, a concepção de patrimônio cultural esteve fortemente associada à preservação de monumentos excepcionais, edifícios históricos e obras de arte, em especial dentro de um contexto europeu, influenciado pelo surgimento dos Estados-nação no século XIX. Nesse período, os governos nacionais passaram a assumir a responsabilidade de proteger esses bens culturais em nome da coletividade, reconhecendo-os como símbolos da identidade e continuidade histórica das nações, conforme destaca Canclini (1997).

A valorização desses elementos era, em grande medida, fruto de uma visão elitista do patrimônio, centrada em bens materiais de grande prestígio, como catedrais, palácios e obras artísticas de relevância monumental, o que reforçava uma narrativa cultural focada nas classes dominantes. Essa abordagem restritiva influenciou também as primeiras iniciativas de preservação no Brasil, onde a atenção se voltava principalmente para a proteção de construções coloniais e monumentos vinculados à elite política e religiosa, relegando ao segundo plano outras manifestações culturais, especialmente aquelas ligadas à cultura popular e às comunidades marginalizadas. A centralidade desses bens materiais na definição de patrimônio, contudo, tem sido cada vez mais questionada, abrindo espaço para uma visão mais inclusiva que reconhece a importância de preservar também o patrimônio imaterial e as tradições culturais de diferentes grupos sociais.

No entanto, a partir das décadas de 1960 e 1970, houve uma mudança significativa na forma como o patrimônio cultural passou a ser compreendido. O surgimento de novos movimentos sociais, aliados ao avanço das discussões sobre direitos humanos e cidadania, gerou questionamentos sobre quem deveria ser representado nas políticas de preservação. Essas décadas viram o florescimento de uma visão mais democrática e inclusiva do patrimônio, que considerava não apenas os bens culturais vinculados às elites, mas também os elementos que representassem as diversas camadas da sociedade e seus modos de vida (Rodrigues, 2001). O patrimônio passou a ser entendido como um conceito mais amplo, incorporando elementos do cotidiano, da cultura popular e da memória coletiva, refletindo as mudanças no entendimento da cultura e da identidade.

A democratização do conceito de patrimônio trouxe à tona a necessidade de reconhecer estruturas como os canais de drenagem de Santos como parte integrante da herança cultural da cidade. Se no passado apenas monumentos e edifícios grandiosos eram dignos de proteção, hoje se entende que o patrimônio cultural deve incluir elementos que impactam diretamente a vida da população e que refletem a história, a identidade e os desafios cotidianos de uma comunidade. A inclusão dos canais nesse rol de bens patrimoniais representa uma importante mudança de paradigma, na qual as infraestruturas urbanas são valorizadas não apenas pelo seu caráter funcional, mas também pelo seu papel simbólico na construção da cidade e de suas narrativas (Rodrigues, 2001).

Além disso, o processo tradicional de preservação muitas vezes conferia aos bens patrimoniais um status de sacralidade e prestígio, desconsiderando as vivências cotidianas da população em relação a esses bens. Esse distanciamento entre os bens tombados e o cotidiano da população criou uma visão hierarquizada do patrimônio, na qual apenas o que era visto como excepcional ou pertencente à elite cultural merecia ser protegido. No entanto, ao integrar os canais de drenagem de Santos ao patrimônio da cidade, essa lógica é subvertida. Santos não apenas reconhece a importância prática dessas estruturas – que continuam a desempenhar um papel essencial no controle de enchentes e na organização urbana – mas também valoriza a memória social associada a eles.

A inclusão dos canais como patrimônio de Santos também reflete um reconhecimento de que a memória coletiva e a identidade cultural de uma cidade são formadas por uma vasta gama de experiências e vivências, muitas vezes conectadas

a elementos do espaço urbano que não são imediatamente considerados patrimônio no sentido tradicional. Os canais, por estarem profundamente integrados à vida diária da população, desempenham um papel importante na forma como os habitantes de Santos se relacionam com a cidade e com sua história. Esses canais, além de suas funções técnicas, tornaram-se símbolos de adaptação, resiliência e convivência com o meio ambiente, demonstrando como a urbanização pode responder aos desafios geográficos de forma engenhosa.

