OFÍCIO Nº 1153/2025 em 9 de outubro de 2025

ASSUNTO: Encaminha PROJETO DE LEI.

144/25

Excelentíssimo Senhor Presidente,

Considerando que, por erro material a Lei Complementar nº 163/2025 foi aprovada contendo apenas o texto da lei, sem o seu principal anexo, o Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), o que tornou o seu objeto incompleto, impõe-se a necessidade de nova apresentação para sua regular efetivação;

Considerando que a institucionalização do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) do Município de Birigui, instrumento essencial para o planejamento, ordenamento e execução da política pública de drenagem urbana. Trata-se de medida estratégica voltada à consolidação das diretrizes e proposições previamente estabelecidas no âmbito do PDDU, assegurando sua efetiva implementação por meio da adoção de dispositivos legais e administrativos compatíveis com os princípios da gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos hídricos.

Considerando que a formalização do PDDU por meio de norma legal configura-se como etapa imprescindível para viabilizar a execução coordenada de ações e investimentos voltados à drenagem urbana, estabelecer bases jurídicas para a política municipal de drenagem, em conformidade com as legislações federais e estaduais de saneamento básico e recursos hídricos, e ainda, estruturar rotinas e procedimentos administrativos que assegurem a continuidade e eficiência da gestão, independentemente de mudanças de governo.

Considerando também que a operacionalização do plano demanda a adoção de medidas de definição clara das atribuições institucionais dos órgãos municipais envolvidos, consolidação de mecanismos de financiamento e captação de recursos, implementação de rotinas administrativas permanentes para monitoramento e revisão do plano.

Considerando que o presente projeto de lei prevê, a possibilidade de regulamentação suplementar por meio de decretos do Poder Executivo Municipal, desde que submetidos à apreciação do Conselho Municipal competente. Esta previsão normativa visa garantir flexibilidade na aplicação das diretrizes do PDDU, Agilidade na adoção de medidas administrativas e operacionais, bem como, capacidade de resposta às demandas emergenciais ou específicas verificadas durante a vigência do plano.

Considerando que a institucionalização do PDDU implicará a necessária **revisão e** atualização do ordenamento jurídico municipal relacionado ao saneamento básico e à gestão de águas pluviais urbanas, harmonizando as normas vigentes com as diretrizes do plano, priorizando investimentos estratégicos na área de drenagem, integrando a política de drenagem urbana às demais políticas públicas municipais, especialmente aquelas relacionadas à sustentabilidade ambiental, segurança hídrica e ordenamento territorial.

Câmara Municipal de Birigüi - SP
PROTOCOLO GERAL 3057/2025
Data: 24/10/2025 - Horário: 14:45
Legislativo - PLO 144/2025

Considerando que com a aprovação e regulamentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, espera-se que o Município de Birigui alcance avanços substanciais na gestão da drenagem urbana, notadamente, na mitigação de riscos relacionados a alagamentos e inundações, na preservação e uso racional dos recursos hídricos urbanos, na melhoria da infraestrutura urbana com foco na resiliência climática e na elevação dos índices de qualidade de vida da população.

Considerando por fim, que presente iniciativa insere-se no contexto da modernização da gestão pública municipal, promovendo um modelo de desenvolvimento urbano pautado na sustentabilidade e na segurança hídrica. O PDDU deve ser compreendido como instrumento dinâmico, com capacidade de adaptação às realidades locais e evoluções normativas, sendo indispensável sua formalização legislativa para assegurar sua legitimidade e eficácia;

Considerando que em 14/04/2025 foi realizada audiência pública, conforme cópias do Edital nº 61/2025 e sua publicação, transcrição da Audiência Pública e lista de presença em anexo.

Submetemos à apreciação dessa Colenda Câmara Municipal o PROJETO DE LEI que "DISPÕE SOBRE A POLÍTICA MUNICIPAL DE DRENAGEM URBANA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS".

Aguardando o pronunciamento dessa Colenda Câmara Municipal e enfatizando a necessidade de urgência no trâmite do referido projeto de lei, renovamos a Vossa Excelência e aos seus Pares os protestos de estima e distinto apreço.

Atenciosamente,

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838

Digitally signed by SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Presencial, ou=44345870001 12, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A3, ou=(em branco), cn=SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838
Date: 2025.10.24 14:25:15 -03'00'

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

A Sua Excelência, o Senhor
REGINALDO FERNANDO PEREIRA
Presidente da Câmara Municipal de
BIRIGUI

PROJETO DE LEI 144/25

DISPÕE SOBRE A POLÍTICA MUNICIPAL DE DRENAGEM URBANA E DÁ OUTRAS PROVIDÊNCIAS.

Eu, **SAMANTA PAULA ALBANI BORINI**, Prefeita Municipal de Birigui, do Estado de São Paulo, usando das atribuições que me são conferidas por Lei,

FAÇO SABER que a Câmara Municipal aprova e eu sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I
DOS OBJETIVOS, DO SISTEMA E DAS DEFINIÇÕES

Seção I
Dos Objetivos

ART. 1º. Esta Lei dispõe sobre normas para o Manejo das Águas Pluviais no Município de Birigui, com o objetivo principal de promover a retenção e infiltração das águas superficiais, visando à preservação do hidrograma natural, à recarga do lençol freático e à disponibilização de água para reuso, adotando de maneira sustentável estruturas de drenagem alternativas ou compensatórias.

ART. 2º. As disposições desta Lei aplicam-se ao parcelamento do solo, às formas de ocupação do solo e à instalação de atividades residenciais e não residenciais que impliquem alterações nas características do solo, seja pela implantação de estruturas ou superestruturas, seja pela instalação de usos ou atividades, com ou sem edificação, que resultem em impermeabilização do solo ou aumento da contribuição de água ao sistema de drenagem urbana.

PARÁGRAFO ÚNICO. A montante da captação de água do Ribeirão Baixotes, a área de preservação será considerada da margem do Ribeirão Baixotes até o meio fio da Avenida Fernando Castilho.

ART. 3º. Os projetos e tipologias de ocupação mencionados no artigo anterior deverão prever sistemas de retenção, detenção e/ou infiltração de águas pluviais, projetados conforme os critérios estabelecidos nesta Lei, de modo a garantir a recarga dos aquíferos e minimizar os impactos sobre a malha viária e os fundos de vale.

PARÁGRAFO ÚNICO. Soluções técnicas alternativas poderão ser apresentadas, desde que avaliadas pela Divisão de Drenagem e Águas Pluviais, vinculada à Diretoria de Infraestrutura Urbana da Secretaria Municipal de Obras.

Seção II
Do Sistema de Manejo de Água Pluvial e Drenagem Urbana

ART. 4º. O sistema de controle de águas pluviais e drenagem urbana do Município de Birigui compreende um conjunto integrado de galerias, canais, obras e dispositivos projetados para o adequado escoamento e manejo do deflúvio superficial até seu destino final, estruturando-se em dois níveis: macro e microdrenagem.

Seção III
Das Definições

ART. 5º. Para os fins desta Lei, consideram-se as seguintes definições:

I. **Bacia de Acumulação** – estrutura projetada para regular temporariamente o nível de oscilação dos corpos d'água em macrobacias, com o objetivo de controlar enchentes e inundações;

II. **Bacia de Detenção** – estrutura impermeabilizada que retém temporariamente a água, liberando-a gradualmente para regular os picos de vazão. Pode incluir dispositivos de fuga para pequenas vazões destinadas à infiltração ou à rede pública de drenagem pluvial;

III. **Bacia Hidrográfica** – região hidrográfica sobre a terra onde o escoamento superficial converge para um único ponto fixo, chamado exutório;

IV. **Bacia de Retenção** – estrutura permanente destinada a reduzir o escoamento superficial, acumulando e infiltrando as águas pluviais. Quando seca, pode ser usada para lazer urbano;

V. **Boca de Lobo/Coletora** – abertura construída, geralmente junto a meios-fios e sarjetas, para captar e conduzir águas pluviais aos poços de visita das galerias;

VI. **Bueiro** – estrutura que permite a passagem das águas sob vias, garantindo a continuidade do escoamento natural;

VII. **Canal Pluvial** – estrutura destinada a conduzir as águas pluviais, evitando danos como erosão e desmoronamento de taludes;

VIII. **Caixa de Retenção** – reservatório para armazenamento de águas pluviais coletadas de telhados e de superfícies impermeabilizadas, podendo ser destinadas ao reuso para fins não potáveis, em unidades residenciais ou não residenciais, conforme a NBR 15.527/2007, que trata do aproveitamento de águas pluviais;

IX. **Coeficiente de Escoamento Superficial** – parâmetro determinado com base em tabelas que consideram dados pluviométricos do município;

X. **Deflúvio Superficial Direto** – volume de água que escoa da superfície de uma determinada área devido à ocorrência de uma chuva torrencial sobre aquela área;

XI. **Descarga em Fundos de Vale** – volume de água proveniente de sistemas pluviais que deságuam em fundos de vale;

XII. **Eixo Estruturante** – eixo natural formado pelos corpos d'água que atravessam a malha urbana, configurando uma macrobacia;

XIII. **Exutório** – ponto fixo para onde convergem as águas de uma bacia hidrográfica;

XIV. **Galeria de Águas Pluviais** – condutos abertos ou fechados que transportam, por gravidade, águas captadas até corpos receptores ou fundos de vale;

XV. **Greide** – linha correspondente ao perfil longitudinal de uma via pública ou terreno natural;

XVI. **Hidrograma Natural** – representação gráfica da relação vazão x tempo do escoamento natural de uma bacia hidrográfica;

XVII. **Índice de Impermeabilidade** – índice de não infiltração de água para o subsolo de, no máximo, 90% (noventa por cento);

XVIII. **Índice de Permeabilidade** – índice de infiltração de água para o subsolo de, no mínimo, 10% (dez por cento);

XIX. **Intensidade Pluviométrica** – medição da intensidade de uma chuva em determinado período de tempo;

XX. **Inundação** – transbordamento do leito de um corpo d'água, natural ou artificial, associado à impermeabilização da sua área de captação de água;

XXI. **Loteamento** – modalidade de parcelamento de solo que resulta na abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação dos existentes;

XXII. **Macrodrenagem** – sistema permanente de condução e acumulação de águas naturais;

XXIII. **Meio-fio** – elemento pré-moldado em concreto destinado a separar a faixa de pavimentação da faixa de serviço da calçada;

XXIV. **Microdrenagem** – sistemas que coletam e conduzem as águas pluviais até a macrodrenagem, compostos por sarjetas, bocas-de-lobo, reservatório de amortecimento, poços de visita e rede de distribuição;

XXV. **Microbacia Hidrográfica** – pequena área de drenagem que alimenta tributários do curso principal de água;

XXVI. **Obra** – realização de trabalho em imóvel que implique na modificação do perfil do terreno, desde sua preparação, seu início e até sua conclusão ou, ainda, qualquer intervenção cujo resultado altere seu estado físico para área já parcelada;

XXVII. **Parcelamento do solo** – fracionamento do solo, em qualquer de suas modalidades, resultando em novas unidades imobiliárias, observados os requisitos técnicos estabelecidos em lei;

XXVIII. **Pavimento Drenante** – sistema construtivo de pavimentação assentado sobre superfícies permeáveis e que permitem a infiltração de água, podendo ser conjugado com poços e trincheiras de infiltração;

XXIX. **Percolação** – movimento subterrâneo da água através do solo, especialmente nos solos não saturados ou próximos da saturação;

XXX. **Período de Retorno ou Período de Recorrência** – intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento de precipitação pluviométrica mais expressivo;

XXXI. **Poço de Visita** – sistema de controle da velocidade da água, mudança de direção e regulação de declividade da galeria, possibilitando sua inspeção e manutenção periódica;

XXXII. **Poço de Infiltração** – estrutura pontual, usualmente cilíndrica, revestida com manta geotêxtil e revestimento para estabilização das paredes do poço, que funciona como filtro de retenção de partículas para infiltração, com profundidade e diâmetro que depende das características do solo e do volume de água a ser infiltrada proveniente das áreas pavimentadas e/ou ocupadas;

XXXIII. **Projeto de Edificação** – projeto de arquitetura apto a obter Licença e Alvará de Construção, destinado a receber quaisquer atividades humanas, materiais, equipamentos ou instalações diferenciadas e cujo detalhamento resultará em projetos executivos, que atenda aos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação específica;

XXXIV. **Projeto Urbanístico** – aquele que apresenta intervenções no território, associado ou não a edificações, promovendo a urbanização dos espaços e atendendo aos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação específica;

XXXV. **Rede Mestra** – rede que interliga sistemas de micro e macrodrenagem;

XXXVI. **Sarjeta** – estrutura acoplada ao meio-fio formando canais triangulares longitudinais destinados a coletar e conduzir as águas superficiais da via pública, passeio e lotes aos dispositivos de drenagem, conjuntamente com as vias, funcionando como canais;

XXXVII. **Sistema de Controle de Água Pluvial** – conjunto de galerias e canais, obras e dispositivos necessários ao adequado escoamento e condicionamento do deflúvio superficial até seu destino final;

XXXVIII. **Sistema de Dissipação de Energia** – estrutura que visa diminuir a velocidade do escoamento das águas nas saídas de galerias de águas pluviais, principalmente, em situações de chuvas intensas, visando minimizar o desgaste e evitar a instalação de processos erosivos em canais naturais ou artificiais;

XXXIX. **Sub-bacia Hidrográfica** – área de drenagem natural relativa aos tributários do curso d'água principal;

XL. **Talvegue** – linha sinuosa e de maior profundidade de um fundo de vale, formando um canal pelo qual correm as águas;

XLI. **Trincheira de Infiltração** – estrutura linear pouco profunda, preenchida, total ou parcialmente, com material granular como brita e seixos, e revestida com manta geotêxtil, que funciona como filtro de retenção de partículas para infiltração de águas provenientes das áreas pavimentadas e/ou ocupadas, podendo ser implantada em áreas junto a pátios de estacionamentos, logradouros públicos e ao longo de ruas e avenidas, dentre outros;

XLII. **Uso e Ocupação do Solo** – controle das atividades residenciais e não residenciais no território, respeitados os parâmetros urbanísticos e ambientais, segundo peculiaridades de cada Macrozona;

XLIII. **Vala de Infiltração** – estrutura linear pouco profunda, vegetada ou não, preenchida com britas ou não, que permite o armazenamento temporário de águas pluviais, favorecendo a infiltração no solo, podendo ser implantada ao longo de rodovias, estacionamentos, parques, logradouros públicos e áreas verdes, dentre outros;

XLIV. **Vazão de Descarga** – quantidade ou volume de água por uma unidade de tempo de um conduto d'água natural ou artificial;

XLV. **Vertedouro** – é um canal artificial executado com a finalidade de conduzir seguramente a água por meio de uma barreira, que geralmente é uma barragem, ou destinado a auxiliar na medição da vazão de um dado fluxo de água.

CAPÍTULO II
DAS NORMAS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Seção I
Das Normas para Loteamento e Projetos Urbanísticos

ART. 6º. Os projetos de loteamentos, os projetos urbanísticos e de novos empreendimentos, a serem aprovados pelos órgãos da administração pública municipal, deverão apresentar projeto complementar de drenagem pluvial, sendo que as descargas em fundos de vale devem conter sistemas de dissipação de energia de águas pluviais ou sistemas de múltiplos lançamentos que evite a concentração dos fluxos de água no corpo hídrico, a fim de reduzir os impactos sobre essas áreas, em conformidade com o disposto nesta Lei e demais legislações pertinentes.

ART. 7º. Fica obrigatória a implementação de dispositivos de controle na fonte em todos os novos empreendimentos, lotes e loteamentos aprovados no município, principalmente nas áreas classificadas como suscetíveis a alagamentos, com o objetivo de minimizar o impacto do escoamento superficial sobre o sistema de drenagem urbana.

§ 1º. Para os fins desta lei, consideram-se dispositivos de controle na fonte:

I. pavimentos permeáveis;
II. bacias de detenção e retenção;
III. telhados verdes;
IV. sistemas de captação e reutilização de águas pluviais;
V. valas de infiltração e outros sistemas equivalentes.

§ 2º. Os projetos de novos empreendimentos deverão conter, obrigatoriamente, os cálculos de dimensionamento dos dispositivos de controle na fonte definidos no §1º, acompanhados de memorial descritivo técnico, ambos elaborados com base na capacidade de retenção necessária para atender às exigências técnicas previstas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana.

§ 3º A aprovação de projetos de novos empreendimentos ficará condicionada à apresentação de estudo técnico que demonstre a viabilidade e a eficiência dos dispositivos de controle na fonte.

ART. 8º. Os projetos de parcelamento do solo e os projetos urbanísticos deverão garantir a condição sustentável de descarga pluvial de sua respectiva área por meio da implantação de estruturas de retenção e/ou detenção e infiltração, mantendo-a o mais próximo possível da vazão de pico natural nos corpos hídricos receptores, de acordo com estudo específico.

PARÁGRAFO ÚNICO. As estruturas implantadas para garantir a descarga pluvial sustentável deverão priorizar soluções baseadas na natureza, como bacias vegetadas, áreas de infiltração e sistemas descentralizados de retenção, observadas as condições do terreno e a viabilidade técnica.

ART. 9º. Será permitida a formação de parcerias entre a iniciativa privada com a interveniência do Poder Público, na qualidade de parceiro ou não, para execução das obras de drenagem pluvial nos casos em que houver influência externa ao empreendimento, seja à montante ou à jusante.

§ 1º. As parcerias que se refere o *caput* desse artigo terão a gestão do Poder Público Municipal.

§ 2º. Em casos de servidão para passagem dos dutos ou instalação de estruturas de retenção e/ou detenção, a área será desapropriada pelo Município.

§ 3º. Os interessados e beneficiados ratearão os custos da implantação da obra, inclusive a indenização decorrente da desapropriação e o ressarcimento ao município será por meio de contribuição de melhoria.

ART. 10. A manutenção das estruturas de retenção, detenção e/ou infiltração implantadas ficará a cargo:

I. dos possuidores, a qualquer título, e dos condôminos dos respectivos imóveis, quando estiverem localizadas intralotes;

II. ao Poder Público Municipal, quando estiverem localizadas nas Áreas Públicas Municipais (APMs).

ART. 11. A manutenção dos condutos que formam o sistema de galerias pluviais ficará a cargo do Poder Público.

ART. 12. Todo projeto urbanístico que resulte em modificação das condições naturais de permeabilidade superficial do terreno deverá promover o controle de vazão de pico do hidrograma natural relativa às águas pluviais para a macrodrenagem adotando os seguintes critérios:

I. controle da vazão por meio de reservatório de detenção e/ou retenção, desde que haja área para tal;

II. o reservatório de retenção deverá permitir, sempre que viável, a infiltração da água armazenada, funcionando também como caixa de recarga do lençol freático.

PARÁGRAFO ÚNICO. A infiltração será considerada viável quando não causar um dano ambiental, quando as características dos solos permitirem e quando não colocarem em risco as estruturas pré-existentes.

ART. 13. Ao Município caberá fornecer ao usuário o estudo hidrológico das microbacias urbanas dos córregos Biriguizinho, Nunes, da Estiva, do Matadouro, Moimaz, Veadinho, da Área de Contribuição e do Ribeirão Baixotes, conforme apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana.

§ 1º. Nos casos em que o Município não dispõe do estudo hidrológico referido no *caput* deste artigo, será facultado ao empreendedor desenvolvê-lo.

§ 2º. O estudo hidrológico específico da microbacia hidrográfica onde o projeto estiver inserido estará sujeito à aprovação pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura e Órgão Municipal do Meio Ambiente.

ART. 14. Os sistemas caracterizados como bacias de detenção e/ou retenção e infiltração de águas pluviais poderão ser implantados dentro de Áreas Públicas Municipais (APMs), desde que demonstrada a viabilidade técnica e ambiental por meio de estudos técnicos hidrológicos e ambientais específicos, a ser avaliados pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura em conjunto com o Órgão Municipal do Meio Ambiente.

ART. 15. Os sistemas caracterizados como bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais poderão ser implantados dentro de Áreas de Preservação Permanente (APPs), desde que demonstrado seu caráter de utilidade pública, de interesse social e de baixo impacto ambiental, bem como demonstrada a viabilidade técnica e ambiental por meio de estudos hidrológicos e ambientais específicos, a serem avaliados pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura em conjunto com o Órgão Municipal do Meio Ambiente.

§ 1º. As bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais tratadas no *caput* deste artigo deverão respeitar a distância mínima correspondente a 60% (sessenta por cento) da faixa de APP, a partir da margem do curso d'água.

§ 2º. Será permitida a flexibilização da distância mínima determinada no § 1° deste artigo, desde que demonstrada a necessidade amparada em estudos técnicos.

§ 3º. Será permitida a implantação de lagos de regulação nos talvegues de corpo d'água natural visando à melhoria ambiental local e a regulação de vazão de pico, desde que demonstrada a necessidade amparada em estudos técnicos específicos.

§ 4º. Não será admitida a construção de bacias de detenção e/ou retenção das águas pluviais em áreas brejosas, com lençol freático aflorante, caracterizadas como veredas ou nascentes.

§ 5º. O ponto de descarga das bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais tratadas no *caput* deste artigo deverá respeitar o raio de 50 m (cinquenta metros) de proteção das nascentes, conforme a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – Lei de Proteção da Vegetação Nativa (conhecida como novo Código Florestal).

ART. 16. Os projetos de controle de águas pluviais e drenagem urbana, a serem aprovados pelos Órgãos da Administração Pública Municipal, deverão adotar os seguintes parâmetros para cálculos do Sistema de Drenagem:

I. para uma microdrenagem com área menor que 1.000.000,00 m^2 (um milhão de metros quadrados), o período de retorno a ser utilizado como parâmetro de projeto, deverá adotar as seguintes informações:

PERÍODO DE RETORNO (T) PARA TIPO DE ESTRUTURA PLUVIAL

a) Galerias – T = 2 Anos
b) Bueiros – T = 10 anos
c) Pontes – T = 25 anos
d) Canal Pluvial – T = 10 anos
e) Vertedouro/Extravasor – T = 10 anos

II. para utilização do cálculo de galerias de água pluvial de novos projetos urbanísticos, deverá ser utilizado o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) de 0,50 (zero vírgula cinquenta) e, no caso de cálculo de projetos de galerias em áreas já urbanizadas e adensadas, dentro do perímetro urbano, deverá ser utilizado o coeficiente de escoamento superficial de 0,70 (zero vírgula setenta);

III. para o cálculo da Intensidade, Duração, Frequência (I.D.F), deverá ser seguida equação de comprovada eficiência, acompanhada de estudo específico;

IV. para o cálculo de intensidade pluviométrica do Município de Birigui deverá ser seguida a equação de acordo com o estudo apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana;

V. os projetos de controle de águas pluviais e drenagem urbana, acompanhados de memorial de cálculo, considerando os possíveis impactos externos na região afetada, provenientes de chuvas não previstas em seu dimensionamento, a ser aprovados pelos Órgãos da Administração Pública Municipal, deverão adotar parâmetros para cálculos de bacias de detenção ou retenção, de acordo com:

a) Coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) de pré-desenvolvimento, cujo valor, de acordo com tabela seguinte, onde t é igual ao tempo de concentração da microbacia em minutos:

CRITÉRIO VALOR
$t \leq 5min$ -> 0,20
$t > 5min$ -> 0,15

ART. 17. Nos novos lotes e empreendimentos imobiliários aprovados no município, deverá ser obrigatoriamente mantido um percentual mínimo de área permeável, com o objetivo de promover a infiltração da água no solo e reduzir a velocidade de escoamento superficial.

§ 1º. O percentual mínimo de área permeável será estabelecido conforme a zona de uso e ocupação do solo, da seguinte forma:

I. Zonas residenciais: mínimo de 20% (vinte por cento) de área permeável;

II. Zonas comerciais: mínimo de 15% (quinze por cento) de área permeável;

III. Zonas industriais: mínimo de 10% (dez por cento) de área permeável.

§ 2º. A área permeável deverá ser composta por vegetação, sistemas de infiltração, pavimentos permeáveis ou outros dispositivos que garantam a absorção de água pelo solo.

§ 3º. Os projetos de estacionamentos, calçadas e áreas comuns impermeabilizadas superiores a 150 m², deverá ser adotado, no mínimo, 40% de superfície com material permeável ou sistema equivalente de infiltração, como pavimentos intertravados com base granular, faixas vegetadas ou revestimentos que permitam a absorção da água pelo solo.

§ 4º. O não cumprimento do percentual mínimo de permeabilidade acarretará a aplicação de multa e a exigência de adequação do imóvel ou empreendimento no prazo estabelecido pelo órgão competente.

§ 5º. Empreendimentos e imóveis já existentes com área construída superior a 200 m² quadrados que não atendam ao percentual mínimo de permeabilidade deverão adotar medidas compensatórias, como a implementação de sistemas de controle na fonte.

Seção II
Das Normas para as Edificações

ART. 18. Os projetos arquitetônicos e complementares de edificações deverão contemplar medidas de controle da drenagem pluvial no próprio lote, com o objetivo de promover a infiltração da água no solo e reduzir o escoamento superficial.

§ 1º. Essas medidas deverão incorporar, de forma individual ou combinada, os dispositivos de controle na fonte definidos no § 1º do art. 7º desta Lei.

§ 2º. Os projetos de edificação deverão apresentar, em seus memoriais técnicos, a taxa de permeabilidade da área, os dispositivos propostos para controle da vazão e os métodos de infiltração/retenção adotados, acompanhados de detalhamento técnico.

§ 3º. Nos casos de edificações residenciais multifamiliares, comerciais ou institucionais com cobertura impermeável superior a 300m² (trezentos metros quadrados), será exigida a instalação de sistema de retenção e infiltração de águas pluviais, dimensionado tecnicamente de acordo com a legislação vigente.

§ 4º. As calçadas implantadas junto às edificações deverão, sempre que tecnicamente viável, prever faixa vegetada contínua com largura mínima de 30 cm (trinta centímetros) junto à guia, exceto em áreas com exigência de acessibilidade ou alta circulação de pedestres que inviabilizem sua adoção.

ART. 19. O rebaixamento do lençol freático indicado nos projetos de edificações, a serem aprovados pelos Órgãos Municipais de Planejamento e Urbanismo, de Meio Ambiente e de Obras e Infraestrutura, deverá seguir as condições subsequentes:

I. em caráter provisório, somente no período de fundação da obra e obras correlatas, desde que não ultrapasse 180 (cento e oitenta) dias, a drenagem da água poderá ser lançada diretamente em galerias pluviais e, em casos excepcionais, buscar outra alternativa, conforme orientações técnicas dos Órgãos Municipais de Meio Ambiente e de Obras e Infraestrutura;

II. em caráter permanente desde que condicionado a:

a) Projeto de Drenagem comprovando a viabilidade técnica de recirculação adequada da água na mesma microbacia hidrográfica, de forma a mitigar o impacto através da infiltração da água resultante da drenagem do lençol, em estruturas como poços de recarga ou vala de infiltração, situados, prioritariamente, a montante, observando-se a direção e sentido do escoamento do manancial, de uma nascente e ou áreas verdes públicas, para conservação e renovação da lâmina dos espelhos d'água e manutenção da qualidade da água;

b) Laudo Técnico de Sondagem a ser realizado preferencialmente no final da estação de maior precipitação pluviométrica ou em qualquer época, desde que comprovada tecnicamente a oscilação do lençol freático;

III. somente será permitido o rebaixamento permanente do lençol freático, para aqueles empreendimentos que apresentarem subsolo com índice de ocupação máximo de 90% (noventa por cento);

IV. fica proibido o lançamento de qualquer água resultante de drenagem permanente do lençol na estrutura pluvial urbana e diretamente no corpo d'água natural, bem como não será admitido sua utilização para outros fins que não a infiltração de acordo com análise técnica da situação ou condição da infiltração, exceto a vazão ocorrida no extravasor como mecanismo de segurança;

Seção III
Das Normas para a Manutenção de Dispositivos Existentes

ART. 20. Fica instituída a obrigatoriedade da manutenção periódica de dispositivos de drenagem urbana existentes, tanto públicos quanto privados, visando garantir a eficiência do sistema de escoamento pluvial e prevenir problemas de alagamento e enchentes.

§ 1º. A manutenção de dispositivos públicos, como bocas de lobo, galerias, canais e bacias de retenção, será de responsabilidade do Poder Executivo Municipal, devendo ser realizada conforme cronograma estabelecido por órgão competente.

§ 2º. Os proprietários de imóveis e empreendimentos com dispositivos privados de drenagem, como caixas de retenção, telhados verdes e sistemas de captação de águas pluviais, ficam responsáveis pela manutenção e limpeza periódica desses equipamentos, garantindo sua funcionalidade.

§ 3º. A fiscalização das condições de manutenção dos dispositivos públicos e privados será realizada pelo órgão competente, que poderá aplicar advertências, multas ou outras penalidades em caso de descumprimento.

CAPÍTULO III
DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

ART. 21. Fica criado o Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui-SP, de caráter consultivo, vinculado e coordenado pela Divisão de Drenagem e Águas Pluviais, vinculada à Diretoria de Infraestrutura Urbana da Secretaria Municipal de Obras, com a finalidade de dirimir dúvidas em relação aos Sistemas de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Município, acompanhar a implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, bem como a sua regulamentação e eventuais inovações tecnológicas decorrentes da aplicação do mesmo.

§ 1º. O Comitê do Município de Birigui será composto por técnicos dos Órgãos Municipais:

Planejamento e Urbanismo	Diretor(a) de Desenvolvimento Urbanístico
Obras	Diretor(a) de Obras
	Chefe de Divisão de Execução de Obras
Infraestrutura	Diretor(a) de Infraestrutura Urbana
	Chefe de Divisão de Drenagem e Águas Pluviais
Meio Ambiente	Diretor(a) de Processos Ambientais
	Chefe de Divisão de Proteção do Patrimônio Ambiental
	Diretor(a) de Controle dos Serviços de Água e de Esgoto
	Diretor(a) de Produção de Abastecimento de Água
Associação de Corretores e Imobiliárias de Birigui	A serem indicados pela Associação e aceitos pelo Chefe do Poder Executivo
Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Birigui	A serem indicados pela Associação e aceitos pelo Chefe do Poder Executivo
Câmara Municipal	Servidor efetivo indicado pelo Presidente da Câmara

§ 2º. A critério do Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui poderão ser convidados técnicos especialistas para participar, eventualmente, do mesmo.

§ 3º. A participação dos membros no Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui será considerada função relevante, não remunerada.

ART. 22. Fica revogada em seu inteiro teor a Lei Complementar nº 163, de 22 de setembro de 2025.

ART. 23. Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838

Digitally signed by SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838
DN: c=BR, o=ICP-Brasil, ou=Presencial, ou=44434587000112, ou=Secretaria da Receita Federal do Brasil - RFB, ou=RFB e-CPF A3, ou=(em branco), cn=SAMANTA PAULA ALBANI BORINI:30674619838
Date: 2025.10.24 14:27:16 -03'00'

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

CÓPIA

EDITAL Nº 61/2025

CONVOCAÇÃO DE AUDIÊNCIA PÚBLICA COM REPRESENTANTES DA SOCIEDADE CIVIL, OBJETIVANDO A ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE BIRIGUI/SP.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI, Prefeita do Município de Birigui, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, CONVOCA os representantes da sociedade civil e demais interessados, para a audiência que será realizada em data de 14 (quatorze) de abril de 2025 (dois mil e vinte e cinco), às 19h (dezenove horas), no plenário da Sede Administrativa "Leonardo Sabioni", localizado na Rua Anhanguera, nº 1.155, Jardim Morumbi, objetivando a elaboração do PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANO DO MUN ICÍPIO DE BIRIGUI / SP.

Prefeitura Municipal de Birigui, aos vinte e oito de março de dois mil e vinte e cinco.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

SECRETARIA DE GOVERNO

Outros Atos

EDITAL Nº 61/2025

CONVOCAÇÃO DE AUDIÊNCIA PÚBLICA COM REPRESENTANTES DA SOCIEDADE CIVIL, OBJETIVANDO A ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE BIRIGUI/SP.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI, Prefeita do Município de Birigui, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, CONVOCA os representantes da sociedade civil e demais interessados, para a audiência que será realizada em data de 14 (quatorze) de abril de 2025 (dois mil e vinte e cinco), às 19h (dezenove horas), no plenário da Sede Administrativa "Leonardo Sabioni", localizado na Rua Anhanguera, nº 1.155, Jardim Morumbi, objetivando a elaboração do PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANO DO MUN ICÍPIO DE BIRIGUI / SP.

Prefeitura Municipal de Birigui, aos vinte e oito de março de dois mil e vinte e cinco.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

Relatório da Audiência Pública

MUNICÍPIO DE BIRIGUI-SP

2025

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

www.liderengenharia.eng.br
administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

RELATÓRIO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
PREFEITA

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP
www.liderengenharia.eng.br

EQUIPE TÉCNICA

COORDENADOR GERAL
Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA / SP 5069666179

COORDENADOR TÉCNICO
Juliano Mauricio da Silva
Engenheiro Civil
CREA / PR 117165-D

PLANOS DE MACRO DRENAGEM
Marcelo M. C. Silva Fonseca
Engenheiro Civil / Eng. Sanitarista e Ambiental
CREA / SC 092114-9

TOPOGRAFIA
José Mario Sarilho
Engenheiro Agrimensor
CREA / SP 0601387306

TOPOGRAFIA
Luiz Henrique Peixoto
Topógrafo
CREA/SP 5069397162

CADISTA (DESENHISTA PROJETISTA)
Lara Ricardo da Silva Pereira
Arquiteta e Urbanista
CAU A172020-1

AUXILIAR TÉCNICO
Pedro Henrique Vicente
Engenheiro Civil
CREA / SP 5070395829

AUXILIAR TOPÓGRAFO
Larissa de Souza Correia
Engenheira Cartógrafa
CREA / PR 119410

AUXILIAR TÉCNICO
Osmani J. Vicente Junior
Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7

AUXILIAR TOPÓGRAFO
Marcelo Gonçalves
Geógrafo
CREA/PR 95232

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO

Rafael Remoto Menezes
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5063887557

Henrique Moraes Krüger
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 122794-8

Robert Caetano da Silva
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/BA 052102706-3

Mike Martins Rodrigues
Engenheiro Ambiental

Camila de Paula e Silva Bezzon
Bióloga
CRBio 120686/01-D

Marcelo de Toledo Pucci
Engenheiro Ambiental

Laryssa Cavassano Benetão
Engenheira Florestal

Bruno Mineli Macedo
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SP 5071436434

EQUIPE TÉCNICA MUNICIPAL

Rogério Venícius Costa Fernandes
Secretário Municipal de Obras

Gabriela Rodrigues Sabbo Cardoso
Diretora de Obras

Ronaldo Carmine
Diretor de Desenvolvimento Urbanístico

Fernanda Scardovelli de Almeida
Chefe de Divisão de Manutenção de Vias Públicas

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 6
INTRODUÇÃO 7
1 RELATÓRIO DA CONSULTA PÚBLICA 8
ANEXOS 11
Anexo 1 – Divulgação da Audiência Pública. 11
Anexo 2 – Relatório Fotográfico da Audiência Pública. 15
Anexo 3 – Lista de Presença da Audiência Pública. 20
Anexo 4 – Apresentação de Slides da Audiência Pública. 21

APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante do processo de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) do município de Birigui/SP, realizado em conformidade com o contrato nº 11.407/2024.

Ele tem por objetivo registrar o conteúdo e as discussões ocorridas durante a audiência pública destinada à apresentação dos resultados e propostas do plano. A realização da audiência atende aos princípios da transparência, participação social e controle democrático das políticas públicas, permitindo que diferentes segmentos da sociedade civil, do poder público e de entidades técnicas possam conhecer, debater e contribuir para o aprimoramento do planejamento da drenagem urbana no município.

INTRODUÇÃO

A audiência pública é uma etapa fundamental no processo de consolidação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, pois possibilita o diálogo direto entre a equipe técnica responsável pelo plano, gestores municipais, representantes de órgãos públicos, vereadores, entidades de classe, estudantes e a população em geral. Nesse espaço, são apresentados os estudos, diagnósticos e propostas técnicas do PDDU, além de oportunizada a manifestação dos presentes acerca dos principais desafios, demandas e necessidades relacionadas à drenagem urbana.

Este relatório apresenta a sistematização das discussões, manifestações, questionamentos e contribuições registradas durante a audiência pública, evidenciando de que forma esses aspectos dialogam com as diretrizes técnicas e proposições do plano, e indicando encaminhamentos para seu aprimoramento na versão final do PDDU.

1 RELATÓRIO DA CONSULTA PÚBLICA

No dia 14 de abril de 2025, no plenário da sede administrativa "Leonardo Sibioni", no município de Birigui/SP, foi realizada a audiência pública para consolidação do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Birigui, com convocação dos representantes da sociedade civil por meio do Edital nº 61/2025, publicado no Diário Oficial do Município de Birigui em 28 de março de 2025.

A audiência pública referente ao PDDU de Birigui/SP foi aberta pelo secretário municipal de obras, Rogério Fernandes, que destacou o compromisso da gestão municipal com a transparência e com o cumprimento das etapas previstas para a elaboração do plano. Em sua manifestação inicial, o secretário cumprimentou vereadores, secretários e os demais presentes no plenário, contextualizando a importância do evento no ciclo de planejamento da drenagem urbana.

Na sequência, a palavra foi passada para Fernanda Scardovelli, Chefe de Divisão de Manutenção de Vias Públicas. Fernanda assumiu a condução e apresentou o engenheiro sanitarista e ambiental Robert Caetano, representante da Líder Engenharia e Gestão de Cidades, ressaltando a parceria entre o município e a consultoria na construção do plano. Fernanda ressaltou a audiência pública como espaço de participação social, destinado à escuta dos diferentes segmentos da comunidade, bem como destacou a importância do plano diretor como instrumento de planejamento urbano e de promoção da qualidade de vida.

Declarada aberta a audiência pública, o engenheiro Robert Caetano se apresentou e ao outro representante da empresa que estava presente, o engenheiro ambiental Rafael Remoto Menezes. O Robert iniciou a apresentação técnica apresentando a empresa, a equipe técnica multidisciplinar que a compõe, bem como destacou a atuação nacional da consultoria. Foram detalhados os objetivos da audiência e o papel da participação popular no processo, reforçando o caráter consultivo e integrador desta etapa.

Durante a apresentação técnica, introduziu-se falando o que é um Plano Diretor de Drenagem Urbana e sua importância. Foram detalhadas as etapas do plano: levantamento e consolidação de dados, estudos hidrológicos e hidráulicos, abordando os conceitos de bacia hidrográfica e a importância da análise integrada das microbacias do município, diagnóstico da situação atual, identificação de pontos críticos de

alagamento e avaliação de alternativas técnicas.

Iniciou-se o diagnóstico da drenagem de Birigui, com conceitos fundamentais da drenagem urbana, apresentação da delimitação das microbacias urbanas, os estudos morfométricos das bacias e uma explanação, por meio de fluxograma, sobre o processo de urbanização e suas correlações com a impermeabilização de áreas naturais e a drenagem, complementando com a apresentação do mapeamento da cobertura do solo, identificando as classes de áreas impermeabilizadas pela urbanização.

Foram apresentados os resultados dos levantamentos de campo, a identificação e documentação fotográfica dos pontos críticos de alagamento, a análise dos dispositivos existentes (com discriminação da extensão da rede e quantidade de microdrenos), as patologias observadas e as áreas de maior vulnerabilidade. O público acompanhou, por meio de mapas, diagramas, fotografias e quadros-síntese, a exposição das principais situações de risco identificadas.

O engenheiro detalhou como essas análises fundamentaram a proposição de alternativas, contemplando soluções estruturais – como ampliação e modernização da microdrenagem, implantação de bacias de detenção, requalificação de canais, criação de áreas de infiltração, áreas para amortecimento e dispositivos de controle na fonte – e medidas não estruturais, como atualização da legislação municipal, incentivo à permeabilidade dos lotes, instrumentos de fiscalização, educação ambiental e participação comunitária.

Durante toda a apresentação, a narrativa buscou integrar a visão técnica à realidade do município, enfatizando o alinhamento das propostas do plano às demandas práticas e históricas da população. O conteúdo foi exposto de maneira clara e acessível, visando não apenas à transmissão de informações, mas à promoção do entendimento e do engajamento dos participantes.

Encerrada a apresentação, foi aberto espaço para manifestações do público, que resultou em um momento produtivo de questionamentos, relatos e debates. Entre as principais questões levantadas, destacaram-se as ocorrências frequentes de alagamento nos pontos de confluência dos córregos Nunes, Vendrame e Biriguizinho, além das ruas próximas ao Córrego da Piscina, situações agravadas pela ausência ou insuficiência da rede de microdrenagem a montante da área de drenagem do Córrego da Piscina, o que faz com que um grande volume de água escoe superficialmente

e com velocidade. Foram relatados prejuízos em residências, veículos e infraestrutura urbana relacionados a essas questões, reforçando a necessidade de intervenções planejadas e eficientes.

O debate também contemplou o impacto do crescimento urbano e do aumento da impermeabilização sobre o sistema de drenagem, e a necessidade de que a expansão do perímetro urbano seja acompanhada de critérios técnicos para a implantação de novas redes e dispositivos de controle. O engenheiro Robert esclareceu que a minuta de lei que dispõe sobre a Política Municipal de Drenagem Urbana já estabelece normas para novos empreendimentos, loteamentos e edificações, incluindo a obrigatoriedade de estudos específicos de drenagem, implantação de dispositivos de controle e manutenção do percentual de infiltração, visando prevenir a ampliação dos problemas já existentes e evitar a criação de novas áreas suscetíveis a alagamentos.

Outros temas tratados incluíram a existência de estudos de contribuição entre áreas de microbacias, a priorização de intervenções em áreas sensíveis e a integração das soluções do plano ao planejamento urbano municipal. As manifestações trouxeram sugestões de aprofundamento de temas e aprimoramento das propostas, as quais foram registradas para análise e eventual incorporação à versão final do PDDU.