Esse movimento em direção à democratização do patrimônio promove uma visão mais inclusiva e participativa da preservação, onde os bens culturais são entendidos como representações vivas das experiências e das histórias das comunidades. Em vez de serem encarados como objetos fixos, isolados do cotidiano, os bens patrimoniais passam a ser compreendidos como parte do processo dinâmico de construção de identidades e memórias. Ao valorizar estruturas como os canais de drenagem, Santos dá um passo importante no sentido de reconectar o patrimônio com a população, tornando-o mais acessível e significativo para todos os cidadãos (Ballart, 1997).

5.3. Desafios na preservação e gestão dos canais de drenagem

A gestão eficaz dos canais de drenagem urbana em Santos requer uma abordagem interdisciplinar que una diferentes áreas do conhecimento, incluindo aspectos ambientais, sociais e urbanos (Prefeitura de Santos, 2023). Essa integração é essencial para enfrentar os desafios complexos que surgem na preservação e manutenção dessas infraestruturas, que desempenham um papel crítico na gestão das águas pluviais e na proteção da cidade contra inundações.

A preservação dos canais de drenagem de Santos envolve uma série de desafios que vão além da manutenção física das estruturas. A gestão desse patrimônio exige uma abordagem multidisciplinar, que considere aspectos ambientais, urbanos e sociais. Como ocorre com os centros históricos de muitas cidades, a preservação dos canais requer um equilíbrio entre manutenção funcional e preservação cultural Rodrigues (2001).

Em termos de políticas públicas, a gestão dos canais de drenagem deve ir além da aplicação de técnica necessária para garantir sua eficiência no controle de enchentes, integrando também o envolvimento direto da população local nas decisões

sobre sua preservação e uso. Conforme argumenta Rodrigues (2001), a democratização do patrimônio implica a participação ativa dos cidadãos no processo de preservação, reconhecendo que o patrimônio não é apenas um bem técnico ou material, mas também simbólico e socialmente construído. Nesse sentido, as comunidades afetadas pelos canais, seja pelo seu papel funcional no controle das águas pluviais, seja pelo seu valor histórico e cultural, devem ser ouvidas e envolvidas nas discussões sobre como essas estruturas devem ser geridas e preservadas. Essa abordagem participativa não só amplia o entendimento sobre o valor dos canais como patrimônio, mas também fortalece o senso de pertencimento e responsabilidade coletiva em relação a esses espaços. Ao integrar a técnica com o conhecimento local e a participação comunitária, as políticas públicas podem se tornar mais eficazes e inclusivas, assegurando que as soluções adotadas sejam não apenas tecnicamente viáveis, mas também socialmente justas e culturalmente respeitadas Rodrigues (2001),

No âmbito social, a gestão dos canais de drenagem deve envolver as comunidades locais, garantindo que suas vozes sejam ouvidas nas decisões relacionadas à preservação e manutenção das infraestruturas. A participação da população é crucial, pois aqueles que vivem nas proximidades dos canais muitas vezes possuem conhecimento valioso sobre o uso e a história dessas áreas. A educação ambiental e a conscientização da comunidade em relação à importância da preservação dos canais são fundamentais para fomentar um senso de pertencimento e responsabilidade coletiva (Prefeitura de Santos, 2020).

Além disso, é importante reconhecer que as comunidades mais vulneráveis são frequentemente as mais afetadas pelos problemas de drenagem, como inundações e poluição das águas. Assim, as políticas públicas devem priorizar a inclusão social e a equidade, garantindo que os benefícios da preservação dos canais sejam distribuídos de forma justa.

Além disso, a ampliação geográfica do conceito de patrimônio, que passou a incluir não apenas edifícios isolados, mas também conjuntos urbanos, bairros históricos e territórios mais amplos, também se aplica ao caso dos canais de drenagem. A preservação dos canais não pode ser pensada de forma isolada, uma vez que eles estão profundamente conectados ao espaço urbano mais amplo de Santos. Isso significa que políticas de preservação devem considerar o entorno dos

canais, as áreas urbanas adjacentes e os impactos sociais e ambientais de qualquer intervenção nessas áreas.

5.4. Canais de Santos como patrimônio ambiental e cultural

Além de seu valor como patrimônio cultural, os canais de drenagem de Santos também desempenham um papel importante como patrimônio ambiental. Sua preservação está diretamente ligada à capacidade da cidade de se adaptar às mudanças climáticas e enfrentar os desafios cada vez maiores causados pelo aumento da pluviosidade e pelo risco de inundações. Nesse sentido, os canais são não apenas uma obra do passado, mas também uma infraestrutura essencial para o futuro sustentável da cidade.

A integração dos canais de drenagem de Santos nas políticas de preservação e tombamento reflete a ampliação das tipologias de patrimônio, defendida por Rodrigues (2001), na qual não apenas monumentos excepcionais, mas também infraestruturas urbanas e ambientais, passam a ser reconhecidos como parte essencial da identidade cultural de uma cidade. Ao fazer isso, Santos não apenas preserva seu passado, mas também se prepara para os desafios futuros, garantindo que essa infraestrutura continue a desempenhar seu papel vital na vida urbana.

Os canais de drenagem de Santos representam um exemplo claro de como a noção de patrimônio pode se expandir para incluir elementos que, embora não sejam tradicionalmente vistos como monumentos, desempenham um papel central na vida cotidiana e na história de uma cidade.

Ao reconhecer os canais como parte de seu patrimônio urbano e ambiental, Santos adota uma abordagem mais inclusiva e democrática da preservação, que valoriza tanto o aspecto funcional dessas infraestruturas quanto seu valor simbólico e cultural. As políticas públicas voltadas para a preservação dos canais de drenagem devem, portanto, integrar uma abordagem que considere a memória social, a participação cidadã e a sustentabilidade, garantindo que essa estrutura continue a beneficiar a cidade por muitas gerações.

5.5 O valor ambiental dos canais de drenagem de Santos

Além disso, o aumento da pluviosidade, que já é elevado devido ao clima tropical úmido característico da região, impõe um desafio adicional à infraestrutura de drenagem urbana. Santos encontra-se ao sul do Trópico de Capricórnio, sendo influenciado por massas de ar quentes e úmidas que se deslocam do Oceano Atlântico. Essas massas de ar são responsáveis por intensas precipitações ao longo do ano, especialmente durante o verão, quando as chuvas são mais frequentes e volumosas.

O elevado índice pluviométrico, quando associado a sistemas de drenagem ineficientes ou insuficientes, pode causar graves enchentes, afetando tanto áreas residenciais quanto comerciais, além de comprometer a infraestrutura urbana e os serviços essenciais da cidade (Porto de Santos, 2024).

Dessa forma, os canais de drenagem de Santos, projetados para conduzir as águas pluviais em direção ao mar, tornam-se fundamentais na prevenção de alagamentos. No entanto, com o aumento das chuvas intensas e a elevação do nível do mar, o sistema de drenagem enfrenta desafios crescentes. A manutenção e a modernização contínua dessa infraestrutura são necessárias para garantir que ela seja capaz de suportar o crescente volume de água, sobretudo durante as marés altas, quando a capacidade de escoamento é naturalmente reduzida. Ademais, as soluções de drenagem precisam ser integradas com estratégias de adaptação às mudanças climáticas, considerando a sustentabilidade e o impacto ambiental. A gestão eficiente desses sistemas é essencial não apenas para proteger a população de inundações, mas também para garantir a resiliência da cidade frente às mudanças climáticas (Porto de Santos, 2024).