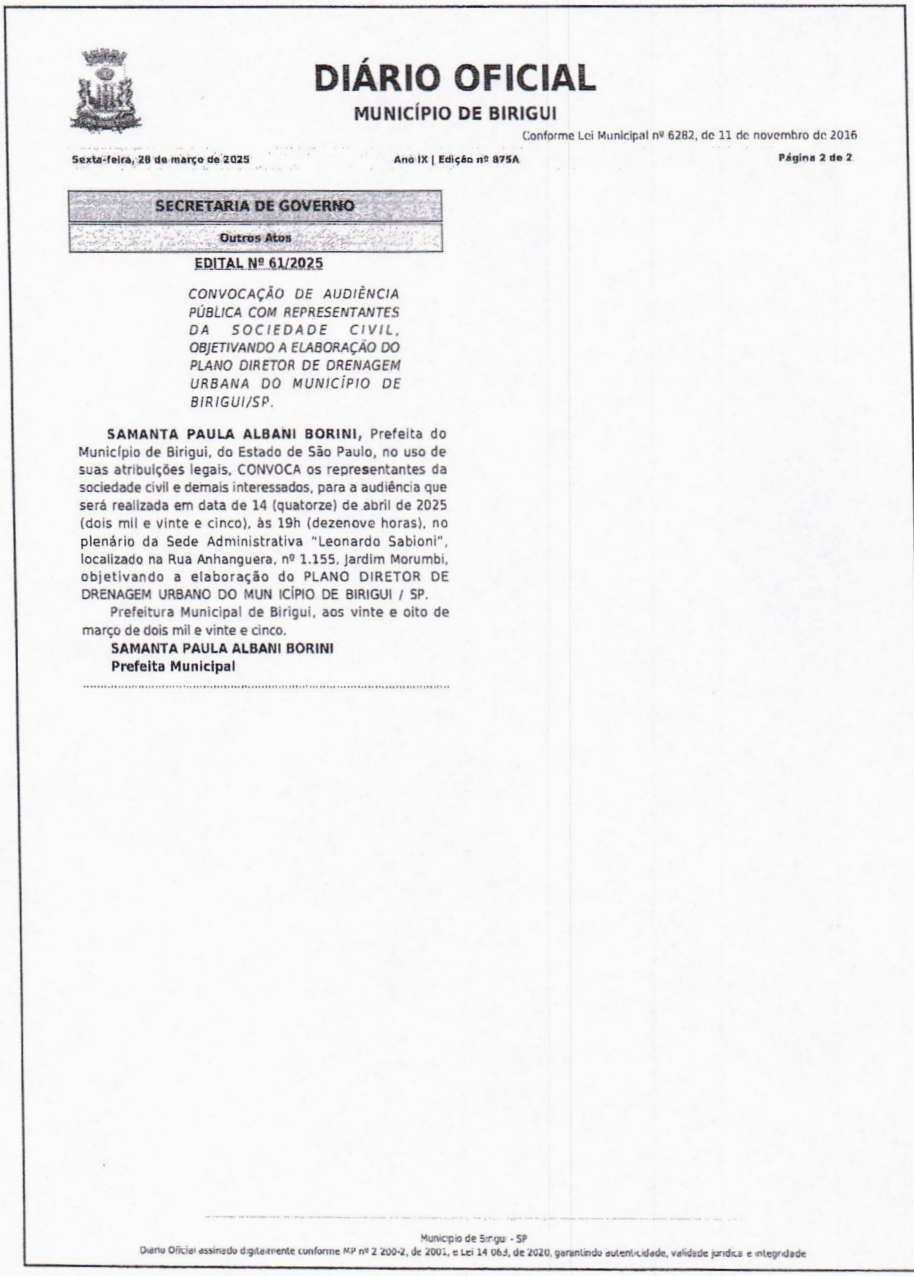
Durante a audiência, participaram ativamente vereadores, membros de secretarias municipais, técnicos de órgãos estaduais, representantes do comitê de bacia hidrográfica, estudantes universitários e munícipes, evidenciando o interesse da sociedade em contribuir para a construção de soluções efetivas e sustentáveis para os desafios de drenagem do município. Foram sugeridos aprofundamentos temáticos para a versão final do plano, com inclusão de demandas pontuais e avaliação de intervenções prioritárias nas áreas mais críticas. O evento possibilitou um debate técnico qualificado, mas também um espaço de escuta e valorização das experiências locais, fortalecendo o caráter democrático e participativo do processo.

Ao final, com o encerramento das manifestações, a audiência pública foi formalmente encerrada, ficando consignado como encaminhamento o compromisso de considerar as manifestações apresentadas durante a audiência pública na revisão e consolidação do PDDU, que serão analisados e, se pertinentes, incorporados ao documento final do plano bem como de incluir o presente relatório, acompanhado de registro fotográfico, lista de presença e a apresentação utilizada, como anexos oficiais do processo.

ANEXOS

Anexo 1 – Divulgação da Audiência Pública.

A divulgação ocorreu por meio dos canais oficiais da Prefeitura, como o diário oficial (por meio do Edital nº 61/2025, publicado no Diário Oficial do Município de Birigui em 28 de março de 2025), site institucional, além do apoio da equipe técnica de comunicação, com publicações em redes sociais e circulação de material digital.



DIÁRIO OFICIAL
MUNICÍPIO DE BIRIGUI
Conforme Lei Municipal nº 6282, de 11 de novembro de 2016

Sexta-feira, 28 de março de 2025 | Ano IX | Edição nº 875A | Página 2 de 2

SECRETARIA DE GOVERNO

Outros Atos

EDITAL Nº 61/2025

CONVOCAÇÃO DE AUDIÊNCIA PÚBLICA COM REPRESENTANTES DA SOCIEDADE CIVIL, OBJETIVANDO A ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE BIRIGUI/SP.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI, Prefeita do Município de Birigui, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, CONVOCA os representantes da sociedade civil e demais interessados, para a audiência que será realizada em data de 14 (quatorze) de abril de 2025 (dois mil e vinte e cinco), às 19h (dezenove horas), no plenário da Sede Administrativa "Leonardo Sabioni", localizado na Rua Anhanguera, nº 1.155, Jardim Morumbi, objetivando a elaboração do PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANO DO MUN ICÍPIO DE BIRIGUI / SP.

Prefeitura Municipal de Birigui, aos vinte e oito de março de dois mil e vinte e cinco.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

Município de Birigui - SP
Diário Oficial assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2, de 2001, e Lei 14.063, de 2020, garantindo autenticidade, validade jurídica e integridade

HOME | EQUIPE | NOTÍCIAS | AVISOS E ALERTAS | TRANSPARÊNCIA | LICITAÇÕES | CIDADE | CONCURSOS | LEGISLAÇÃO | CONTATO

Notícias

28/03/2025

Prefeitura de Birigui fará audiência pública sobre plano diretor de drenagem urbana



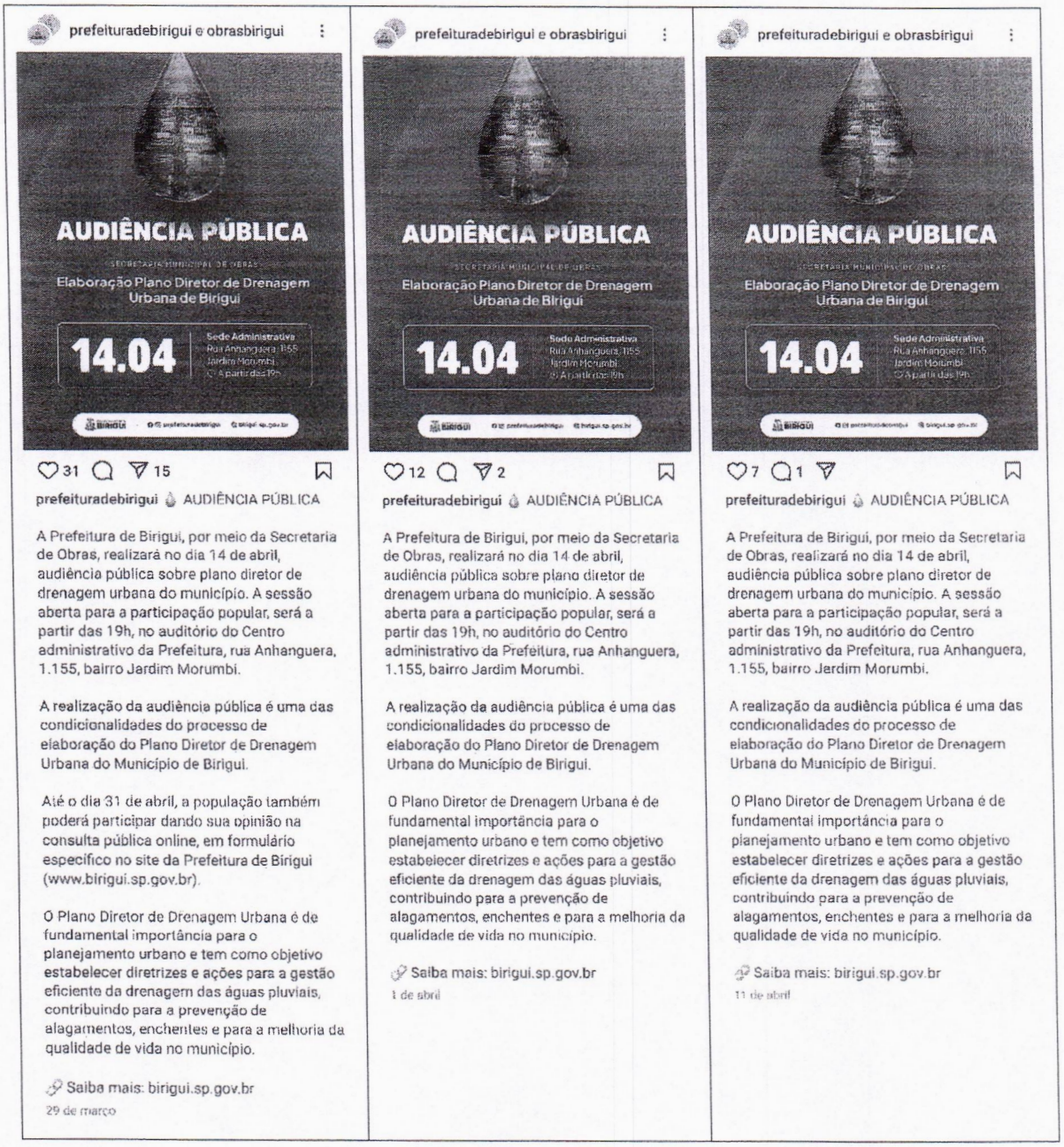
A Prefeitura de Birigui, por meio da Secretaria de Obras, realizará no dia 14 de abril, audiência pública sobre plano diretor de drenagem urbana do município. A sessão aberta para a participação popular, será a partir das 19h, no auditório do Centro administrativo da Prefeitura, rua Anhanguera, 1.155, bairro Jardim Morumbi.

A realização da audiência pública é uma das condicionalidades do processo de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Birigui.

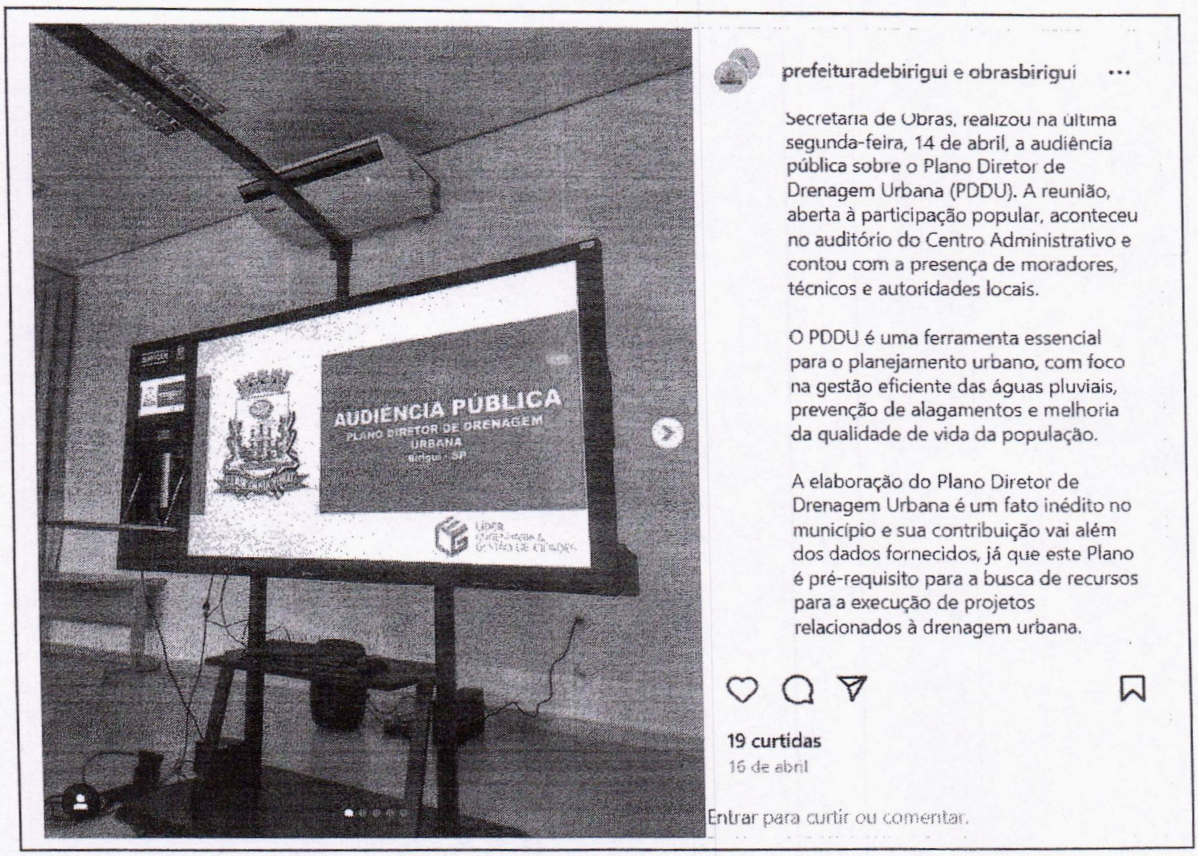
Até o dia 31 de abril, a população também poderá participar dando sua opinião na consulta pública online, em formulário específico no site da Prefeitura de Birigui (www.birigui.sp.gov.br).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é de fundamental importância para o planejamento urbano e tem como objetivo estabelecer diretrizes e ações para a gestão eficiente da drenagem das águas pluviais, contribuindo para a prevenção de alagamentos, enchentes e para a melhoria da qualidade de vida no município.

Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Recorte da publicação no site institucional. Disponível em: http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticias_detalhes.php?id_noticia=10618.



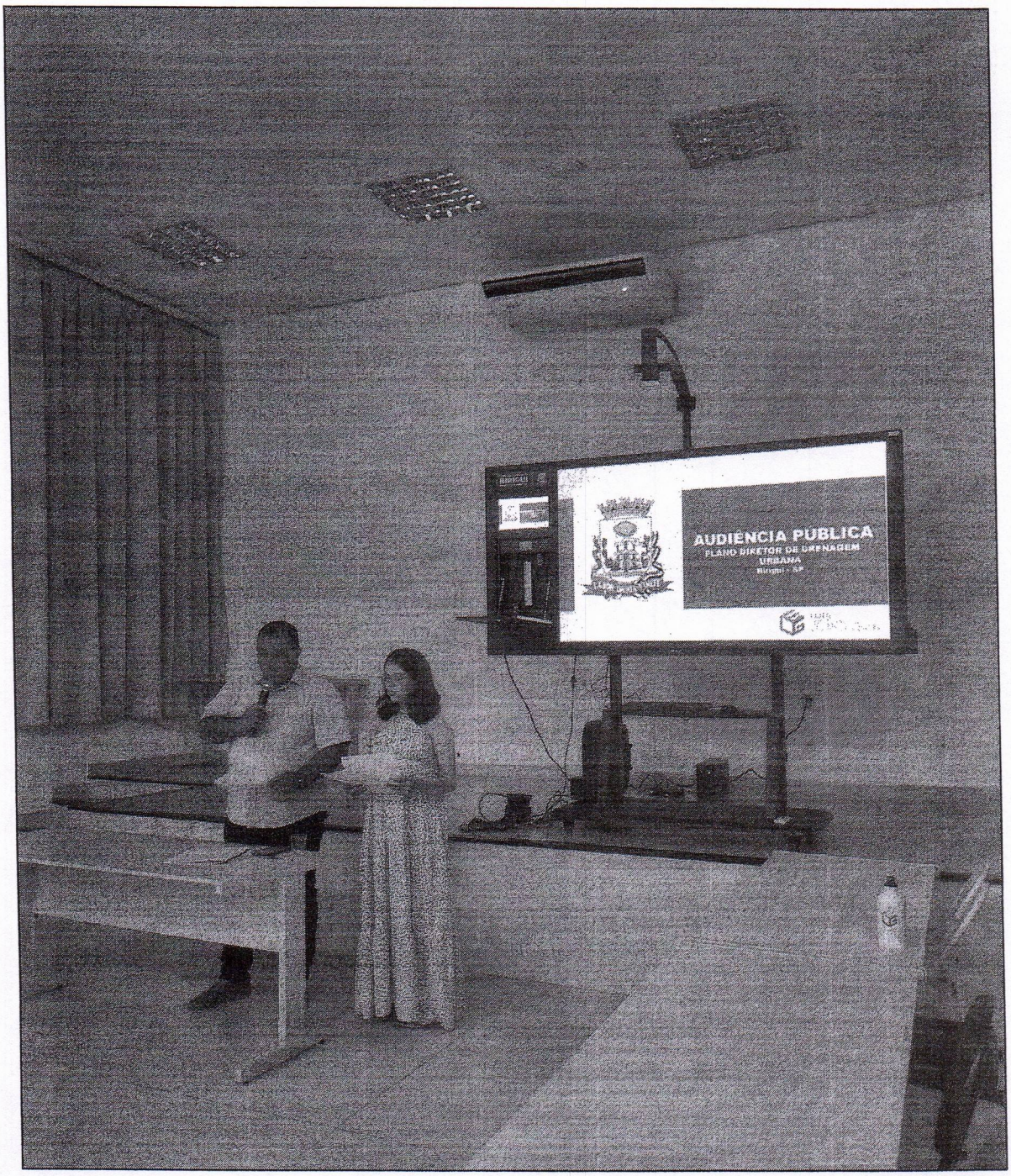
Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Publicação no Instagram institucional. Disponível em: https://www.instagram.com/prefeituradebirigui.



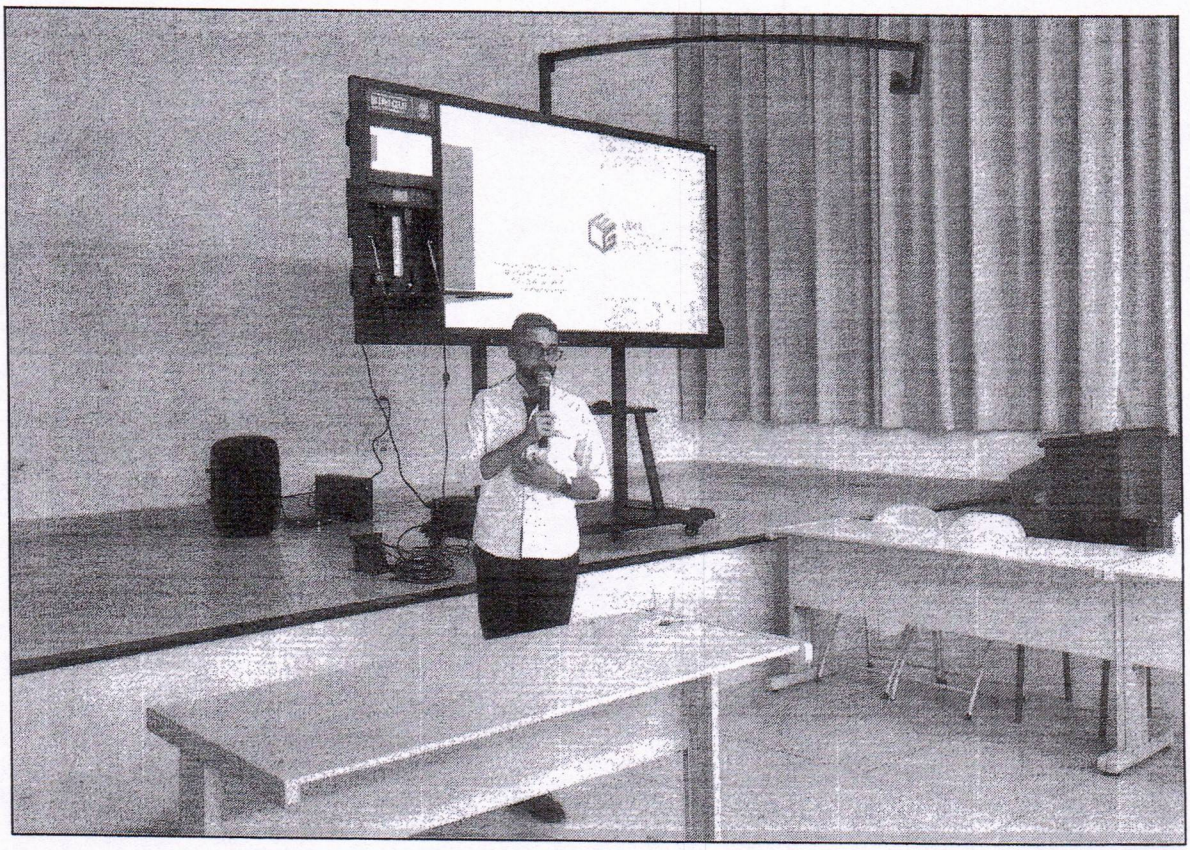
Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Publicação no Instagram institucional. Disponível em: https://www.instagram.com/prefeituradebirigui.

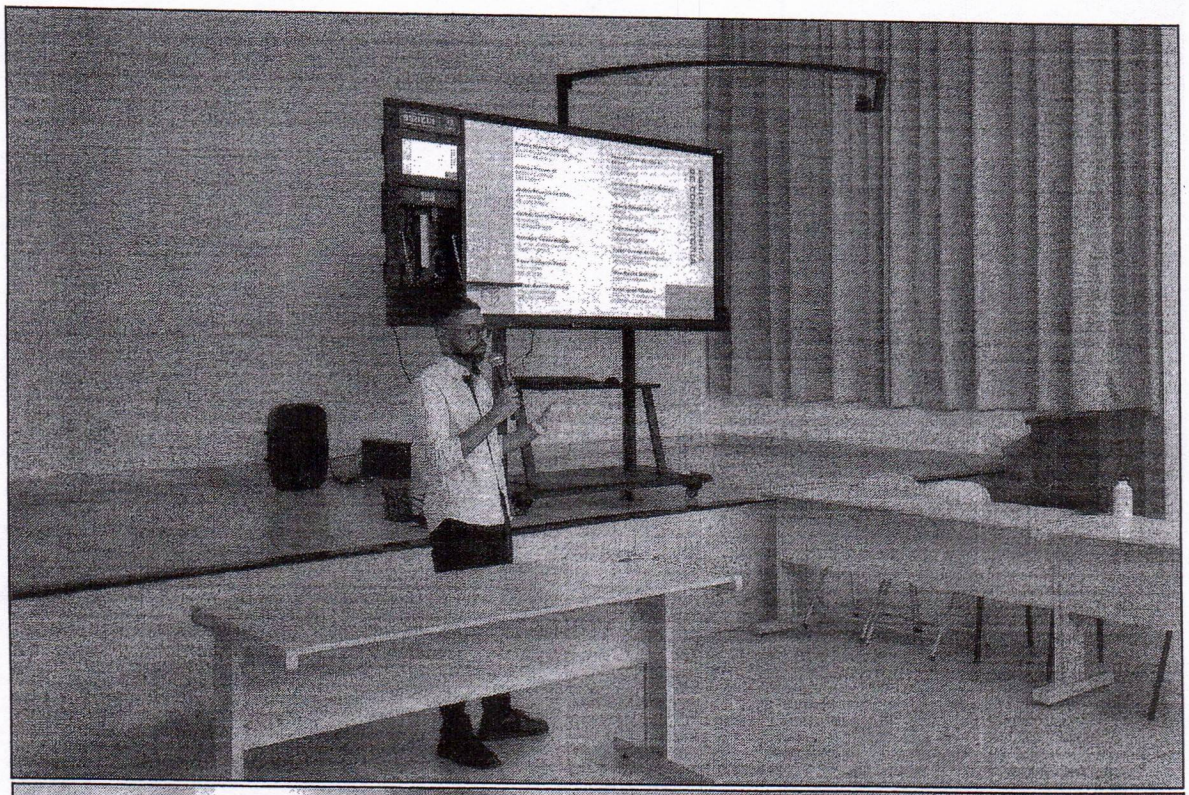
Anexo 2 – Relatório Fotográfico da Audiência Pública.

O relatório a seguir é composto por registros fotográficos cedidos pela equipe de comunicação da Prefeitura Municipal de Birigui/SP, que fez a cobertura da Audiência Pública para apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

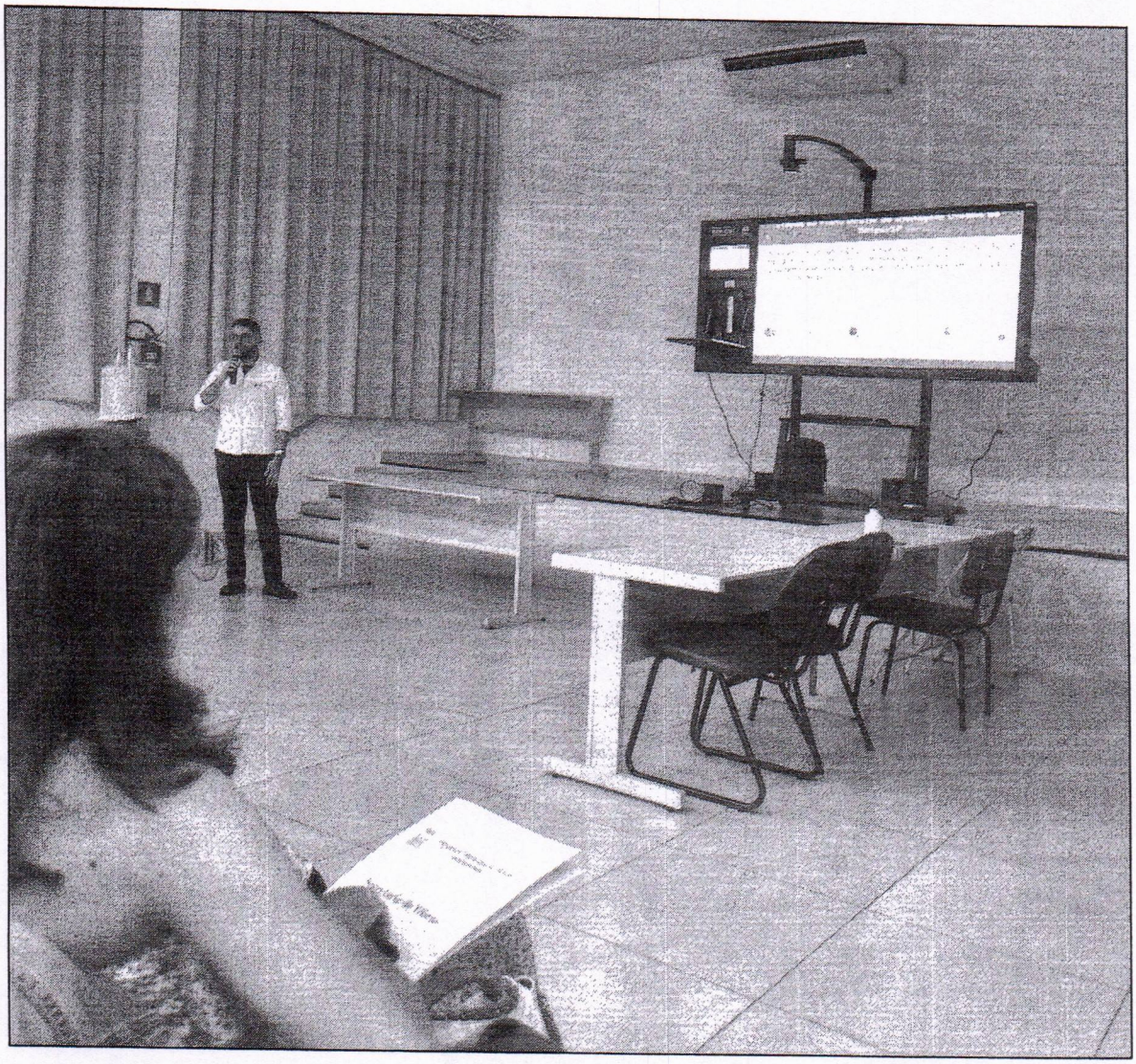


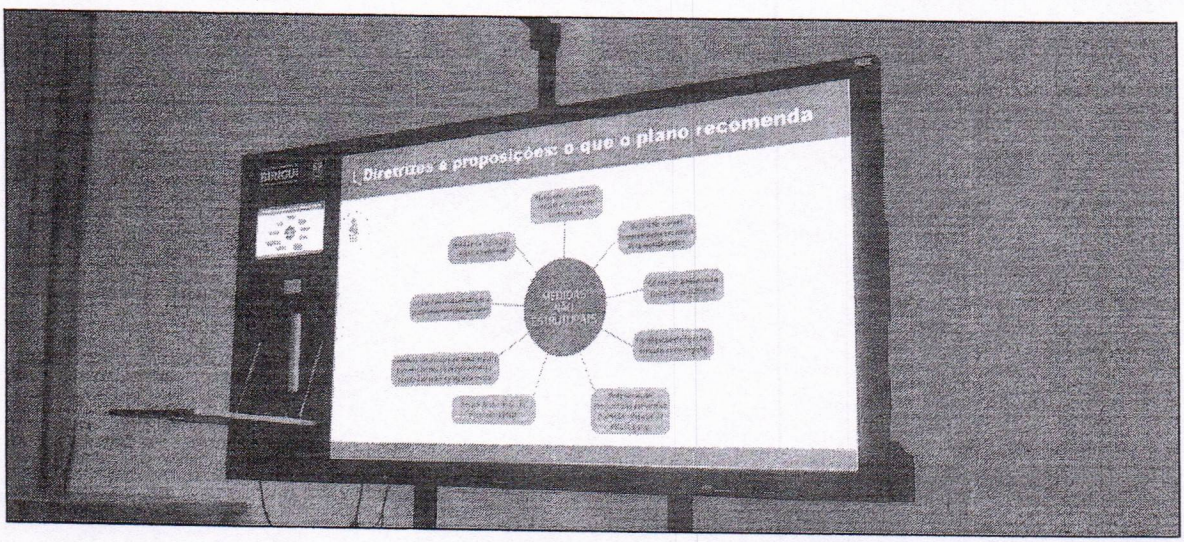


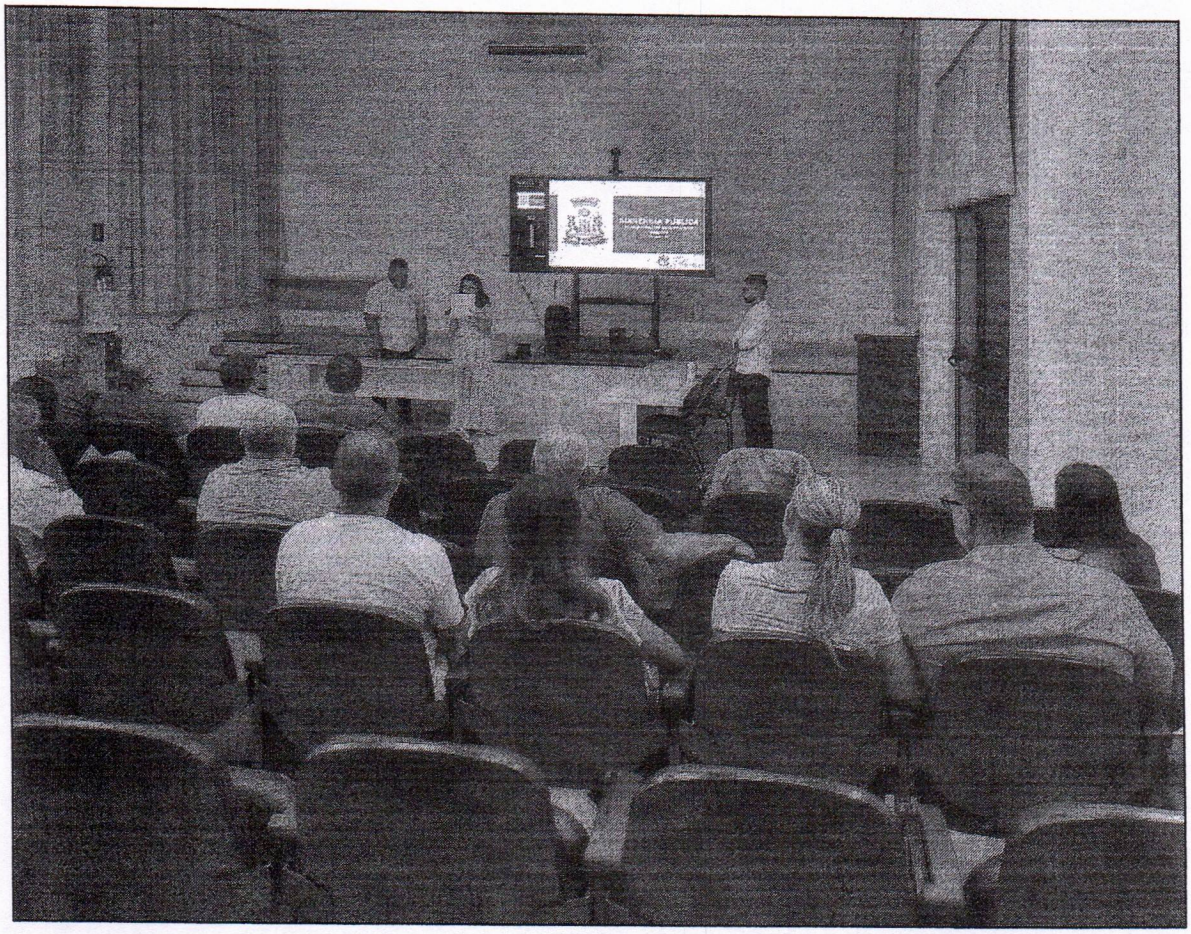









Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda





Anexo 3 – Lista de Presença da Audiência Pública.

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
Município de Birigui - SP
LISTA DE PRESENÇA

EVENTO: Audiência Pública de apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana - Birigui SP

LOCAL: Plenário da sede administrativa "Fernando Saioni" **DATA:** 14/04/2025.

NOME	TELEFONE	E-MAIL	INSTITUIÇÃO/SEGMENTO
Rogerio Gomes C. Fernandes	18 997415168		Sec Obras
Fernanda Fernandes de Oliveira	18 99600-5905	fcardosolimaalmeidaengenharia.com	Sec Obras
Leonardo L. Ramos	(18) 99741-4303		Câmara Municipal
EDSON M. ALMEIDA	18 99741-3012		CÂMARA MUNICIPAL
EVERALDO ROQUE SANTOS	18 99749 9091	everaldosantos1668@hotmail	Coma municipal
CESAR RAMALHO JR.	18 99722 1993		MUNICIPE
Kauê Cesar Dantas	18 99139-1545	kaue_cdb@hotmail.com	Município
Juliko Aiko Takehara Rueno	18 99781 8700	julikaiko@hotmail.com	CDH - BT
Gerbuda A. Silva Cardoso	14 996941340		Sec. Obras.
Amanda de Souza Caramez	18 99629-9844	amandacaramez.ag@gmail.com	Sec. Obras
Everaldo Carvalho	18 996527755	arquiteto.ev@hotmail.com	Sec. Obras.
Jacqueline D. Del Duca	18 99736 1436		
Daniel Nelson Hauke	18 99650-3122	dhauke.engenharia@gmail.com	Sec Obras
VIVIANE M. SANCHES BARBOSA	18 997818302	juridico.Birigui@outlook.com.br	Jurídico PMB
Tatiane Thomazini	(18) 99600-6598	tmbigui@hotmail.com	Câmara Municipal
Thomaz Santos	18 997837778		Sec Sec Pol Mun.
Paulo Batista de Souza	18 99580048 48	Paulo.pbs@hotmail.com	GAM NETO
GUILHERME HENRIQUE SCHIWING	18 99744 5541	GUILHERMEGSCHIWING@GMAIL.COM	ENGº CIVIL SEC MUN. DE EDUCAÇÃO BIRIGUI

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES

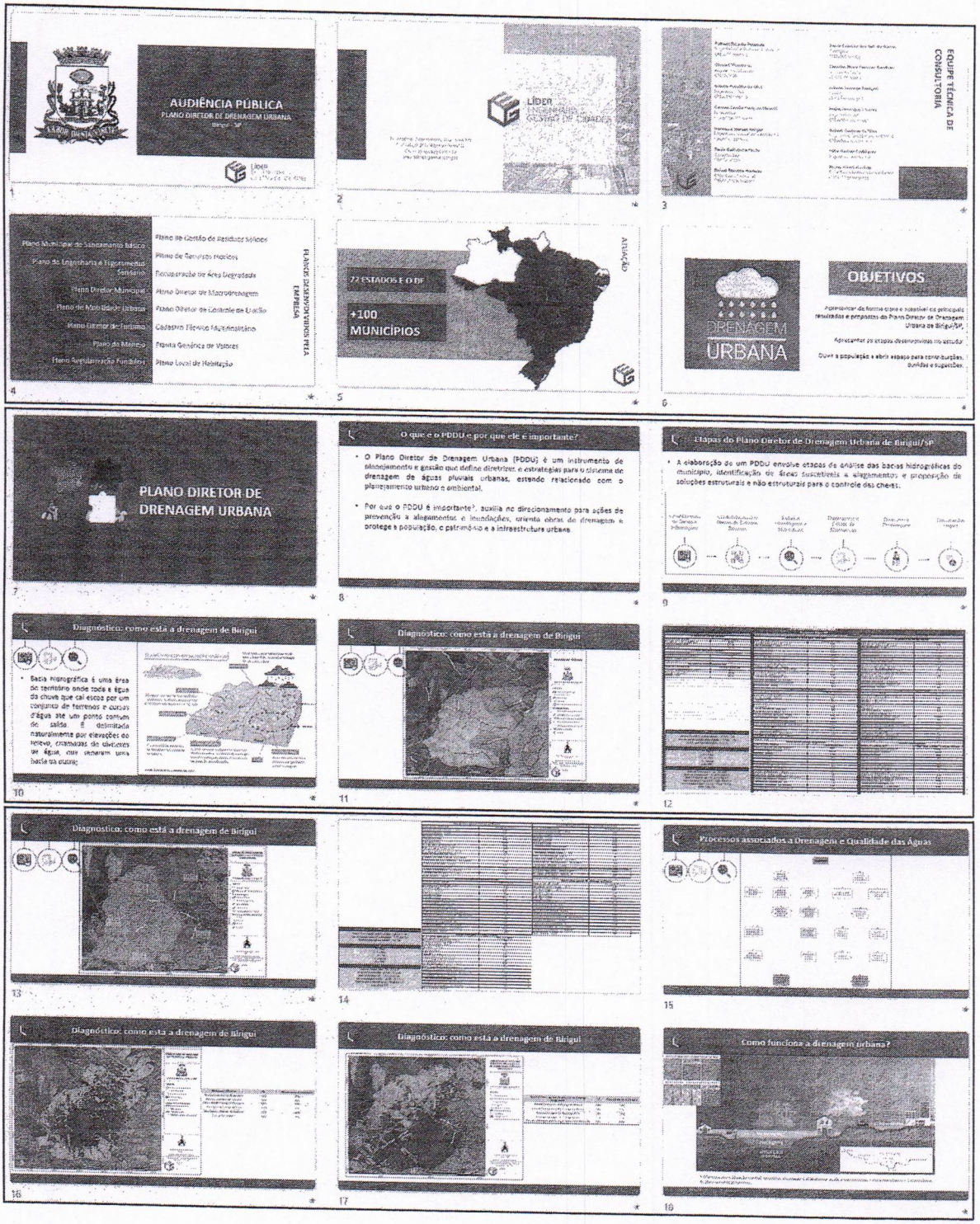
PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
Município de Birigui - SP
LISTA DE PRESENÇA

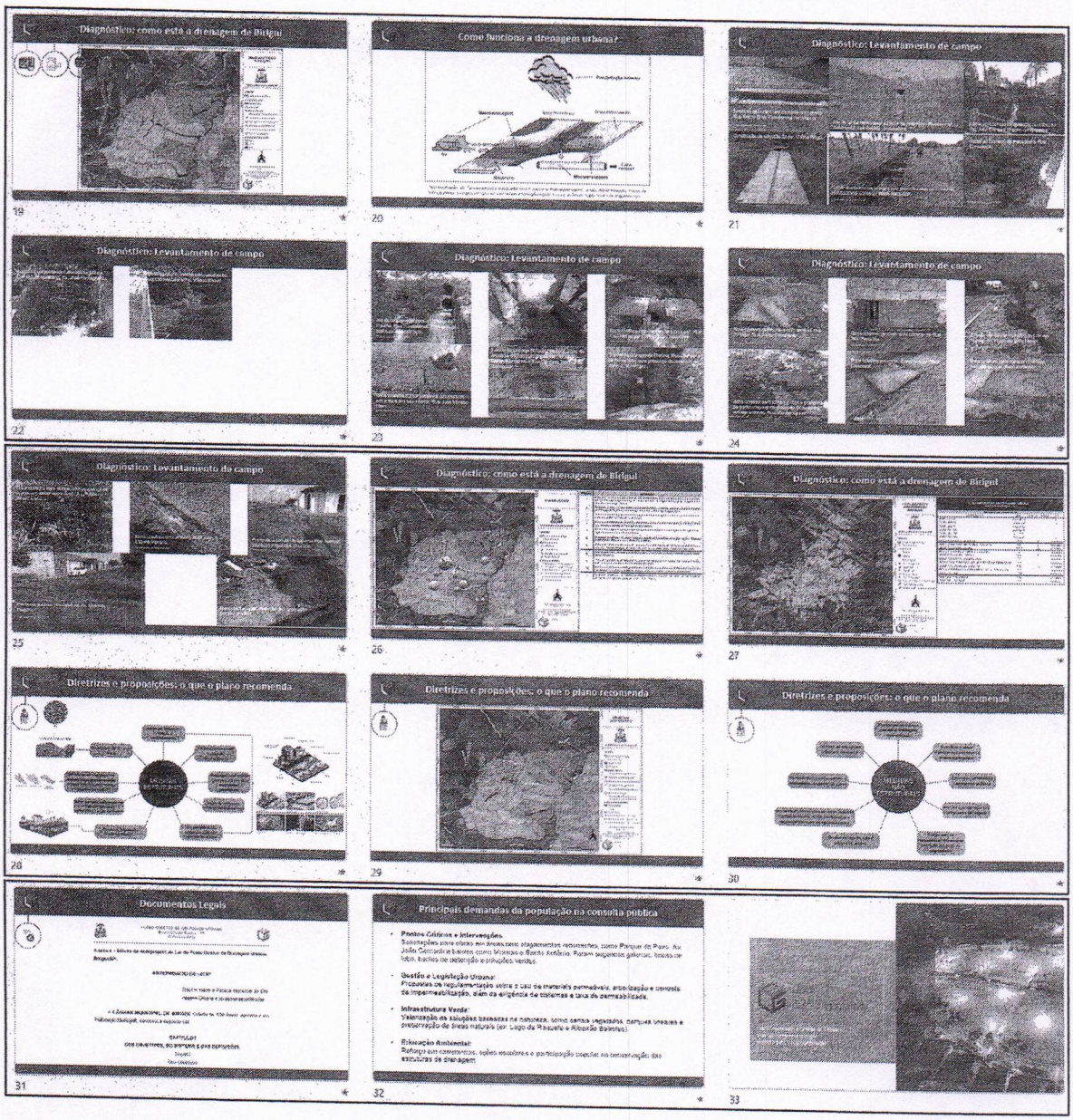
EVENTO: Audiência Pública de apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana - Birigui SP

LOCAL: Plenário da sede administrativa "Fernando Saioni" **DATA:** 14/04/2025.

NOME	TELEFONE	E-MAIL	INSTITUIÇÃO/SEGMENTO
Jaqueline Antonio	11 99623 7995	engjuperico@uol.com.br	SP OBRAS
Paulo Henrique Leite de Sá	18 997 24 9729	phleite@hotmail.com	Sabesp e Vila Cardoso
Jaqueline Moraes Silva Fernandes	14 99783 7158		Diretora de Adj. Governo
Viviane Gambassi	18 99646 4810	vihe@outlook.com	Secretaria de Governo
Carmen Fernandes das Neves	18 98161 0511	carmen.cerqueira@gmail.com	Secret. de Gov. Municipal
Tayane Cristel Milhuso	18 997992425	TAYANECONTELE@GMAIL.COM	Câmara Municipal
Sidnei Maria Rodrigues	18 98133 0199		
EVANDRO CANASSA	18 99786-7721	evandrocanassa@gmail.com	SDE
Marcelene Telles de Souza	(18) 99150 7443	marcelenetelles@hotmail.com	Prefeitura
Dr. Otávio Marchi	18 99108 2526	marchi33@uol.com.br	CBH-AB7
André Luiz Branco	99785 6538		ASSENAB - CREA-SP
Robert Caetano	(16) 99464 1634	ROBERT@LIDERENGENHARIA.EVAR	Líder Engenharia
Rafael Ernesto Mendes	16 98209 9835	rafael@lideengenharia.com.br	

Anexo 4 – Apresentação de Slides da Audiência Pública.




Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
19
Como funciona a drenagem urbana?
20
Diagnóstico: Levantamento de campo
21
Diagnóstico: Levantamento de campo
22
Diagnóstico: Levantamento de campo
23
Diagnóstico: Levantamento de campo
24
Diagnóstico: Levantamento de campo
25
Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
26
Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
27
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
28
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
29
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
30
Documentos Legais
31
Principais demandas da população na consulta pública
Pontos Críticos e Intervenções:
Questão e Legislação Urbana:
Infraestrutura Verde:
Educação Ambiental:
32
33

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

Relatório Final

MUNICÍPIO DE BIRIGUI-SP

2025

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

www.liderengenharia.eng.br
administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA

RELATÓRIO FINAL

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
PREFEITA

EMPRESA DE PLANEJAMENTO CONTRATADA

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

EMPRESA LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA

CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210.
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP
www.liderengenharia.eng.br

EQUIPE TÉCNICA

COORDENADOR GERAL
Robson Ricardo Resende
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA / SP 5069666179

COORDENADOR TÉCNICO
Juliano Mauricio da Silva
Engenheiro Civil
CREA / PR 117165-D

PLANOS DE MACRODRENAGEM
Marcelo M. C. Silva Fonseca
Engenheiro Civil / Eng. Sanitarista e Ambiental
CREA / SC 092114-9

TOPOGRAFIA
José Mario Sarilho
Engenheiro Agrimensor
CREA / SP 0601387306

TOPOGRAFIA
Luiz Henrique Peixoto
Topógrafo
CREA/SP 5069397162

CADISTA (DESENHISTA PROJETISTA)
Lara Ricardo da Silva Pereira
Arquiteta e Urbanista
CAU A172020-1

AUXILIAR TÉCNICO
Pedro Henrique Vicente
Engenheiro Civil
CREA / SP 5070395829

AUXILIAR TOPÓGRAFO
Larissa de Souza Correia
Engenheira Cartógrafa
CREA / PR 119410

AUXILIAR TÉCNICO
Osmani J. Vicente Junior
Arquiteto e Urbanista
CAU A23196-7

AUXILIAR TOPÓGRAFO
Marcelo Gonçalves
Geógrafo
CREA/PR 95232

EQUIPE DE APOIO TÉCNICO

Rafael Remoto Menezes
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5063887557

Henrique Moraes Krüger
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SC 122794-8

Robert Caetano da Silva
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/BA 052102706-3

Mike Martins Rodrigues
Engenheiro Ambiental

Camila de Paula e Silva Bezzon
Bióloga
CRBio 120686/01-D

Marcelo de Toledo Pucci
Engenheiro Ambiental
CREA/SP 5071496409

Laryssa Cavassano Benetão
Engenheira Florestal
CREA/SP 5071607034/D

Bruno Mineli Macedo
Engenheiro Sanitarista e Ambiental
CREA/SP 5071436434

EQUIPE TÉCNICA MUNICIPAL

Rogério Venícius Costa Fernandes
Secretário Municipal de Obras

Gabriela Rodrigues Sabbo Cardoso
Diretora de Obras

Ronaldo Carmine
Diretor de Desenvolvimento Urbanístico

Fernanda Scardovelli de Almeida
Chefe de Divisão de Manutenção de Vias Públicas

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO 21
INTRODUÇÃO 22
1 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES 24
1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO 24
1.2 HISTÓRIA E PATRIMÔNIO 26
1.3 ASPECTOS SOCIAIS E DEMOGRÁFICOS 27
1.4 ASPECTOS ECONÔMICOS 29
1.4.1 Renda 29
1.4.2 Vulnerabilidade Social 31
1.4.3 Atividades Econômicas 32
1.4.4 Produto Interno Bruto (PIB) 33
1.5 ASPECTOS DE SANEAMENTO 35
1.5.1 Abastecimento de Água 35
1.5.2 Esgotamento Sanitário 36
1.5.3 Gestão de Resíduos Sólidos 36
1.5.4 Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais 36
1.6 ASPECTOS AMBIENTAIS – MEIO ABIÓTICO 37
1.6.1 Clima 37
1.6.2 Geologia 42
1.6.3 Geomorfologia 45
1.6.4 Hipsometria e Declividade 48
1.6.5 Pedologia 52
1.6.6 Recursos Hídricos 55
1.6.7 Uso e Cobertura do Solo 65
1.7 ASPECTOS JURÍDICOS LEGAIS 69
1.7.1 Âmbito Federal 69
1.7.2 Âmbito Estadual 71
1.7.3 Âmbito Municipal 73
1.8 INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS 74
1.9 ESTUDOS ANTERIORES 76
1.10 DADOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS 79

1.11 DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS 90
1.12 MARCOS GEODÉSICOS 91
2 SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL 95
2.1 MICRODRENAGEM 95
2.2 MACRODRENAGEM 100
2.3 CADASTRAMENTO DO SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM 103
2.3.1 Processamento e Organização dos Dados 105
2.4 ÁREAS DE RISCO E PONTOS CRÍTICOS 110
2.4.1 Suscetibilidade a Inundações e Movimentos de Massa 111
2.4.2 Pontos Críticos 116
3 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS DE ESTUDOS BÁSICOS 120
3.1 ESTUDO DEMOGRÁFICO 120
3.2 CICLO HIDROLÓGICO 122
3.3 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM NATURAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS 124
3.4 CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS 128
3.4.1 Tempo de Concentração 128
3.4.2 Coeficiente de Escoamento Superficial 130
3.4.3 Intensidade da Chuva 131
3.4.4 Uso e Cobertura do Solo Urbano 132
3.4.5 Determinação da Vazão 133
3.5 CRITÉRIOS HIDRÁULICOS 134
3.6 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM: FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 136
3.6.1 Fatores de dimensionamento 136
3.6.2 Critérios de dimensionamento 137
4 CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO 137
4.1 CENÁRIO TENDENCIAL 138
4.1.1 Impactos Ambientais 138
4.1.2 Impactos Econômicos 138
4.1.3 Impactos Sociais 139
4.1.4 Impactos no funcionamento da cidade 139
4.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA 139

4.2.1 Impactos Ambientais 140
4.2.2 Impactos Econômicos 140
4.2.3 Impactos Sociais 140
4.2.4 Impactos no funcionamento da cidade 140
4.3 CENÁRIO ADVERSO 141
4.3.1 Impactos Ambientais 141
4.3.2 Impactos Econômicos 141
4.3.3 Impactos Sociais 142
4.3.4 Impactos no funcionamento da cidade 142
5 CARACTERZAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO 143
5.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PERÍMETRO MUNICIPAL 143
5.2 MICROBACIAS URBANAS 146
5.3 HIERARQUIA FLUVIAL 150
5.4 ANÁLISE MORFOMÉTRICA 155
5.4.1 Análise Linear 156
5.4.2 Análise Areal 158
5.4.3 Análise Hipsométrica 160
5.4.4 Resultados da Análise Morfométrica 161
6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS 168
6.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS 169
6.1.1 Uso e Cobertura do Solo Urbano 169
6.1.2 Tempo de Concentração 182
6.1.3 Coeficiente de Escoamento Superficial 183
6.1.4 Capacidade de Infiltração das Microbacias Urbanas 186
6.1.5 Intensidade da Chuva 190
6.1.6 Método para Vazão de Pico 192
6.1.7 Área Necessária para Amortecimento 196
6.2 ESTUDOS HIDRÁULICOS 200
6.2.1 Especificação dos Dispositivos de Drenagem Urbana 201
6.2.2 Especificação para Execução dos Serviços 202
6.2.3 Manejo Ambiental 206
7 FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO 207
7.1 CRITÉRIOS INICIAIS 207

7.1.1 Ruas 207
7.1.2 Sarjetas 208
7.1.3 Galerias 209
7.1.4 Bocas coletoras 210
7.1.5 Poços de visita (PV), de inspeção (PI) e de queda 211
7.1.6 Caixas de ligação 212
7.1.7 Ala de lançamento 212
a) Canais e Escadas Hidráulicas 213
b) Rampas ou canais com blocos 213
c) Tapetes ou rampas de enrocamento 215
7.1.8 Amortecimento, detenção e retenção 216
a) Bacias de Detenção e Retenção 216
b) Bacias de Amortecimento 217
8 DIMENSIONAMENTO 218
8.1 MICRODRENAGEM 218
8.1.1 Sarjeta 218
a) Vazão de projeto 218
b) Capacidade hidráulica teórica do dispositivo 218
c) Capacidade hidráulica admissível do dispositivo 220
d) Comprimento máximo ou crítico 220
8.1.2 Boca coletora 221
a) Boca coletora simples 222
b) Boca coletora com depressão 223
c) Boca coletora com grelha 223
8.1.3 Poços de visita (PV), de inspeção (PI) e de queda 224
8.1.4 Galeria 228
a) Capacidade hidráulica 228
8.1.5 Ala de lançamento 237
a) Escadas Hidráulicas 237
b) Rampas ou canais com blocos 238
c) Tapetes de enrocamento 239
8.2 MACRODRENAGEM 241
8.2.1 Canais e galerias 242

a) Canais abertos 242
b) Galerias de grandes dimensões 244
c) Obras de amortecimento, detenção e retenção 247
9 ALTERNATIVAS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS 254
9.1 SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA (SUDS) 254
9.1.1 Trama verde-azul 258
9.2 CAPACIDADE DE REÚSO 262
9.2.1 Técnicas de reúso de água pluvial 264
a) Legislação Pertinente e padrões de qualidade de potabilidade e reuso 264
b) Tipos de reúso 265
c) Técnicas utilizadas para armazenamento e desinfecção de águas pluviais 266
d) Armazenamento 269
e) Desinfecção das águas pluviais coletadas 269
9.3 CONTROLE NA FONTE 270
9.4 GESTÃO DA MICRODRENAGEM 271
9.4.1 Infiltração na fonte 271
9.4.2 Equipamentos retentores de resíduos sólidos 274
9.5 GESTÃO DA MACRODRENAGEM 278
9.5.1 Bacias de Amortecimento 278
9.5.2 Sistemas de Detenção e Infiltração 278
9.5.3 Parques Lineares 279
9.5.4 Recuperação de matas ciliares e áreas de preservação permanente 282
10 DIRETRIZES E PROPOSIÇÕES 285
10.1 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS 285
10.2 MEDIDAS ESTRUTURAIS 288
10.3 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS 291
10.4 OBJETIVOS, METAS, PROGRAMAS E AÇÕES 293
10.4.1 Objetivo 1 – Mapeamento, digitalização e georreferenciamento do sistema de drenagem municipal 294
10.4.2 Objetivo 2 – Implementar medidas não estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem urbana 296

10.4.3 Objetivo 3 – Implementar medidas estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem urbana 300
10.4.4 Objetivo 4 – Controle das águas pluviais na fonte (lote ou loteamentos) . 303
10.4.5 Objetivo 5 – Implantação da taxa de drenagem 305
10.4.6 Totais dos Programas, Projetos e Ações 307
11 FONTES DE FINANCIAMENTO 308
11.1 RECURSOS ORDINÁRIOS 309
11.2 RECURSOS EXTRAORDINÁRIOS 310
11.2.1 Ação Orçamentária 10SG 310
11.2.2 Os programas de financiamento reembolsáveis 312
a) Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) 312
b) Banco do Brasil (BB) 313
c) Caixa Econômica Federal (CAIXA) 313
d) Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) 313
e) Banco Mundial (*The World Bank*) 313
f) Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) 314
11.2.3 Programas de financiamento não reembolsáveis 314
a) Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) 315
b) Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA) 315
c) Fundo Brasileiro de Educação Ambiental (FunBEA) 315
d) Ministério da Saúde 316
e) Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso (FDD) 317
f) Fundo Nacional de Compensação Ambiental (FNCA) 317
g) Fundo Vale 318
12 MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DAS AÇÕES PROGRAMADAS 319
12.1 INDICADOR DE EXECUÇÃO DO PDDU 326
13 RELATÓRIO DA CONSULTA PÚBLICA 327
13.1 METODOLOGIA 327
13.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES 329
14 RELATÓRIO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA 332
15 DOCUMENTOS LEGAIS 335

15.1 INSTITUCIONALIZAÇÃO 335
15.1.1 Considerações Iniciais 335
REFERÊNCIAS 337
ANEXOS 342
Anexo 1 – Relatório fotográfico das visitas de campo entre 03 e 20 de setembro de 2024, Birigui/SP. 343
Anexo 2 – Levantamento Planialtimétrico – A0, Birigui/SP. 363
Anexo 3 – Cadastramento da Rede de Drenagem Atual, Birigui/SP. 365
Anexo 4 – Contribuições da Consulta Pública. 383
Anexo 5 – Documentos da Audiência Pública. 388
A) Divulgação da Audiência Pública 388
B) Relatório Fotográfico da Audiência Pública 392
C) Lista de Presença da Audiência Pública 397
D) Apresentação de Slides da Audiência Pública 398
Anexo 6 – Minuta de Anteprojeto de Lei do Plano Diretor de Drenagem Urbana, Birigui/SP. 400
CAPÍTULO I 400
DOS OBJETIVOS, DO SISTEMA E DAS DEFINIÇÕES 400
CAPÍTULO II 406
DAS NORMAS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS 406
CAPÍTULO III 415
DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS 415

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Localização e acesso ao município de Birigui/SP. 25
Mapa 2 – Classificação climática de Köppen-Geiger, Birigui/SP.....38
Mapa 3 – Unidades geológicas, Birigui/SP.....44
Mapa 4 – Unidades geomorfológicas, Birigui/SP. 47
Mapa 5 – Estudo hipsométrico, Birigui/SP. 49
Mapa 6 – Estudo das declividades, Birigui/SP. 51
Mapa 7 – Tipos de solo, Birigui/SP. 54
Mapa 8 – Sub-bacias de influência no município de Birigui/SP.....60
Mapa 9 – Rede hidrográfica, Birigui/SP. 62
Mapa 10 – Sistema aquífero, Birigui/SP.....64
Mapa 11 – Classes de uso e cobertura do solo, Birigui/SP.....68
Mapa 12 – Levantamento planialtimétrico (Folha 01), Birigui/SP. 81
Mapa 13 – Levantamento planialtimétrico (Folha 02), Birigui/SP. 82
Mapa 14 – Levantamento planialtimétrico (Folha 03), Birigui/SP. 83
Mapa 15 – Levantamento planialtimétrico (Folha 04), Birigui/SP. 84
Mapa 16 – Levantamento planialtimétrico (Folha 05), Birigui/SP. 85
Mapa 17 – Levantamento planialtimétrico (Folha 06), Birigui/SP. 86
Mapa 18 – Levantamento planialtimétrico (Folha 07), Birigui/SP. 87
Mapa 19 – Levantamento planialtimétrico (Folha 08), Birigui/SP. 88
Mapa 20 – Identificação das microbacias no levantamento planialtimétrico, Birigui/SP. 89
Mapa 21 – Localização dos marcos geodésicos, Birigui/SP. 94
Mapa 22 – Localização dos dispositivos de drenagem levantados em campo, Birigui/SP.....108
Mapa 23 – Áreas suscetíveis a inundação, Birigui/SP. 114
Mapa 24 – Áreas suscetíveis a movimentos de massa, Birigui/SP. 115
Mapa 25 – Pontos críticos, erosões e patologias identificadas no diagnóstico do sistema de drenagem urbana, Birigui/SP. 119
Mapa 26 – Bacias hidrográficas do perímetro municipal, Birigui/SP. 144
Mapa 27 – Microbacias de influência na área urbana de Birigui/SP. 148

Mapa 28 – Hierarquia fluvial dos canais de drenagem das microbacias urbanas, Birigui/SP.....151
Mapa 29 – Áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho e hierarquia fluvial. 154
Mapa 30 – Cobertura do solo nas microbacias urbanas, Birigui/SP.....172
Mapa 31 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego Biriguizinho, Birigui/SP…173
Mapa 32 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego da Estiva, Birigui/SP. 174
Mapa 33 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego do Matadouro, Birigui/SP. 175
Mapa 34 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego Moimaz, Birigui/SP.....176
Mapa 35 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego do Veadinho, Birigui/SP. 177
Mapa 36 – Cobertura do solo da Área de Contribuição, Birigui/SP.....178
Mapa 37 – Cobertura do solo nas áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.....180
Mapa 38 – Áreas para amortecimento, Birigui/SP.....199

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação Climática do IBGE para o Brasil. 39
Figura 2 – Divisão hidrográfica nacional. 55
Figura 3 – Regiões hidrográficas de abrangência no Estado de São Paulo. 57
Figura 4 – UGRHIs do Estado de São Paulo. 58
Figura 5 – UGRHI 19 – Baixo Tietê. 59
Figura 6 – Classes de uso e cobertura do solo no estado de São Paulo. 66
Figura 7 – Organograma organizacional da Secretaria Municipal de Obras de Birigui - SP. 75
Figura 8 – Gradeamento da divisão em folhas cartográficas, Birigui/SP. 80
Figura 9 – Registros de bocas coletoras com presença de resíduos, Birigui/SP. 97
Figura 10 – Registro de bocas coletoras danificadas, obstruídas, com presença de resíduos verdes, de construção, vegetação e sedimentos, Birigui/SP. 98
Figura 11 – Bacia de detenção, Residencial Jacarandá, Birigui/SP. 102
Figura 12 – Bacia de detenção, condomínio Adisa I, Birigui/SP. 103
Figura 13 – Recorte da tabela de atributos da camada de pontos, Birigui/SP. 106
Figura 14 – Av. João Cernach próximo ao nº 999 – condição alagada 118
Figura 15 – Av. João Cernach próximo ao nº 999 – condição normal 118
Figura 16 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e da Piscina – condição alagada 118
Figura 17 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e da Piscina – condição normal 118
Figura 18 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e Nunes – condição alagada 118
Figura 19 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e Nunes – condição normal 118
Figura 20 – Ciclo hidrológico 124
Figura 21 – Processos associados a Drenagem e Qualidade das Águas 127
Figura 22 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K). 193
Figura 23 – Elementos e dimensões do sistema de microdrenagem 200
Figura 24 – Tipos de sarjeta 209
Figura 25 – Exemplo de locação bocas coletoras. 211

Figura 26 – Exemplo de locação de poço de visita e de caixa de ligação. 212
Figura 27 – Composição das seções de escoamento de uma sarjeta. 219
Figura 28 – Fator de redução da capacidade teórica (Vazão) da sarjeta. 220
Figura 29 – Tipos de bocas coletoras. 221
Figura 30 – Modelo de boca coletora com grelha. 224
Figura 31 – Desenhos e tipologias de PV e PI de seção circular 226
Figura 32 – Desenhos e tipologias de PV e PI de seção retangular 227
Figura 33 – Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações. 231
Figura 34 – Canal em concreto - Seção trapezoidal mista. 243
Figura 35 – Canal escavado - Seção mista 243
Figura 36 – Canal em concreto - Seção retangular mista. 244
Figura 37 – Desenho esquemático dos reservatórios *in line* e *off line*. 252
Figura 38– Objetivo dos SUDS. 255
Figura 39 – Exemplo de sistema de captação para reaproveitamento de águas pluviais 266
Figura 40 – Exemplo de equipamento para remoção de sólidos. 267
Figura 41 – Condutores de água pluvial vertical e horizontal 268
Figura 42 – Diferentes dispositivos de detenção e infiltração na fonte. 273
Figura 43 – Poço de infiltração, vala de infiltração, trincheira de infiltração e filtro gramado. 274
Figura 44 – Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos 276
Figura 45 – SCS. 277
Figura 46 – CDS 277
Figura 47 – Áreas de Preservação Permanente - APPs 284
Figura 48 – Técnicas compensatórias e suas segmentações. 288
Figura 49 – Divulgação da Consulta Pública no site da Prefeitura Municipal de Birigui/SP 328
Figura 50 – Divulgação da Consulta Pública no Instagram da Prefeitura Municipal de Birigui/SP 329

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Evolução da população total do Município de Birigui/SP.....27
Tabela 2 – Estrutura etária de Birigui/SP (2013 e 2023). 28
Tabela 3 – Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH. 29
Tabela 4 – Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) por indicador.....29
Tabela 5 – Classificação pela renda domiciliar *per capita* em Birigui/SP. 30
Tabela 6 – Vulnerabilidade social em Birigui/SP. 31
Tabela 7 – Valor da Transformação Industrial (VTI) por setor de atividade em Birigui/SP.....32
Tabela 8 – Produção agropecuária em Birigui/SP.....33
Tabela 9 – Rebanhos em Birigui/SP. 33
Tabela 10 – Dados climatológicos de Brigui-SP.....40
Tabela 11 – Total anual de chuva de 2002 a 2023 do posto C7-028-L, Birigui/SP. ..90
Tabela 12 – Dados das estações geodésicas localizadas em Birigui/SP.....93
Tabela 13 - Listagem dos dispositivos de drenagem levantados. 109
Tabela 14 – Projeção populacional adotada no PMSB de Birigui/SP.....121
Tabela 15 – Projeção populacional da SEADE (habitantes). 122
Tabela 16 – Valores de coeficiente de *run off*. 131
Tabela 17 – Hierarquia fluvial das microbacias urbanas. 152
Tabela 18 – Hierarquia Fluvial das áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho....153
Tabela 19 – Análise morfométrica dos parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias urbanas de Birigui/SP.....161
Tabela 20 – Análise morfométrica dos parâmetros lineares, areais e hipsométricos das áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho.....164
Tabela 21 – Área das classes de uso e cobertura do solo adotadas para as microbacias. 170
Tabela 22 – Área das classes de uso e cobertura do solo adotadas nas áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho.....171
Tabela 23 – Tempo de concentração (Tc) para cada microbacia urbana, Birigui/SP. 183

Tabela 24 – Tempo de concentração (Tc) para cada área de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho. 183
Tabela 25 – Variação do coeficiente de run off. 184
Tabela 26 – Valores do coeficiente de escoamento superficial direto. 185
Tabela 27 – Coeficientes de deflúvio das microbacias urbanas, Birigui/SP. 186
Tabela 28 – Coeficientes de deflúvio das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho. 186
Tabela 29 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as diferentes microbacias estudadas. 188
Tabela 30 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho. 188
Tabela 31 – Parâmetros da equação de intensidade de chuva, Birigui/SP. 191
Tabela 32 – Intensidade da chuva (mm/h) para diferentes tempos de retorno (T), Birigui/SP 191
Tabela 33 – Intensidade da chuva (mm/h) para diferentes tempos de retorno (T). . 191
Tabela 34 – Vazão de projeto das microbacias urbanas, Birigui/SP. 194
Tabela 35 – Vazão de projeto das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho. 195
Tabela 36 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas microbacias estudadas. 197
Tabela 37 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas principais áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho. 197
Tabela 38 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning para sarjetas. 219
Tabela 39 – Espaçamento máximo permitido dos poços de visita. 225
Tabela 40 – Diâmetros e alturas úteis dos módulos de seção circular 226
Tabela 41 – Alturas úteis (mm) dos módulos de seção retangular 227
Tabela 42 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning para galerias de concreto 229
Tabela 43 – Peso específico para diferentes tipos de solo. 234
Tabela 44 – Cargas móveis para trem tipo 45 (450 kN/m). 235
Tabela 45 – Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas da Tabela 44. 235
Tabela 46 – Fator de equivalência para embasamento de tubulações. 236

Tabela 47 – Carga mínima sobre tubulações de concreto para a formação de trincas. 237
Tabela 48 - Totais dos programas, projetos e ações. 307

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Características das regiões hidrográficas.....56
Quadro 2 – Fatores contribuintes para enchentes e inundações. 111
Quadro 3 – Fatores contribuintes para alagamentos. 112
Quadro 4 – Lista de pontos críticos identificados durante a etapa de diagnóstico, Birigui/SP.....117
Quadro 5 – Lista dos parâmetros calculados para a análise morfométrica. 156
Quadro 6 – Classificação do coeficiente de compacidade (Kc).....159
Quadro 7 – Classificação da densidade hidrográfica (Dh). 159
Quadro 8 – Classificação da densidade de drenagem (Dd). 160
Quadro 9 – Normas nacionais e internacionais vigentes. 203
Quadro 10 – Limite de inundação pela classificação de ruas.....208
Quadro 11 – Tipo de sarjeta e declividades referentes 209
Quadro 12 – Tempos de retorno de chuva para galerias pluviais 210
Quadro 13 – Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção. 246
Quadro 14 - Importância relativa de restrições à implantação e à operação das técnicas. 290
Quadro 15 - Possibilidades de uso das técnicas. 291
Quadro 16 - Categorias de medidas não estruturais. 292
Quadro 17 - Síntese do Objetivo 1. 295
Quadro 18 - Síntese do Objetivo 2. 298
Quadro 19 - Síntese do Objetivo 3. 301
Quadro 20 - Síntese do Objetivo 4. 304
Quadro 21 - Síntese do Objetivo 5. 306
Quadro 22 - Acompanhamento do Plano. 322
Quadro 23 - Exemplo de preenchimento do quadro de Acompanhamento. 325
Quadro 24 – Síntese: ações de drenagem em bairros críticos segundo a consulta pública. 331

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Crescimento populacional em Birigui/SP entre 1970 e 2022. 27
Gráfico 2 – Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*.....34
Gráfico 3 – Produto Interno Bruto (PIB) per capita comparativo. 34
Gráfico 4 – Médias mensais de precipitação e temperatura em Birigui - SP.....41
Gráfico 5 – Direção do vento em Birigui/SP. 41
Gráfico 6 – Velocidade média do vento em Birigui/SP. 42
Gráfico 7 – Vazão de projeto das microbacias urbanas, Birigui/SP. 194
Gráfico 8 – Vazão de projeto das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.....196
Gráfico 9 - Totais dos programas, projetos e ações por prazo de execução. 308

APRESENTAÇÃO

Este documento é parte integrante da elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), no município de Birigui/SP, em conformidade com o contrato 11.407/2024. O PDDU é um instrumento de planejamento e gestão que define diretrizes e estratégias para o sistema de drenagem de águas pluviais urbanas, com o objetivo de prevenir ou mitigar os efeitos das inundações, alagamentos e enchentes.

Ele busca o adequado escoamento das águas superficiais e busca minimizar os prejuízos causados por enchentes, inundações e alagamentos. Ele se baseia em princípios fundamentais que visam garantir a eficácia do sistema de drenagem, como o princípio da não transferência dos efeitos da urbanização para outros pontos da bacia hidrográfica, o que implica em um planejamento que considere o impacto das intervenções em toda a área e o princípio do amortecimento das vazões de pico, que pode ser alcançado através da implantação de dispositivos de controle, como reservatórios de detenção.

A elaboração de um PDDU geralmente envolve várias etapas e deve estar alinhado com o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental, analisando as bacias hidrográficas do município, identificando pontos críticos sujeitos a alagamentos e propondo soluções estruturais e não estruturais para o controle das cheias. A integração entre o planejamento urbano e o planejamento da drenagem é essencial para promover um desenvolvimento sustentável da cidade.

A primeira etapa é a análise das bacias hidrográficas, que inclui a simulação dos sistemas de macrodrenagem para diferentes cenários de ocupação do solo, permitindo a identificação dos pontos críticos. Em seguida, propõem-se soluções, que podem ser tanto estruturais (obras de engenharia) quanto não estruturais (regulamentação, educação ambiental etc.), para o controle das enchentes. Por fim, a implementação e o monitoramento das ações propostas são fundamentais para garantir a eficácia do plano, permitindo ajustes conforme necessário.

A seguir, será apresentado o Relatório Final abarcando o levantamento de dados e informações, a consolidação dos dados de estudos básicos, estudos hidrológicos e hidráulicos, diagnóstico e estudo de alternativas, diretrizes e proposições e documentos legais.

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado, somado à falta de planos de expansão e urbanização adequados, são causas de alterações significativas no comportamento das águas nos sistemas das bacias hidrográficas, alterando seu ciclo hidrológico. Estas alterações acarretam em impactos negativos, como o aumento na frequência e magnitude das inundações, alteração na qualidade da água e intensificação de processos erosivos. A impermeabilização do solo e a canalização do escoamento superficial podem elevar as vazões naturais em até sete vezes, o que agrava o problema. Além disso, o lançamento inadequado de resíduos sólidos e poluentes nas redes de drenagem impacta negativamente a qualidade da água dos corpos hídricos.

O planejamento urbano que negligencia ou menospreza um rígido controle do uso e ocupação do solo, a instalação de sistemas de drenagem condizentes com as características da bacia e do regime pluviométrico, e que dá mais valor às ações estruturais ao invés de estruturantes, tende a trazer problemas no que diz respeito à qualidade de vida da população local.

Com relação à drenagem urbana, pode-se dizer que existem duas ações comuns que são fontes de danos socioambientais (PMPA, 2005):

- Os projetos de drenagem urbana têm como filosofia escoar a água precipitada o mais rapidamente possível para jusante. Este critério aumenta em várias ordens de magnitude a vazão máxima, a frequência e o nível de inundação de jusante;
- As áreas ribeirinhas, que o rio utiliza durante os períodos chuvosos, como zona de passagem da inundação, têm sido ocupadas com construções e aterros, reduzindo a capacidade de escoamento. A ocupação destas áreas resulta em prejuízos evidentes quando o rio inunda seu leito maior.

O sistema tradicional de drenagem urbana deve ser considerado como composto por dois sistemas distintos, que necessitam ser planejados e projetados sob critérios diferenciados: o sistema inicial de drenagem, ou microdrenagem, composto pelos pavimentos das ruas, guias, sarjetas, bocas de lobo, rede de galerias de águas

pluviais e, também, canais de pequenas dimensões, dimensionado para o escoamento de vazões de 2 a 10 anos de período de retorno; e o Sistema de Macrodrenagem, constituído, em geral, por canais (abertos ou de contorno fechado) de maiores dimensões, projetados para vazões de 25 a 100 anos de período de retorno (PMSP, 1999).

Além desses dois sistemas tradicionais, cada vez mais, difunde-se o uso de medidas sustentáveis, que buscam o controle do escoamento na fonte através da infiltração ou detenção no próprio lote ou loteamento das águas pluviais, de modo a manter as condições naturais pré-existentes de vazão para um risco definido.

Neste plano, a componente drenagem e manejo de águas pluviais, em sua fase de diagnóstico, pretende analisar os sistemas de microdrenagem, macrodrenagem e de drenagem natural, apontar problemas existentes e potenciais e, além disso, elaborar cartas temáticas com base nos dados secundários e cartografia disponível da região, destacando temas de hidrografia, uso e ocupação dos solos, cobertura vegetal, características dos solos e topografia.

Ainda, através do estudo das microbacias urbanas, será apresentada a identificação das melhores e piores condições de escoamento das microbacias, assim como será estimado o volume de escoamento para cada e exutório, de acordo com os períodos de retorno determinados.

1 LEVANTAMENTO DE DADOS E INFORMAÇÕES

1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSO

Birigui é um município localizado no noroeste do estado de São Paulo, situado a 505 km da capital, e se destaca por sua posição estratégica na região. Com uma área de aproximadamente 530,031 km^2, a cidade faz divisa com os municípios de Araçatuba, Bilac, Coroados, Brejo Alegre e Buritama e está situada a uma altitude de cerca de 411 metros em sua sede, que possui coordenadas geográficas de 21º17'19" sul e 50º20'24" oeste. Conhecida como a "Capital Brasileira do Calçado Infantil", Birigui é famosa por seu forte setor industrial voltado para a produção de calçados (Silva, 2021).

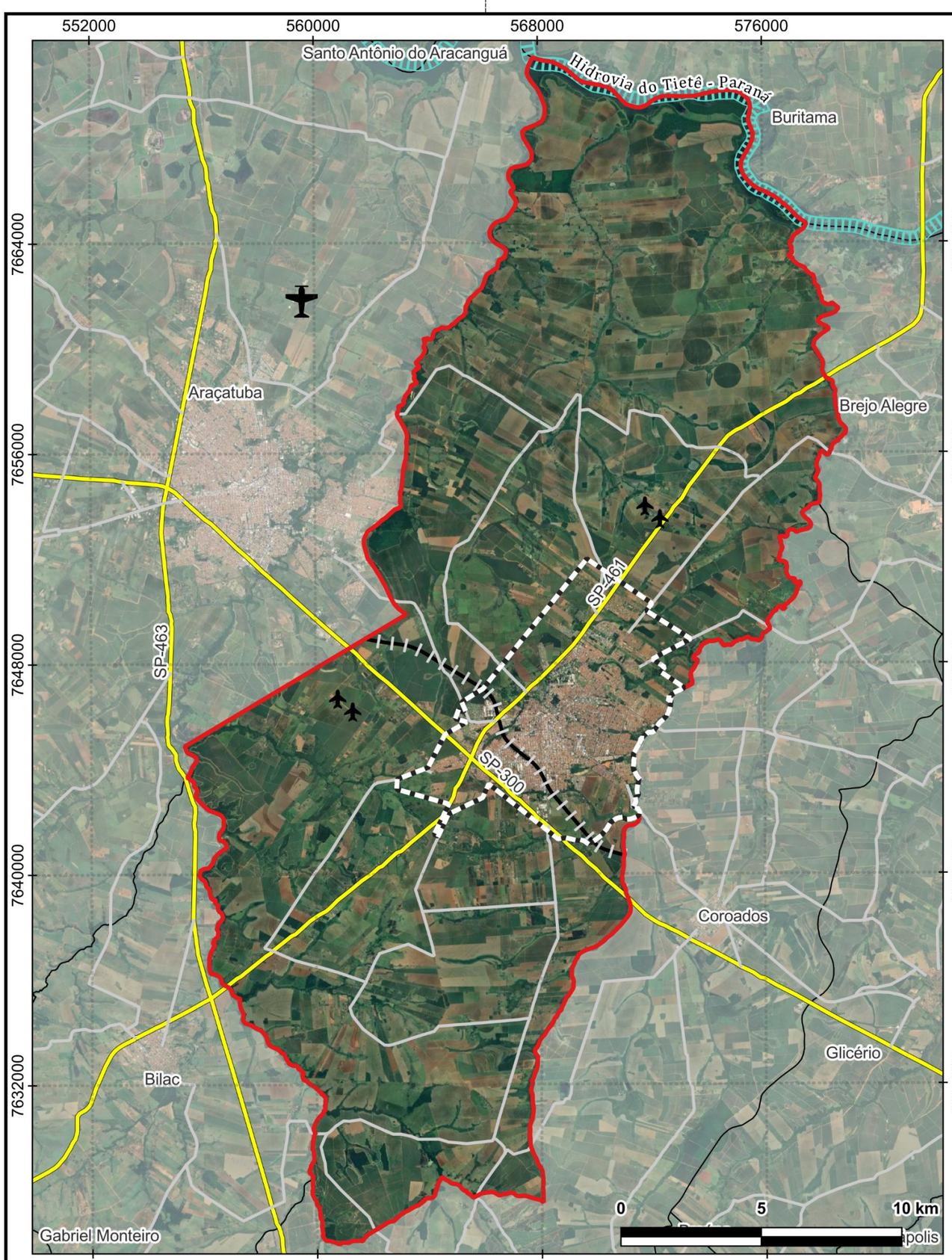
O acesso a Birigui é facilitado por uma rede de rodovias que conecta o município a outras cidades da região e ao estado de São Paulo. A principal via de acesso é a Rodovia Marechal Rondon (SP-300), que é uma das artérias mais importantes da região, permitindo o tráfego de veículos de carga e passageiros e conectando Birigui a cidades como Araçatuba e Bauru. Outra via significativa de acesso ao município é a Rodovia Gabriel Melhado (SP-461), facilitando o deslocamento para outras localidades e contribuindo para o desenvolvimento econômico da região.

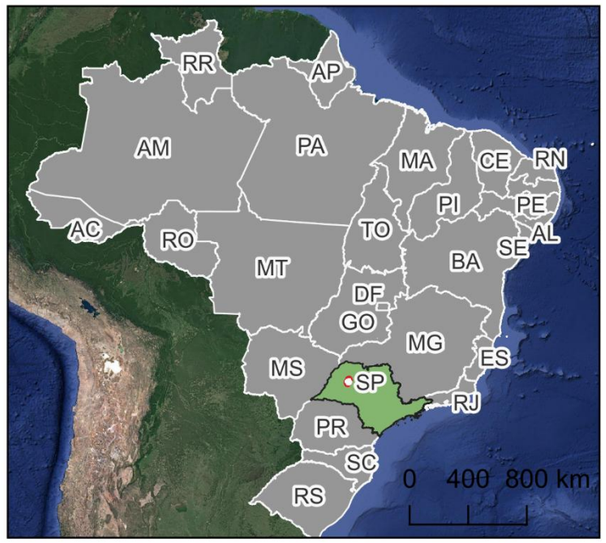
Além das rodovias, Birigui é servida pela Estrada de Ferro Noroeste do Brasil, que historicamente foi essencial para o crescimento da cidade, especialmente durante o início do século XX, quando a ferrovia ajudou a integrar a região ao restante do estado. Essa infraestrutura ferroviária continua a ser uma importante alternativa de transporte, especialmente para o carregamento de produtos industriais.

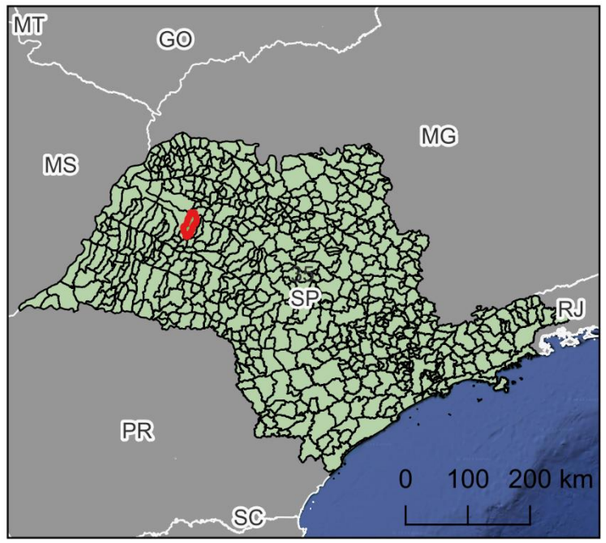
Birigui está localizada a aproximadamente 521 km da capital paulista, São Paulo, o que a torna acessível tanto para viagens curtas quanto para deslocamentos mais longos. O transporte público também é uma opção viável para quem deseja visitar a cidade, com linhas de ônibus que conectam Birigui a várias cidades vizinhas.

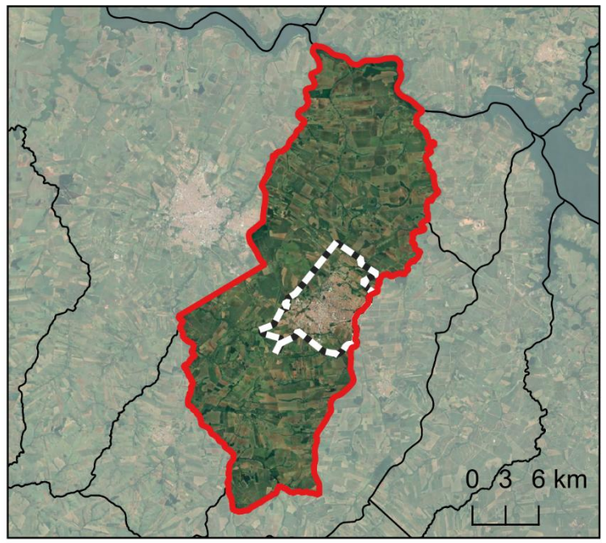
O Mapa 1 ilustra as condições de localização e acesso ao município.

Mapa 1 – Localização e acesso ao município de Birigui/SP.









Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Municípios limítrofes
- Estado de São Paulo
- Unidades da Federação
- Rodovia Estadual
- Ferrovia
- Hidrovia
- Outros trechos rodoviários
- Aeródromos Públicos
- Aeródromos Privados

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

1.2 HISTÓRIA E PATRIMÔNIO

Birigui, município localizado no noroeste do estado de São Paulo, possui uma história rica e um patrimônio cultural significativo que refletem seu desenvolvimento ao longo dos anos. A cidade foi oficialmente fundada em 7 de dezembro de 1911, mas seu crescimento começou a se intensificar a partir de 1912, quando o coronel Manoel Bento da Cruz, proprietário de terras na região, implementou um plano de povoamento que se tornaria uma das principais forças do progresso local.

O nome "Cidade Pérola" foi atribuído a Birigui em 1934, após a visita de um jornalista de São Paulo que, ao escrever uma crônica em homenagem ao Senhor Roberto Clark, um dos fundadores, descreveu a cidade como "desta Pérola da Zona Noroeste". Essa expressão acabou se popularizando, contribuindo para que Birigui fosse reconhecida nacionalmente e no exterior como a "Capital Brasileira do Calçado Infantil", devido ao crescimento da indústria de calçados que se estabeleceu na região.

Nos primeiros anos de sua formação, Birigui viu o desenvolvimento da cafeicultura nas fazendas Água Branca e Silvares, o que impulsionou a economia local. Além disso, a instalação de serviços de telégrafo e telefone entre 1914 e 1917 foi um marco importante para a comunicação e infraestrutura da cidade, que clamava por sua emancipação política. Em 1919, uma comissão liderada por cidadãos locais foi formada para tratar da emancipação política da cidade com o coronel Manoel Bento da Cruz. Naquele período, Birigui já contava com energia elétrica fornecida pela Companhia de Força e Luz, o que era um indicativo do progresso da cidade.

A emancipação política de Birigui foi finalmente concretizada em 8 de dezembro de 1921, quando a cidade se tornou oficialmente um município. Desde então, Birigui tem se destacado não apenas pela sua produção de calçados, mas também pela sua cultura e tradições que refletem a diversidade de sua população.

O patrimônio histórico de Birigui é evidenciado por suas construções, como a Igreja Matriz de São João Batista, que remete à época de sua fundação, e outros edifícios que compõem o centro histórico da cidade. A presença da indústria de calçados não apenas moldou a economia local, mas também influenciou a cultura e a identidade da população biriguiense, que se orgulha de seu legado industrial e cultural.