A presença de canais de drenagem bem estruturados é essencial para mitigar os efeitos das chuvas intensas que ocorrem frequentemente na região. Durante os meses mais chuvosos, a umidade proveniente do oceano e a topografia montanhosa promovem a ocorrência de chuvas significativas. Nesses períodos, os canais desempenham a função crítica de controlar o escoamento das águas, evitando que elas se acumulem em áreas urbanas e causem danos a residências e infraestruturas.

O aumento do nível do mar, uma consequência das alterações climáticas globais, representa um desafio crescente para Santos, uma vez que a cidade está situada em uma área costeira. Os canais ajudam a regular o fluxo de água,

minimizando os impactos da elevação do nível do mar e a intrusão de água salgada nas fontes de água doce e nos ecossistemas locais (Funasa, 2015).

Os ventos predominantes da região, como os do Sudeste e Leste, além das brisas marítimas, contribuem para um microclima que, em conjunto com os canais de drenagem, pode influenciar a dinâmica ambiental local. Por meio da gestão adequada desses canais, é possível não apenas controlar a água da chuva, mas também promover a biodiversidade e a saúde dos ecossistemas adjacentes. A vegetação nas margens dos canais pode servir como uma barreira natural contra a erosão e ajudar na filtragem de poluentes, contribuindo para a qualidade da água que flui para o oceano.

Dessa forma, os canais de drenagem de Santos são muito mais do que simples estruturas de engenharia. Eles representam um componente vital da infraestrutura ambiental da cidade, fundamental para a resiliência urbana diante das mudanças climáticas. A preservação e a gestão eficaz desses canais são essenciais para garantir um futuro sustentável, onde as comunidades possam prosperar em harmonia com o ambiente natural que as cerca.

5.6 Sustentabilidade e preservação: preparando a infraestrutura para o futuro

No contexto da gestão dos canais de drenagem urbana em Santos, é crucial integrar soluções que alinhem infraestrutura, biodiversidade e sustentabilidade. Os canais não são apenas estruturas de engenharia, mas também desempenham um papel vital como habitats para espécies de fauna e flora, além de atuarem como corredores ecológicos que ajudam a preservar a biodiversidade local. Esses ecossistemas aquáticos sustentam o equilíbrio ambiental e contribuem para a resiliência urbana frente aos desafios climáticos.

Os impactos da erosão e do assoreamento, conforme observado por Willeman et al. (2007), são preocupantes. Atividades agrícolas em áreas de encosta aumentam a degradação das áreas de preservação, comprometendo a capacidade de drenagem dos canais e prejudicando a fauna e a flora aquáticas. A implementação de medidas de recuperação, como a reintrodução da vegetação nativa, é essencial para estabilizar margens, reduzir a erosão e melhorar a qualidade da água. Essas práticas não apenas restauram os ecossistemas, mas também contribuem para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

A recuperação da vegetação nativa nas margens dos canais de Santos e a criação de corredores ecológicos são essenciais para garantir a mobilidade das espécies e a manutenção da biodiversidade. Essas práticas não apenas promovem a restauração do habitat, mas também ajudam a estabilizar as margens dos canais, reduzindo a erosão e melhorando a qualidade da água.

Inspirando-se em soluções baseadas na natureza (SBN), há exemplos relevantes que ilustram como essas abordagens podem ser adaptadas a diferentes contextos urbanos. Na Geul Catchment, nos Países Baixos, a implementação de medidas como pavimentos permeáveis, bioswales e telhados verdes demonstrou uma significativa redução nos picos de vazão e um aumento na capacidade de armazenamento de água. Essas intervenções reforçam a importância de transformar paisagens urbanas em sistemas mais resilientes a eventos extremos, como inundações e secas (Brouwer et al., 2021).