1.3 ASPECTOS SOCIAIS E DEMOGRÁFICOS

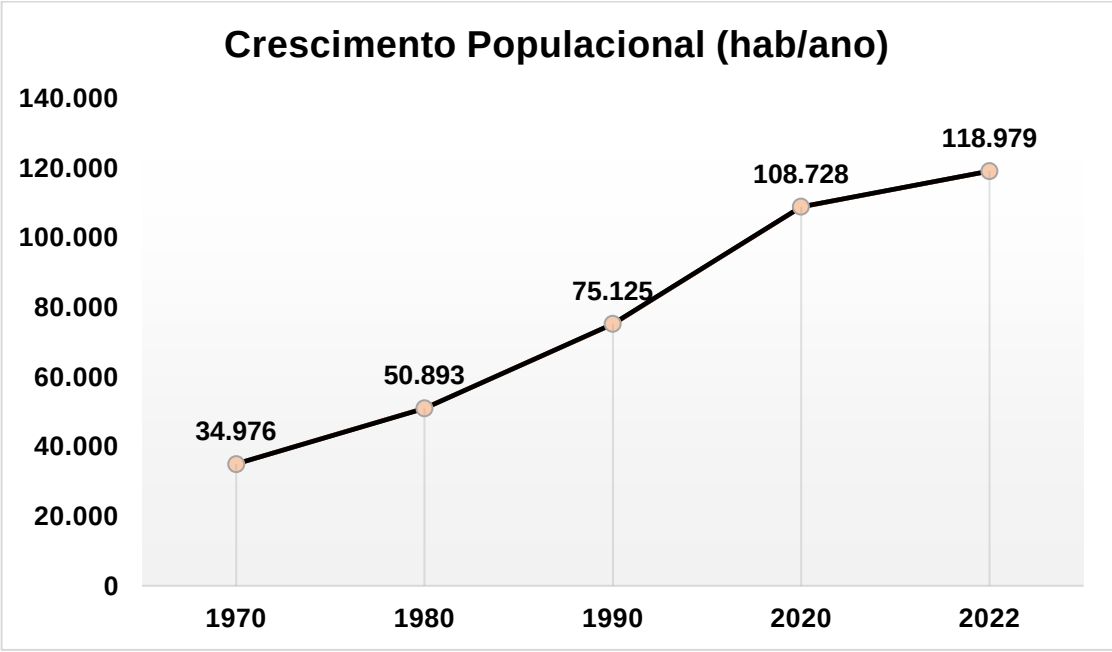
O município de Birigui apresentou, em 2022, uma população total de 118.979 habitantes e uma densidade demográfica de 224,48 hab/km^2 de acordo com o último censo demográfico do IBGE (2022). É um município em que se observou uma tendência de crescimento populacional, demonstrado por meio dos dados do IBGE, utilizados para realizar o estudo da evolução da população total do município. Os valores na Tabela 1 e Gráfico 1 apresentam os dados de população do município, entre 1970 e 2022.

Tabela 1 – Evolução da população total do Município de Birigui/SP.

Ano	População (habitantes)
1970	34.976
1980	50.893
1991	75.125
2000	94.300
2010	108.728
2022	118.979

Fonte: IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 1 – Crescimento populacional em Birigui/SP entre 1970 e 2022.



Fonte: IBGE, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Quanto ao número de habitantes em áreas urbanas e rurais, ainda não foram divulgadas as informações para o município de acordo com o último censo do IBGE. Contudo, dados de 2021 do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SINISA), indicam que, no município, a concentração de população urbana era predominante, sendo correspondente a 122,336 habitantes (taxa de urbanização de 97,02%) e a rural a 3.758 habitantes (2,98%).

Em 2022, a população de Birigui mostrou uma ligeira predominância de mulheres em relação aos homens, com 51,6% e 48,4%, respectivamente. Dos 118.979 habitantes do município naquele ano, 61.435 eram mulheres e 57.544 eram homens.

A estrutura etária da população, resultado da combinação de fecundidade, mortalidade e migração, gera diferentes demandas por serviços públicos para atender às necessidades básicas da população. A estrutura etária da população em Birigui, nos anos de 2013 e 2023, de acordo com dados da Fundação SEADE - Sistema Estadual de Análise de Dados (2023), é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Estrutura etária de Birigui/SP (2013 e 2023).

Estrutura Etária	População (2013)	% do total (2013)	População (2023)	% do total (2023)
Menor de 15 anos	21.159	18,96	20.670	17,30
15 a 64 anos	79.834	71,54	83.228	69,65
65 anos ou mais	10.603	9,50	15.598	13,05
Razão de dependência*	39,78	-	43,57	-
Índice de envelhecimento*	50,11	-	75,46	-

Razão de Dependência: [(população ≥ 65 anos + população < 15 anos) / população ativa] * 100
Índice de Envelhecimento: (população ≥ 65 anos / população < 15 anos) * 100

Fonte: Fundação SEADE (2023). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) visa avaliar a qualidade do desenvolvimento humano com base em três indicadores: longevidade, renda e educação. O Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) estabelece que o valor desse índice varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, melhor é a qualidade do desenvolvimento, e quanto mais próximo de 0, pior é o desenvolvimento.

A Tabela 3 apresenta a série histórica do IDH para o estado de São Paulo e os municípios de São Paulo e Birigui, com base no censo de 2010. O município de São

Paulo é incluído na tabela por ter mantido o melhor Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) do estado por mais tempo, servindo como referência para comparação com Birigui. Observa-se um significativo avanço na qualidade, com o IDHM do município aumentando de 0,569 para 0,780.

Tabela 3 – Série histórica do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH.

Ano	IDH São Paulo - UF	IDHM São Paulo	IDHM Birigui
1991	0,578	0,626	0,569
2000	0,702	0,733	0,703
2010	0,783	0,805	0,780

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na Tabela 4 é apresentada a evolução do IDHM de Birigui durante os censos realizados pelo IBGE nos anos de 1991, 2000 e 2010 para cada indicador.

Tabela 4 – Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) por indicador.

IDHM Birigui	1991	2000	2010
IDHM Renda	0,683	0,726	0,743
IDHM Educação	0,366	0,605	0,734
IDHM Longevidade	0,737	0,791	0,869

Fonte: IBGE, 2010. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Pôde-se observar que a dimensão que mais contribuiu para o IDHM 2010 do município foi longevidade, seguido pela renda e por último a educação.

1.4 ASPECTOS ECONÔMICOS

1.4.1 Renda

Através de pesquisas minuciosas e abrangentes, o IBGE fornece dados essenciais sobre a dinâmica socioeconômica do país, oferecendo uma base sólida para compreender as tendências, desigualdades e mudanças que influenciam o mercado de trabalho e a distribuição de renda.

Analisando as informações do Atlas do Desenvolvimento Humano, os dados de renda *per capita* mensal nos anos 2000 e 2010 indicam um aumento na renda do município. Em 2000, a renda *per capita* mensal era de R$ 734,4, aumentando para R$ 812,51 em 2010 (para convertê-los para preços de fevereiro de 2020, multiplicar por 1,71765 - variação do IPCA).

O Atlas classifica a população mais vulnerável dos municípios em extremamente pobres, pobres e vulneráveis à pobreza, com base na renda domiciliar *per capita* mensal (valores em 01 de agosto de 2010). A Tabela 16 apresenta as proporções para cada classe em Birigui.

Tabela 5 – Classificação pela renda domiciliar *per capita* em Birigui/SP.

Categoria	Extremamente pobre	Pobre	Vulneráveis a pobreza
Renda *per capita*	< R$ 70,00	< R$ 140,00	< R$ 255,00
Proporção em 2000	0,50%	5,41%	20,40%
Proporção em 2010	0,35%	2,24%	9,91%

Fonte: Censo Demográfico (2000; 2010). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Analisando os dados do Cadastro Único (CadÚnico) do Governo Federal, a proporção de pessoas extremamente pobres (com renda familiar per capita mensal inferior a R$ 70,00), inscritas no CadÚnico e beneficiárias do Bolsa Família, aumentou de 1,55% em 2014 para 12,12% em 2017. A proporção de pessoas pobres (com renda familiar per capita mensal inferior a R$ 140,00), também inscritas no cadastro e beneficiárias do Bolsa Família, aumentou de 12,89% em 2014 para 39,88% em 2017. Por fim, a proporção de pessoas vulneráveis à pobreza (com renda familiar per capita mensal inferior a R$ 255,00), inscritas no cadastro e beneficiárias do Bolsa Família, aumentou de 18,16% em 2014 para 63,61% em 2017.

No que se refere ao índice de desigualdade, o Gini é uma das métricas de disparidade de renda presentes no Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Seu valor varia de 0 a 1, em que um valor mais alto indica uma maior desigualdade de renda. No caso de Birigui, o índice Gini passou de 0,52 em 2000 para 0,42 em 2010, evidenciando uma diminuição na desigualdade de renda ao longo desse período.

1.4.2 Vulnerabilidade Social

O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) é um indicador que oferece uma análise detalhada das condições de vida de todas as camadas socioeconômicas do país, identificando aquelas que estão em situação de vulnerabilidade e risco social. A Vulnerabilidade Social refere-se à susceptibilidade à pobreza e é calculada utilizando variáveis relacionadas à renda, educação, emprego e habitação de indivíduos e famílias em situação vulnerável. No contexto de Birigui, os resultados dessas quatro dimensões de indicadores podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 6 – Vulnerabilidade social em Birigui/SP.

	Indicadores	Ano 2000	Ano 2010
Crianças e Jovens	% de crianças de 0 a 5 anos de idade que não frequentam a escola	75,26	43,00
	% de 15 a 24 anos de idade que não estudam nem trabalham em domicílios vulneráveis à pobreza	5,90	2,49
	% de crianças com até 14 anos de idade extremamente pobres	0,87	0,78
Adultos	% de pessoas de 18 anos ou mais sem ensino fundamental completo e em ocupação informal	34,64	25,81
	% de mães chefes de família, sem fundamental completo e com pelo menos um filho menor de 15 anos de idade	8,60	10,82
	% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e dependentes de idosos	1,22	0,76
	% de pessoas em domicílios vulneráveis à pobreza e que gastam mais de uma hora até o trabalho	-	0,08
Condição de Moradia	% da população que vivem em domicílios com banheiro e água encanada	98,30	99,29

Fonte: Censo Demográfico (2000; 2010). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A situação da vulnerabilidade social no município pode ser analisada pela dinâmica de alguns indicadores:

- Entre 2000 e 2010, ocorreu uma redução no percentual de crianças extremamente pobres, que passou de 0,87% para 0,78%.

- Houve um aumento representativo de mães chefes de família com ensino fundamental incompleto e com filhos menores de 15 anos, de 8,60% para 10,82%.
- Redução no percentual de indivíduos entre 15 e 24 anos que não estudam nem trabalham e que estão vulneráveis à pobreza, reduzindo de 5,90% para 2,49%.
- Aumento no percentual da população em residências com acesso a banheiro e água encanada no município. Em 2000, o percentual era de 98,30% e, em 2010, o indicador registrou 99,29%.

1.4.3 Atividades Econômicas

Conforme os indicadores municipais referentes ao Censo Agropecuário de 2017, o município possuía 650 estabelecimentos agropecuários, abrangendo uma extensão total de 44.323 hectares.

Informações referentes a economia disponibilizados pela Fundação SEADE (2021; 2022), mais especificamente sobre Valor da Transformação Industrial (VTI) por setor de atividade, produção agropecuária e rebanhos são apresentadas na Tabela 7, Tabela 8 e Tabela 9 respectivamente.

Tabela 7 – Valor da Transformação Industrial (VTI) por setor de atividade em Birigui/SP.

Setor do VTI	VTI (Mil R$)	VTI (%)
Couros e artefatos de couro	380.977	46,87
Maquinas, aparelhos e materiais elétricos	131.420	16,17
Máquinas e equipamentos	68.448	8,42
Celulose e produtos de papel	49.257	6,06
Outros equipamentos de transporte	41.766	5,14
Vestuário e acessórios	38.574	4,75
Produtos alimentícios	26.922	3,31
Móveis	23.010	2,83
Impressão e reprodução de gravações	15.368	1,89
Produtos de metal	14.095	1,73
Bebidas	9.148	1,13
Produtos químicos	6.236	0,77
Borracha e material plástico	4.438	0,55
Minerais não-metálicos	1.789	0,22
Produtos têxteis	1.390	0,17

Fonte: Fundação SEADE, IBGE (2021). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 8 – Produção agropecuária em Birigui/SP.

Produto Agrícola	Produção (R$)	Produção (%)
Soja (em grão)	125.375.000	32,76
Cana-de-açúcar	121.908.000	31,86
Sorgo (em grão)	46.800.000	12,23
Milho (em grão)	41.139.000	10,75
Leite	37.220.000	9,73
Ovos de Galinha	5.077.000	1,33
Borracha (látex coagulado)	2.932.000	0,77
Café (em grão) Arábica	2.240.000	0,59

Fonte: Fundação SEADE, IBGE (2022). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 9 – Rebanhos em Birigui/SP.

Produto Agrícola	Cabeça	Cabeça (%)
Galináceos	61.813	56,94
Bovino	43.607	40,17
Equino	1.213	1,12
Ovino	860	0,79
Suíno (total)	813	0,75
Suíno (matrizes de suínos)	148	0,14
Bubalino	91	0,08
Caprino	10	0,01

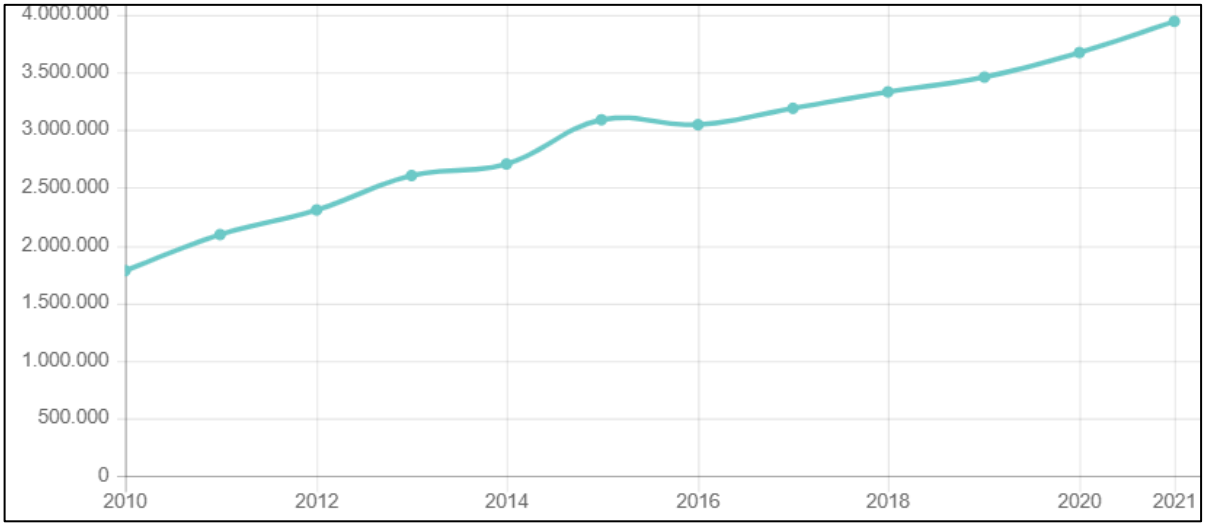
Fonte: Fundação SEADE, IBGE (2022). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.4.4 Produto Interno Bruto (PIB)

O Produto Interno Bruto (PIB) é a soma em valores monetários de todos os bens e serviços finais produzidos em uma determinada região durante um período específico. Amplamente utilizado na macroeconomia, o PIB é um indicador fundamental para mensurar a atividade econômica de uma região. No entanto ele é apenas um indicador síntese, pois embora forneça uma visão geral da economia de um país, estado ou cidade, o PIB não reflete aspectos importantes como distribuição de renda, qualidade de vida, educação e saúde. É possível que um país com um PIB relativamente baixo tenha um alto padrão de vida, enquanto outro com um PIB elevado apresente um padrão de vida mais modesto.

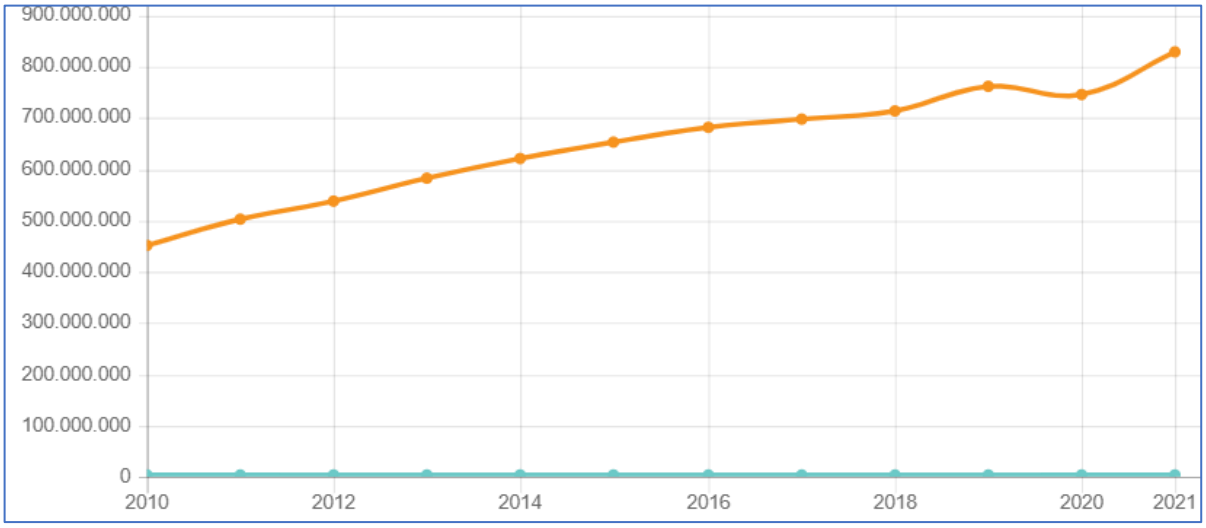
Segundo dados do IBGE de 2021, o PIB *per capita* de Birigui era de R$ 3.947.388,40, enquanto na capital São Paulo esse valor era de R$ 828.890.607,73, fornecendo uma base de comparação entre os dois locais. O Gráfico 2 ilustra a evolução do PIB de Birigui ao longo dos anos de 2011 a 2021, oferecendo uma representação visual da dinâmica econômica do município e no Gráfico 3 um comparativo com a capital do estado.

Gráfico 2 – Produto Interno Bruto (PIB) *per capita*.



Fonte: IBGE, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 3 – Produto Interno Bruto (PIB) per capita comparativo.



Fonte: IBGE, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Na classificação estadual, Birigui encontrava-se na 645ª posição do *ranking* em 2021.

1.5 ASPECTOS DE SANEAMENTO

O município de Birigui, localizado no noroeste do estado de São Paulo, apresenta um sistema de infraestrutura urbana que abrange o abastecimento de água, esgotamento sanitário, gestão de resíduos sólidos e drenagem urbana, todos essenciais para a qualidade de vida de seus habitantes e para o desenvolvimento sustentável da cidade, todos os pontos são de responsabilidade da Administração Pública, ou seja, Prefeitura Municipal de Birigui (PMB). O Plano de Saneamento Básico foi estabelecido em 2016, com a elaboração do documento sendo coordenada pela Prefeitura Municipal e a empresa PROJEC Projetos e Consultoria Ltda e é fundamentado na Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e foi elaborado com a participação da comunidade, refletindo as necessidades e expectativas dos cidadãos.

1.5.1 Abastecimento de Água

Birigui conta com um sistema de abastecimento de água que atende 100% da população urbana, o que é significativamente superior à média do estado de São Paulo (96,6%) e do Brasil (84,2%) (Instituto Água e Saneamento, 2022). A captação é realizada por meio de poços profundos que exploram aquíferos subterrâneos, garantindo a oferta de água potável. O consumo médio *per capita* na cidade é de aproximadamente 186,32 litros por dia, superior à média nacional, e o preço do metro cúbico de água é consideravelmente mais baixo do que a média do país, o que torna o serviço acessível à população (Instituto Água e Saneamento, 2022).

Contudo, é importante ressaltar que cerca de 37% da água captada se perde na rede de distribuição, o que indica a necessidade de investimentos em manutenção e modernização da infraestrutura para reduzir essas perdas. O plano prevê investimentos para a modernização da infraestrutura, visando reduzir as perdas na rede de distribuição e melhorar a eficiência do sistema.

1.5.2 Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário de Birigui é um dos mais eficientes do estado, com 98,71% da população atendida por sistemas de coleta e 100% do esgoto coletado é tratado. A cidade possui uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) que processa todos os dejetos coletados, garantindo que não haja lançamento de esgoto *in natura* em corpos d'água, o que é fundamental para a preservação ambiental e a saúde pública (Instituto Água e Saneamento, 2022). Em comparação, a média de esgotamento sanitário no estado de São Paulo é de 92,18%, enquanto a média nacional é de 66,95% (Instituto Água e Saneamento, 2022). Essa infraestrutura não apenas atende às demandas locais, mas também se alinha às diretrizes de saneamento básico estabelecidas pelo governo federal. O plano propõe a continuidade dos investimentos na ampliação e manutenção desse sistema, assegurando que os padrões de qualidade sejam mantidos.

1.5.3 Gestão de Resíduos Sólidos

A gestão de resíduos sólidos em Birigui enfrenta desafios, especialmente em relação à coleta e destinação final dos resíduos. Atualmente, apenas 33,31% da população é atendida por serviços de coleta de resíduos domiciliares, o que é inferior à média estadual e nacional. A coleta seletiva, embora existente, ainda não é amplamente implantada, e a cidade coleta cerca de 2,04 kg de resíduos por habitante por dia (Instituto Água e Saneamento, 2022). O município tem buscado melhorar a gestão de resíduos através de um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, que visa articular ações para aumentar a eficiência da coleta e promover a reciclagem. O plano prevê a implementação de um Programa de Coleta Seletiva e a promoção de campanhas de educação ambiental para aumentar a conscientização da população sobre a importância da reciclagem e do descarte adequado.

1.5.4 Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

A drenagem urbana em Birigui é um aspecto importante para a prevenção de alagamentos e a gestão das águas pluviais. A cidade enfrenta desafios relacionados

à impermeabilização do solo e ao aumento das áreas urbanizadas, que podem intensificar o escoamento superficial durante as chuvas, apesar de apresentar um Guia de Arborização Urbana, apresentado pela Prefeitura (2017 – 2020), que se seguido corretamente, poderia facilitar a permeabilização do solo.

A implementação de um sistema de drenagem eficiente é fundamental para garantir a resiliência da cidade frente às mudanças climáticas e às variabilidades climáticas, que podem aumentar a frequência e a intensidade das chuvas. Além disso, a educação da população sobre a importância da conservação e do manejo adequado das águas pluviais é essencial para o sucesso das políticas de drenagem urbana. O município ainda não possui um plano diretor de DMAPU (Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas), responsabilidade da Secretaria de Obras do município.

1.6 ASPECTOS AMBIENTAIS – MEIO ABIÓTICO

1.6.1 Clima

A classificação climática é uma tentativa de reunir o maior número de elementos possíveis que possam caracterizar os diferentes climas existentes em grupos distantes como, por exemplo: temperatura, precipitação, radiação e vento. É feita a partir de zonas, como as zonas polares, temperadas, tropical, subtropical e equatorial.

O sistema de classificação mais utilizado na climatologia, ecologia e geografia é o de Köppen–Geiger, que é uma classificação genérica lançado pela primeira vez no ano de 1900. De acordo com essa classificação, a área em estudo está localizada nas zonas **Aw** (Mapa 2) tipos climáticos definidos como:

> "**Aw** - Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18ºC. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1.800 mm (Antunes, 1986).

Mapa 2 – Classificação climática de Köppen-Geiger, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Classificação Climática

- Aw

Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Zacarias
Brejo Alegre
Araçatuba
Guararapes
Glicério
Coroados
Penápolis
Bilac
Gabriel Monteiro
Braúna

546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

0 5 10 km

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) utiliza uma classificação climática específica para o Brasil. Nela, o país é dividido em 5 diferentes zonas climáticas: i) Equatorial, ii) Tropical Zona Equatorial, iii) Tropical Nordeste Oriental, iv) Tropical Brasil Central e v) Temperado (Figura 1).

Figura 1 – Classificação Climática do IBGE para o Brasil.



Fonte: IBGE, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A área em estudo, de acordo com essa classificação, é caracterizada como Tropical Brasil Central. Esse clima abrange áreas no centro do Brasil, incluindo o Sudeste, o centro-oeste e parte do nordeste. Os verões são caracterizados por chuvas

frequentes, enquanto no inverno há pouca precipitação e episódios de estiagem. As temperaturas médias variam de 20°C a 28°C ao longo do ano. Durante o inverno, a influência de massas de ar polar do Sul pode resultar em frentes frias e quedas de temperatura, levando a períodos prolongados de frio.

Em Birigui, as condições climáticas são classificadas como suaves e moderadas, seguindo a característica típica de clima subtropical úmido. O verão apresenta uma maior incidência de chuvas em relação ao inverno, com os meses de dezembro, janeiro e fevereiro sendo os mais chuvosos. As temperaturas variam em média de 15°C (mínima) a 31°C (máxima), resultando em uma temperatura média anual de 25°C. Os índices de pluviosidade variam entre 1.000 e 1.500 mm por ano, o volume médio de precipitação anual atinge cerca 1.267 mm, conforme registros meteorológicos.

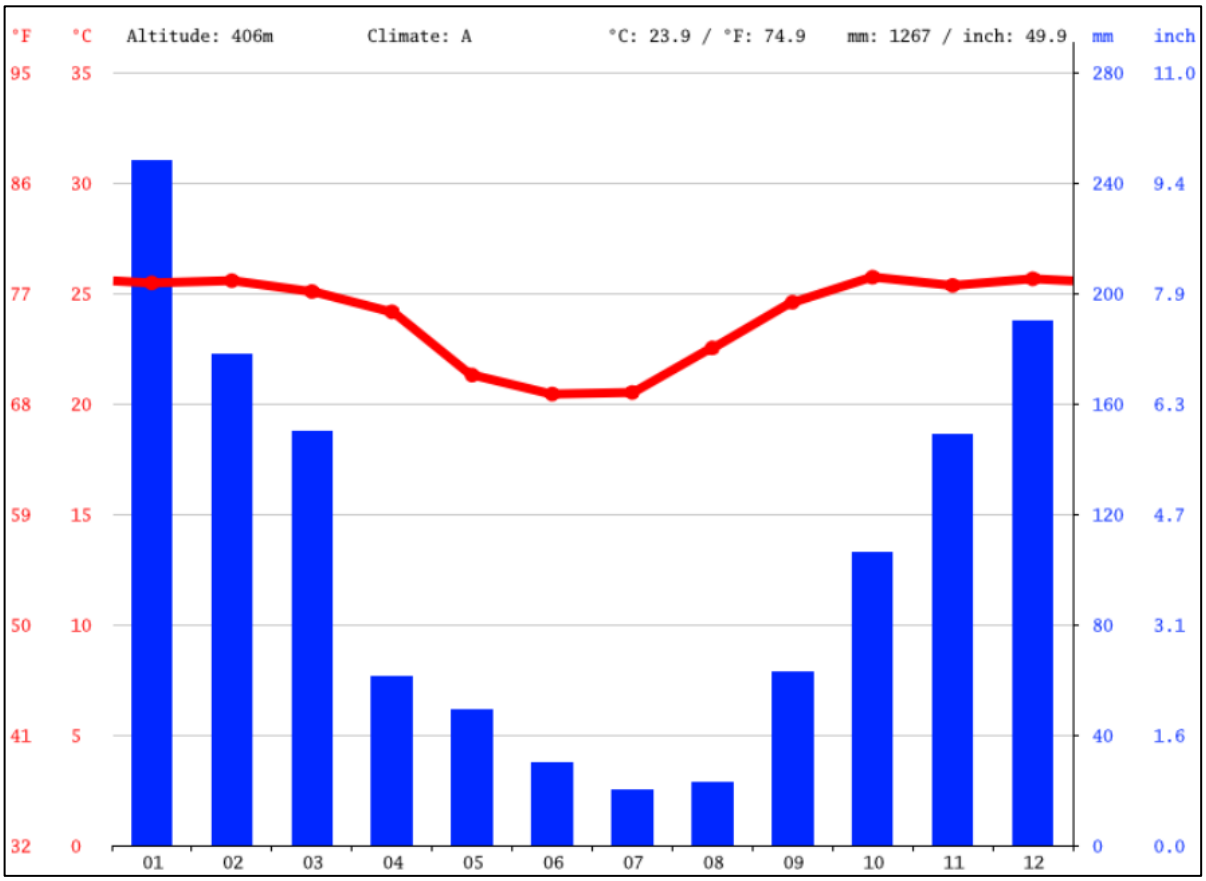
Os dados que representam o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano estão apresentados na Tabela 10 e no Gráfico 4, com base nos dados do Climate-Data.

Tabela 10 – Dados climatológicos de Brigui-SP

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Temperatura média (°C)	25,5	25,6	25,1	24,2	21,3	20,4	20,5	22,2	24,6	25,7	2,3	26,6
Temperatura mínima (°C)	22,2	22,2	21,7	20,1	16,8	15,7	15,3	16,6	18,9	20,8	21,3	22,1
Temperatura máxima (°C)	29,4	29,7	29,	28,9	26,5	26,2	26,7	29,3	30,9	31,3	30,1	29,9
Chuva (mm)	248	178	150	61	49	30	20	23	63	106	149	190
Umidade (%)	78%	78%	78%	70%	67%	66%	60%	49%	52%	60%	68%	75%
Dias chuvosos	16	14	13	6	4	2	2	2	5	9	12	15
Horas de sol (h)	9.0	9.3	8.7	9.1	8.8	8.9	9.2	9.8	9.9	10.0	9.6	9.3

Fonte: Climate-Data, (1991 – 2021). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

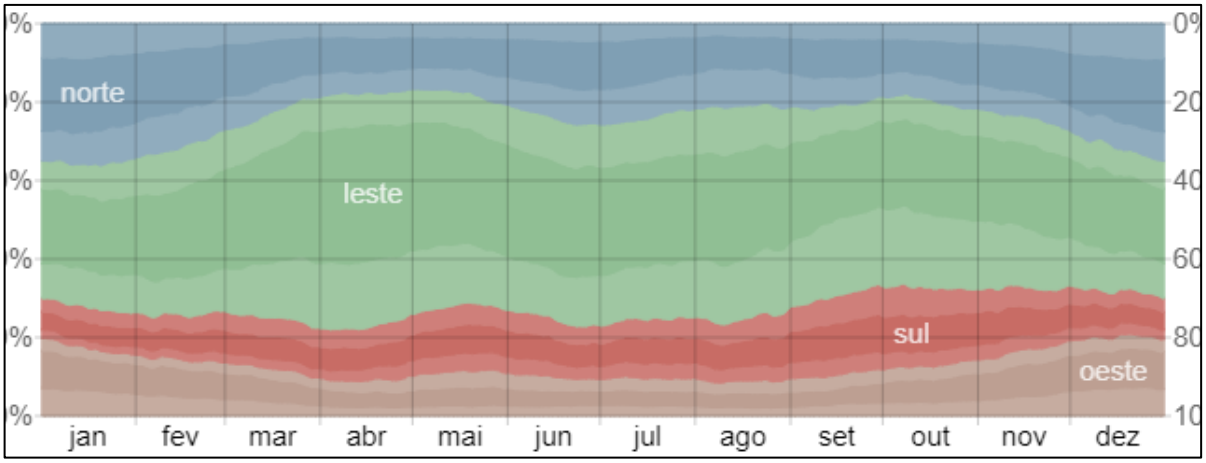
Gráfico 4 – Médias mensais de precipitação e temperatura em Birigui - SP.



Fonte: Climate-Data, (1991 – 2021). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

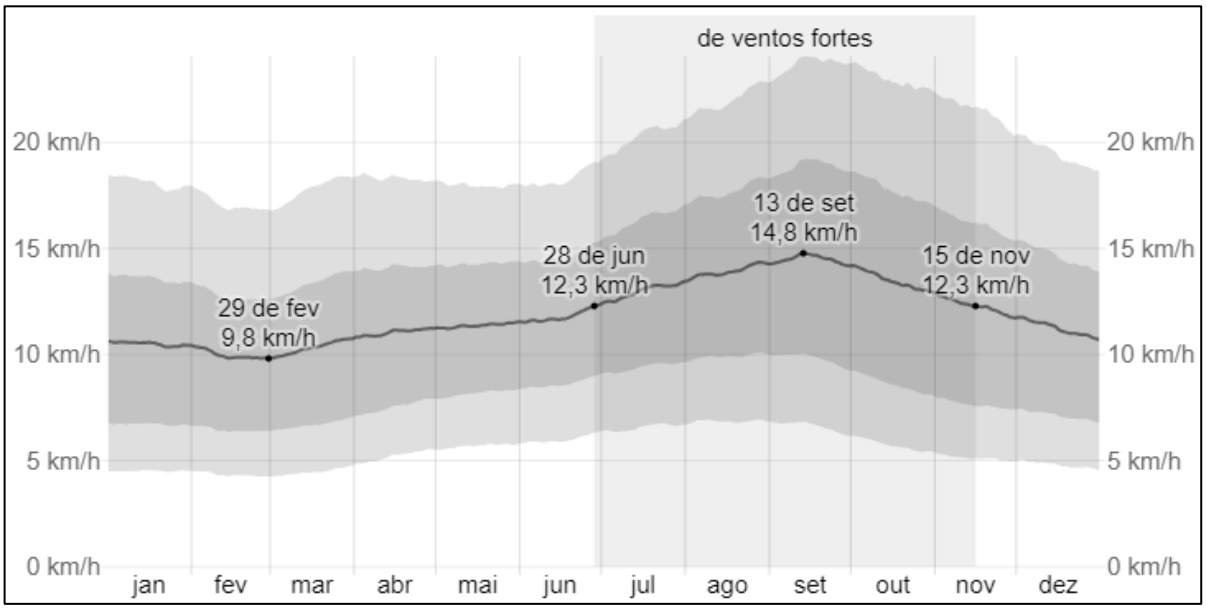
O Gráfico 5 e o Gráfico 6 mostram a direção do vento e a velocidade média em Birigui.

Gráfico 5 – Direção do vento em Birigui/SP.



Fonte: Weatherspark. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 6 – Velocidade média do vento em Birigui/SP.



Fonte: Weatherspark. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

1.6.2 Geologia

A região em estudo contempla uma diversidade geológica considerável. O mapeamento, apontou para a existência de três unidades geológicas, que remontam às eras Farenozóicas e Cenozóicas, sendo elas: Unidade Araçatuba, Unidade Terraços Holocênicos e Unidade Vale do Rio Peixe, as três compõem a Bacia Bauru, localizada no sudoeste do estado de São Paulo

A Unidade Araçatuba é composta predominantemente por sedimentos aluviais, que são depósitos de origem fluvial e ocorre na parte oriental da Bacia Bauru, sendo contemporânea e em parte recoberta pela Formação Vale do Rio do Peixe. Seus depósitos são caracterizados por paleoambientes lacustres e palustres, com a presença de lamitos maciços, siltitos e arenitos finos, de coloração cinza-esverdeada a amarelada.

Seus sedimentos, geralmente arenosos e argilosos, apresentam boa permeabilidade, permitindo a infiltração da água no solo. Esta característica é relevante para a drenagem, pois áreas com alta permeabilidade tendem a ter menor escoamento superficial e, consequentemente, menor risco de alagamentos. No entanto, a presença de camadas argilosas pode reduzir a infiltração, formando lençóis freáticos superficiais que podem contribuir para alagamentos em períodos de chuvas intensas.

Ao longo das margens do Rio do Peixe e de alguns de seus principais afluentes, ocorrem depósitos de Terraços Aluviais, reunidos na chamada Aloformação Rio do Peixe. Os Terraços Holocênicos são formados por depósitos recentes de sedimentos trazidos pelos rios durante o Holoceno. Esses depósitos são compostos por areias friáveis, maciças ou com estratificações acanaladas de pequeno porte, que gradam para areias cascalhentas e bancos de cascalho, com seixos bem arredondados de quartzito, basalto, gnaisses e xistos. Intercalam-se a essas fácies, bancos de lamitos acinzentados, ricos em restos vegetais.

Os sedimentos, que variam de areias a siltes, apresentam permeabilidade intermediária. A principal preocupação em áreas com Terraços Holocênicos é a estabilidade das margens dos rios e a susceptibilidade a processos erosivos. A erosão pode causar o assoreamento dos cursos d'água, reduzindo a capacidade de escoamento e aumentando o risco de inundações. Estratégias de manejo nessas áreas devem focar na estabilização das margens dos rios e na prevenção do assoreamento, além de promover a revegetação com espécies nativas para aumentar a estabilidade do solo.

A Formação Vale do Rio do Peixe é a unidade de maior extensão aflorante na parte leste da Bacia Bauru, constituindo o substrato atual de grande parte da região oeste de São Paulo e do Triângulo Mineiro. Possui espessura preservada da ordem de 100 metros.

A Unidade Vale do Rio Peixe é caracterizada por um vale fluvial com sedimentos predominantemente argilosos, com algumas áreas de depósitos arenosos composta por arenitos de coloração marrom-avermelhada a amarelada, com estratificação cruzada de médio a grande porte, limitados por superfícies de truncamento de segunda ordem.

As áreas argilosas têm baixa permeabilidade, o que favorece o escoamento superficial e aumenta o risco de inundações. Além disso, a topografia mais plana do vale pode contribuir para a acumulação de água, formando áreas propensas a alagamentos. Para a drenagem dessas áreas, é importante implementar sistemas de drenagem que aumentem a capacidade de escoamento, como canais e diques, além de melhorar a infraestrutura de drenagem urbana para evitar a saturação do solo e a formação de pontos de alagamento.

O Mapa 3 apresenta a descrição das unidades presentes na área.

Mapa 3 – Unidades geológicas, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Unidades Geológicas

- Araçatuba
- Terraços Holocênicos
- Vale do Rio do Peixe
- Corpo d'água continental

Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Zacarias
Brejo Alegre
Araçatuba
Guararapes
Glicério
Coroados
Penápolis
Bilac
Gabriel Monteiro
Braúna

546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

0 5 10 km

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

1.6.3 Geomorfologia

O município de Birigui, localizado na Bacia do Baixo Tietê, apresenta uma geomorfologia distinta, caracterizada principalmente pelos Planaltos Rebaixados do Rio Tietê e pelas Planícies e Terraços Fluviais. Essas unidades geomorfológicas são moldadas por processos geológicos e hidrológicos que influenciam a drenagem e a forma do relevo local.

Os Planaltos Rebaixados do Rio Tietê são áreas elevadas que sofreram erosão, resultando em uma superfície relativamente plana, mas com algumas ondulações. Essas áreas estão situadas em altitudes que variam entre 500 e 600 metros, apresentando um relevo suavemente ondulado, com vales profundos e encostas íngremes.

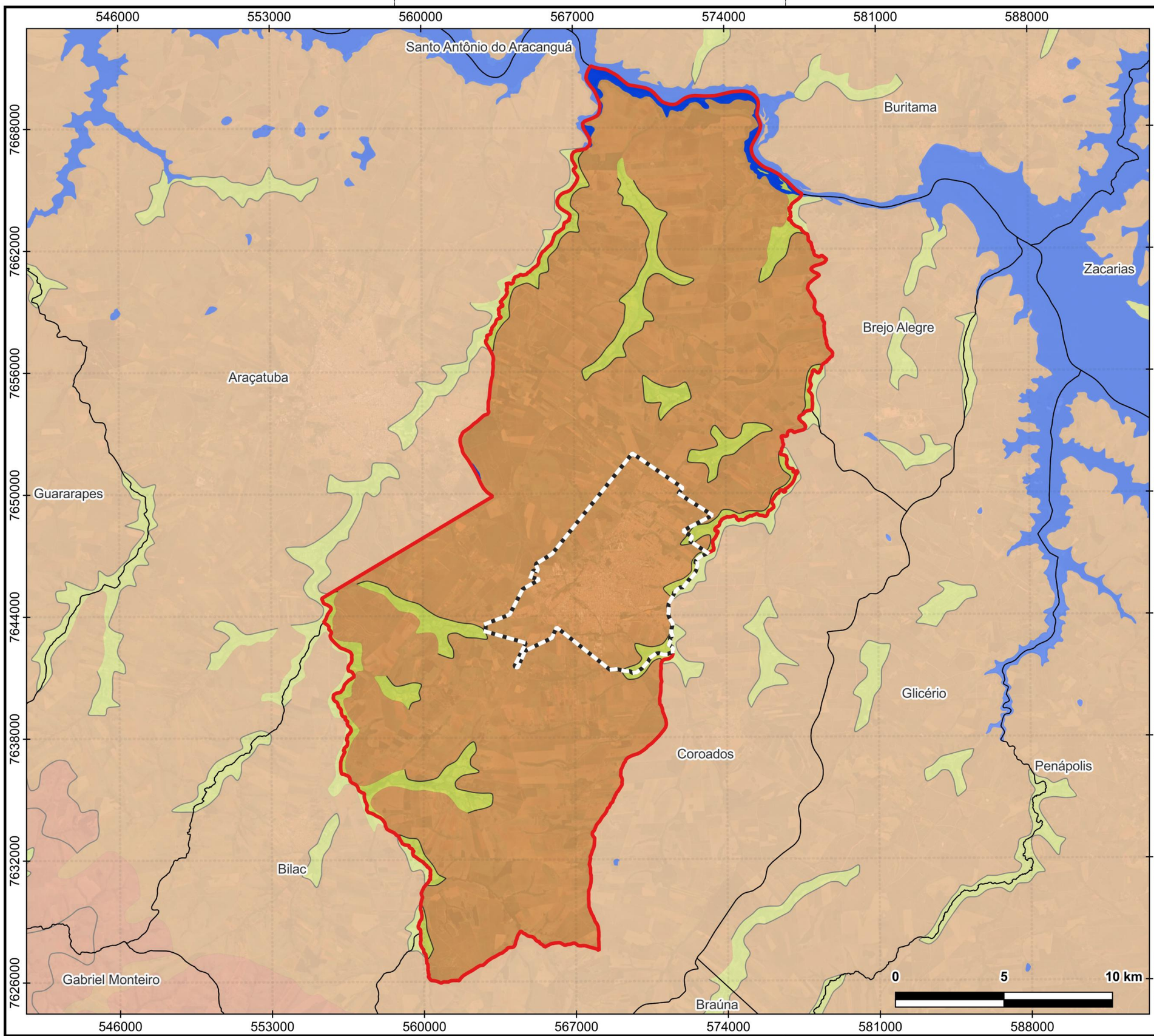
- **Densidade de Drenagem**: A densidade de drenagem na região dos planaltos é moderada, refletindo a presença de cursos d'água que se ramificam em um padrão dendrítico. Os principais rios e córregos que drenam essa área incluem o Rio Tietê e seus afluentes, como o Ribeirão Baguaçú e o Córrego do Baixotes. A rede de drenagem é influenciada pela geologia local, que consiste em rochas sedimentares e basaltos, favorecendo a formação de vales profundos e encostas acentuadas. A densidade de drenagem é uma característica importante, pois indica a eficiência da rede hídrica em escoar a água da chuva e o escoamento superficial.
- **Caracterização da Forma de Topo**: O topo dos planaltos é caracterizado por formas de relevo suavemente arredondadas e áreas de platô, que são interrompidas por vales e depressões. As encostas são geralmente íngremes, com declividades que podem ultrapassar 20%. A vegetação predominante é composta por áreas de cerrado e matas ciliares ao longo dos cursos d'água, que ajudam a estabilizar o solo e a controlar a erosão. A forma do relevo é influenciada pela resistência das rochas, onde as áreas mais resistentes formam elevações e as menos resistentes são erodidas, criando um padrão de relevo característico.

As planícies e terraços fluviais no município de Birigui são formados por sedimentos aluviais depositados ao longo dos cursos d'água. Essas áreas são fundamentais para a dinâmica hidrológica da região e são caracterizadas por uma topografia mais baixa e plana, em contraste com os planaltos rebaixados.

- **Densidade de Drenagem**: A densidade de drenagem nas planícies e terraços fluviais é alta, devido à presença de múltiplos canais e subcanais que se entrelaçam, formando uma rede complexa de drenagem. Os cursos d'água são frequentemente intermitentes e apresentam variações sazonais em seu fluxo, com períodos de cheia e estiagem que influenciam a morfologia dos terraços. A alta densidade de drenagem também indica uma maior capacidade de escoamento e a presença de áreas de inundação, que desempenham um papel importante na dinâmica ecológica da região.
- **Caracterização da Forma de Topo**: Os terraços fluviais são caracterizados por superfícies planas ou levemente inclinadas, que se elevam em relação à planície adjacente. Esses terraços são formados por camadas de sedimentos que foram depositadas durante períodos de cheia, resultando em uma sequência estratigráfica que pode ser observada em cortes naturais. A vegetação nas planícies é predominantemente herbácea, com áreas de pastagens e cultivos agrícolas, enquanto os terraços podem apresentar vegetação arbustiva e árvores de pequeno porte. A forma de topo dos terraços é influenciada por processos de sedimentação de alta energia, que podem resultar em superfícies irregulares e variações na altura dos depósitos.

A geomorfologia do município de Birigui, com seus Planaltos Rebaixados do Rio Tietê e Planícies e Terraços Fluviais, reflete uma complexa interação entre processos erosivos e deposicionais. A densidade de drenagem e a forma de topo são características fundamentais que influenciam não apenas a paisagem, mas também a utilização do solo e a dinâmica ecológica da região. O entendimento dessas características geomorfológicas é essencial para o planejamento e manejo dos recursos hídricos e ambientais do município. As unidades geomorfológicas identificadas são ilustradas no Mapa 4.

Mapa 4 – Unidades geomorfológicas, Birigui/SP.



Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Unidades Geomorfológicas

- Planalto Rebaixado do Rio Tietê
- Planícies e Terraços Fluviais
- Corpo d'água continental

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

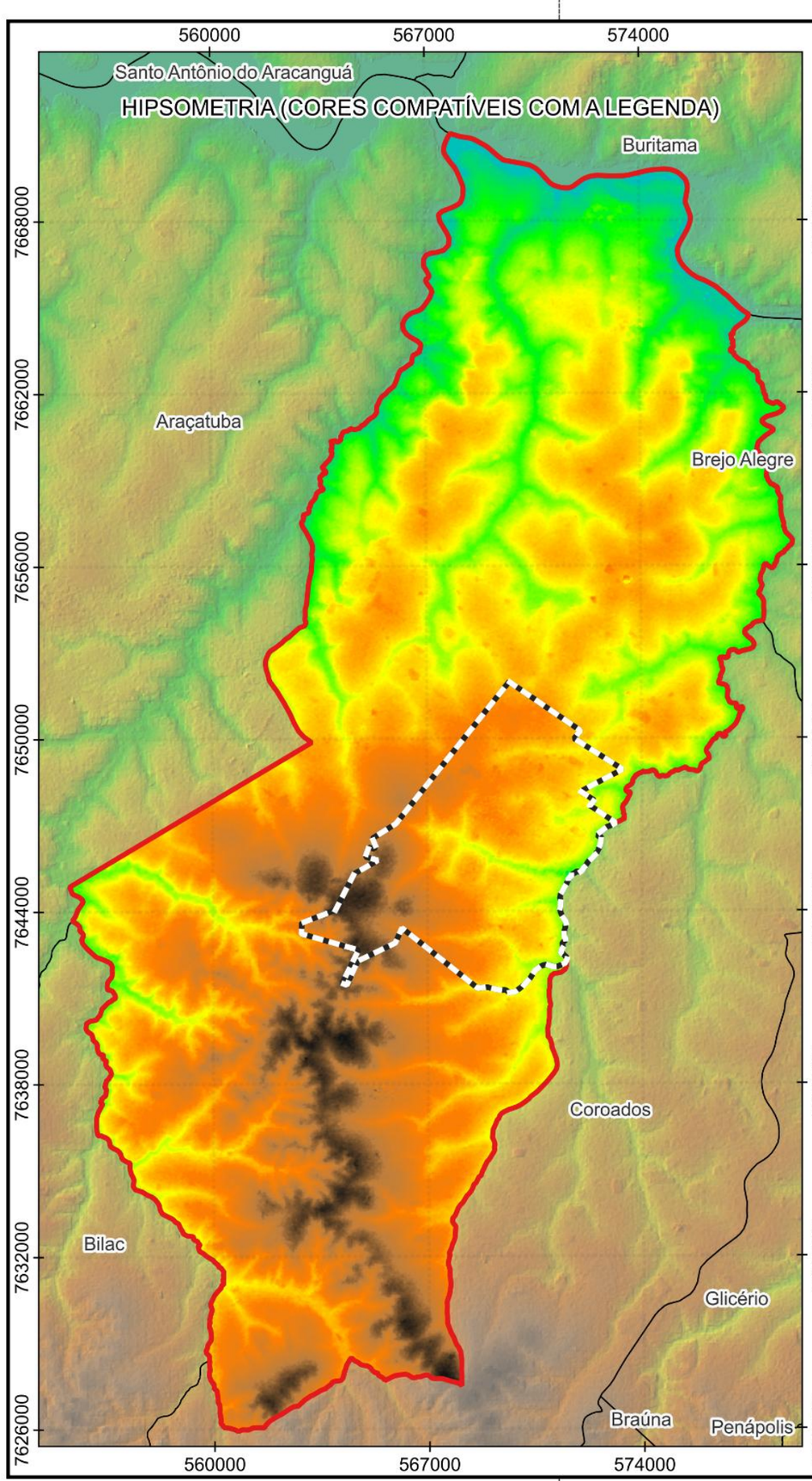
1.6.4 Hipsometria e Declividade

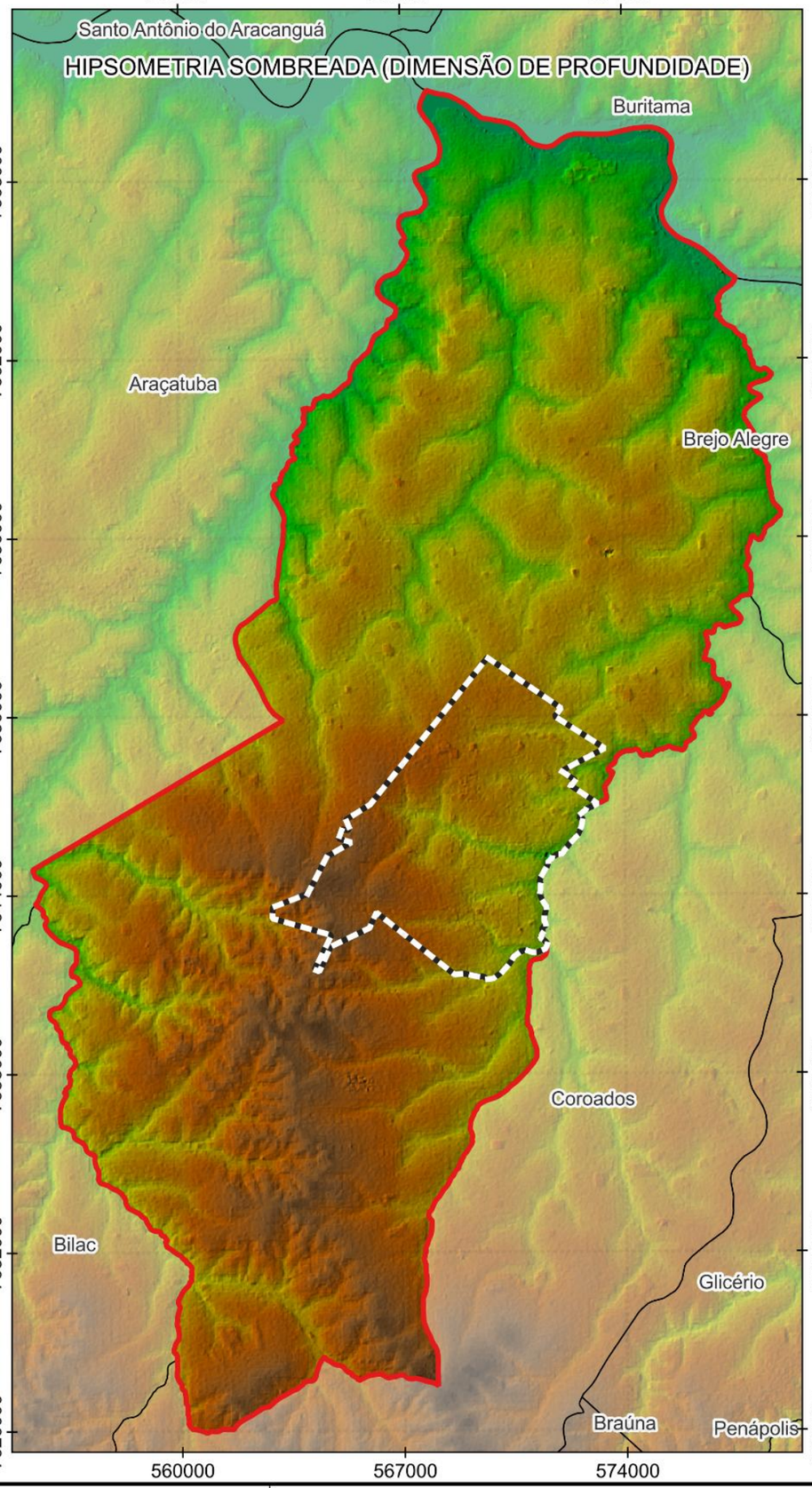
A declividade e a hipsometria do terreno são aspectos essenciais da análise geomorfológica. A hipsometria refere-se à medição das altitudes ou elevações de uma área específica, sendo uma medida importante para compreender a variação vertical do relevo e a distribuição altimétrica de uma região. A declividade, por sua vez, relaciona-se à inclinação do terreno em relação ao plano horizontal e é um fator que pode influenciar diversas atividades.

Além de afetar o deslocamento e a estabilidade de equipamentos, como máquinas, a declividade também desempenha um papel relevante na distribuição da radiação solar em diferentes encostas. Isso impacta diretamente a distribuição e as propriedades dos solos, o escoamento superficial e o desenvolvimento dos sistemas de drenagem (Höfig; Araújo Junior, 2015).

A hipsometria da área está representada no Mapa 5, com duas visões, uma plana com cores compatíveis com a legenda e uma visão de relevo sombreado que adiciona uma dimensão de profundidade, tornando mais perceptíveis as características do relevo. No município, a altitude varia entre 313 e 486 metros acima do nível do mar, com uma amplitude de 173 metros. Essas variações altimétricas são necessárias para a análise do escoamento superficial, pois áreas com maior altitude tendem a gerar maior volume de escoamento que convergem para áreas mais baixas, podendo potencializar os riscos de alagamentos.

As áreas de maior altitude, identificadas no mapa, são fontes primárias de escoamento superficial. Estratégias de drenagem nessas áreas devem focar na contenção e direcionamento adequado da água para minimizar o impacto nas regiões mais baixas. As regiões de menor altitude são mais suscetíveis a alagamentos e acúmulo de água, e a implementação de sistemas de drenagem eficiente, como canais e reservatórios, é essencial para evitar inundações.





Mapa 5 – Estudo hipsométrico, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Hipsometria

Altitude (m)

486

313

N

0 5 10 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Em relação a declividade do terreno no município, apresentada no Mapa 6, há a predominância das declividades entre 0 e 20%. Existem regiões com classes de declividade maiores que 20%, entretanto essas são pouco significativas. A análise da declividade é fundamental para entender o comportamento do escoamento superficial e a velocidade com que a água se desloca sobre o terreno. Terrenos com altas declividades tendem a ter escoamento rápido, o que pode aumentar o risco de erosão do solo e reduzir o tempo de infiltração da água, enquanto áreas com baixas declividades favorecem a infiltração e a recarga dos aquíferos.

Nas áreas com maior inclinação, é importante considerar obras de contenção de erosão e a implementação de sistemas de drenagem que possam desacelerar o fluxo de água, permitindo maior infiltração e redução do risco de erosão. Nas áreas de baixa declividade, as estratégias devem focar na melhoria da capacidade de infiltração do solo e na construção de estruturas que evitem a formação de poças e alagamentos, promovendo um escoamento superficial mais controlado.

DECLIVIDADE NO PLANO (CORES COMPATÍVEIS COM A LEGENDA)

DECLIVIDADE COM DIMENSÃO DE PROFUNDIDADE

Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Araçatuba
Brejo Alegre
Coroados
Bilac
Glicério
Braúna
Penápolis

560000
567000
574000
7668000
7662000
7656000
7650000
7644000
7638000
7632000
7626000

Mapa 6 – Estudo das declividades, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Declividade

- 0 a 3%
- 3 a 8%
- 8 a 20%
- 20 a 45%
- 45 a 75%
- > 75%

N

0 5 10 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

1.6.5 Pedologia

Além dos aspectos geológicos e geomorfológicos, a caracterização pedológica é necessária para o planejamento de drenagem na área. Os diferentes tipos de solo possuem propriedades específicas que afetam diretamente a capacidade de infiltração da água, o escoamento superficial e a suscetibilidade à erosão. Compreender a distribuição dos solos permite identificar áreas propensas a alagamentos ou à degradação, influenciando a eficácia das soluções de drenagem. Além disso, a conservação dos tipos de solo é essencial para manter a integridade dos ecossistemas, já que solos distintos sustentam diferentes comunidades vegetais, que, por sua vez, têm papel na regulação do escoamento e na proteção contra a erosão.

Nesse contexto, foram identificados quatro tipos de solo na área de estudo no município de Birigui: Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelhos, Gleissolos Háplicos e Latossolos Vermelhos. Esses solos possuem características físicas, químicas e mineralógicas distintas, influenciando diretamente o comportamento hidrológico da região, aptidão agrícola, suscetibilidade à erosão e práticas de manejo necessárias.

De acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), os argissolos vermelho-amarelos são solos minerais com horizonte B textural, caracterizados por argila de baixa atividade e alta saturação por bases (V ≥ 50%). Eles possuem textura que varia de média a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte B, com transição gradual e clara entre os horizontes. Esses solos são geralmente profundos e estão associados a relevos ondulados a fortemente ondulados. Em termos de erodibilidade, esses solos apresentam um grau que varia de moderado a forte, especialmente em áreas de declive acentuado e pouca cobertura vegetal.

Os argissolos vermelhos são solos que também possuem um horizonte B textural, caracterizado pela acumulação de argila, mas distinguem-se dos argissolos vermelho-amarelos pela coloração mais intensa, resultado da maior presença de óxidos de ferro. Esses solos são bem drenados e apresentam uma textura argilosa, o que pode influenciar a capacidade de infiltração da água e a retenção de umidade. Comumente encontrados em relevos ondulados, os argissolos vermelhos são

moderadamente suscetíveis à erosão, especialmente em áreas onde o manejo do solo não é adequado.

Já os gleissolos háplicos são solos hidromórficos caracterizados pela presença de um horizonte glei, o que indica condições de saturação por água durante longos períodos. Esse horizonte é identificado pela coloração acinzentada, resultante da redução dos óxidos de ferro em condições anaeróbicas. Esses solos são geralmente encontrados em áreas de várzeas e locais sujeitos a inundações temporárias ou permanentes. A textura dos gleissolos háplicos pode variar de argilosa a franco-argilosa, e devido à sua condição de saturação, apresentam baixa permeabilidade e alta susceptibilidade à erosão e assoreamento.

Os latossolos vermelhos são solos profundamente intemperizados, com predominância de óxidos de ferro e alumínio, conferindo-lhes uma cor avermelhada. Esses solos apresentam um horizonte B latossólico bem desenvolvido, com alta porosidade e permeabilidade, o que favorece a infiltração de água e a boa aeração (EMBRAPA, 2018). Apesar disso, os latossolos vermelhos têm baixa fertilidade natural devido à baixa capacidade de retenção de nutrientes, sendo frequentemente ácidos e necessitando de correções químicas para usos agrícolas. Estes solos são tipicamente encontrados em relevos suaves ondulados, onde a erosão é menos intensa, mas a drenagem é eficiente.

O Mapa 7 apresenta a distribuição dos tipos de solos no limite municipal.

Mapa 7 – Tipos de solo, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Corpo d'água continental
- Área Urbanizada

Tipos de Solo

- Argissolos Vermelho-Amarelos
- Argissolos Vermelhos
- Gleissolos Háplicos
- Latossolos Vermelhos

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

0 5 10 km

546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

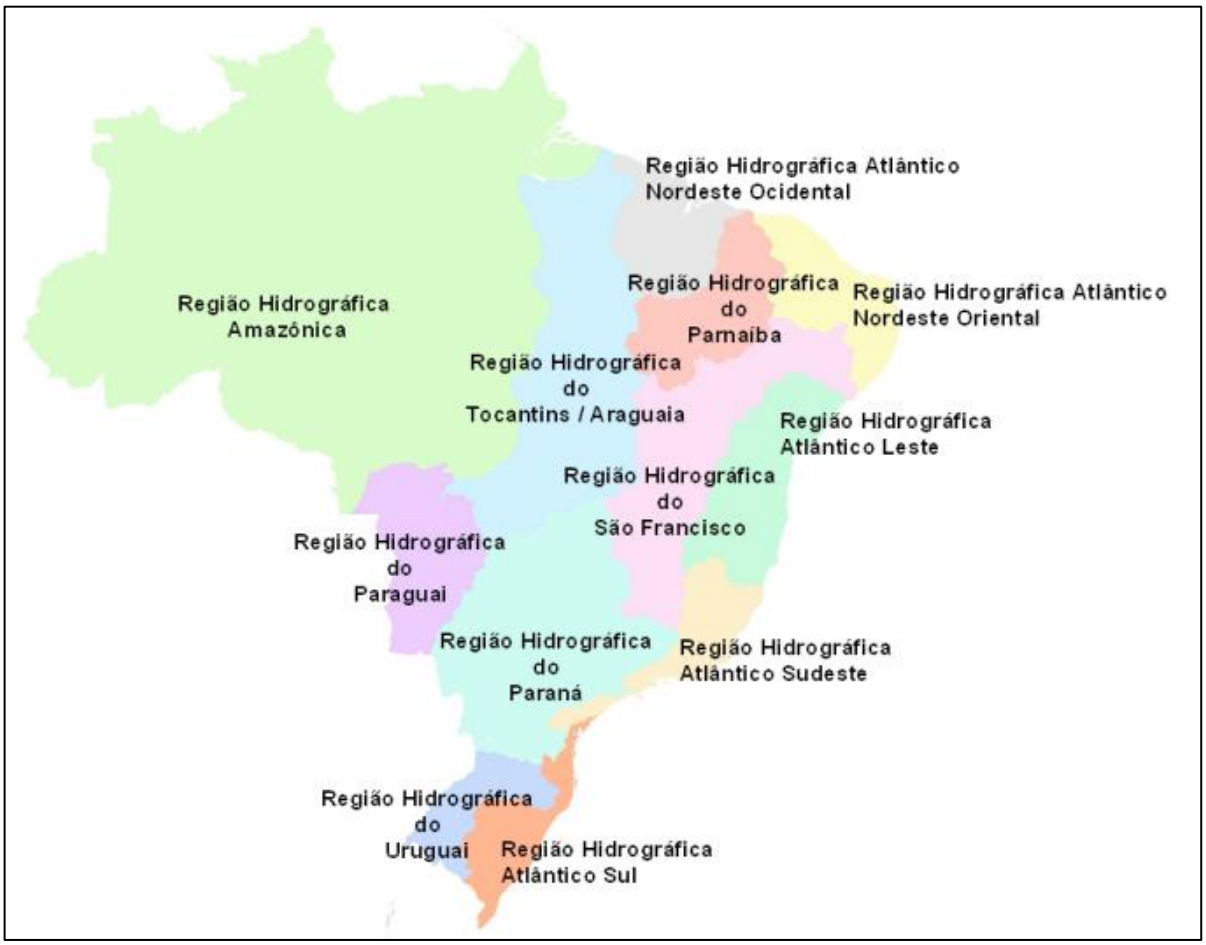
Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Zacarias
Brejo Alegre
Araçatuba
Guararapes
Glicério
Coroados
Penápolis
Bilac
Gabriel Monteiro
Braúna

1.6.6 Recursos Hídricos

- Superficiais

Todo o território nacional é dividido em bacias hidrográficas, as quais, em conjunto, formam as regiões hidrográficas do país. A Divisão Hidrográfica Nacional (DHN) foi estabelecida de acordo com a Resolução nº 32 de 2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, que define as 12 regiões hidrográficas, conforme ilustrado no mapa da Figura 2.

Figura 2 – Divisão hidrográfica nacional.



Fonte: Brasil, 2003. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Quadro 1 mostra as principais características de cada uma das regiões hidrográficas citadas.

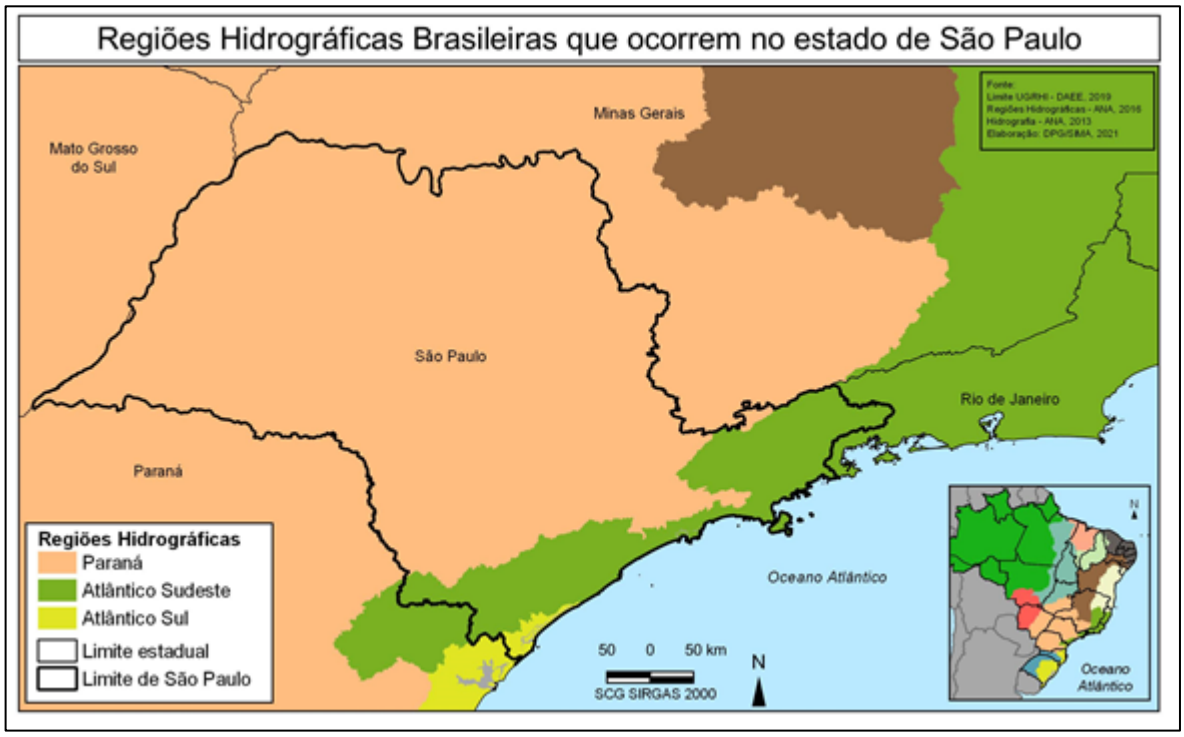
Quadro 1 – Características das regiões hidrográficas.

Regiões Hidrográficas	Características Gerais
Amazônica	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional e, também, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte.
Tocantins/Araguaia	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.
Atlântico Nordeste Ocidental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, exclusive, e a leste pela região hidrográfica do Parnaíba.
Parnaíba	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Parnaíba.
Atlântico Nordeste Oriental	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste, estando limitada a oeste pela região hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela região hidrográfica do São Francisco.
São Francisco	É constituída pela bacia hidrográfica do rio São Francisco, dividida em quatro regiões, sendo elas: alto, submédio, médio e baixo São Francisco.
Atlântico Leste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Leste, estando limitada ao norte e a oeste pela região hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, inclusive.
Atlântico Sudeste	É constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Sudeste, estando limitada ao norte pela bacia hidrográfica do rio Doce, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia hidrográfica do rio Ribeira, inclusive.
Paraná	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.
Uruguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.
Atlântico Sul	É constituída pelas bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Sul, estando limitada ao norte pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Iririaia-Mirim, Candapuí, Serra Negra, Tabagaça e Cachoeira, inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai.
Paraguai	É constituída pela bacia hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.

Fonte: Brasil, 2003. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O território do Estado de São Paulo é abrangido por 3 das 12 regiões hidrográficas: Paraná (85% do território), Atlântico Sudeste (14% do território) e a Atlântico Sul (1% do território), como ilustrado pelo mapa da Figura 3 (BRASIL, 2006).

Figura 3 – Regiões hidrográficas de abrangência no Estado de São Paulo.



Fonte: Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Bacia do Rio Paraná, que abrange a maior parte do Estado de São Paulo, destaca-se pelo elevado potencial para navegação e geração de energia hidrelétrica, sendo os seus principais rios o Tietê, o Grande e o Paranapanema. A Bacia do Atlântico Sudeste está localizada na região mais próxima ao litoral paulista, com rios que têm suas nascentes na Serra do Mar. Já a Bacia do Atlântico Sul, no Estado de São Paulo, é composta por rios de curta extensão que deságuam diretamente no mar (BRASIL, 2006).

O município de Birigui, localizado na região oeste do estado de São Paulo, está inserido em um complexo sistema hidrológico que abrange a Região Hidrográfica do Paraná, o Aquífero Bauru, a Bacia Hidrográfica do Rio Tietê e a Hidrovia Tietê-Paraná. Essa configuração hidrológica desempenha um papel fundamental no abastecimento hídrico, na geração de energia elétrica e no desenvolvimento econômico da região.

O Estado de São Paulo, além da divisão das regiões geográficas, tem seu território dividido em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), representadas na Figura 4, onde estão contemplados todos os 645 municípios do

estado. Esta divisão surgiu da necessidade de viabilizar e otimizar fluxos técnico, político e administrativo de forma que ambas as divisões, por bacia hidrográfica e UGRHI, coexistissem na política estadual e foi concebida através de critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos.

Figura 4 – UGRHIs do Estado de São Paulo.

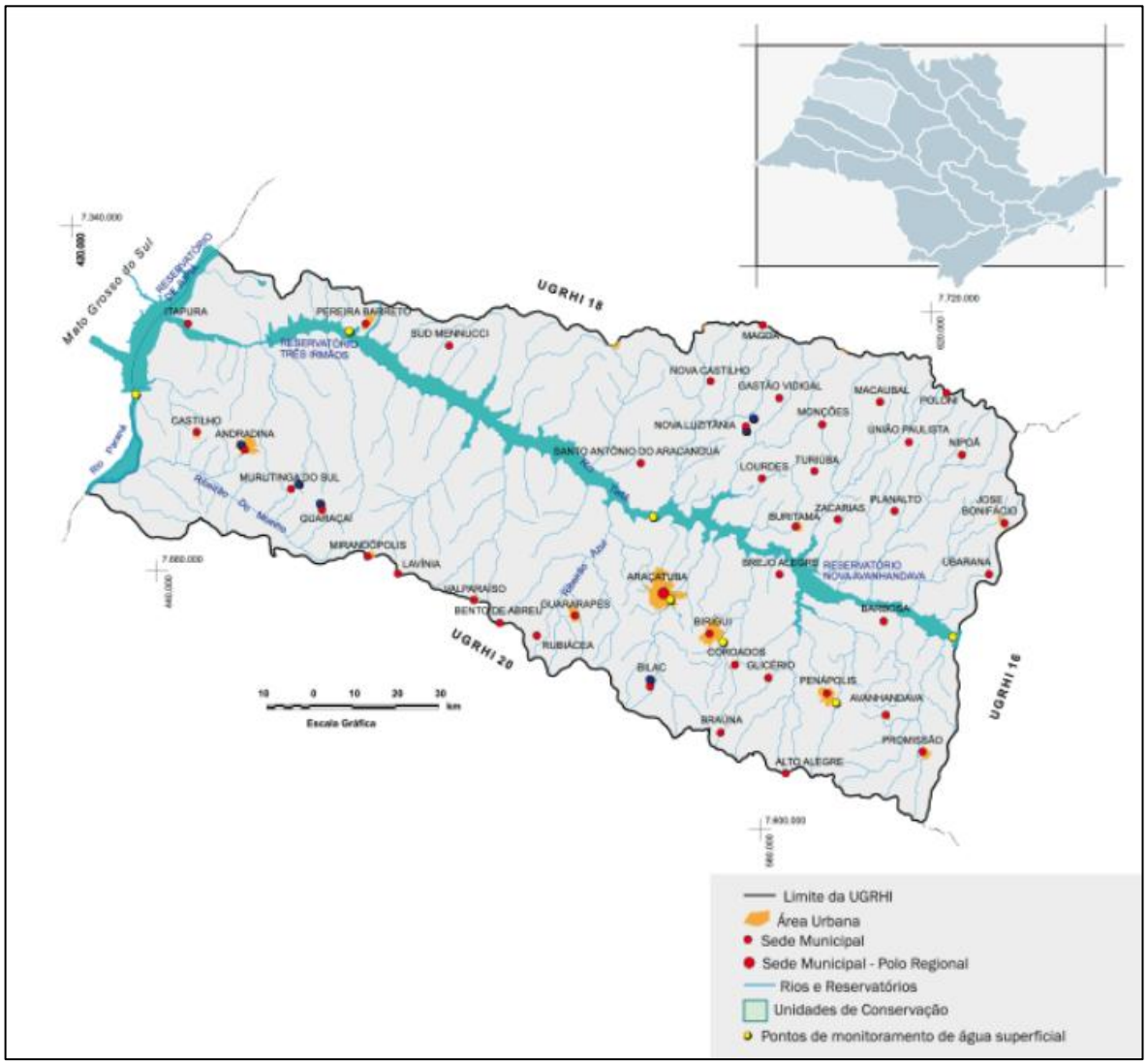


Fonte: SigRH, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Assim, Birigui está inserido na UGRHI 19 – Baixo Tietê (Figura 5) que possui uma área de drenagem de aproximadamente 15.588 km^2, que integra a bacia hidrográfica do Rio Tietê. A população da UGRHI é estimada em 745.688 habitantes, refletindo a importância econômica e social da região. E um dos principais reservatórios da UGRHI está também localizado próximo ao município de Birigui, a Usina Hidrelétrica de Nova Avanhandava, que entrou em operação 1982 e possui 2.038 m^2.

Em relação à vegetação, a região apresenta 874 km² de vegetação natural remanescente, que ocupa aproximadamente 5,5% da área da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI). As principais formações vegetais remanescentes são a Floresta Estacional Semidecidual e a Formação Arbórea/Arbustiva em Regiões de Várzea, que desempenham um papel importante na conservação da biodiversidade e na proteção dos recursos hídricos.

Figura 5 – UGRHI 19 – Baixo Tietê.



Fonte Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – SIGRH, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A rede de drenagem de Birigui é influenciada pela geologia local, que é composta predominantemente por rochas sedimentares da Bacia Bauru, como arenitos e siltitos da Formação Vale do Rio do Peixe. Essa litologia favorece a formação de vales profundos e encostas íngremes, com a presença de terraços fluviais ao longo dos cursos d'água.

O município é composto por diversos cursos hídricos, afluentes das sub-bacias do Ribeirão Palmeiras, Córrego Baixote e do Ribeirão Baguaçu (Mapa 8), que pertencem a UGRHI do Baixo Tietê, estando a primeira inserida na região quatro e as duas últimas na região cinco, conforme o Plano da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (UGRH-19).

Mapa 8 – Sub-bacias de influência no município de Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Estado de São Paulo
- Massas d'água
- Hidrografia

Região Hidrográfica

- Paraná

Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI)

- Baixo Tietê

Sub-bacias de Influência no Município

- Sub-bacia do Córrego Baixote
- Sub-bacia do Ribeirão Baguaçu
- Sub-bacia do Ribeirão Palmeiras

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

As planícies aluviais do Rio Tietê e de seus afluentes são áreas de grande importância ecológica e hidrológica, pois atuam como zonas de amortecimento durante períodos de cheia, minimizando os impactos das inundações. Essas áreas também abrigam ecossistemas ripários, com a presença de matas ciliares que desempenham um papel importante na estabilização das margens e na manutenção da qualidade da água

A Hidrovia Tietê-Paraná é um importante sistema de transporte aquaviário que se estende pelos rios Tietê e Paraná, conectando o estado de São Paulo ao Oceano Atlântico. Em Birigui, a hidrovia é integrada pelos reservatórios da Usina Três Irmãos e da Usina de Nova Avanhandava, que garantem a navegabilidade durante todo o ano. Além de sua importância para o transporte de cargas, a hidrovia também desempenha um papel relevante na geração de energia elétrica, por meio das usinas hidrelétricas instaladas ao longo de seu curso.

O Mapa 9 apresenta a espacialização das informações apresentadas, referentes aos recursos hídricos superficiais do município, apresentando os principais cursos hídricos, como o córrego do Baixote, córrego Biriguizinho, córrego do Veado, córrego da Estiva, córrego Água Branca, entre outros, além da localização da hidrovia, da eclusa e da Usina de Nova Avanhandava.

Mapa 9 – Rede hidrográfica, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia
- Hidrovia
- Usina Hidrelétrica Nova Avanhandava
- Eclusa

546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

Rio Tietê
Hidrovia do Tietê - Paraná
Ribeirão Baguaçu/das Ondinhas
Córrego Água Branca
Córrego Baixote/Goulart/Monjolinho
Córrego Duas Barras
Córrego Paraíso
Córrego do Boato
Córrego Caximbinha ou Cascatinha
Córrego Moimaz
Córrego do Campo
Córrego do Baixote
Córrego Jofer
Córrego da Estiva
Córrego Vendrame
Córrego Nunes
Córrego Biriguizinho
Córrego da Piscina
Córrego do Matadouro
Córrego Parpinelli
Córrego Tupi
Córrego do Veadinho
Córrego da Lata
Córrego do Veado
Córrego da Pedra
Córrego Fundo
Córrego Grande
Córrego Jacutinga
Córrego Taquari
Córrego Saltinho
Córrego da Colônia
Córrego do Imbé

0 5 10 km

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

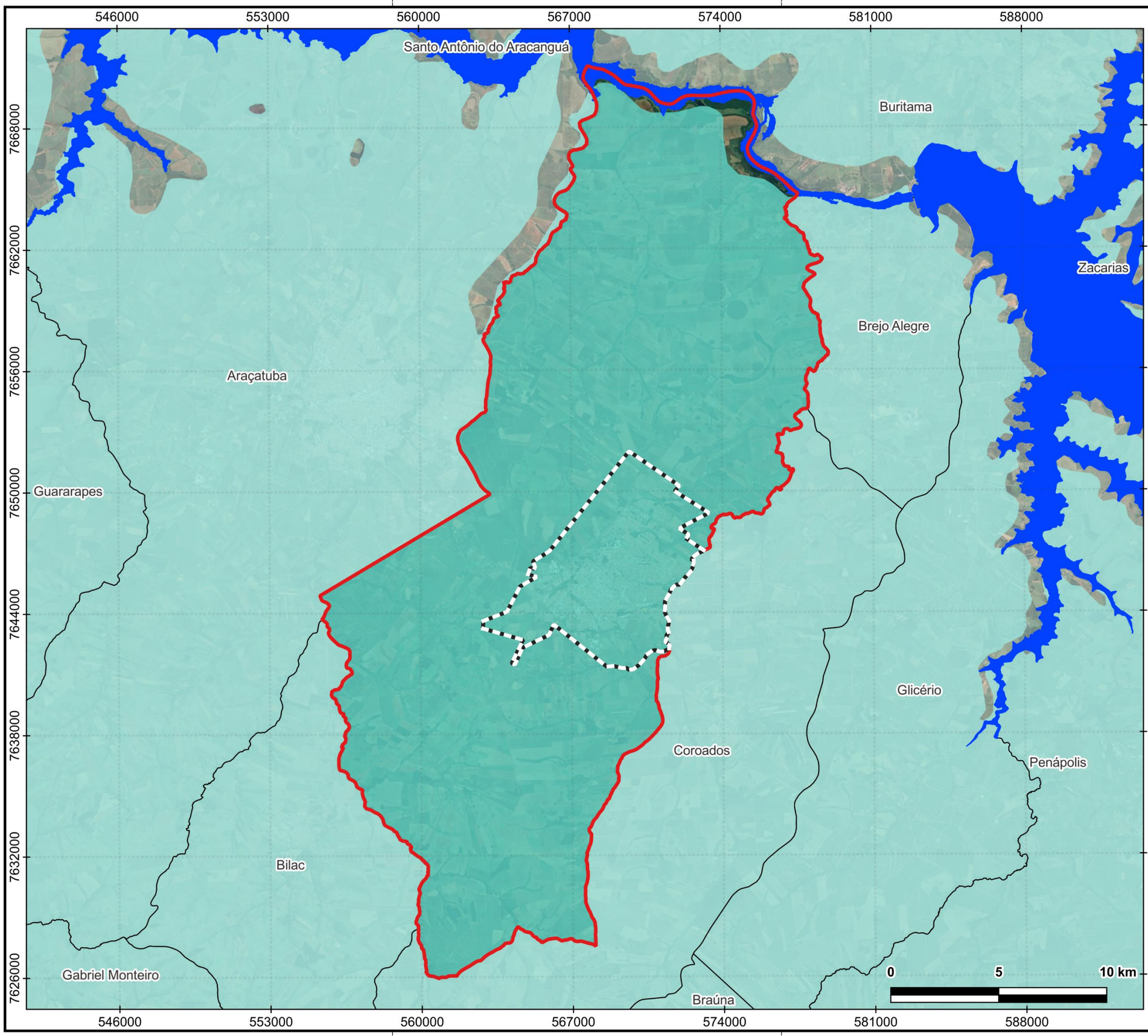
- Subterrâneos

O Aquífero Bauru é um importante reservatório subterrâneo de água doce que se estende por grande parte do estado de São Paulo, incluindo o município de Birigui. Composto principalmente por rochas sedimentares da Bacia Bauru, predominantemente arenitos da Formação Vale do Rio do Peixe, este aquífero desempenha um papel fundamental tanto na disponibilidade de água para abastecimento quanto na dinâmica do escoamento subterrâneo, que é relevante para o planejamento de drenagem urbana.

A recarga do Aquífero Bauru ocorre principalmente pela infiltração das águas das chuvas e sua exploração é realizada por meio de poços tubulares profundos, o que destaca a importância de práticas de gestão que promovam a infiltração em áreas urbanas. O uso excessivo de superfícies impermeabilizadas, como pavimentação e construção de grandes áreas edificadas, pode reduzir a recarga natural do aquífero, aumentando o escoamento superficial e contribuindo para enchentes e alagamentos urbanos. Dessa forma, é essencial integrar estratégias de drenagem urbana que incentivem a infiltração de água no solo, como o uso de pavimentos permeáveis, jardins de chuva e bacias de infiltração.

Em termos de drenagem urbana, é importante também monitorar e controlar o nível freático para evitar problemas como a saturação do solo, que pode levar a alagamentos em áreas urbanizadas. A interação entre o aquífero e a superfície deve ser cuidadosamente gerida para manter um equilíbrio que assegure tanto a disponibilidade de água quanto a mitigação de riscos relacionados a eventos extremos de precipitação.

O Mapa 10 apresenta a distribuição do sistema aquífero no município.



Mapa 10 – Sistema aquífero, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Aquiferos

- Bauru

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

1.6.7 Uso e Cobertura do Solo

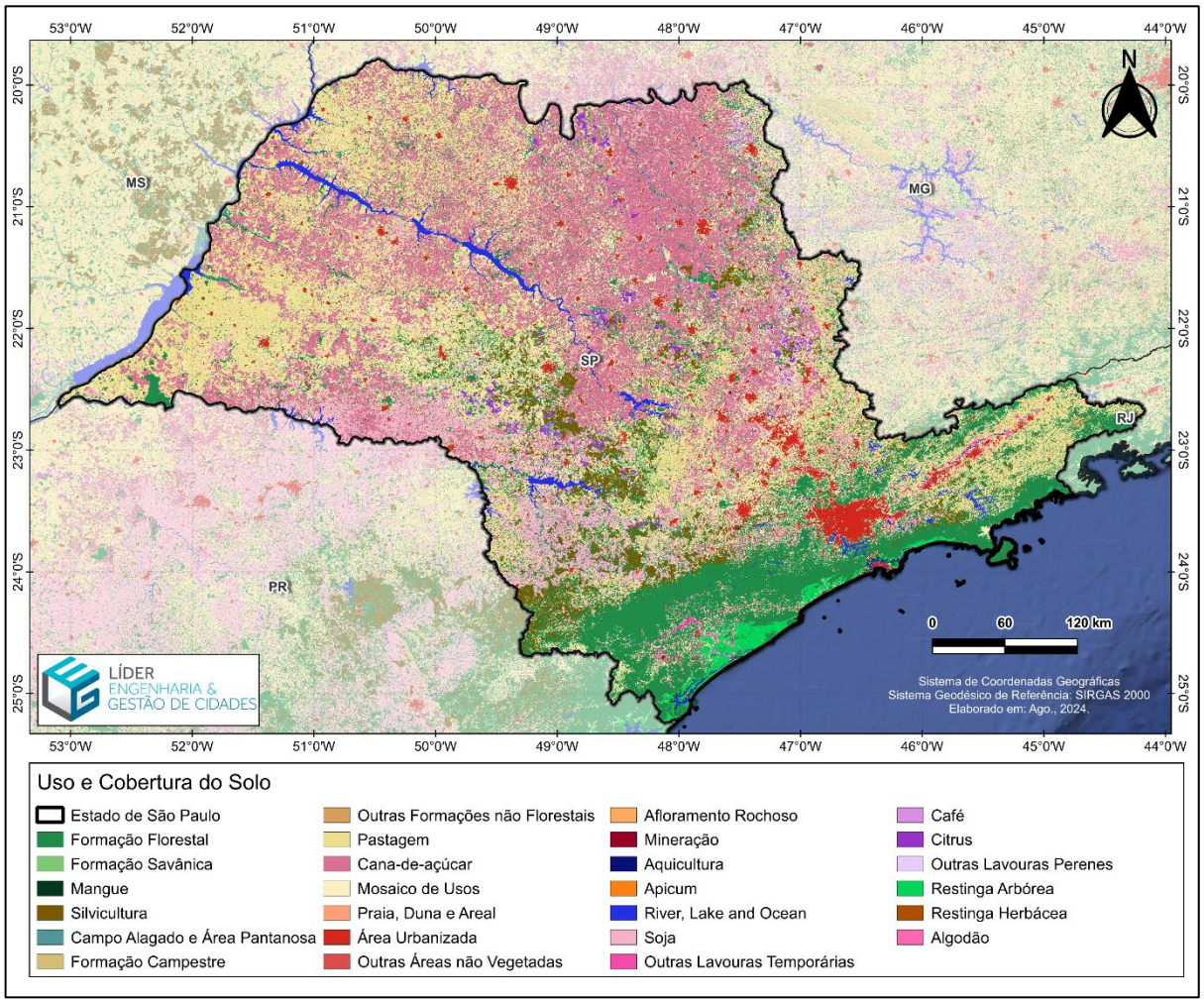
O Estado de São Paulo possui uma área total de aproximadamente 248.219,63 km^2, sendo que 16,3% dessa área é ocupada por agricultura, 8,8% por pastagens, 16,2% por florestas nativas, 3,2% por vegetação campestre, 1,8% por áreas úmidas, 0,1% por áreas não vegetadas, 0,1% por áreas de infraestrutura, 0,1% por mineração, 0,1% por mosaicos de ocupações e 53,3% por áreas não classificadas.

Ao longo dos anos, houve uma diminuição da cobertura florestal nativa, que em 1985 ocupava 20,1% do estado e em 2022 reduziu para 16,2%. Esse desmatamento ocorreu principalmente devido à expansão agrícola e urbana.

- **Agricultura**: A agricultura ocupa 16,3% do estado, com destaque para o cultivo de cana-de-açúcar, soja e milho;
- **Pastagens**: As pastagens ocupam 8,8% do território paulista;
- **Vegetação Nativa**: As florestas nativas representam 16,2% da cobertura do solo, sendo que a maior parte está em estágios sucessionais secundários;
- **Áreas Urbanas**: As áreas urbanas ocupam 0,1% do estado;
- O desmatamento acumulado entre 1985 e 2022 foi de aproximadamente 1,2 milhões de hectares;
- A degradação de pastagens também é um problema relevante, com 27,6% das pastagens em condição de vigor baixo ou muito baixo em 2022.