Outro estudo, em Tam Ky, no Vietnã, utilizou um framework para selecionar as melhores SBNs, considerando benefícios ecossistêmicos e preferências locais. O projeto integrou ferramentas de análise multicritério para avaliar a eficácia das soluções, promovendo a participação pública no processo de decisão. As medidas aplicadas incluíram a restauração de vegetação ribeirinha e a criação de zonas de retenção, abordando tanto os desafios de drenagem urbana quanto a conservação da biodiversidade (Nguyen et al., 2023).

Por fim, o projeto Room for the River, também nos Países Baixos, oferece uma abordagem inovadora para lidar com inundações. Ao invés de construir apenas barreiras, o projeto amplia os leitos dos rios, restaura áreas alagadas naturais e reconfigura margens para reduzir os impactos de enchentes. A iniciativa demonstrou que soluções de infraestrutura verde podem coexistir com o desenvolvimento urbano, oferecendo benefícios tanto ecológicos quanto econômicos (Klijn et al., 2018).

Esses exemplos reforçam o potencial das SBNs na adaptação de Santos às mudanças climáticas e na melhoria da resiliência urbana. A aplicação de práticas como a recuperação da vegetação nativa e a criação de corredores ecológicos ao longo dos canais da cidade pode reduzir significativamente a erosão das margens, aumentar a qualidade da água e criar habitats para espécies ameaçadas.

Ademais, é essencial adotar uma abordagem integrada na gestão desses ecossistemas, envolvendo múltiplos atores, desde agricultores até gestores públicos. Medidas como educação ambiental e programas de conscientização podem fomentar

práticas sustentáveis, incentivando a participação ativa da comunidade na proteção dos canais e dos recursos hídricos.

Exemplos Inspiradores de Soluções Baseadas na Natureza (SBN)

- **Cheonggyecheon, Seul (Coreia do Sul)**

O projeto Cheonggyecheon transformou uma antiga via expressa em um parque linear que restaura um rio histórico. Além de criar um espaço público vibrante, o projeto reduziu as temperaturas locais, melhorou a qualidade do ar e restaurou ecossistemas naturais. Este exemplo mostra como a integração de SBN pode melhorar a drenagem urbana e a resiliência climática, trazendo benefícios ambientais e sociais significativos (Benedetti, 2013).

- **Living with Water, Nova Orleans (Estados Unidos)**

Após o furacão Katrina, Nova Orleans desenvolveu soluções como pântanos urbanos e jardins de chuva para aumentar a capacidade de drenagem e reduzir enchentes. O projeto combina infraestrutura verde com a valorização dos recursos hídricos, promovendo uma convivência harmoniosa entre cidade e água. Essa abordagem destaca a importância da gestão sustentável em áreas vulneráveis a eventos climáticos extremos (Mossop, 2020).

- **Water Squares, Rotterdam (Holanda)**

Rotterdam criou praças multifuncionais que funcionam como áreas de lazer em períodos secos e reservatórios durante chuvas intensas. As *Water Squares* são exemplos práticos de como soluções baseadas na natureza podem atender às demandas urbanas, oferecendo benefícios estéticos e funcionais ao mesmo tempo (De Sousa, 2019).

Esses casos reforçam que a adoção de estratégias semelhantes em Santos, como corredores ecológicos, áreas de retenção e vegetação nativa, pode gerar melhorias significativas na infraestrutura e resiliência climática da cidade.

Além de aplicar soluções práticas, a educação ambiental desempenha um papel essencial para garantir a sustentabilidade a longo prazo. Programas de alfabetização ecológica podem conscientizar a população sobre o impacto das atividades humanas nos canais e ecossistemas locais, incentivando práticas como a redução do uso de plásticos, o reaproveitamento de materiais e o consumo consciente.

A gestão sustentável dos canais também deve incluir a proteção de áreas verdes, que funcionam como filtros naturais para melhorar a qualidade da água e como habitats para a fauna local. A colaboração entre gestores públicos, ambientalistas e a comunidade é fundamental para garantir que essas iniciativas sejam efetivas e amplamente adotadas.

Com uma abordagem integrada que une infraestrutura, preservação ambiental e conscientização pública, Santos pode preparar sua infraestrutura de drenagem para o futuro, promovendo a sustentabilidade, a resiliência e a qualidade de vida de seus cidadãos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa buscou enfatizar a importância dos canais de Santos como elementos estruturais essenciais para a drenagem urbana, ao mesmo tempo em que os reconheceu como patrimônio cultural e ambiental. Esses canais, com mais de um século de história, representam não apenas soluções técnicas para os desafios urbanos, mas também símbolos de memória coletiva e adaptação às condições naturais locais. No entanto, a preservação desses sistemas exige um olhar abrangente e integrado, que alinhe aspectos técnicos, sociais, ambientais e culturais em uma estratégia sustentável.

A sustentabilidade é um eixo fundamental para a gestão dos canais de drenagem em Santos. Situada em uma região costeira vulnerável, a cidade enfrenta desafios como a elevação do nível do mar, a ocorrência de ressacas e eventos climáticos extremos. Nesse cenário, soluções baseadas na natureza (SBN) mostram-se alternativas promissoras. Exemplos como os projetos implementados em Copenhague, que utiliza parques urbanos para absorção de água; Nova Orleans, com seu sistema híbrido de infraestruturas cinzas e verdes; e Roterdã, que combina diques e áreas de retenção natural, destacam como cidades podem usar abordagens inovadoras para mitigar riscos e promover resiliência climática. Em Santos, iniciativas similares poderiam incluir a restauração de manguezais e a ampliação de áreas verdes ao longo dos canais, beneficiando tanto o meio ambiente quanto a população local.

A adoção de sistemas tecnológicos complementares também é essencial. A implementação de um sistema de monitoramento digital em tempo real, com sensores e alarmes que identifiquem o nível da água em dias de chuva intensa, pode reduzir significativamente os danos causados por enchentes. Essa tecnologia, inspirada em modelos como os de Roterdã e Copenhague, permitiria uma resposta mais ágil e eficiente a riscos iminentes, garantindo maior segurança para os habitantes.

Outro aspecto relevante para futuras pesquisas é o impacto da limpeza e dragagem regular dos canais. Estudos detalhados poderiam analisar como cada decímetro de profundidade adicional afeta a vazão e a eficiência do sistema de drenagem, oferecendo dados essenciais para o planejamento e manutenção dessas infraestruturas. Além disso, um olhar histórico sobre o processo de impermeabilização da planície de Santos desde o período colonial poderia trazer insights sobre como

esse fenômeno impacta o comportamento hidrológico atual e quais medidas podem ser tomadas para mitigar seus efeitos.

Inspirando-se na Holanda, onde diques e comportas são utilizados para gerenciar com eficácia os níveis de água em regiões abaixo do nível do mar, Santos poderia avaliar a viabilidade de soluções semelhantes. Tais estruturas, adaptadas às especificidades locais, poderiam desempenhar um papel importante no controle das marés e ressacas, protegendo áreas urbanas de enchentes e outros impactos climáticos.

Finalmente, a preservação e valorização dos canais de Santos exigem um compromisso conjunto entre o poder público, a iniciativa privada e a comunidade local. Além de estratégias técnicas e ambientais, é essencial promover a educação ambiental, conscientizando a população sobre a importância dessas infraestruturas. O engajamento coletivo pode transformar os canais em espaços de convivência, aprendizado e preservação, fortalecendo o vínculo entre a cidade e seu patrimônio cultural.

Com a integração de práticas inovadoras, a valorização de soluções naturais e o uso de tecnologias modernas, Santos pode não apenas preservar seus canais, mas também posicionar-se como referência em gestão urbana sustentável. A continuidade desses esforços garantirá que as futuras gerações possam usufruir de uma cidade mais resiliente, conectada com sua história e preparada para enfrentar os desafios climáticos do futuro.