A Figura 6 apresenta a distribuição das classes de uso e cobertura no estado de São Paulo.

Figura 6 – Classes de uso e cobertura do solo no estado de São Paulo.



Fonte: MapBiomas, 2022. Elaborado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O município de Birigui possui uma área total de aproximadamente 530,03 km^2. A agricultura ocupa 63,2% do território, as pastagens 11,2%, as florestas nativas 7,6%, a vegetação campestre 1,8%, as áreas úmidas 0,1%, as áreas não vegetadas 0,1%, as áreas de infraestrutura 0,2%, a mineração 0,1%, os mosaicos de ocupações 0,1% e as áreas não classificadas 15,6%. Entre 1985 e 2022, houve uma redução de 25,5% na cobertura de florestas nativas em Birigui, passando de 10,2% para 7,6% do território municipal.

- **Agricultura**: A agricultura é a principal atividade, ocupando 63,2% do município.
- **Pastagens**: As pastagens representam 11,2% da cobertura do solo em Birigui.

- **Vegetação Nativa**: As florestas nativas ocupam 7,6% do território municipal, em sua maioria em estágios sucessionais secundários.
- **Áreas Urbanas**: As áreas urbanas representam 0,2% da cobertura do solo em Birigui.
- O desmatamento acumulado em Birigui entre 1985 e 2022 foi de aproximadamente 1.300 hectares.
- 14,2% das pastagens em Birigui estão em condição de vigor baixo ou muito baixo, indicando a necessidade de adoção de práticas de manejo sustentável

A vegetação nativa desempenha um papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico, especialmente em relação à drenagem e infiltração de água no solo. Essa cobertura florestal é essencial para manter a estabilidade dos solos, reduzir o escoamento superficial e promover a recarga dos aquíferos. A preservação e recuperação dessas áreas florestais são elementos necessários para a mitigação de problemas de erosão e enchentes, além de garantir a manutenção dos serviços ecossistêmicos que contribuem para a sustentabilidade hídrica do município. A conservação da vegetação nativa é, portanto, uma estratégia chave para o planejamento eficaz da drenagem urbana e a gestão dos recursos hídricos em Birigui.

Nesse contexto, o Mapa 11 apresenta o uso e cobertura do solo no município de Birigui - SP.

Mapa 11 – Classes de uso e cobertura do solo, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Uso e Cobertura do Solo

- Formação Florestal
- Silvicultura
- Campo Alagado e Área Pantanosa
- Pastagem
- Cana-de-açúcar
- Mosaico de Usos
- Área Urbanizada
- Outras Áreas não Vegetadas
- Rios e massas d'água
- Soja
- Outras Lavouras Temporárias

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

0 5 10 km

546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Zacarias
Brejo Alegre
Araçatuba
Guararapes
Glicério
Coroados
Penápolis
Bilac
Gabriel Monteiro
Braúna

1.7 ASPECTOS JURÍDICOS LEGAIS

De acordo com o art. 5º, inciso II, da Constituição Federal (CF),

> "ninguém será obrigado a fazer ou deixar de fazer alguma coisa senão em virtude de lei". A interpretação do dispositivo revela um princípio amplo e conceitual, a partir do qual infere-se que apenas a legislação tem o poder de estabelecer direitos, obrigações e restrições, sendo os indivíduos sujeitos aos comandos legais que regulam suas atividades."

Partindo do pressuposto que se deve realizar exatamente o que a legislação prevê em seus ordenamentos, faz-se essencial a correta identificação das leis relacionadas a qualquer assunto a ser discutido, antes mesmo de sua abordagem técnica.

Assim sendo, serão retratados neste capítulo os dispositivos jurídicos federais, estaduais e municipais (leis, normas e regulamentos) relacionados à gestão das águas pluviais, embasando juridicamente o planejamento das ações a serem propostas para a implementação do plano de drenagem.

1.7.1 Âmbito Federal

Embora o Brasil não possua uma legislação federal específica para drenagem urbana, existem leis que abordam o tema e conferem aos estados e municípios autonomia para regulamentar essa questão.

A Constituição é a lei mais importante de um país pois sintetiza os direitos e deveres fundamentais da nação que a criou. Dela derivam todas as outras leis, normativas e regulamentações, as quais, necessariamente, devem seguir as diretrizes por ela estabelecidas. A Constituição Federal (CF) de 1988 ficou conhecida como a "Constituição Cidadã", pois marca a conquista da democracia entre todos os cidadãos do país, após anos sob um regime de ditadura militar (Rocha, 2008).

A CF brasileira, em seu art. 255, enuncia:

> Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações." (BRASIL, 1988)

A Carta Magna de 1988 estabelece o Poder Público Municipal como responsável pela formulação da política urbana. Conforme previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), a política urbana tem como objetivo regularizar o uso da propriedade urbana, estabelecendo diretrizes para a ordenação e controle do uso do solo, com a finalidade de proteger a população contra riscos de desastres e evitar a utilização excessiva ou inadequada da infraestrutura urbana.

A Lei Federal nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), incentiva o aproveitamento da água da chuva, contribuindo para a redução do volume de água escoado em áreas urbanas (art. 2º, inciso IV). Também a Lei Federal nº 10.257/2001 (Estatuto das Cidades) que estabelece que o plano diretor dos Municípios deverá conter “medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres”.

Conforme estabelecido no artigo 8º da Lei Federal nº 11.445/2007, que trata da Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB), modificado pela Lei nº 14.026/2020, Novo Marco Legal do Saneamento Básico, os municípios são responsáveis pelos serviços públicos de saneamento e, de acordo com o artigo 9º, devem formular a Política Pública de Saneamento e elaborar o Plano Municipal de Saneamento Básico (BRASIL, 2020).

A mesma legislação define o eixo de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas como:

> “constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes” (BRASIL, 2020).

A legislação também aborda, no art. 29, inciso III, a possibilidade de cobrança pelos serviços de manejo das águas pluviais, considerando fatores como “[...] os percentuais de impermeabilização e a existência de dispositivos de amortecimento ou de retenção de água de chuva [...]” (art. 36, Lei Federal nº 11.445/2007).

Fica evidente, portanto, a obrigatoriedade e a necessidade legal da elaboração do presente documento, o qual seguirá o preconizado no artigo 19 da Lei Federal nº 11.445/2007, contendo, no mínimo:

- I - Diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas;
- II - Objetivos e metas de curto, médio e longo prazos para a universalização, admitidas soluções graduais e progressivas, observando a compatibilidade com os demais planos setoriais;
- III - Programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e as metas, de modo compatível com os respectivos planos plurianuais e com outros planos governamentais correlatos, identificando possíveis fontes de financiamento;
- IV - Ações para emergências e contingências;
- V - Mecanismos e procedimentos para a avaliação sistemática da eficiência e eficácia das ações programadas.

1.7.2 Âmbito Estadual

Na esfera estadual, têm-se como principal regramento relacionado ao presente trabalho a Política Estadual de Saneamento, Lei nº 7.750, de 31 de março de 1992, que estabelece as diretrizes e o conteúdo mínimo para o Plano Estadual de Saneamento, o qual contém as metas para o Estado, direcionando assim as metas para os municípios.

A Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA), contratou a consultoria especializada Maubertec Tecnologia em Engenharia LTDA, em 25/06/2021, com apoio financeiro do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), para elaboração do 1° Plano Estadual de Saneamento Básico de São Paulo (PESB/SP), o qual teve seu quinto relatório aprovado em fevereiro de 2023 e está com o sexto, e último, em fase de elaboração.

Especificamente para o eixo da drenagem, cita-se a Lei nº 12.526, de 02 de janeiro de 2007, na qual se estabelecem normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais em todo território estadual.

Ainda, existem os Planos de Bacias Hidrográficas, elaborados e publicados pelos Comitês de Bacias Hidrográficas de suas respectivas Unidades Hidrográficas de

Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs). O município de Birigui pertence à UGRHI do Baixo Tietê.

O Plano de Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê é um instrumento fundamental para a gestão e planejamento dos recursos hídricos na região. Elaborado pelo Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (CBH-BT), o plano visa orientar as ações e investimentos necessários para garantir a disponibilidade e qualidade da água na bacia.

O Plano de Bacia do Baixo Tietê contempla um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, a definição de metas e prioridades, a proposição de programas, projetos e ações para o gerenciamento dos recursos hídricos, além de mecanismos de monitoramento e avaliação. Sua elaboração envolve a participação de diversos atores, como poder público, sociedade civil e usuários de água, garantindo uma gestão integrada e participativa.

Além do Plano de Bacia, o CBH-BT também atua na elaboração de normas e regulamentos, na aprovação de projetos e obras, na promoção da educação ambiental e na articulação com outros comitês de bacias e órgãos gestores. Essas ações visam contribuir para a melhoria da qualidade e quantidade da água na bacia, bem como para a prevenção e mitigação de eventos críticos, como enchentes e estiagens.

Dentre as normas, decretos e regulamentos elaborados pelo CBH-BT, os mais relevantes são:

- **Decreto nº 56.504, de 9 de dezembro de 2010**: Este decreto aprova e fixa os valores a serem cobrados pelo uso dos recursos hídricos de domínio do Estado de São Paulo na Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê. A cobrança pelo uso da água é uma estratégia importante para promover a gestão sustentável dos recursos hídricos, incentivando a conservação e o uso eficiente da água (BRASIL, 2010).
- **Estatuto do Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê (CBH-BT)**: O estatuto estabelece as diretrizes para a gestão integrada e participativa dos recursos hídricos na bacia. O CBH-BT é um órgão colegiado que reúne representantes do poder público, da sociedade civil e do setor produtivo, promovendo a discussão e a deliberação sobre questões relacionadas à água na região (CBH-BT, 2021).

- **Deliberações do CBH-BT**: O Comitê também emite deliberações que regulamentam a implementação de ações e projetos relacionados ao manejo e à conservação dos recursos hídricos. Essas deliberações são fundamentais para a execução das políticas públicas de gestão da água na bacia (CBH-BT, 2021).
- **Plano de Bacia do Baixo Tietê (2018-2034)**: Este plano estabelece diretrizes, metas e ações para a gestão dos recursos hídricos na bacia, abordando questões como a qualidade da água, a recuperação de áreas degradadas, e a prevenção de enchentes e secas. O plano é um documento vivo, que deve ser revisado e atualizado periodicamente para refletir as mudanças nas condições ambientais e sociais da região (CBH-BT, 2021).

No estado de São Paulo, a Lei nº 12.526, de 2 de janeiro de 2007, conhecida como "Lei das Piscininhas", torna obrigatória a implantação de sistemas para captação e retenção de águas pluviais em lotes com área impermeabilizada superior a 500 m². Essa medida visa reduzir a velocidade de escoamento, controlar inundações, amortecer vazões de cheias e contribuir para a redução do consumo de água potável tratada (São Paulo, 2007).

1.7.3 Âmbito Municipal

Em Birigui, a Lei Complementar nº 31, de 17 de setembro de 2010, que dispõe sobre o código de obras e edificações, traz algumas diretrizes em relação às águas pluviais, entre as quais:

> "**Art. 48, inciso IV**: Não será permitida a introdução, direta ou indireta, de esgotos em conduto de águas pluviais ou vice-versa;
> **Art. 48, inciso VI**: Não será permitida a ligação de ralos de águas pluviais e de drenagem à rede de esgotos;
> **Art. 55**: É expressamente proibida a introdução direta ou indireta de águas pluviais ou resultantes de drenagem nos ramais prediais de esgotos;
> **Art. 62**: Os edifícios, sempre que colocados nas divisas dos alinhamentos, serão providos de calhas e condutores para escoamento das águas pluviais;
> **§ 1º** -- Para efeito deste artigo excluem-se os edifícios cuja disposição dos telhados orientem as águas pluviais para o seu próprio terreno.
> **§ 2º**. As águas pluviais provenientes das calhas e condutores dos edifícios deverão ser canalizadas até as sarjetas, passando sempre por baixo das calçadas." (Birigui, 2010).

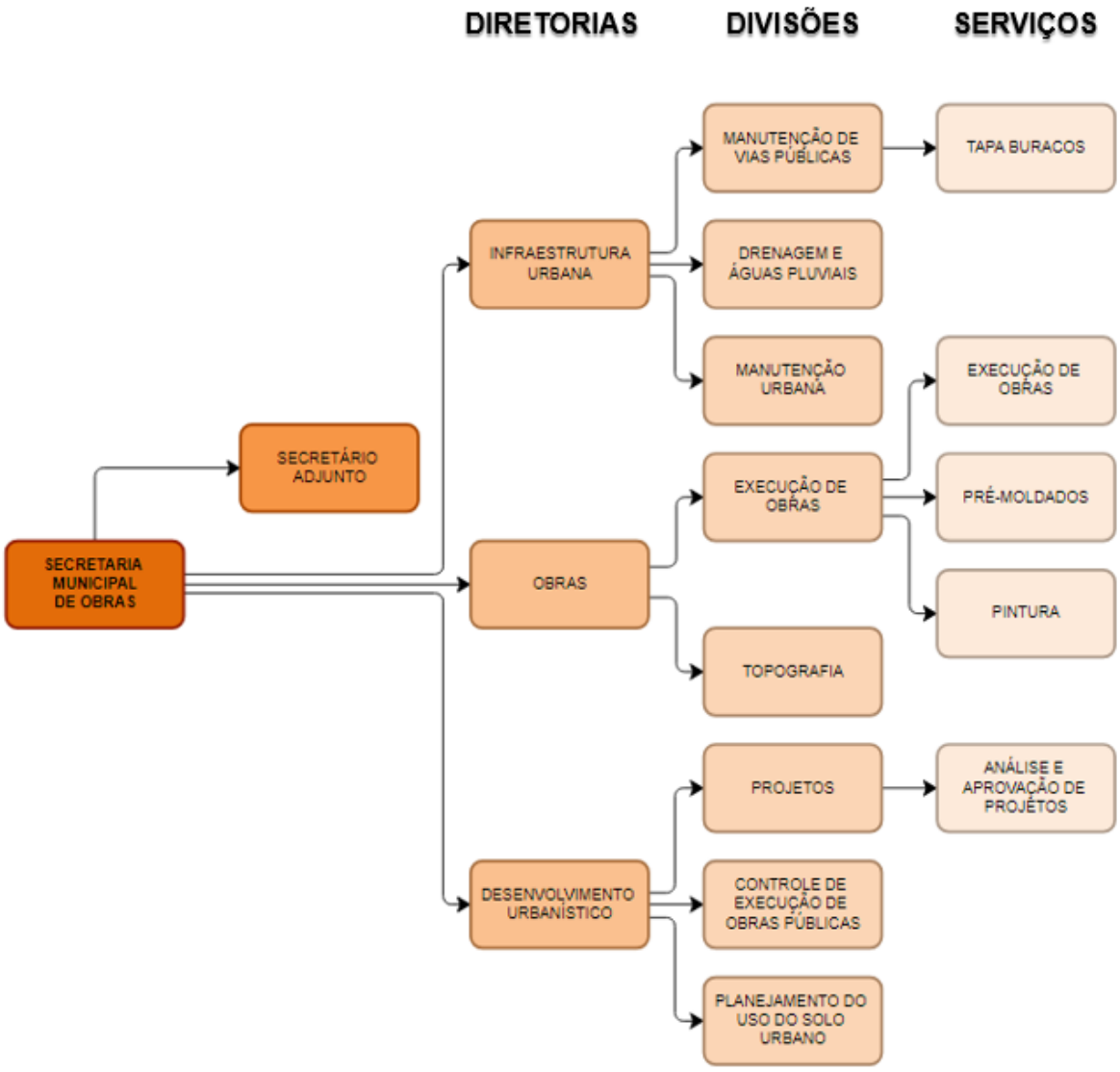
Além disso, a Secretaria de Obras do município é responsável por implementar o Plano de Drenagem Urbana, que irá identificar áreas críticas para subsidiar o desenvolvimento de um ciclo de obras, legislações, normas e regulamentos visando melhorias na drenagem das águas pluviais urbanas. O município também deve integrar essas ações ao seu Plano Municipal de Saneamento Básico, que inclui estratégias para a universalização e melhoria dos serviços de drenagem (Birigui, 2016).

Essas legislações, em conjunto, formam um arcabouço normativo que visa garantir a eficiência na gestão das águas pluviais, protegendo a população e o meio ambiente.

1.8 INFRAESTRUTURA E SERVIÇOS PÚBLICOS

A Figura 7, adaptada do site da Prefeitura Municipal de Birigui, descreve a estrutura organizacional da Secretaria Municipal de Obras. Cada unidade dentro desta estrutura possui funções específicas para garantir a gestão, a produção, o controle e manutenção de obras e serviços referentes às vias públicas, edificações, uso do solo e drenagem urbana no município.

Figura 7 – Organograma organizacional da Secretaria Municipal de Obras de Birigui - SP.



Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui, 2024. Adaptado por: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Cada uma dessas unidades desempenha um importante papel na administração e execução das obras do município, assegurando a sustentabilidade e a qualidade dos serviços oferecidos à população. A estrutura bem definida facilita a coordenação e a eficiência das operações, contribuindo para a proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável do município.

1.9 ESTUDOS ANTERIORES

Para a elaboração do PDDU de Birigui-SP, foi realizada uma análise dos estudos anteriores e levantamentos realizados previamente na área de interesse relacionados à drenagem urbana, hidrologia e infraestrutura urbana do município. Esses estudos servem como base para a compreensão dos desafios antigos e atuais e a definição de estratégias eficazes para a mitigação de enchentes e a melhoria da infraestrutura de drenagem. Esses estudos oferecem uma base sólida para a compreensão dos desafios enfrentados pelo município de Birigui no que diz respeito à gestão de recursos hídricos, controle de enchentes e planejamento urbano sustentável.

Abaixo, é apresentada uma síntese dos principais estudos encontrados, suas metodologias e resultados, e como esses trabalhos influenciam as estratégias de manejo de águas pluviais no município.

- Análise Morfométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego Biriguizinho-Birigui-SP com o Emprego de Imagens SRTM (Oliveira e Gomes, 2014)

Este estudo se dedica à análise morfométrica da bacia do Córrego Biriguizinho, utilizando imagens SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). A pesquisa destaca as características geomorfológicas da bacia e suas implicações para o comportamento hidrológico, essencial para a modelagem de drenagem urbana e para a identificação de áreas suscetíveis a inundações.

- Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) - 2014

Embora o foco principal do PMGIRS seja a gestão de resíduos sólidos, este plano aborda também questões relacionadas à drenagem urbana, uma vez que a disposição inadequada de resíduos pode contribuir para o entupimento das redes de drenagem e, consequentemente, para o aumento do risco de inundações.

- Caracterização da mata ciliar e da qualidade da água no Córrego do Baixote, Município de Coroados e Birigui, SP - 2ª fase (ECO Consultoria Ambiental e Comércio Ltda., 2014)

Este relatório técnico investiga os usos múltiplos do Ribeirão Baixote, um dos corpos hídricos mais importantes de Birigui. O estudo avalia os impactos da urbanização sobre a qualidade e quantidade de água no ribeirão, destacando a necessidade de integrar a gestão de recursos hídricos com o planejamento urbano. As conclusões deste relatório servem como base para o desenvolvimento de políticas integradas de uso do solo e de água, fundamentais para a efetividade do PDDU.

- Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) - 2016

O Plano Municipal de Saneamento Básico de Birigui, elaborado em 2016, apresenta uma visão abrangente sobre a infraestrutura de saneamento, incluindo o manejo de águas pluviais. Este documento, que inclui um diagnóstico da situação dos serviços de drenagem, propõe uma série de ações e metas para melhorar a eficiência da rede de drenagem urbana. As diretrizes estabelecidas no PMSB são necessárias para o PDDU, pois fornecem um entendimento das necessidades de saneamento e das áreas prioritárias para intervenções.

- Lei nº 6.436, de 06 de outubro de 2017, Política Municipal de Saneamento Básico

Esta lei dispõe sobre a política municipal de saneamento básico e o plano municipal de saneamento básico do município de Birigui, que visa garantir a salubridade da área urbana e rural do município, bem como o bem-estar ambiental.

- Problemas de Drenagem na Cidade de Birigui-SP: Um Estudo das Principais Bacias (Piacente, Silva e Naldi, 2018)

Este estudo aborda especificamente os problemas de drenagem nas principais bacias hidrográficas urbanas de Birigui, com foco nos impactos causados pela urbanização acelerada. O trabalho identifica pontos críticos de alagamento, analisa as causas e propõe soluções de curto, médio e longo prazo.

- Rios urbanos canalizados: o Córrego Biriguizinho, em Birigui/SP (Zanateli e Constantino, 2021)

Zanateli e Constantino (2021) exploraram os impactos da canalização do Córrego Biriguizinho, um dos principais corpos hídricos que atravessam a área urbana de Birigui. O estudo destacou como a canalização, embora tenha inicialmente solucionado problemas de inundação, acabou contribuindo para o agravamento das enchentes devido à redução das áreas permeáveis e à intensificação do escoamento superficial. Os autores sugerem a implementação de soluções baseadas na infraestrutura verde, como a criação de parques lineares e zonas de amortecimento, para mitigar esses impactos.

- Lei Complementar nº 130, de 26 de setembro de 2022 (Código de Obras e Edificações do Município de Birigui)

O Código de Obras de Birigui estabelece normas para construções que influenciam diretamente a drenagem urbana, como a obrigatoriedade de sistemas de drenagem pluvial em edificações e loteamentos. Este documento legal é uma referência importante para a elaboração das normas técnicas e regulamentações que compõem o PDDU, assegurando que as novas construções estejam alinhadas com os objetivos de mitigação de enchentes e melhoria da drenagem urbana.

1.10 DADOS CARTOGRÁFICOS E TOPOGRÁFICOS

De acordo com a NBR 13.133, o levantamento topográfico é definido como o conjunto de técnicas e processos que, por meio de medições de ângulos horizontais e verticais, bem como de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com o uso de instrumentos adequados à precisão desejada, estabelece e materializa pontos de apoio no terreno, determinando suas coordenadas topográficas. Esses pontos servem de referência para a localização dos pontos de detalhe, garantindo sua representação exata em uma escala adequada, assim como sua representação altimétrica, através de curvas de nível, com equidistância previamente definida e/ou pontos cotados.

A base cartográfica inclui todo o material utilizado na criação dos produtos em cada etapa do processamento, desde o início até a obtenção do produto final. Para a geração do produto, foram utilizadas imagens do sensor de radar de abertura sintética (SAR) ALOS PALSAR, na forma de Modelos Digitais de Elevação (MDE), fundamentais para a obtenção de dados relacionados à altimetria e à declividade do terreno. Essas imagens foram processadas utilizando o *software* QGis 3.34 para a extração das curvas de nível. O QGIS, fazendo parte de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), é uma ferramenta essencial para a manipulação de dados e análise de informações geoespaciais, permitindo o trabalho com dados gráficos e não gráficos.

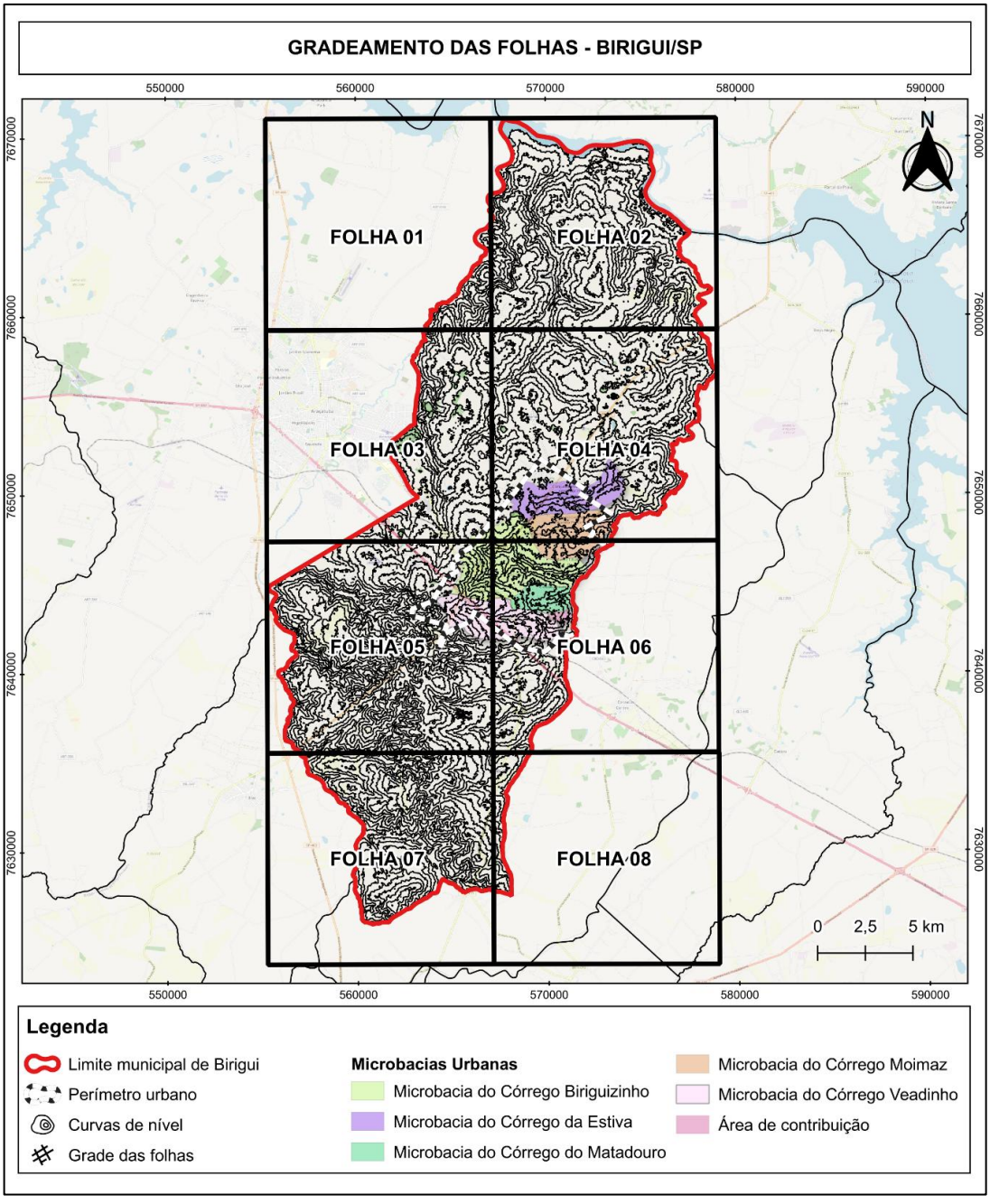
O levantamento planialtimétrico de Birigui-SP revelou importantes características topográficas que influenciam o planejamento urbano e o manejo de águas pluviais. A topografia do município é marcada por variações altimétricas que se distribuem de forma heterogênea ao longo do território, refletindo a complexidade do relevo local.

As oito folhas (gradeamento ilustrado na Figura 8) apresentadas nos mapas que seguem, apresentam a planialtimetria do município e oferecem uma visão das altitudes presentes em Birigui e nas microbacias urbanas. As curvas de nível, traçadas com equidistância de 10 metros, permitem identificar regiões com diferentes gradientes de elevação, desde áreas planas, que predominam nas regiões mais urbanizadas, até áreas com relevo mais acentuado, localizadas principalmente na região sul do município, que consistem principalmente no divisor de águas que separa as sub-bacias do Ribeirão Baguaçu e do Córrego do Baixote.

As informações topográficas são essenciais para o desenvolvimento de estratégias eficazes de drenagem urbana, pois o relevo influencia diretamente a velocidade

e o volume do escoamento superficial. Áreas com declividades mais acentuadas podem apresentar maior risco de erosão e escoamento rápido, enquanto regiões mais planas são propensas a acumulação de água e possíveis alagamentos. Portanto, o levantamento planialtimétrico é uma ferramenta fundamental para a identificação de áreas críticas e para a implementação de soluções de engenharia que visem minimizar os impactos das águas pluviais.

Figura 8 – Gradeamento da divisão em folhas cartográficas, Birigui/SP.



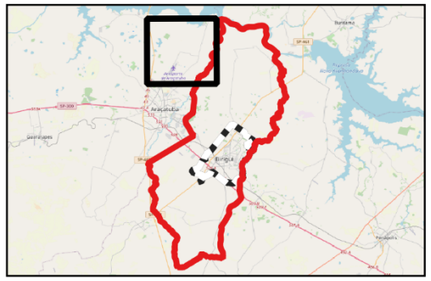
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Mapa 12 – Levantamento planialti-métrico (Folha 01), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

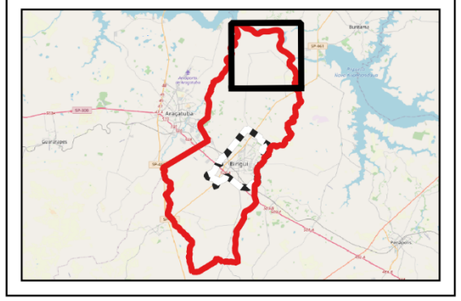


Mapa 13 – Levantamento planialtimétrico (Folha 02), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

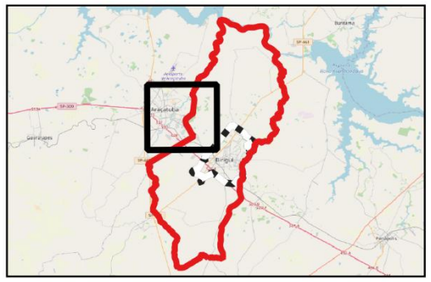
LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Mapa 14 – Levantamento planialti-métrico (Folha 03), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



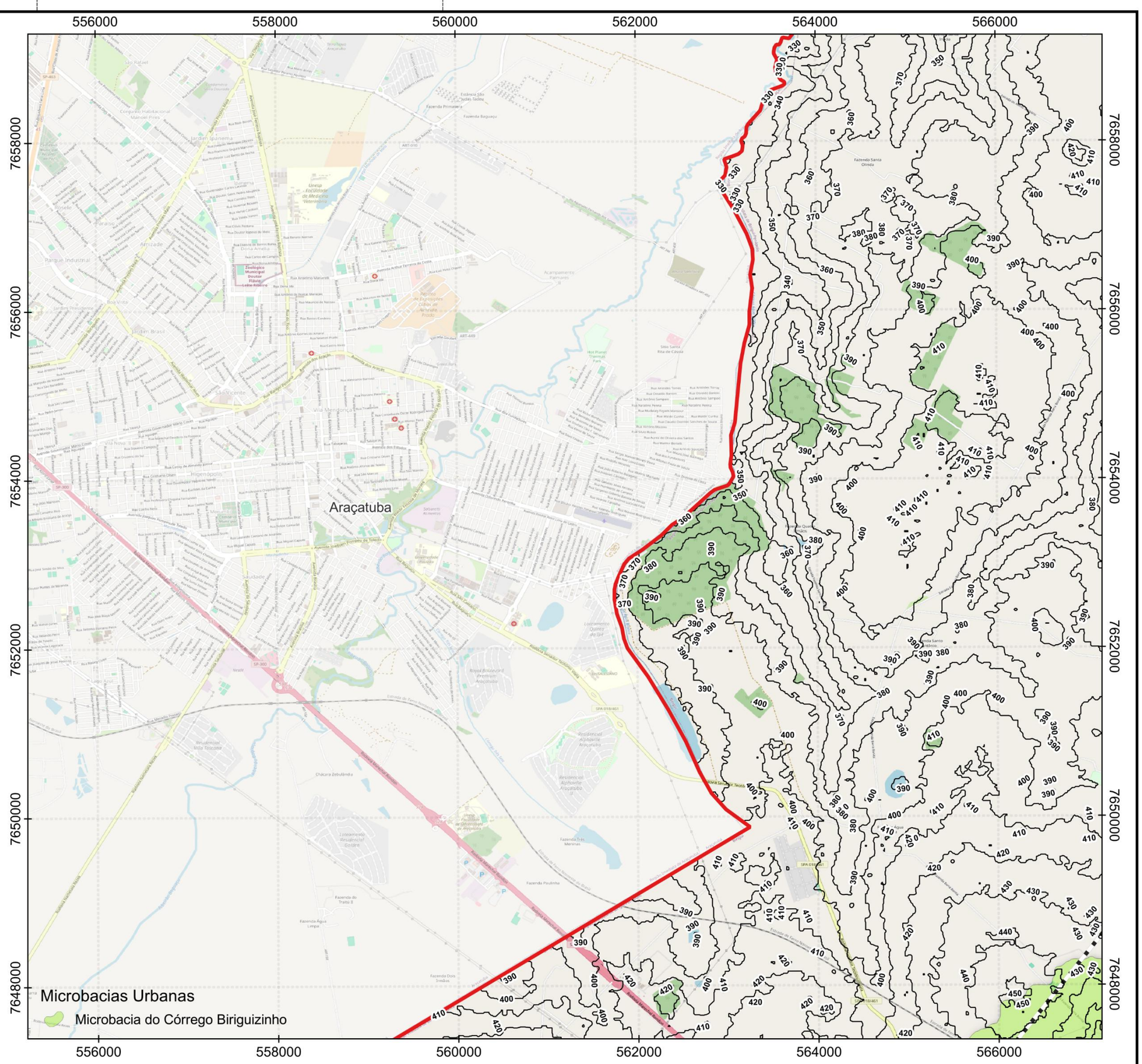
N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

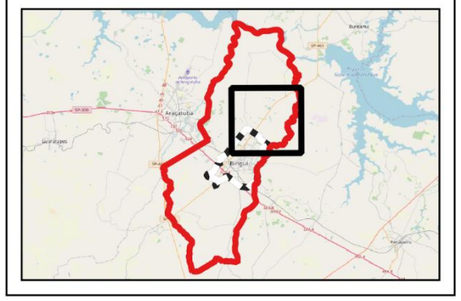


Mapa 15 – Levantamento planialtimétrico (Folha 04), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Brejo Alegre

Coroados

Microbacias Urbanas
- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego Moimaz

568000 570000 572000 574000 576000 578000

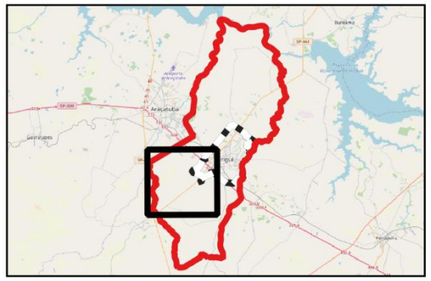
7658000 7656000 7654000 7652000 7650000 7648000

Mapa 16 – Levantamento planialti-métrico (Folha 05), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



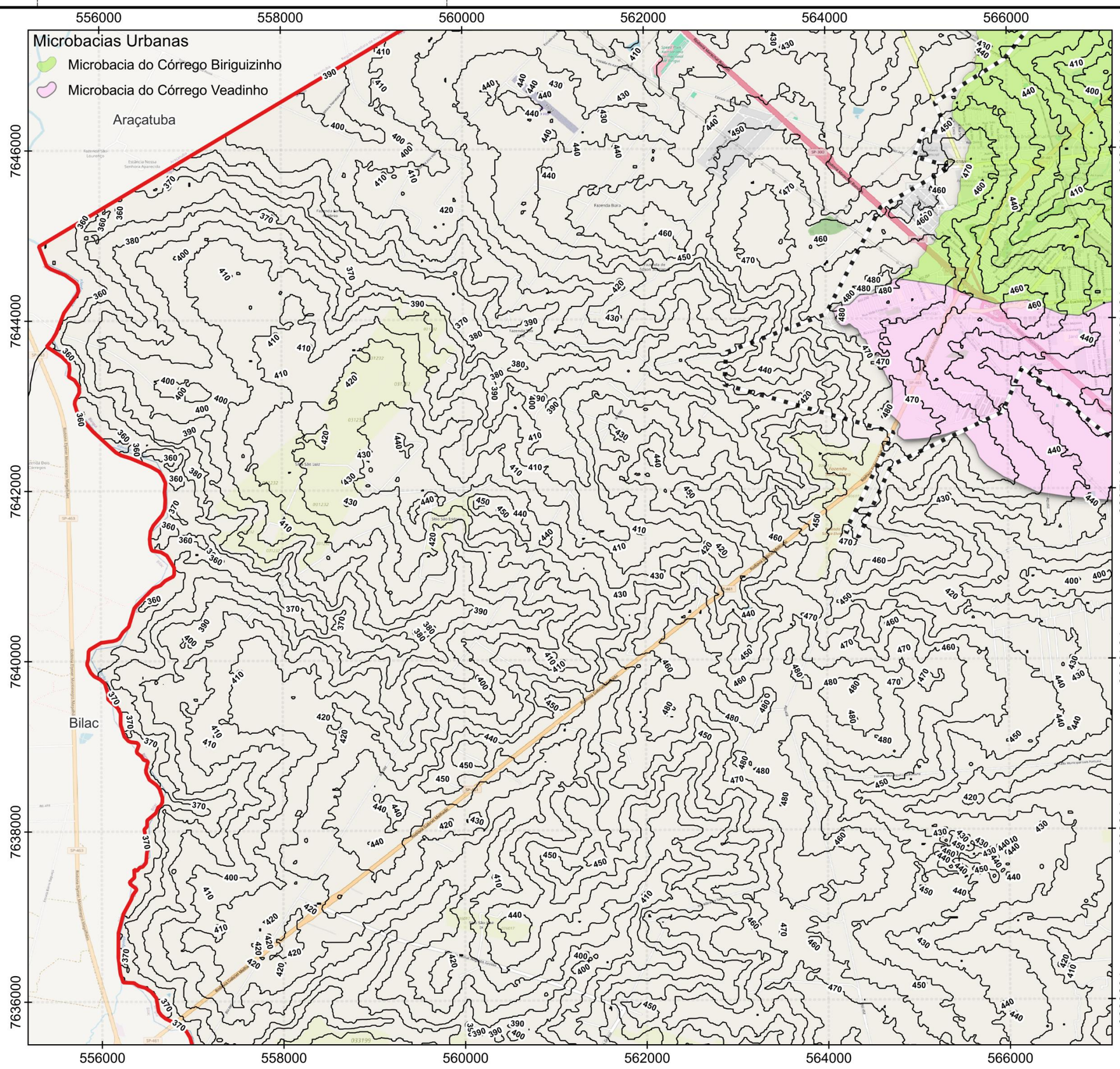
N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

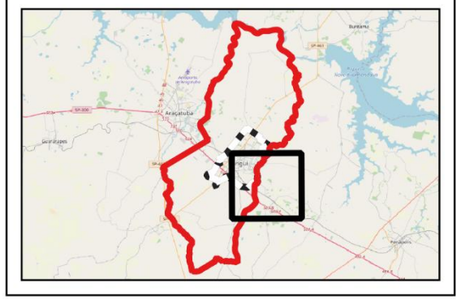


Mapa 17 – Levantamento planialtimétrico (Folha 06), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de contribuição

Coroados

Glicério

568000 570000 572000 574000 576000 578000

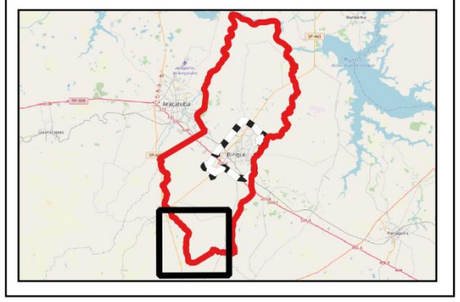
7646000 7644000 7642000 7640000 7638000 7636000

Mapa 18 – Levantamento planialti-métrico (Folha 07), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



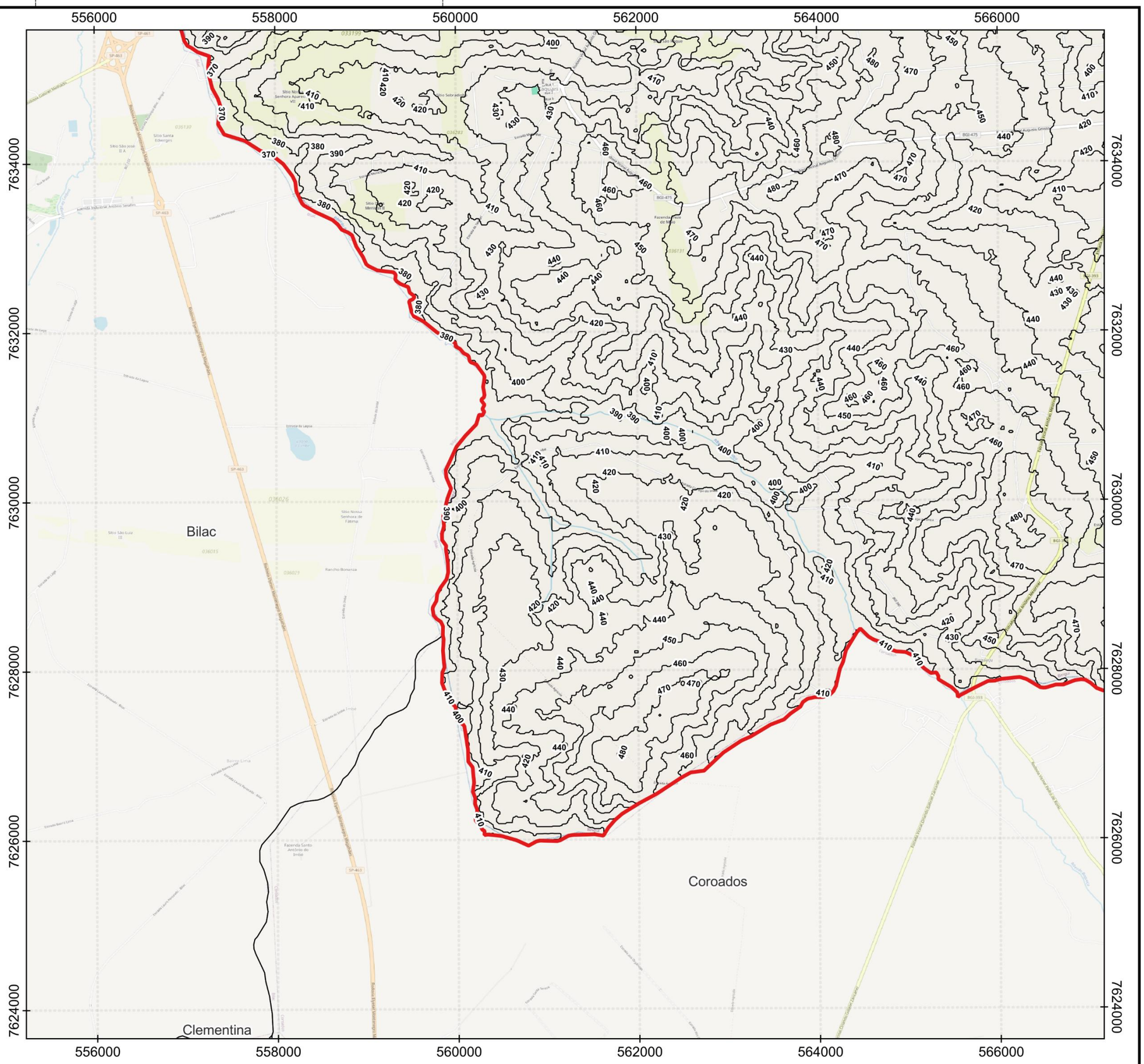
N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

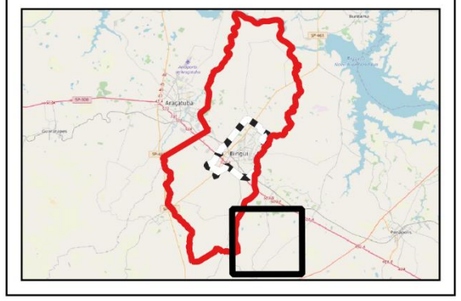


Mapa 19 – Levantamento planialtimétrico (Folha 08), Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)



N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

568000 570000 572000 574000 576000 578000

7634000 7632000 7630000 7628000 7626000 7624000

Coroados
Glicério
Braúna
Penápolis

Mapa 20 – Identificação das micro-bacias no levantamento planialti-métrico, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de contribuição 06

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

1.11 DADOS HIDROMETEOROLÓGICOS

O município de Birigui - SP apresenta uma variação nos totais anuais de precipitação ao longo dos anos, conforme registrado pela estação pluviométrica identificada pelos códigos 02150015 (ANA) e C7-028 (DAEE). A estação em questão está localizada a 1,5 km da sede do município, situada na Latitude 21°17'00"S e Longitude 50°20'00"O, dentro da sub-bacia 62, pertencente à bacia dos rios Paraná, Tietê e outros e encontra-se em operação desde o ano de 1939.

Os dados dos totais anuais de precipitação no período de 2002 a 2023 apresentados na Tabela 11, foram fornecidos pela equipe técnica municipal da Secretaria de Obras, com base nas informações coletadas no posto C7-028-L, Birigui/SP, disponibilizadas pelo hidrometrista responsável. Os valores de precipitação anual variaram de um mínimo de 773,4 mm em 2021 a um máximo de 2.145,4 mm em 2009. A média anual de precipitação no período de 2002 a 2023 foi de 1.277,65 mm, indicando uma tendência geral de chuvas moderadas a altas na região, com alguns anos registrando valores significativamente acima ou abaixo da média.

Tabela 11 – Total anual de chuva de 2002 a 2023 do posto C7-028-L, Birigui/SP.

Ano	Precipitação (mm)
2002	1.075,50
2003	1.317,00
2004	1.334,00
2005	1.190,00
2006	1.292,50
2007	1.240,80
2008	1.150,30
2009	2.145,40
2010	1.289,80
2011	1.390,20
2012	1.603,80
2013	1.180,50
2014	1.164,90
2015	1.384,80
2016	1.177,60
2017	1.861,90

Ano	Precipitação (mm)
2018	1.254,50
2019	1.086,60
2020	1.016,80
2021	773,40
2022	1.037,10
2023	1.140,90
Média:	1.277,65

Fonte: Birigui, 2023. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

De modo geral, o ano de 2009 destacou-se como o ano com a maior precipitação, totalizando 2.145,4 mm. Este valor é bastante superior à média anual, sugerindo a ocorrência de eventos extremos de chuva ou uma temporada prolongada de precipitações acima do normal. O ano de 2021 apresentou a menor precipitação anual no período analisado, com apenas 773,4 mm, o que pode estar associado a períodos de seca ou a uma distribuição irregular das chuvas ao longo do ano.

A análise dos dados hidrometeorológicos é fundamental para o planejamento de sistemas de drenagem urbana. Anos com precipitação elevada podem sobrecarregar os sistemas de drenagem, aumentando o risco de inundações e alagamentos, enquanto anos mais secos podem afetar a recarga de aquíferos e a disponibilidade hídrica.

1.12 MARCOS GEODÉSICOS

Os marcos geodésicos são pontos fundamentais para a realização de levantamentos, servindo como referência precisa para a determinação de coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude). Esses marcos, também conhecidos como estações geodésicas, são essenciais para garantir a exatidão e a consistência dos dados coletados em projetos de engenharia, mapeamento e outras atividades que envolvem a geociência.

No contexto do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), os marcos geodésicos desempenham um importante papel ao fornecerem as bases para a criação de modelos digitais de terreno, a realização de estudos hidrológicos, e o desenvolvimento de projetos de infraestrutura. Eles permitem que os profissionais envolvidos tenham

um ponto de partida confiável para o levantamento das características físicas e geográficas da área de estudo, garantindo que todas as medições e análises subsequentes sejam baseadas em uma rede de referência sólida e bem estabelecida, além de permitirem a correta determinação das altitudes e localizações dos diferentes pontos de interesse dentro do município, como cursos d'água, obras de drenagem e áreas suscetíveis a inundações.

Os marcos geodésicos permitem a integração dos dados topográficos com outros sistemas de informação geográfica (SIG), possibilitando a análise integrada do território municipal e a elaboração de projetos de engenharia com base sólida.

No município de Birigui, foram identificados alguns marcos geodésicos, implantados e mantidos de acordo com as normas estabelecidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o que assegura a sua precisão e confiabilidade. As informações principais obtidas a partir do Banco de Dados Geodésicos (BDG) do IBGE estão apresentadas na Tabela 12. O Mapa 21 apresenta a distribuição geográfica das estações, também obtidas a partir do BDG.

Tabela 12 – Dados das estações geodésicas localizadas em Birigui/SP.

Estação	Tipo	Situação	Latitude	Longitude	Altitude Geométrica (m)	Altitude Normal (m)	Fonte dados altimétricos	Gravidade (mGal)	Fonte das Coordenadas	Última visita	Última atualização
8116934	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 06' 07,86" S	50º 19' 42,12" W	356,980	-	GPS Topográfico	978.556,34	GPS Topográfico	06/10/2009	25/06/2010
8116935	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 08' 20,67" S	50º 18' 50,98" W	363,840	-	GPS Topográfico	978.557,86	GPS Topográfico	06/10/2009	25/06/2010
8116936	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 10' 35,84" S	50º 21' 27,99" W	396,100	-	GPS Topográfico	978.556,84	GPS Topográfico	06/10/2009	25/06/2010
8116937	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 13' 56,08" S	50º 20' 39,65" W	389,850	-	GPS Topográfico	978.560,51	GPS Topográfico	06/10/2009	25/06/2010
8116938	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 11' 40,07" S	50º 18' 54,74" W	401,100	-	GPS Topográfico	978.555,99	GPS Topográfico	06/10/2009	25/06/2010
8116649	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 23' 52,05" S	50º 24' 01,62" W	457,100	-	GPS Topográfico	978.557,39	GPS Topográfico	21/09/2009	25/06/2010
8116829	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 21' 07,65" S	50º 25' 02,28" W	435,880	-	GPS Topográfico	978.559,29	GPS Topográfico	24/09/2009	25/06/2010
8116632	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 20' 31,24" S	50º 19' 18,85" W	380,940	-	GPS Topográfico	978.567,74	GPS Topográfico	18/09/2009	25/06/2010
8116633	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 18' 16,31" S	50º 21' 50,61" W	453,910	-	GPS Topográfico	978.550,58	GPS Topográfico	18/09/2009	25/06/2010
8116635	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 23' 03,02" S	50º 20' 48,30" W	412,290	-	GPS Topográfico	978.565,01	GPS Topográfico	18/09/2009	25/06/2010
8116636	Estação Gravimétrica (EG)	Não construído	21º 25' 51,77" S	50º 21' 36,25" W	471,390	-	GPS Topográfico	978.553,95	GPS Topográfico	18/09/2009	25/06/2010
91973	GPS	Bom	21º 20' 19,34233" S	50º 23' 59,99085" W	469,095	476,3396	Nivelamento Geométrico	-	GPS Geodésico	21/06/2012	30/07/2018
91974	GPS	Bom	21º 13' 13,36670" S	50º 18' 10,54069" W	397,077	404,5655	Nivelamento Geométrico	-	GPS Geodésico	25/06/2012	30/07/2018
3115F	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 20' 19,34233" S	50º 23' 59,99085" W	469,095	476,3396	Nivelamento Geométrico	-	GPS Geodésico	21/06/2012	30/07/2018
3115T	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 13' 13,36670" S	50º 18' 10,54069" W	397,077	404,5655	Nivelamento Geométrico	-	GPS Geodésico	25/06/2012	30/07/2018
3115G	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 19' 33,00" S	50º 23' 02,00" W	-	459,5737	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	14/11/2007	30/07/2018
3115H	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 18' 45,00" S	50º 22' 27,00" W	-	474,6201	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	16/11/2007	30/07/2018
3115J	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 18' 17,00" S	50º 22' 13,00" W	-	466,8695	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	16/11/2007	30/07/2018
3115L	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 17' 18,00" S	50º 25' 35,00" W	-	446,1466	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	16/11/2007	30/07/2018
3115S	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 13' 59,00" S	50º 18' 43,00" W	-	403,1395	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	13/11/2007	30/07/2018
3115U	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 12' 00,00" S	50º 17' 17,00" W	-	407,9299	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	14/11/2007	30/07/2018
3115V	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 11' 00,00" S	50º 16' 09,00" W	-	383,4867	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	14/11/2007	30/07/2018
3115X	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 10' 30,00" S	50º 15' 18,00" W	-	371,5588	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	13/11/2007	30/07/2018
3115C	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 22' 02,00" S	50º 26' 10,00" W	-	426,3007	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	10/10/2007	30/07/2018
3115D	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 21' 26,00" S	50º 25' 26,00" W	-	434,0446	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	10/10/2007	30/07/2018
3115E	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 21' 08,00" S	50º 25' 03,00" W	-	439,4668	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	11/10/2007	30/07/2018
3115M	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 16' 48,00" S	50º 21' 05,00" W	-	394,6724	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	16/11/2007	30/07/2018
3115P	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 15' 20,00" S	50º 19' 43,00" W	-	401,344	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	14/11/2007	30/07/2018
3115R	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 14' 48,00" S	50º 19' 20,00" W	-	420,8124	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	14/11/2007	30/07/2018
3115N	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 16' 14,00" S	50º 20' 30,00" W	-	413,9402	Nivelamento Geométrico	-	GPS Navegação	16/11/2007	30/07/2018
726	Referência de Nível (RN)	Bom	21º 17' 54,92777" S	50º 22' 15,88443" W	-	-	Nivelamento Trigonométrico	-	Triangulação	15/12/1953	17/07/2017
727	Vértice de Triangulação (VT)	Destruído	21º 10' 07,53859" S	50º 15' 56,84624" W	Altitude Ortométrica (m): 401,81		Nivelamento Trigonométrico	-	Triangulação	15/05/1962	17/07/2017

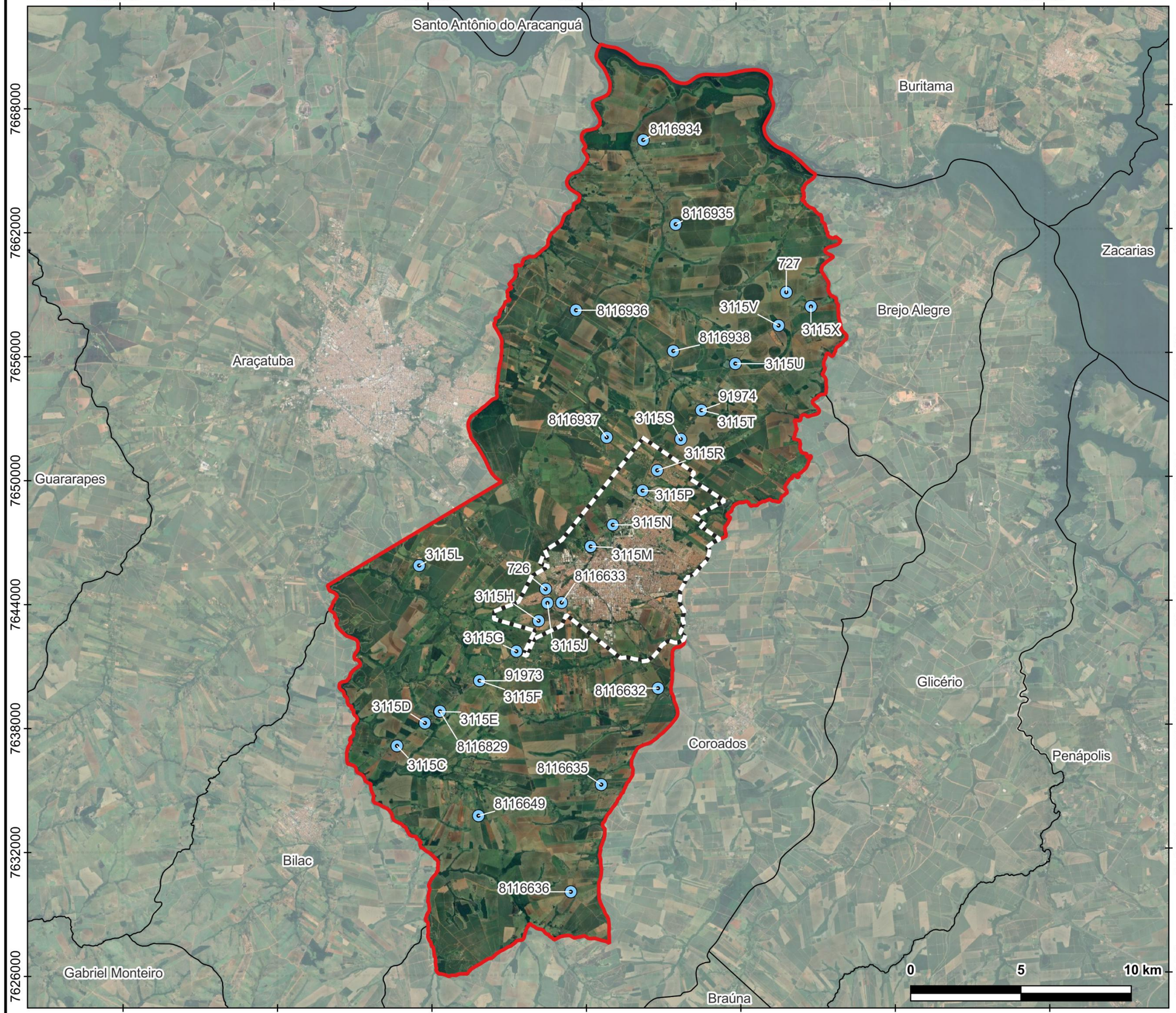
Fonte: IBGE/BDG, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Mapa 21 – Localização dos marcos geodésicos, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Marcos geodésicos



N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

2 SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL

O sistema de drenagem urbana tradicional é composto por dois subsistemas distintos, que devem ser planejados e projetados com critérios diferenciados. O primeiro é o sistema de microdrenagem, que abrange elementos como pavimentação, guias, sarjetas, bocas de lobo, redes de galerias pluviais e pequenos canais. Esse sistema é dimensionado para escoar vazões com períodos de retorno de 2 a 10 anos. O segundo é o sistema de macrodrenagem, que envolve canais de maiores dimensões, abertos ou fechados, projetados para escoar vazões com períodos de retorno de 25 a 100 anos (PMSP, 1999).

Além desses sistemas tradicionais, o uso de soluções sustentáveis tem se tornado mais comum. Essas medidas visam controlar o escoamento diretamente na fonte, por meio de infiltração ou detenção das águas pluviais no próprio lote ou loteamento, preservando as condições naturais de vazão pré-existentes para um risco previamente definido (ABRH, 1995; Tucci, 1995; Porto & Barros, 1995).

2.1 MICRODRENAGEM

A microdrenagem pode ser definida como o conjunto de infraestruturas responsáveis pela captação e condução inicial das águas pluviais nas bacias urbanas. Segundo São Paulo (2012) e São José dos Campos (2021), os principais elementos que compõem esse sistema incluem:

- **Galerias**: Canalizações públicas que conduzem as águas pluviais captadas pelas bocas coletoras e por ligações privadas.
- **Poço de visita**: Dispositivos que possibilitam a inspeção e limpeza da rede de drenagem, sendo instalados em pontos de mudança de direção, declividade, diâmetro ou em trechos longos, geralmente a cada 100 metros.
- **Trecho**: Parte da galeria compreendida entre dois poços de visita.
- **Bocas coletoras**: Localizadas nas sarjetas, são responsáveis por captar as águas pluviais.

- **Tubos de ligação**: Tubulações que transportam as águas coletadas das bocas coletoras até as galerias ou poços de visita.
- **Meio-fio**: Estruturas de concreto ou pedra que delimitam a via pública, separando-a do passeio.
- **Sarjetas**: Faixas adjacentes ao meio-fio, onde as águas pluviais que escorrem das vias públicas são direcionadas.
- **Sarjetões**: Calhas formadas pela própria pavimentação nas interseções de ruas, utilizadas para orientar o escoamento das águas.
- **Estações de bombeamento**: Sistemas que elevam a água de canais de drenagem quando o escoamento por gravidade não é mais viável.
- **Traçado da rede pluvial**: A rede deve ser projetada em planta baixa, considerando o escoamento superficial natural. Algumas regras incluem:

  - Marcação dos divisores de bacia e áreas contribuintes para cada trecho.
  - Identificação dos trechos onde o escoamento ocorre apenas nas sarjetas.
  - Lançamento de galerias pluviais sob os passeios, sempre que possível.
  - Em vias com uma rede única, esta pode receber ligações de ambos os lados da rua, de acordo com a pavimentação e largura da via.

- **Ala de lançamento**: estruturas que promovem a disposição final das águas pluviais, muitas vezes conectadas a dissipadores de energia.
- **Dispositivos de controle de vazão**: Estruturas responsáveis por descarregar as águas pluviais em reservatórios ou outras estruturas de controle.

A microdrenagem exerce um papel essencial na infraestrutura urbana, garantindo o manejo eficiente das águas pluviais em áreas fortemente urbanizadas. Com o avanço da urbanização e o aumento da impermeabilização do solo, os sistemas de microdrenagem tornaram-se fundamentais para prevenir inundações, reduzir os impactos ambientais e assegurar a qualidade de vida nas cidades. Esses sistemas são responsáveis por coletar, transportar e, quando possível, infiltrar as águas pluviais, mitigando os efeitos de enchentes e protegendo a infraestrutura existente.

A gestão adequada das águas pluviais urbanas através da microdrenagem contribui significativamente para a prevenção de inundações, proteção da infraestrutura pública e controle da qualidade da água. Dada a importância desses sistemas, a microdrenagem deve ser integrada ao planejamento urbano com o objetivo de criar cidades mais resilientes, seguras e sustentáveis.

No município de Birigui, o setor responsável pela drenagem urbana e águas pluviais é a Prefeitura Municipal por meio da Secretaria de Obras. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA, 2022), há um total de 756,09 km de vias públicas urbanas, das quais apenas 14,03 km possuem redes ou canais de águas pluviais subterrâneos, representando uma cobertura de 1,86%. Em bairros mais antigos, a infraestrutura de drenagem foi aprovada com base em sistemas de escoamento predominantemente superficiais, sem previsão de expansão urbana, o que resultou em subdimensionamento de dispositivos.

Durante as visitas técnicas realizadas para a elaboração deste diagnóstico, buscou-se mapear e identificar a totalidade de dispositivos de microdrenagem. Muitos destes encontram-se em boas condições, no entanto, também foram identificados alguns problemas que comprometem a eficiência dos sistemas de captação e transporte de águas pluviais, como o descarte inadequado de resíduos sólidos em pontos próximos a infraestruturas de drenagem, como bocas coletoras, ou mesmo dentro, como apresentado na Figura 9, que obstruem a rede e causam entupimentos.

Figura 9 – Registros de bocas coletoras com presença de resíduos, Birigui/SP.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Observou-se ainda a presença de bocas coletoras e outras estruturas danificadas e também obstruídas por resíduos domiciliares e verdes, resíduos de construção (areia e brita, por exemplo), sedimentos de solo, vegetação rasteira densa, além de algumas obstruções feitas pelos próprios munícipes, o que agrava a capacidade de drenagem e aumenta os riscos de enchentes.

Figura 10 – Registro de bocas coletoras danificadas, obstruídas, com presença de resíduos verdes, de construção, vegetação e sedimentos, Birigui/SP.





Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Outro problema identificado foi a má distribuição das bocas coletoras. Em algumas ruas, elas estão localizadas nas esquinas, um tipo de configuração não recomendada. Algumas bocas coletoras se localizam nas partes mais altas das vias, enquanto as seções mais baixas, que naturalmente recebem maior volume de escoamento superficial, não possuem dispositivos de captação adequados. Isso resulta no acúmulo de água pluvial nessas regiões, aumentando o risco de alagamentos localizados.

Além disso, verificou-se que em algumas ruas as bocas coletoras estão concentradas apenas no final das vias, sem a presença de dispositivos intermediários ao longo do trajeto. Esse tipo de configuração pode sobrecarregar o sistema, uma vez que todo o volume de água é direcionado para poucos pontos de captação, comprometendo a eficiência do escoamento e aumentando a probabilidade de transbordamentos.

Foi identificada também a presença de pontos de acúmulo de água próximos a bocas coletoras e em sarjetões, além da falta de manutenção regular dos dispositivos de microdrenagem, como canaletas, tubulações, canais e bocas coletoras. A ausência de uma periodicidade adequada para a limpeza e manutenção dessas infraestruturas

compromete o funcionamento do sistema de drenagem, especialmente em períodos de maior volume de chuvas. A implementação de um plano de manutenção contínua e periódica é essencial para garantir o bom desempenho do sistema de drenagem urbana e prevenir problemas maiores.

Além do que já foi citado, observou-se pontos com vazamentos da rede de esgotamento sanitário que passa pelos córregos canalizados. O relatório fotográfico com os registros feitos durante os levantamentos de campo é apresentado no Anexo 1.

2.2 MACRODRENAGEM

A macrodrenagem é um termo amplamente utilizado na engenharia urbana e hidráulica para designar o conjunto de técnicas e infraestruturas voltadas ao controle e manejo das águas pluviais em grandes áreas, como bacias hidrográficas e áreas urbanas. Esse sistema é responsável por regular o escoamento de grandes volumes de água, visando à prevenção de inundações, à proteção das zonas urbanas e à preservação do meio ambiente.

Um dos componentes essenciais da macrodrenagem é a canalização, que envolve a construção de canais e galerias destinados ao escoamento das águas pluviais. Esses canais podem ser abertos, como os de concreto ou terra, ou fechados, como tubulações subterrâneas, sendo a escolha do tipo de canalização definida pelas características do local e o volume de água a ser drenado.

Outro elemento importante são as barragens de controle de cheias, projetadas para regular o fluxo de águas pluviais, prevenindo inundações em áreas urbanas. Essas estruturas podem ser temporárias ou permanentes, tendo como objetivo regularizar o fluxo e liberar a água de maneira controlada, minimizando os danos em períodos de chuvas intensas.

A retenção e detenção de águas pluviais também fazem parte das estratégias de macrodrenagem. Estruturas como bacias de detenção, lagoas de retenção e reservatórios são construídas para retardar ou reter temporariamente o escoamento, evitando picos de vazão que poderiam aumentar os riscos de inundações.

No campo tecnológico, a macrodrenagem faz uso de modelagem hidrológica, sistemas de informações geográficas (SIG) e *softwares* de simulação hidráulica. Esses recursos são empregados para estimar a vazão das águas pluviais, identificar

áreas críticas e dimensionar corretamente as estruturas de drenagem. Além disso, sistemas de monitoramento como pluviômetros e estações meteorológicas permitem o acompanhamento em tempo real das condições hidrológicas, facilitando a tomada de decisões rápidas em eventos extremos.

Cada vez mais, práticas de infraestrutura verde, como telhados verdes, pavimentos permeáveis e jardins de chuva, têm sido adotadas em projetos de macrodrenagem. Essas soluções sustentáveis ajudam a reduzir tanto o volume quanto a velocidade do escoamento das águas pluviais, além de contribuir para a recarga de aquíferos e o controle de enchentes.

O planejamento adequado da macrodrenagem é essencial para a gestão eficiente das águas pluviais em áreas urbanas. A combinação de diferentes estratégias, tecnologias e práticas sustentáveis pode contribuir para a prevenção de enchentes e a proteção das cidades. Segundo Tucci (2003), estima-se que sejam necessários entre 420 e 470 m^3 por hectare de reservação para atenuar os impactos da urbanização, especialmente devido à impermeabilização do solo. Considerando uma profundidade média de 1,5 m para as lagoas de retenção ou detenção, seria necessária uma área equivalente a aproximadamente 3% da bacia urbanizada para a construção dessas estruturas.

Com base na área impermeabilizada de aproximadamente 2.545 hectares e na estimativa de Tucci (2003), o volume necessário para a construção de dispositivos de retenção em Birigui seria de 1.068.900 m^3. Esse volume é consideravelmente elevado se consideradas apenas soluções estruturais para resolver os problemas de drenagem urbana. Diante disso, Urbonas (1993) destaca a importância de adotar medidas não estruturais e estratégias de controle na fonte, que são essenciais para garantir o funcionamento eficiente das cidades altamente urbanizadas e aumentar sua resiliência frente a eventos extremos de precipitação.

Durante as visitas de campo, foram observados problemas que agravam a qualidade e eficiência do sistema de macrodrenagem, como a presença de resíduos sólidos tanto nos canais dos cursos d'água quanto em suas margens, comprometendo a capacidade de escoamento das águas pluviais. Outro ponto identificado em alguns trechos foi a erosão em talude, causada, em grande parte, por fatores como infiltração inadequada, falta de manutenção, fluxo de água concentrado ou ausência de sistemas eficientes de drenagem superficial e que contribui para o aumento de sedimentos nos

canais, reduzindo a eficiência dos dispositivos de drenagem.

Essa falha pode agravar-se com o tempo, resultando no comprometimento da estabilidade do talude e na necessidade de intervenções corretivas, como reforço da estrutura de contenção, drenagem e revegetação para controlar a erosão.

Além do que já foi mencionado, notou-se o crescimento de vegetação nas áreas onde há de depósito de sedimentos nos córregos canalizados, a necessidade de limpeza e manutenção de estruturas como canaletas, bem como problemas de transbordamento, como identificado no trecho final de uma canaleta existente nas proximidades do Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato.

No entanto, em contraposição às falhas observadas, importantes dispositivos de amortecimento de vazões de pico foram verificados no perímetro urbano municipal, como a bacia de detenção construída no Residencial Jacarandá (Figura 11) e no condomínio Adisa Residencial (Figura 12).

Figura 11 – Bacia de detenção, Residencial Jacarandá, Birigui/SP.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 12 – Bacia de detenção, condomínio Adisa I, Birigui/SP.



Fonte: Google Earth Pro, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O relatório fotográfico apresentando os registros de canais e estruturas de bacias de contenção e canaletas, feitos durante as visitas de campo, é apresentado no Anexo 1.

2.3 CADASTRAMENTO DO SISTEMA ATUAL DE DRENAGEM

O cadastro da rede de drenagem é uma etapa fundamental para o planejamento e a gestão adequada dos sistemas de drenagem urbana. Ele consiste no levantamento das estruturas e dispositivos que compõem a rede de micro e macrodrenagem, incluindo bocas coletoras, galerias de águas pluviais, canais abertos e fechados, poços de visita, entre outras estruturas de escoamento. O cadastro dessas infraestruturas permite identificar a localização, as condições operacionais, realizar análises hidráulicas, dimensionamento de dispositivos de controle, manutenção do sistema e os principais pontos de criticidade, como locais propensos a alagamentos ou estruturas danificadas.

Esse tipo de levantamento é realizado por meio de inspeções de campo, georreferenciamento e análise de dados existentes. No caso específico de Birigui, o município não contava com um cadastro da rede de drenagem, restringindo-se apenas aos registros de sistemas implantados em novos loteamentos. Isso limitava a capacidade de gestão integrada da drenagem urbana, comprometendo a eficiência no monitoramento e manutenção da rede existente, especialmente em áreas mais antigas da cidade.

O atual cadastramento da rede de drenagem considerou informações coletadas em visitas técnicas e aquelas passadas pela equipe da Secretaria de Obras. A metodologia de campo adotada para o cadastro envolveu o mapeamento das estruturas de micro e macrodrenagem em todos os bairros do perímetro urbano. A equipe técnica da Líder Engenharia e Gestão de Cidades percorreu as áreas urbanizadas com o auxílio do aparelho GPS GARMIN eTrex® 22x, que apresenta uma margem de erro de aproximadamente 3,65 metros, garantindo um nível de precisão adequado para o levantamento georreferenciado. Durante esse processo, foram coletados dados sobre a localização e o estado das infraestruturas de drenagem, além de anotações de campo sobre as condições observadas e registro de problemas como a obstrução de bocas de lobo por resíduos sólidos e sedimentos, o que compromete a eficiência do escoamento superficial e aumenta o risco de alagamentos.

O levantamento incluiu a inspeção dos dispositivos de microdrenagem, como bocas coletoras, onde se identificou algumas situações críticas como a presença de resíduos sólidos, obstruções por sedimentos e vegetação, afetando diretamente a eficiência do sistema. Na ocasião, também foi registrada a tipologia das bocas coletoras, permitindo uma avaliação mais precisa sobre a capacidade de captação das águas pluviais.

No cadastro da rede de drenagem, as áreas privadas, como condomínios fechados, não foram incluídas no levantamento dos dispositivos. Nessas áreas, o acesso foi limitado, e os dispositivos de drenagem interna não foram mapeados. Para assegurar uma visão completa do sistema de drenagem, os projetos dos empreendimentos dessas áreas privadas foram disponibilizados por meio da equipe da Secretaria de Obras e integrados ao levantamento realizado nas vias públicas adjacentes, permitindo uma análise mais coesa da rede de drenagem do município.

Além da microdrenagem, foram verificados os canais de macrodrenagem, buscando-se observar situações de acúmulo de resíduos sólidos, comprometimento dos taludes e a presença de processos erosivos, fatores que representam um risco para a estabilidade das margens e para o funcionamento contínuo do sistema de escoamento.

O cadastro de drenagem possibilita a criação de um banco de dados georreferenciado que integra as informações sobre a rede de drenagem com o Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitindo uma análise mais eficiente. Com a utilização de *softwares* específicos, como o QGIS, é possível identificar áreas críticas e apoiar a tomada de decisão para intervenções futuras, seja para ampliação, manutenção ou substituição de partes da rede.

O levantamento da infraestrutura existente também auxilia no planejamento de ações preventivas e corretivas, otimizando a manutenção e promovendo maior segurança para as áreas urbanas, além de contribuir para o dimensionamento adequado dos sistemas de drenagem em áreas de expansão urbana.

Essas informações, uma vez organizadas em um banco de dados georreferenciado, permitirão não apenas uma gestão mais eficaz da rede de drenagem, mas também o planejamento de intervenções para mitigação de problemas recorrentes, como alagamentos e inundações em áreas críticas do município. A atualização periódica do cadastro é imprescindível para que a rede de drenagem acompanhe as mudanças no uso do solo e no desenvolvimento urbano do município.

2.3.1 Processamento e Organização dos Dados

Após a conclusão dos levantamentos de campo, teve início a fase de processamento e organização dos dados coletados para documentar o estado atual da infraestrutura de drenagem. Nesta etapa, todos os pontos das estruturas de drenagem identificados em campo foram transferidos para um ambiente SIG, onde os dados passaram por um processo de tratamento e validação. Esse processo incluiu a correção de possíveis inconsistências de localização devido a interferências de sinal, eliminação de pontos duplicados que poderiam comprometer a precisão do levantamento e a alimentação da tabela de atributos com informações detalhadas.

A tabela de atributos dos arquivos vetoriais agrega informações importantes sobre as feições de cada ponto, como o tipo de dispositivo (bocas coletoras, poços de visita, galerias pluviais) e estado de conservação. Com esses dados consolidados, o ambiente SIG oferece uma base para análises posteriores e futuras atualizações da rede, facilitando a consulta e o cruzamento de informações para subsidiar a tomada de decisões.

As colunas presentes na tabela incluem:

- **fID**: número sequencial de identificação da feição;
- **Tipologia**: apresenta a tipologia dos dispositivos de drenagem (boca coletora, poço de visita, caixa de ligação, por exemplo); e
- **Situação**: apresenta o estado de conservação do dispositivo (se apresenta resíduos, se está danificado ou obstruído, por exemplo);
- **Obs.**: campo destinado a inclusão de observações/informações de outra natureza que foram identificadas;

A Figura 13 ilustra um recorte da tabela de atributos da camada.

Figura 13 – Recorte da tabela de atributos da camada de pontos, Birigui/SP.

	fID	Tipologia	Situação	Obs
2810	2810	Boca Coletora Dupla	NULL	NULL
2811	2811	Boca Coletora Simples	NULL	Entrada direta para o Córrego da Piscina
2812	2812	Boca Coletora Simples	NULL	Entrada direta para o Córrego da Piscina
2813	2813	Boca Coletora Simples	Falta grade	Entrada direta para o Córrego da Piscina
2814	2814	Boca Coletora Simples	NULL	Entrada direta para o Córrego da Piscina
2815	2815	Boca Coletora Simples	NULL	NULL
2816	2816	Boca Coletora Simples	Tampa quebrada	NULL
2817	2817	Boca Coletora Simples	NULL	NULL
2818	2818	Boca Coletora Simples + Grelha	Tampa quebrada	NULL
2819	2819	Boca Coletora Simples + Grelha	NULL	NULL
2820	2820	Boca Coletora Simples	NULL	NULL

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

O Mapa 22 apresenta a localização dos dispositivos plotados no *software* Qgis versão ltr (*long term release*) 3.34.

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Mapa 22 – Localização dos dispositivos de drenagem levantados em campo, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Hidrografia
- Quadras
- Prefeitura
- Bocas coletoras
- Ala de Lançamento
- Escada Hidráulica
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Caixa de Dissipação de Água Pluvial
- Reservatório de Detenção
- Entrada (bacias de detenção/retenção)

N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Para o cadastramento da rede de drenagem, utilizou-se os dados georreferenciados coletados durante os levantamentos de campo, bem como arquivos disponibilizados pela Secretaria de Obras do município (como arquivos vetoriais de quadras e ruas). Essa etapa foi realizada em ambiente CAD (*Computer-Aided Desing*), utilizando o *software Autodesk AutoCAD* 2025, que permite uma representação detalhada e padronizada dos elementos da rede de drenagem. O uso desse recurso possibilita a criação de desenhos técnicos precisos e personalizados, nos quais cada dispositivo é posicionado com base no georreferenciamento validado no SIG.

Durante o processo de elaboração do cadastro, as informações foram organizadas de maneira a proporcionar uma visualização completa do sistema de drenagem, incluindo não apenas as estruturas principais, mas também suas interconexões. Essa representação facilita a interpretação visual e torna-se essencial para o planejamento de intervenções, possibilitando que engenheiros e gestores públicos realizem análises para identificar gargalos, mapear pontos críticos e planejar ações corretivas ou expansões da rede de forma eficiente e integrada ao crescimento urbano do município.

O produto final consiste no cadastro atualizado, estruturado como uma ferramenta técnica estratégica para a gestão da infraestrutura de drenagem urbana de Birigui. Esse material oferece suporte à manutenção da rede existente, ao planejamento de novas expansões e à mitigação de problemas relacionados ao escoamento pluvial, integrando-se às demandas atuais e futuras do desenvolvimento urbano. A tabela X lista os dispositivos de drenagem levantados e as pranchas do cadastro encontram-se no Anexo 3.

Tabela 13 - Listagem dos dispositivos de drenagem levantados.

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA Município de Birigui - SP			
SISTEMA DE DRENAGEM			
DESCRIÇÃO	QTD.	C/ PATOLOGIAS	UN.
TUBO DN400	31.919,76	-	m
TUBO DN600	43.551,60	-	m
TUBO DN800	21.202,72	-	m
TUBO DN1000	21.843,78	-	m
TUBO DN1200	4.710,10	-	m
TUBO DN1500	5.016,60	-	m
BOCA COLETORA SIMPLES	1.312	57	unidades

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA Município de Birigui - SP			
SISTEMA DE DRENAGEM			
BOCA COLETORA SIMPLES C/ GRELHA	38	2	unidades
BOCA COLETORA DUPLA	1.412	49	unidades
BOCA COLETORA DUPLA C/ GRELHA	3	-	unidades
BOCA COLETORA TRIPLA	262	5	unidades
BOCA COLETORA QUÁDRUPLA	23	-	unidades
BOCA COLETORA MÚLTIPLAS ENTRADAS (MAIS DE 4)	12	-	unidades
BOCA COLETORA EM GRELHA	248	11	unidades
BOCA COLETORA S/ IDENTIFICAÇÃO DA TIPOLOGIA	62	-	unidades
POÇO DE VISITA	129	-	unidades
CAIXA DE PASSAGEM	232	-	unidades
CAIXA DE LIGAÇÃO	21	1	unidades

*A presente listagem pode conter pequenas variações em relação ao total real de dispositivos, em função de limitações encontradas durante os trabalhos de campo que dificultaram a identificação completa de todos os elementos existentes, entre outras interferências operacionais.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

2.4 ÁREAS DE RISCO E PONTOS CRÍTICOS

Áreas de risco e pontos críticos são zonas identificadas em um município que apresentam maior vulnerabilidade a eventos adversos, como alagamentos, inundações, deslizamentos, erosão e outros processos naturais ou induzidos pelas atividades humanas. A análise dessas áreas é fundamental para o planejamento urbano e ambiental, uma vez que a ocupação desordenada e a falta de infraestrutura adequada podem aumentar os danos decorrentes desses eventos.

No contexto do Plano Diretor de Drenagem Urbana, é necessário mapear essas áreas para direcionar as intervenções necessárias, visando minimizar os riscos à população e à infraestrutura local. As regiões de maior risco estão geralmente associadas a características como a presença de corpos d'água com alta propensão a transbordamentos, áreas de declividade acentuada, solos susceptíveis à erosão, além de regiões urbanizadas que carecem de sistemas adequados de drenagem.

Identificar e monitorar os pontos críticos permite a implementação de estratégias de mitigação, como o reforço da infraestrutura de drenagem, controle da ocupação do solo e medidas de contenção, prevenindo desastres e minimizando o impacto sobre as áreas vulneráveis. Além disso, essas informações são essenciais para a criação de políticas públicas e ações que garantam a segurança e o bem-estar da

população, alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável e da gestão de riscos ambientais.

2.4.1 Suscetibilidade a Inundações e Movimentos de Massa

A ocorrência de enchentes e inundações gera diversos prejuízos e, dependendo da intensidade, podem ser classificados como desastres naturais. Os alagamentos, por sua vez, são fenômenos de origem antrópica, decorrentes de infraestrutura inadequada e planejamento urbano deficiente. Esses eventos ocorrem em situações de precipitações intensas, quando o solo não consegue absorver toda a água e os rios e estruturas de drenagem não possuem capacidade de escoamento adequada. Sendo o destino final das águas pluviais, os rios têm seus níveis aumentados em eventos de chuva intensa, podendo transbordar e alagar áreas adjacentes.

No Brasil, enchentes, inundações e alagamentos são fenômenos associados à precipitação e são definidos da seguinte forma:

- Enchente: ou cheia, ocorre quando o nível do rio sobe ao ponto máximo dentro do seu canal, sem transbordar.
- Inundação: caracteriza-se pelo extravasamento das águas do rio, que saem do canal atingindo a planície de inundação, conhecida como várzea, uma área plana próxima ao curso d'água.
- Alagamento: refere-se ao acúmulo de água em áreas urbanas, geralmente ocasionado pela incapacidade do sistema de drenagem em escoar o volume de chuva recebido.

Os principais fatores que influenciam a suscetibilidade de um ambiente à ocorrência de enchentes e inundações estão listados no Quadro 2 e para alagamentos no Quadro 3.

Quadro 2 – Fatores contribuintes para enchentes e inundações.

Naturais	Antrópicos
Forma do vale	Desmatamento

Clima (pluviosidade)	Assoreamento do canal de drenagem
Topografia (relevo) da várzea	Elevada densidade de edificação (ilhas de calor)
Forma da bacia	Interceptação/estreitamento da drenagem (barramento)
Vegetação na área da bacia	Impermeabilização dos terrenos da área da bacia
Permeabilidade do solo na área da bacia	Lançamento de águas servidas e de esgoto no sistema de drenagem
Presença de estreitamento do curso d'água	Águas pluviais rapidamente conduzidas para o sistema de drenagem

Fonte: CPRM. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Quadro 3 – Fatores contribuintes para alagamentos.

Fatores que influenciam a suscetibilidade a alagamentos	
Impermeabilização do solo	Construção em áreas de risco
Falta de manutenção da infraestrutura de drenagem	Descarte inadequado de resíduos
Subdimensionamento da rede de drenagem	Alterações no curso natural de água (canalização)
Ausência de dispositivos de captação em pontos estratégicos	

Fonte: CPRM. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com o intuito de fornecer suporte técnico aos gestores na tomada de decisões voltadas à prevenção de desastres, o Serviço Geológico do Brasil (SGB) desenvolve as Cartas de Suscetibilidade. Essas cartas são representações cartográficas que indicam a probabilidade de ocorrência de determinados eventos, como movimentos gravitacionais de massa (deslizamentos e corridas de massa) e inundações. Os terrenos são classificados em diferentes graus ou classes (por exemplo, baixa, média e alta), de acordo com a suscetibilidade a processos físicos que podem desencadear desastres.

As Cartas foram produzidas pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM/SGB, como parte do Objeto 0602 do Plano Nacional de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres Naturais, que integra o Plano Plurianual 2012-2015 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. A elaboração do material segue, entre outras fontes, as diretrizes estabelecidas no manual de zoneamento de suscetibilidade, perigo e risco de deslizamentos.

Com isso, para a determinação das áreas de suscetibilidade a inundações e movimentos de massa do município de Birigui, foram utilizados dados dessas modelagens disponibilizadas pelo SGB/CPRM.

Áreas às margens de córregos são naturalmente suscetíveis a inundação, é a chamada faixa de várzea, que compreende o trecho da planície de inundação onde ocorre inundações de recorrência anual. Nota-se que muitas das áreas ocupadas da área urbana municipal estão presentes na faixa da planície de inundação, isso tendo em vista que a ocupação do território se deu em volta destes cursos d'água.

Grande parte das áreas suscetíveis do município são classificadas na categoria de média e alta suscetibilidade, evidenciando regiões onde a capacidade de drenagem natural e artificial é insuficiente para escoar o volume de precipitação esperado. Nessas áreas, o acúmulo de águas pluviais provoca a elevação rápida dos níveis dos cursos d'água. Esse comportamento indica a necessidade de intervenções tanto estruturais quanto não-estruturais.

Outro fator importante para o entendimento dos riscos são os movimentos de massa, que ocorrem principalmente em áreas com topografia mais acidentada e solos suscetíveis a processos erosivos. No município, a análise de suscetibilidade a movimentos de massa aponta para áreas classificadas na categoria de baixa suscetibilidade, que compreende praticamente todo o território municipal, com exceção à área do Aterro de Inertes e do Aterro Sanitário (fora do perímetro urbano), apresentando média suscetibilidade.

O Mapa 23 e o Mapa 24 apresentam as áreas suscetíveis a inundações e movimentos de massa, respectivamente, classificados conforme os diferentes graus de suscetibilidade que apresentam.

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Mapa 23 – Áreas suscetíveis a inundação, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de contribuição 06

Sucetibilidade a Inundação

- Baixa
- Média
- Alta

N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Mapa 24 – Áreas suscetíveis a movimentos de massa, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de contribuição 06

Sucetibilidade a Movimentos de Massa

- Baixa
- Média

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Araçatuba

Córrego Baixote/Goulart/Moinho/Água Branca
Córrego Água Branca
Córrego da Estiva
Córrego Moimaz
Córrego do Baixote
Córrego Vendrame
Córrego Jofer
Córrego Nunes
Córrego Parpinelli
Córrego da Piscina
Córrego Biriguizinho
Córrego do Matadouro
Córrego do Veadinho
Córrego Tupi
Córrego da Lata
Córrego do Veado
Córrego Grande

0 1 2 km

2.4.2 Pontos Críticos

A identificação de pontos críticos é essencial para a formulação de medidas de mitigação, visando a segurança da população e a proteção das infraestruturas urbanas do município. Com base nas visitas de campo, em informações passadas pela equipe da Secretaria de Obras, por munícipes durante as visitas e em consulta a estudos anteriores, como o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) de Birigui, foram identificados os pontos críticos dentro do perímetro urbano, em áreas com ocorrência recorrente de eventos como alagamentos, inundações, transbordamentos e empoçamentos. Além disso, foram identificadas as áreas com erosões e microdrenos com patologias (obstruções, danos estruturais, depressões ou afundamentos).