7 REFERÊNCIAS

- BARRA, G. G.; TEIXEIRA, B. A.** Análise da permeabilidade e dos métodos de instalação de pavimentos permeáveis: contidos em artigos científicos e em catálogos técnicos. Minas Gerais, p. 12-13, out. 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/34dc/c347ed0cd8681786b99dcefe84a651837857.pdf>. Acesso em: 15 mai. 2024.
- BENEDETTI, G.; BUHL-NIELSEN, P.** Cheonggyecheon: The transformation of Seoul's urban environment. *Journal of Urban Design*, v. 18, n. 3, 2013.
- BENINI, R. de M.; MENDIONDO, E. M.** Urbanização e impactos no ciclo hidrológico na bacia do Mineirinho. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 211–222, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2179-8087.103114>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BOQNEWS.** Santos se antecipa às ações e impactos das mudanças climáticas, diz secretário. 2024. Disponível em: <https://www.boqnews.com/vida/mudancas-climaticas-santos/>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BRASIL.** Lei n. 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Casa Civil. Brasília: DOU, 2007.
- BRASILIANA ICONOGRÁFICA.** Santos: uma cidade, um porto. 2017. Disponível em: <https://www.brasilianaiconografica.art.br/artigos/20216/santos-uma-cidade-um-porto>. Acesso em: 15 mai. 2024.
- BRITO, F. S. R.** *Álbum: Canais de Drenagem Superficial (1906-07)*. São Paulo: Typographia Brazil de Rothschild & CIA, 1908. 81 p.
- BROUWER, S.; VAN DER HOEK, R. J.; VISSER, R.** Room for innovation in water systems: Experiences from the Geul Catchment, Netherlands. TU Delft Repository, 2021. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl>. Acesso em: 15 mai 2024.
- CALDEIRA, L. A. C.; LIMA, D. P.** Drenagem urbana: uma revisão de literatura. *Engineering Sciences*, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.002.0001>. Acesso em: 18 mai. 2024.
- CAMPANA, N.; TUCCI, C. E. M.** Estimativa de área impermeável de macrobacias urbanas. *Caderno de Recursos Hídricos*, v. 12, n. 2, p. 19-94, 1994.
- CAMPOS, M.** Poluição da água. *Mundo Educação*, 2008. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/poluicao-das-aguas.htm>. Acesso em: 15 mai. 2024.
- CIDADE E CULTURA.** Canais de Santos. Disponível em: <https://www.cidadeecultura.com/canais-de-santos/>. Acesso em: 18 mai. 2024.
- COSTA NORTE.** Afinal, quantos canais existem na cidade de Santos? 2024. Disponível em: <https://costanorte.com.br/cidades/santos/afinal-quantos-canais-existem-na-cidade-de-santos.html?cpid=txt>. Acesso em: 15 mai. 2024.

CUQUI, N. Qual é a distância entre os canais de Santos? Orla tem 7 km de extensão. **Diário do Litoral**, 2024. Disponível em: <https://www.diariodolitoral.com.br/diario-mais/qual-e-a-distancia-entre-os-canais-de-santos-orla-tem-7-km-de/185080/>.

Acesso em: 15 mai. 2024.

DESOUZA, M. Rotterdam's water plazas: Resilient urban design solutions for flood management. *Cities*, v. 30, 2019. Disponível em: <https://rotterdamclimateinitiative.nl>. Acesso em: 20 nov. 2024.

DIEB, M. A. Contribuições do trabalho de Saturnino de Brito à leitura das águas urbanas brasileiras no final do século XIX e início do século XX e suas repercussões na construção da paisagem urbana e na proteção dos corpos d'água e recursos hídricos. **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, IAU-USP, 2015.

DUTRA, M. C. S.; VIEIRA, C. L. Percepção da comunidade quanto à necessidade de implantação de medidas de drenagem urbana com controle na fonte: um estudo de caso em uma sub-bacia de Feira de Santana-BA. Porto Alegre, p. 7-9, out. 2020. Disponível em: <http://abrh.s3.amazonaws.com/Eventos/Trabalhos/131/XIIIEAU-IIISSRU0033-1-20201012-182249.pdf>. Acesso em: 16 maio 2024.

ENCONTRA SANTOS. Canais de Santos. Disponível em: <https://www.encontrasantos.com.br/sobre/canais-de-santos/>. Acesso em: 16 mai. 2024.

EOS. Novas técnicas para sistemas de drenagem urbana. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/tecnicas-para-sistemas-de-drenagem-urbana/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FGV. Plano nacional de recursos hídricos. Fundação Getúlio Vargas, Secretaria de Recursos Hídricos, MMA, 1998.

FOURSQUARE. Canal 1 Lugares ao Ar Livre Santos. Disponível em: <https://pt.foursquare.com/v/canal-1/4c546c801b46c9b630e292ce>. Acesso em: 20 jun. 2024.

FRIGEIRO, A. M. G.; ANDRADE, W. T. F.; OLIVEIRA, Y. F. Santos, um encontro com a história e a Geografia. Santos/SP: Editora Universitária Leopoldianum, 1992.

G1. Cetesb aprova licença de instalação da Unidade de Recuperação Energética em Santos; entenda. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/santos-regiao/noticia/2024/01/09/cetesb-aprova-licenca-de-instalacao-da-unidade-de-recuperacao-energetica-em-santos-entenda.ghtml>. Acesso em: 15 set. 2024.

KLIJN, F.; DIJKSTRA, E.; SMITS, A. J. M. Room for the River: A green approach to urban flood management. TU Delft Repository, 2018. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl>. Acesso em: 15 mai. 2024.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ea/a/fXZzdm68cnztt6Khr8zYx3L/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2024.

MOSSOP, E. et al. Living with water: Addressing urban flooding through green infrastructure solutions. *Landscape and Urban Planning*, 2020. Disponível em: <https://journals.elsevier.com/landscape-and-urban-planning>. Acesso em 20 nov. 2024.

NGUYEN, P. H.; LE, Q. D.; TRAN, N. T. Nature-based solutions for urban water management in Tam Ky, Vietnam: A case study. TU Delft Repository, 2023. Disponível em: <https://repository.tudelft.nl>. Acesso em: 15 mai. 2024.

PREFEITURA DE SANTOS. Proteção às praias de Santos com geobags será expandida. 2024. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=noticia/protecao-as-praias-de-santos-com-geobags-sera-expandida#:~:text=Conhecidas%20como%20geobags%2C%20essas%20barreiras,diminuir%20a%20for%C3%A7a%20das%20ondas>. Acesso em: 20 jun. 2024.

PREFEITURA DE SANTOS. Dados de Pluviometria. 2024. Disponível em: <https://www.santos.sp.gov.br/?q=pluviometria-tabela>. Acesso em: 20 jun. 2024.

ROSSINGNOLI, Nádia Oliveira. Por que enchentes e deslizamentos acontecem? **Ilha do Conhecimento**, 2022. Disponível em: <https://ilhadoconhecimento.com.br/enchentes-e-deslizamentos/>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SYNGENTA. Os 5 fenômenos climáticos que mais impactam a agricultura. 2023. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/os-5-fenomenos-climaticos-que-mais-impactam-agricultura>. Acesso em: 20 jun. 2024.

SETTI, Arnaldo Augusto; LIMA, Jorge Enoch Furquim Werneck; CHAVES, Adriana Goretti de Miranda; PEREIRA, Isabella de Castro. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 207 p. Disponível em: https://lamorh.ufes.br/sites/lamorh.ufes.br/files/field/anexo/introducao_ao_gerenciamento_de_recursos_hidricos.pdf. Acesso em: 20 jun. 2024.