O Quadro 4 descreve a localidade e tipo de problema identificado e o Mapa 25 apresenta a distribuição desses pontos no território.

Também, a Figura 14, a Figura 16 e a Figura 18 apresentam três dos principais pontos com problemas de alagamento na cidade, todos situados na Avenida João Cernach sendo os dois últimos caracterizados pelo encontro dos Córregos Biriguizinho e da Piscina e do Biriguizinho com Córrego Nunes. E a Figura 15, a Figura 17 e a Figura 19 mostram os mesmos pontos em condições normais.

Quadro 4 – Lista de pontos críticos identificados durante a etapa de diagnóstico, Birigui/SP.

Pontos	Descrição
1	Área com problemas recorrentes de enchentes/alagamentos/inundações nas proximidades do Córrego Biriguizinho na Av. João Cernach na região da Praça da Raquete e no encontro do Córrego Nunes;
2	Área com problemas recorrentes de enchentes/alagamentos/inundações nas imediações do Córrego da Piscina e no encontro deste com o Córrego Biriguizinho;
3	Área com problemas de enchentes/alagamentos/inundações no início da Av. João Cernach, na região da Rodoviária de Birigui;
4	Área com problemas de enchentes/alagamentos/inundações na região do Jardim Pinheiros, nas proximidades do Córrego do Matadouro;
5	Área com problemas de enchentes/alagamentos/inundações na região do Parque da Estação Professora Hebe Maroni Nunes;
6	Área com problemas de enchentes/alagamentos/inundações na região da Av. Thomaz Lopes Fernandes com a Av. Pedro Gonçalves;
7	Área com problemas de acúmulo de água, Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato (Av. Dionísio Baggio, R. Mauro Fiorin e Joaquim Marques Fagundes Dourado);
8	Transbordamento no trecho final da canaleta próxima ao Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato;
9	Área com problemas de alagamento e acúmulo de água na área da Rua Joana Pedi Siriane, próximo à nascente do Córrego do Veadinho;
10	Áreas com problemas de alagamento na região do bairro Residencial Prefeito Mario Crêm dos Santos e do Residencial Ipê. Bairros ainda sem infraestrutura de drenagem;
11	Área com problemas de enchentes/alagamentos/inundações na região da Av. Euclides Miragaia, na região do Ipiranga - Auto Posto Brisas.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 14 – Av. João Cernach próximo ao nº 999 – condição alagada



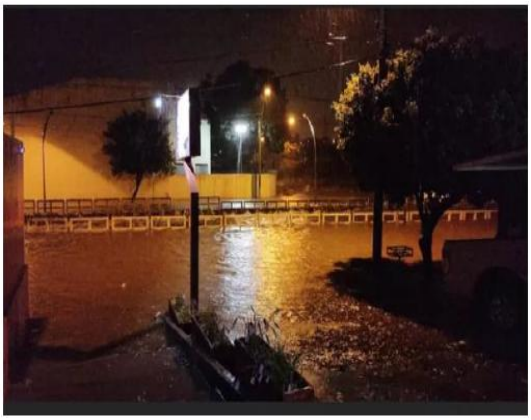
Fonte: PMB

Figura 15 – Av. João Cernach próximo ao nº 999 – condição normal



Fonte: Google Earth, 2024

Figura 16 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e da Piscina – condição alagada



Fonte: Portal G1, 2021.

Figura 17 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e da Piscina – condição normal



Fonte: Google Earth, 2024

Figura 18 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e Nunes – condição alagada



Fonte: PMB

Figura 19 – Av. João Cernach encontro dos Córregos Biriguizinho e Nunes – condição normal



Fonte: Google Earth, 2024

Mapa 25 – Pontos críticos, erosões e patologias identificadas no diagnóstico do sistema de drenagem urbana, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia
- Pontos críticos
- Microdrenos com patologias
- Erosão em talude

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de Contribuição

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Set., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

0 1 2 km

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Córrego Baixote/Goulart/Moinho/Água Branca
Córrego Água Branca
Córrego da Estiva
Córrego Moimaz
Córrego do Baixote
Córrego Vendrame
Córrego Joler
Córrego Nunes
Córrego Parpinelli
Córrego da Piscina
Córrego Biriguizinho
Córrego do Matadouro
Córrego do Veadinho
Córrego Tupi
Córrego do Veado
Córrego Grande

1 2 3 4 4 5 6 7 8 9 10 10 11

3 CONSOLIDAÇÃO DOS DADOS DE ESTUDOS BÁSICOS

A consolidação dos dados e estudos básicos representa uma etapa essencial no diagnóstico do sistema de macrodrenagem urbana. Esse processo visa reunir e analisar informações provenientes de diversas áreas, como demografia, hidrologia e uso e ocupação do solo, com o objetivo de fornecer uma visão integrada sobre os principais desafios relacionados à drenagem no município. Ao complementar, revisar e garantir a consistência desses dados, é possível realizar uma interpretação mais precisa do comportamento do sistema de macrodrenagem, possibilitando uma avaliação detalhada das suas deficiências e potencialidades. A análise desses estudos é fundamental para entender como fatores populacionais e ambientais, bem como as intervenções no uso do solo, influenciam a dinâmica da drenagem urbana, e permite a elaboração de soluções eficazes para mitigação de riscos e otimização da infraestrutura existente.

3.1 ESTUDO DEMOGRÁFICO

As metas para a universalização do acesso e promoção da saúde pública, que integram o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Birigui, devem considerar o crescimento populacional do município. Para tanto, é essencial prever a evolução da população ao longo do horizonte de planejamento.

A análise dos dados demográficos permite avaliar o comportamento da urbanização e ocupação do território, auxiliando na definição das áreas prioritárias para intervenções. De modo geral, observa-se uma tendência crescente de urbanização, impulsionada pela migração de áreas rurais para urbanas, bem como pela busca de melhores oportunidades de emprego e qualidade de vida. Entretanto, fatores econômicos, sociais e ambientais, tanto locais quanto regionais, podem impactar esse crescimento, podendo estabilizar ou até mesmo reduzir a taxa populacional.

A aplicação de estudos estatísticos, que envolvem a coleta, análise e interpretação de dados, é fundamental para sustentar as tomadas de decisão relacionadas ao crescimento populacional. Diversos métodos podem ser utilizados para realizar essas projeções, considerando diferentes variáveis.

No Plano Municipal de Saneamento Básico de Birigui, elaborado em 2016, foi utilizada a projeção demográfica por meio do método de crescimento geométrico, que considera o aumento populacional em função da população existente em cada período. A projeção foi baseada nas tendências de crescimento e decrescimento das zonas urbana e rural, utilizando os dados dos censos do IBGE de 2000 e 2010. A população total foi obtida pela soma das populações urbanas e rurais calculadas separadamente. A Tabela 14 apresenta a projeção populacional para os próximos anos, de acordo com o PMSB.

Tabela 14 – Projeção populacional adotada no PMSB de Birigui/SP.

Ano	População Total (habitantes)
2025	134.795
2026	136.747
2027	138.728
2028	140.739
2029	142.780
2030	144.851
2031	146.953
2032	149.086
2033	151.251
2034	153.448
2035	155.678

Fonte: PMSB de Birigui (2016). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (Fundação SEADE), vinculada à Secretaria da Fazenda e Planejamento, é uma importante referência na produção de análises demográficas e socioeconômicas. A SEADE disponibiliza periodicamente projeções populacionais baseadas em dados atualizados de nascimentos, óbitos e estimativas de movimentos migratórios. Salienta-se que a SEADE realiza uma pesquisa mensal nos Cartórios de Registro Civil de todos os municípios do Estado de São Paulo, ou seja, a projeção populacional para um mesmo ano pode se alterar em função da data de consulta.

Dada essa atualização constante dos dados utilizados para suas projeções, que reflete as informações demográficas mais atuais e representativas da realidade, foi adotada a projeção que consta no site da SEADE para os estudos a serem

realizados no presente plano. Considerando o município de Birigui, a Tabela 15 mostra dados da projeção populacional para os próximos 25 (vinte e cinco) anos, obtida no site do Sistema Seade de Projeções Populacionais.

Tabela 15 – Projeção populacional da SEADE (habitantes).

Ano	População Total (habitantes)
2025	125.555
2030	128.231
2035	129.531
2040	129.402
2045	128.072
2050	125.744

Fonte: SEADE, 2024. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.2 CICLO HIDROLÓGICO

O ciclo hidrológico é o processo contínuo de circulação da água na Terra, envolvendo a evaporação, evapotranspiração, condensação, precipitação e escoamento superficial e subterrâneo (Figura 20). Esse ciclo é fundamental para a manutenção dos recursos hídricos e tem influência direta sobre os sistemas de drenagem, tanto em áreas naturais quanto em áreas urbanas.

No contexto da drenagem urbana, o ciclo hidrológico se altera devido à urbanização. A substituição de áreas naturais por superfícies impermeáveis, como pavimentos e edifícios, reduz a infiltração de água no solo e aumenta o escoamento superficial. O resultado é uma maior quantidade de água escoando rapidamente pelas vias urbanas, levando ao aumento dos volumes de água que precisam ser gerenciados pelos sistemas de drenagem.

A precipitação, isto é, a chuva, é a principal fonte de água para o escoamento superficial. Em áreas urbanas, a diminuição na infiltração devido à impermeabilização do solo amplifica os volumes de precipitação que escoam diretamente sobre a superfície. Em ambientes naturais, parte da água da chuva infiltra no solo, alimentando os aquíferos e retardando o escoamento superficial. Contudo, em áreas urbanizadas, a infiltração é drasticamente reduzida, intensificando o volume de água escoando rapidamente.

A evapotranspiração, que é a combinação da evaporação direta da água e a transpiração das plantas, também sofre impactos em áreas urbanas. Com menos vegetação, a evapotranspiração é reduzida, contribuindo para o aumento da disponibilidade de água no solo para escoamento. Assim, o escoamento superficial torna-se mais intenso, pois a água da chuva não consegue infiltrar no solo e escorre pela superfície em direção aos corpos d'água. Enquanto isso, o escoamento subterrâneo ocorre em áreas onde a água consegue penetrar o solo, alimentando aquíferos e cursos d'água subterrâneos. Em áreas urbanas, no entanto, o escoamento superficial é muito mais significativo, elevando o risco de enchentes e sobrecarregando as redes de drenagem.

O deflúvio, que se refere ao movimento de água sobre a superfície do solo, é influenciado por fatores como topografia, tipo de solo e grau de impermeabilização. Em áreas urbanas, o deflúvio aumenta consideravelmente devido à falta de infiltração, agravando problemas de enchentes e erosão. O escoamento superficial, por sua vez, é a água que flui na superfície, movendo-se rapidamente para os sistemas de drenagem urbanos, como bueiros, galerias pluviais e rios. Quando a capacidade desses sistemas é excedida, há risco de inundações, que podem causar danos à infraestrutura, propriedades e, em casos extremos, à vida humana.

O aumento do escoamento superficial e do deflúvio em áreas urbanas sobrecarrega os sistemas de drenagem. Em períodos de chuva intensa, a incapacidade dos sistemas de captar e armazenar a água adequadamente resulta em alagamentos e inundações, especialmente em áreas com drenagem insuficiente ou onde a manutenção é inadequada. Medidas como a implantação de áreas verdes, pavimentos permeáveis, e o uso de sistemas de drenagem sustentável, como jardins de chuva e bacias de retenção, podem ajudar a mitigar os impactos do ciclo hidrológico modificado. Esses sistemas buscam aumentar a infiltração de água, retardar o escoamento superficial e, assim, aliviar a pressão sobre as redes de drenagem convencionais.

Figura 20 – Ciclo hidrológico



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.3 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DRENAGEM NATURAL DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Em um ambiente natural, sem a influência de atividades urbanas e outras intervenções antrópicas, o ciclo hidrológico ocorre de maneira equilibrada, com cada componente da bacia hidrográfica exercendo sua função ecológica específica. As florestas, por exemplo, diminuem o escoamento superficial em encostas, enquanto as matas ciliares atuam na proteção das margens dos rios, minimizando a erosão e o assoreamento. O solo em seu estado natural facilita a infiltração de água, o que reduz o

escoamento superficial e mantém as vazões de base dos cursos d'água. Esse equilíbrio é mantido pela interação entre os fluxos superficiais, subsuperficiais e subterrâneos, garantindo tanto a qualidade quanto a quantidade de água disponível na bacia hidrográfica (Miguez et al., 2016).

No entanto, o processo de urbanização desestabiliza esse equilíbrio. A urbanização, que geralmente inicia com a remoção da cobertura vegetal, provoca uma série de alterações no ciclo hidrológico. A redução da evapotranspiração, aliada à exposição do solo aos processos erosivos, compromete a capacidade natural de infiltração do solo, que perde seus canais naturais de drenagem proporcionados pelas raízes das plantas. Esse fenômeno é agravado pela compactação do solo, reduzindo ainda mais sua capacidade de absorção (São José dos Campos, 2021).

Além disso, as alterações topográficas causadas pela terraplenagem eliminam áreas de retenção natural de água, enquanto a movimentação de terra e a consequente perda de vegetação aumentam o transporte de sedimentos, levando ao assoreamento dos canais de drenagem. A urbanização promove ainda a impermeabilização do solo com a construção de ruas e edificações, o que agrava a incapacidade de infiltração (Miguez et al., 2016).

Essas modificações resultam em um aumento expressivo do escoamento superficial, intensificando a necessidade de sistemas de drenagem artificial para lidar com o maior volume de água. Contudo, esses sistemas, focados na gestão rápida dos picos de vazão, prejudicam o processo de infiltração, reduzindo as vazões de base e comprometendo o fluxo regular dos cursos d'água ao longo do ano, com impactos significativos no ecossistema fluvial (Miguez et al., 2016).

Entre os principais fatores que aumentam a vulnerabilidade das áreas urbanas durante chuvas intensas ou cheias fluviais, destacam-se:

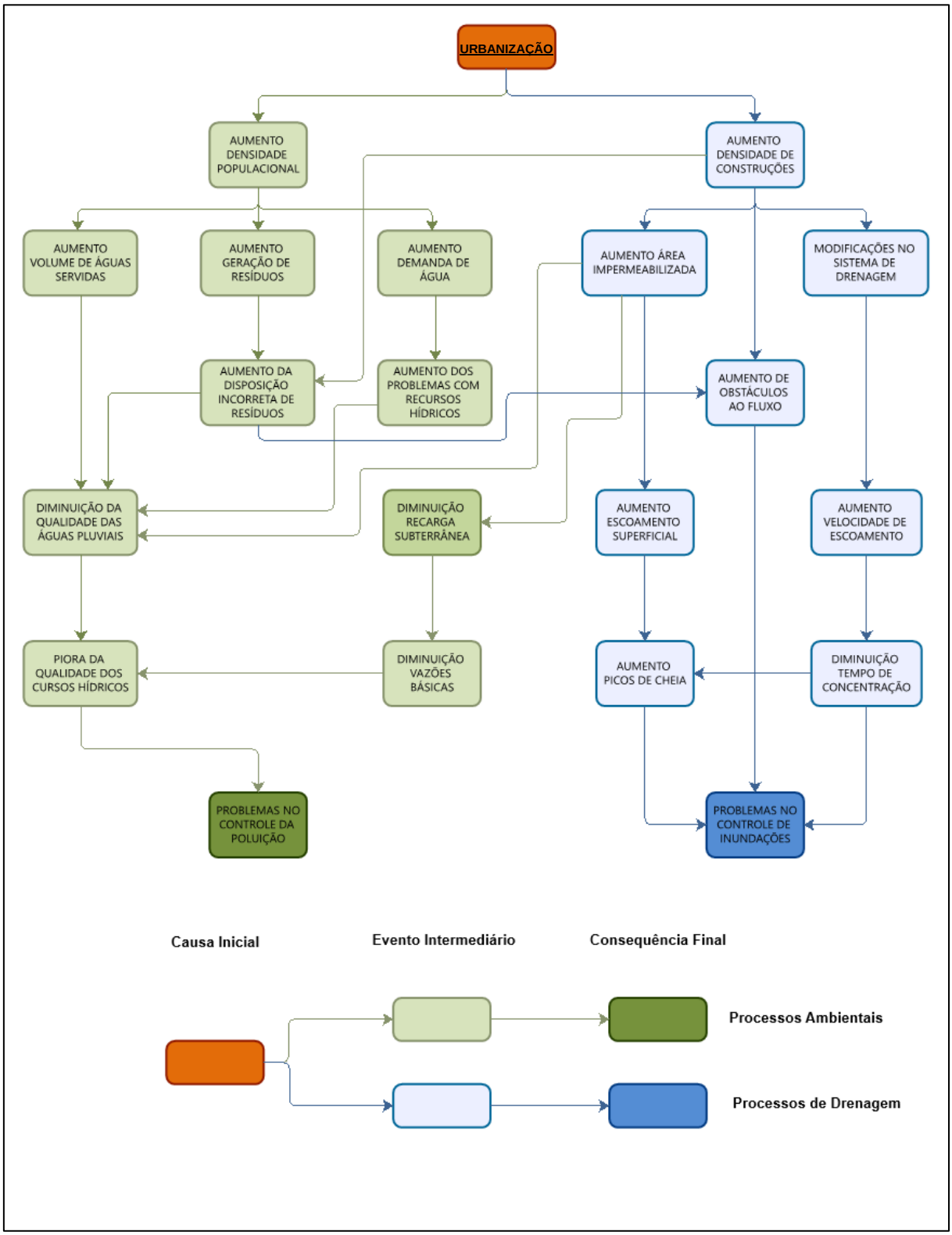
- Assoreamento de rios e canais;
- Ausência de infraestrutura adequada de drenagem pluvial;
- Descarte inadequado de resíduos sólidos nos sistemas de drenagem;
- Subdimensionamento dos dispositivos de drenagem;
- Características topográficas e geológicas desfavoráveis;
- Ocupação desordenada das margens dos cursos d'água.

As enchentes urbanas, amplificadas pela elevação da vazão de pico dos rios, afetam negativamente o ambiente construído, danificando edificações, infraestrutura viária e outros equipamentos urbanos. Além de perturbar a rotina da cidade, a inundação traz prejuízos econômicos e sociais, interrompendo o funcionamento de estabelecimentos comerciais, o transporte coletivo e as condições viárias. Também há riscos à saúde pública devido à exposição a águas contaminadas, agravados pela falha nos sistemas de coleta de esgoto e gerenciamento de resíduos sólidos durante esses eventos (São Paulo, 2012; São José dos Campos, 2021).

Em síntese, a urbanização desordenada expõe as cidades a riscos e prejuízos significativos, fruto de um modelo de desenvolvimento que carece de planejamento adequado e investimentos em infraestrutura, sobretudo em países em desenvolvimento, como o Brasil (Miguez et al., 2016).

Por fim, os processos que associam os aspectos quantitativos da drenagem urbana com aspectos de qualidade das águas, com desdobramentos e consequências para o meio ambiente e até mesmo para a saúde pública, conforme ilustra o esquema mostrado na Figura 21.

Figura 21 – Processos associados a Drenagem e Qualidade das Águas



Fonte: Porto et al., 1993. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

3.4 CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS

Critérios hidrológicos referem-se aos parâmetros, metodologias e princípios utilizados para analisar e avaliar as características hidrológicas de uma determinada área, com o objetivo de compreender e prever o comportamento da água em um ambiente específico. Isso inclui a quantidade de precipitação, a capacidade de infiltração no solo, o escoamento superficial, os padrões de drenagem e os eventos extremos, como enchentes.

No contexto de um sistema de drenagem ou gestão de recursos hídricos, esses critérios são fundamentais para determinar as vazões de projeto, ou seja, o volume de água que um sistema de drenagem deve suportar. Eles orientam o dimensionamento de obras hidráulicas (como canais, barragens, bacias de detenção e redes de drenagem) para garantir que possam lidar de forma eficaz e econômica com os volumes de água esperados durante eventos normais e extremos.

Esses critérios são estabelecidos com base em fatores como o regime de chuvas local, as características topográficas e geológicas, o uso e ocupação do solo, e as propriedades das bacias hidrográficas. A definição de tais critérios também pode envolver a utilização de modelagens hidrológicas e equações empíricas para a estimativa de vazões e para a simulação de cenários de inundação e escoamento superficial.

3.4.1 Tempo de Concentração

O tempo de concentração de uma bacia, conforme definido pela ABNT NBR 10.844/1989, é o "intervalo de tempo que transcorre entre o início da precipitação e o momento em que toda a área de contribuição começa a influenciar uma determinada seção transversal de um condutor ou calha". Em outras palavras, refere-se ao período que a partícula de água leva para escoar superficialmente do ponto mais distante da bacia até a seção em estudo.

Esse parâmetro é fundamental para o cálculo das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) e para prever as vazões máximas que podem ocorrer durante chuvas intensas. A compreensão do tempo de concentração é importante para o dimensionamento adequado de estruturas de drenagem, como galerias e canais, garantindo que esses sistemas possam acomodar os fluxos esperados.

Além disso, entender o tempo de concentração ajuda a identificar áreas vulneráveis a alagamentos; bacias com tempos de concentração curtos podem responder rapidamente a chuvas intensas, aumentando o risco de inundação, enquanto bacias com tempos mais longos tendem a ter um escoamento mais gradual, reduzindo a probabilidade de inundações imediatas.

O tempo de concentração é influenciado por diversos fatores, incluindo a topografia, onde bacias mais inclinadas apresentam tempos mais curtos devido ao escoamento mais rápido em terrenos inclinados, enquanto áreas planas podem ter tempos mais longos. O tipo de solo também desempenha um papel importante, já que solos com alta capacidade de infiltração podem reter mais água e de forma mais rápida, atrasando o escoamento, resultando em tempos de concentração menores.

A cobertura do solo é outro fator que pode influenciar esse parâmetro; vegetação pode atuar como um amortecedor, reduzindo o escoamento e aumentando o tempo de concentração, enquanto áreas urbanizadas, com solo impermeabilizado, tendem a apresentar tempos menores. Além disso, as características da rede de drenagem, como a presença de canais e valas, podem acelerar o escoamento, reduzindo o tempo de concentração.

A literatura técnica especializada oferece diversos métodos e fórmulas para calcular o tempo de concentração, adequando-se a diferentes condições e contextos. Entre os métodos mais comuns estão a Fórmula de Kirpich, que considera a forma da bacia e a declividade, e a Equação de *California Culverts Practice*, amplamente utilizada em estudos hidrológicos. O Método SCS (*Soil Conservation Service*) também é comum, pois considera a relação entre tipo de solo, uso da terra e características de drenagem da bacia.

Dessa forma, o tempo de concentração das microbacias urbanas de Birigui será calculado utilizando metodologias e modelos consagrados, por meio de expressões de reconhecida validade que melhor se ajustem à realidade local.

3.4.2 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento superficial, também conhecido como coeficiente de deflúvio, é um parâmetro fundamental na hidrologia e no planejamento de drenagem urbana, pois expressa a fração da precipitação que se transforma em escoamento superficial, em comparação com a quantidade total de chuva que atinge uma área específica. Este coeficiente varia entre 0 e 1, onde um valor mais próximo de 0 indica que maior será a infiltração no solo da área estudada e quanto mais próximo de 1, maior a tendência de a água da chuva escoar completamente na área em análise.

A determinação do coeficiente de escoamento é essencial para o cálculo de vazões de pico em sistemas de drenagem, uma vez que permite estimar quanto da chuva será convertida em escoamento e, portanto, precisa ser direcionada para os sistemas de drenagem. Esse cálculo é especialmente relevante em áreas urbanas, onde a impermeabilização do solo, como calçadas, estradas e edifícios, tende a aumentar significativamente o escoamento superficial.

No método racional, é a grandeza que exige maior precisão em sua determinação, devido ao grande número de variáveis que influenciam o volume escoado, como infiltração, armazenamento, evaporação e detenção. Assim, a escolha de um valor adequado geralmente depende de uma abordagem empírica.

Os valores do coeficiente de escoamento variam conforme o tipo de solo, o uso do solo e a cobertura vegetal. Na microdrenagem urbana, o método mais comumente utilizado para sua determinação é o do coeficiente de *run off*, que envolve o uso de valores tabelados para expressar a relação entre o escoamento superficial e o volume precipitado. Por exemplo, um coeficiente de *run off* de 0,90 indica que 90% da precipitação escoa superficialmente, enquanto apenas 10% são contabilizados como infiltração ou perdas iniciais. Este é um método relativamente simples que não leva em conta perdas por evapotranspiração ou acumulação em depressões da superfície.

Este método de separação do escoamento é utilizado em conjunto com um método de transformação de chuva em vazão, conhecido como método racional. Para estimar o coeficiente de escoamento, diversas tabelas e fórmulas são utilizadas, muitas das quais são baseadas em estudos empíricos e experiências anteriores. É

comum encontrar tabelas que fornecem valores padrão do coeficiente para diferentes tipos de uso do solo, como áreas residenciais, comerciais, agrícolas e florestais.

Conforme Wilken (1978), foi proposta uma tabela com valores sugeridos para o coeficiente de *run off* (C), conforme a Tabela 16.

Tabela 16 – Valores de coeficiente de *run off*.

Classes de cobertura	C (coeficiente)
Área edificada	0,70
Solo exposto	0,35
Vegetação rasteira	0,20
Vegetação densa	0,05

Fonte: Wilken, 1978. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Assim, o cálculo do coeficiente de escoamento superficial pelo coeficiente de *run off* é empregado para determinar os coeficientes de deflúvio das microbacias urbanas, ponderando os valores estabelecidos.

Além dos fatores de uso e cobertura do solo, o coeficiente de escoamento pode ser influenciado por fatores como a intensidade da chuva e a duração do evento pluvial. Em chuvas intensas, por exemplo, o solo pode atingir rapidamente sua capacidade de infiltração, resultando em um aumento no escoamento superficial. O coeficiente também pode variar com o tempo; em uma área após uma chuva recente, o solo pode estar saturado, o que leva a um maior escoamento na próxima precipitação.

3.4.3 Intensidade da Chuva

As equações de intensidade da chuva são fundamentais para a realização de estudos hidrológicos em uma determinada região, permitindo a obtenção de fórmulas que melhor descrevem o regime de precipitação local. Esses estudos utilizam modelos estatísticos que analisam séries históricas extensas de dados pluviométricos, permitindo a formulação das curvas de Intensidade-Duração-Frequência (IDF), que são essenciais para identificar eventos críticos de precipitação.

Para determinar a intensidade de chuva em cada município, utiliza-se uma equação baseada em parâmetros locais ajustados para a região, levando em

consideração o período de retorno e o tempo de concentração, que são calculados conforme as particularidades de cada localidade.

Em estudos relacionados à drenagem urbana, costuma-se considerar que o tempo de duração da chuva (t) corresponde ao tempo de concentração da seção específica das bacias analisadas (tc). A intensidade da precipitação refere-se à quantidade de chuva que cai em um determinado intervalo de tempo. O conceito de período de retorno (T), por sua vez, é definido como o número médio de anos em que, para a mesma duração de precipitação, uma intensidade pluviométrica específica é igualada ou superada uma única vez, conforme a ABNT NBR 10.844 (ABNT, 1989).

3.4.4 Uso e Cobertura do Solo Urbano

O uso e a cobertura do solo urbano referem-se à maneira como o espaço dentro das cidades é ocupado e à vegetação ou infraestrutura presente na superfície. A ocupação urbana geralmente inclui áreas edificadas, como residências, comércios, indústrias, além de infraestrutura viária, parques e áreas verdes. Já a cobertura do solo está relacionada aos tipos de superfícies que cobrem o terreno, como pavimentação asfáltica, edificações, vegetação densa ou esparsa, solo exposto e corpos d'água.

Essas características influenciam diretamente o comportamento hidrológico do meio urbano, uma vez que a impermeabilização causada por pavimentações e construções reduz a infiltração da água da chuva no solo, aumentando o escoamento superficial, o que pode gerar alagamentos e sobrecarregar os sistemas de drenagem, tornando a análise do uso e cobertura do solo necessária para o planejamento urbano e para a gestão eficiente da drenagem e dos recursos hídricos.

Nesta fase, é feita uma análise do uso e da ocupação do solo nas microbacias urbanas que são pertinentes ao estudo hidrológico, levando em conta sua influência, tanto direta quanto indireta, sobre a drenagem urbana no perímetro municipal. Esse procedimento envolve a fotointerpretação, que utiliza imagens de satélite para avaliar os elementos presentes e, em seguida, classificá-los em diferentes categorias. Para essa classificação, são definidas distintas classes, uma vez que cada uma delas apresenta variações nas tendências de escoamento e infiltração da água. Os elementos semelhantes nas imagens são representados graficamente, utilizando polígonos com a mesma cor para uma mesma classe.

3.4.5 Determinação da Vazão

- Método Racional

O Método Racional é amplamente utilizado para determinar a vazão de projeto em pequenas bacias naturais, especialmente através de procedimentos estatísticos. Esse método aplica modelos de transformação chuva-vazão para o cálculo da vazão em pequenas bacias, baseando-se nas chuvas incidentes. Para sua aplicação, a bacia deve atender a certos critérios, como:

- Área de até 2,00 km² ou 200 ha;
- Características físicas homogêneas;
- Precipitação uniforme em toda a área de drenagem.

Devido à simplicidade de aplicação e a resultados geralmente satisfatórios, o Método Racional é amplamente aceito no Brasil, desde que as condições básicas sejam atendidas. Segundo Reis (2017), o nome "Racional" foi atribuído para diferenciar esse método dos anteriores, que eram essencialmente empíricos.

Em 1889, Kuichling demonstrou que a relação entre a vazão de precipitação e a vazão excedente é equivalente à área impermeabilizada da bacia quando toda a área contribui, o que ele denominou de "valor racional" (Q/I), originando o nome da Fórmula Racional. No entanto, dois parâmetros necessários, o tempo de concentração e o coeficiente de escoamento superficial (*run off*), ainda são obtidos empiricamente.

Esse método calcula a vazão de pico de uma bacia com base na área da seção de estudo, na intensidade de precipitação e no coeficiente de escoamento superficial.

- Método Racional Modificado (I-PAI-WU)

Para bacias com área superior a 2,00 km² ou 200 ha, o Método Racional apresenta distorções, superestimando as vazões de cheias. Nesses casos, o Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE) recomenda a adoção do Método Racional Modificado (I-PAI-WU), que ajusta o cálculo levando em consideração fatores como a

forma da bacia, a distribuição da chuva e o armazenamento de água na bacia. Esse método oferece maior precisão, pois inclui variáveis essenciais para o desenvolvimento de eventos de cheia (Schlickmann e Back, 2019).

3.5 CRITÉRIOS HIDRÁULICOS

Para conduzir um estudo hidráulico dos dispositivos de drenagem em um município, é fundamental coletar uma variedade de dados e seguir procedimentos que assegurem uma análise precisa e confiável. Entre os principais dados e procedimentos necessários, destacam-se os apresentados a seguir (Chow, 1988).

- **Dados topográficos/planialtimétricos**: informações detalhadas sobre a topografia são essenciais para caracterizar o terreno, incluindo suas declividades, altitudes e seções transversais dos canais de drenagem. Esses dados podem ser adquiridos por meio de levantamentos topográficos e são vitais para o cálculo das vazões e a determinação das capacidades hidráulicas dos dispositivos de drenagem;
- **Cadastro da rede de drenagem**: um registro consistente e atualizado da rede de drenagem é fundamental. Esse cadastro deve incluir a localização e as características dos canais, galerias, bocas de lobo e outros dispositivos de drenagem, permitindo uma compreensão abrangente da extensão e complexidade do sistema, além de auxiliar no dimensionamento e no planejamento de melhorias;
- **Dados pluviométricos**: informações sobre as chuvas na região são fundamentais para estimar as vazões que o sistema deverá drenar. Os dados pluviométricos abrangem a intensidade, a duração e a frequência das chuvas, podendo ser obtidos a partir de estações meteorológicas locais ou registros históricos confiáveis;
- **Localização dos dispositivos e obras de drenagem**: é importante ter informações precisas sobre onde estão situados os dispositivos e obras de drenagem, como bocas de lobo, poços de visita e estruturas de controle de vazões.

Esses dados permitem realizar simulações hidráulicas mais realistas e identificar áreas críticas que necessitam de atenção especial.

- **Projetos e plantas das obras e dispositivos de drenagem existentes**: os projetos e plantas fornecem informações detalhadas sobre a geometria, inclinação dos canais e outros parâmetros hidráulicos relevantes. Esses documentos são indispensáveis para uma modelagem hidráulica precisa e para a avaliação do desempenho atual do sistema.
- **Batimetria dos corpos hídricos e canais de drenagem**: a batimetria, que mede a profundidade de um corpo hídrico em diferentes pontos, é de extrema importância. A obtenção de dados precisos sobre a batimetria dos principais corpos hídricos de cada microbacia e dos canais de drenagem permite uma representação correta da geometria do canal e do fluxo de água, auxiliando na análise hidráulica e no dimensionamento dos dispositivos de drenagem.

A existência desses dados permite a realização de estudos hidráulicos adequados para a análise da rede de drenagem de um município, algo essencial para assegurar a eficiência e o funcionamento adequado do sistema de drenagem. No produto "Levantamento de Dados e Informações", foram levantados dados planialtimétricos, realizado o cadastro da rede de drenagem com a localização dos principais dispositivos de drenagem presentes no perímetro urbano municipal, além de dados pluviométricos, todos fundamentais para o entendimento do comportamento hidrológico da região.

3.6 DIMENSIONAMENTO DA REDE DE DRENAGEM: FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

3.6.1 Fatores de dimensionamento

O dimensionamento de sistemas de drenagem urbana é uma etapa essencial no planejamento da infraestrutura voltada para controlar o escoamento das águas pluviais em áreas urbanizadas. Diversos fatores hidrológicos, geométricos e climáticos devem ser avaliados, tais como:

- **Intensidade da chuva**: é imprescindível analisar o regime pluviométrico da região, identificando a intensidade máxima e a duração das precipitações, a fim de estimar o volume de água que precisará ser drenado;
- **Área de contribuição**: a extensão da área urbana que contribui para o escoamento superficial é um fator determinante para o cálculo do volume total de água a ser gerenciado;
- **Tempo de concentração**: o tempo necessário para que a água percorra o caminho desde o ponto mais distante até o ponto de saída do escoamento influencia diretamente a vazão de pico e, por consequência, o dimensionamento dos dispositivos de drenagem;
- **Topografia**: a inclinação do terreno afeta a velocidade do escoamento superficial, sendo crucial no dimensionamento de canais, tubulações e outros dispositivos;
- **Uso do solo**: a proporção de áreas impermeáveis, como pavimentos de asfalto e concreto, em relação às áreas permeáveis, como vegetação, modifica o padrão de escoamento e deve ser cuidadosamente considerada;
- **Período de retorno**: a frequência com que ocorrem chuvas significativas, expressa pelo período de retorno, é utilizada para determinar as vazões de projeto, garantindo que o sistema de drenagem seja adequado a eventos pluviométricos críticos.

3.6.2 Critérios de dimensionamento

Os critérios de dimensionamento consistem em diretrizes técnicas que asseguram a eficiência e confiabilidade do sistema de drenagem. Entre os critérios essenciais estão:

- **Capacidade hidráulica**: os componentes do sistema, como tubulações e canais, devem ser dimensionados para suportar as vazões máximas previstas, evitando transbordamentos e falhas operacionais;
- **Velocidade do escoamento**: o controle da velocidade do fluxo é crucial para prevenir erosão e deposição de sedimentos nos canais e tubulações;
- **Nível de proteção**: o dimensionamento deve incluir cenários de diferentes períodos de retorno, garantindo proteção adequada contra inundações e alagamentos em eventos de maior magnitude;
- **Qualidade da água**: o projeto deve incorporar dispositivos que tratem ou retenham poluentes presentes no escoamento, visando a proteção dos corpos d'água receptores;
- **Conformidade normativa**: é fundamental que o projeto atenda às normas técnicas locais e nacionais aplicáveis ao dimensionamento de sistemas de drenagem.

4 CENÁRIOS DE PLANEJAMENTO

Os cenários de planejamento são ferramentas utilizadas para explorar e antecipar possíveis futuros, considerando diferentes conjuntos de circunstâncias e variáveis. Eles permitem analisar as consequências de diferentes decisões e políticas, ajudando a orientar a tomada de decisões e ações em diferentes setores, como o planejamento urbano e a gestão de recursos hídricos.

Para o presente Plano, considerou-se 3 cenários distintos para analisar os impactos ambientais, econômicos e sociais relacionados a cada um deles. Estes cenários são, respectivamente: cenário tendencial, cenário de referência e cenário adverso.

4.1 CENÁRIO TENDENCIAL

No cenário tendencial, a situação futura tende a ser uma repetição do presente, com a legislação e os investimentos permanecendo os mesmos. A urbanização ocorre de acordo com as definições existentes, sem grandes atualizações. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: **alto**

4.1.1 Impactos Ambientais

- Aumento da impermeabilização do solo devido à expansão urbana desordenada;
- Diminuição da capacidade de infiltração da água no solo, resultando em maior escoamento superficial e ocorrência de enchentes;
- Degradação dos corpos d'água devido ao aumento do carreamento de sedimentos e poluentes;
- Perda de áreas verdes e fragmentação de habitats naturais;
- Maior pressão sobre os recursos hídricos existentes devido ao aumento da demanda de água.

4.1.2 Impactos Econômicos

- Custos crescentes associados ao gerenciamento de enchentes e desastres naturais;
- Danos materiais e perda de propriedades devido às inundações;
- Necessidade de investimentos frequentes em infraestrutura de drenagem para lidar com problemas emergentes;
- Possíveis restrições ao desenvolvimento econômico devido à falta de planejamento e controle.

4.1.3 Impactos Sociais

- Riscos à segurança da população devido a inundações e enchentes;
- Desalojamento e deslocamento de pessoas afetadas pelas enchentes;
- Aumento da vulnerabilidade social em áreas de baixa renda, que geralmente são mais afetadas pelas inundações;
- Redução da qualidade de vida devido a problemas constantes de drenagem e falta de áreas verdes.

4.1.4 Impactos no funcionamento da cidade

- Enchentes frequentes e problemas de drenagem;
- Aumento dos congestionamentos de tráfego devido a vias alagadas;
- Interrupção de serviços essenciais, como abastecimento de água e eletricidade, durante eventos climáticos extremos;
- Risco de danos à infraestrutura urbana, como estradas, pontes e sistemas de esgoto.

4.2 CENÁRIO DE REFERÊNCIA

No cenário de referência, busca-se estabelecer um futuro mais positivo, onde a legislação é atualizada e os investimentos são direcionados para garantir o bom funcionamento e a implementação adequada dos dispositivos de drenagem. A urbanização ocorre de forma ordenada, levando em conta a preservação das condições de escoamento próximas aos naturais antes da urbanização. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: **moderado**

4.2.1 Impactos Ambientais

- Melhoria da qualidade da água devido à implementação de dispositivos de drenagem adequados;
- Conservação e recuperação de áreas verdes, contribuindo para a biodiversidade e amenizando o efeito de ilhas de calor;
- Maior infiltração de água no solo, ajudando a recarregar os aquíferos subterrâneos;
- Redução do carreamento de sedimentos e poluentes para corpos d'água.

4.2.2 Impactos Econômicos

- Redução dos custos relacionados a enchentes e desastres naturais;
- Valorização de imóveis em áreas com infraestrutura de drenagem eficiente;
- Oportunidades de negócios e empregos relacionados à implementação e manutenção de sistemas de drenagem sustentáveis.

4.2.3 Impactos Sociais

- Melhoria da segurança e qualidade de vida da população, com redução do risco de inundações;
- Preservação de comunidades e redução do deslocamento forçado;
- Promoção do lazer e bem-estar por meio da criação de áreas verdes e espaços de convivência.

4.2.4 Impactos no funcionamento da cidade

- Melhor gerenciamento de enchentes e problemas de drenagem;
- Redução dos congestionamentos de tráfego causados por vias alagadas;
- Manutenção dos serviços essenciais durante eventos climáticos extremos;
- Maior resiliência da infraestrutura urbana, reduzindo danos e custos de reparação.

4.3 CENÁRIO ADVERSO

No pior cenário, a legislação para novos loteamentos e controle de águas pluviais na fonte fica defasada, os investimentos para o sistema de drenagem são mínimos, assim como para sua manutenção, e a expansão da urbanização ocorre de forma desordenada. As principais características desse cenário são:

Aumento da vazão do escoamento superficial das águas da chuva: **muito alto**

4.3.1 Impactos Ambientais

- Agravamento da impermeabilização do solo devido ao crescimento desordenado da urbanização;
- Aumento do escoamento superficial e ocorrência de enchentes mais frequentes e intensas;
- Degradação acentuada dos corpos d'água devido ao aumento do carreamento de sedimentos e poluentes;
- Perda significativa de áreas verdes e habitats naturais;
- Maior pressão sobre os recursos hídricos existentes, resultando em escassez de água.

4.3.2 Impactos Econômicos

- Elevação dos custos associados ao gerenciamento de enchentes e desastres naturais;
- Danos materiais graves e perda de propriedades devido às inundações recorrentes;
- Restrições ao desenvolvimento econômico devido à falta de infraestrutura adequada;
- Necessidade de investimentos emergenciais e de grande escala para lidar com os impactos negativos.

4.3.3 Impactos Sociais

- Riscos significativos à segurança da população, com inundações severas e frequentes;
- Desalojamento em larga escala e deslocamento de comunidades afetadas pelas enchentes;
- Aumento da desigualdade social e vulnerabilidade em áreas de baixa renda;
- Deterioração da qualidade de vida devido à falta de planejamento e problemas crônicos de drenagem.

4.3.4 Impactos no funcionamento da cidade

- Enchentes recorrentes e graves, comprometendo severamente a infraestrutura urbana;
- Interrupção frequente de serviços essenciais, como abastecimento de água e eletricidade;
- Deterioração da mobilidade urbana devido a vias alagadas e danificadas;
- Danos extensos à infraestrutura, demandando altos custos de reparação e reconstrução.

As medidas propostas no Prognóstico do presente Plano serão aquelas necessárias para atingir o Cenário de Referência, atendendo aos objetivos e princípios já preconizados, a serem implementados por meio dos Programas, Projetos e Ações e as Metas progressivas em direção à universalização dos serviços de drenagem urbana e manejo das águas pluviais de Birigui.

5 CARACTERZAÇÃO DAS BACIAS DE CONTRIBUIÇÃO

5.1 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO PERÍMETRO MUNICIPAL

Em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), foram delimitadas as bacias hidrográficas que compõem o perímetro municipal. O Mapa 26 ilustra a delimitação das bacias municipais de Birigui, que inclui a bacia do Ribeirão Baguaçu, do Córrego do Baixote e do Córrego Água Branca.

Mapa 26 – Bacias hidrográficas do perímetro municipal, Birigui/SP.

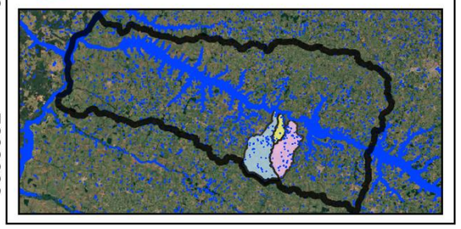
Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- UGRHI 19 - Baixo Tietê
- Massas d'água
- Hidrografia

Bacias Hidrográficas

- Córrego Água Branca
- Córrego do Baixote
- Ribeirão Baguaçu
- Exutórios



N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

539000 546000 553000 560000 567000 574000 581000 588000

7668000 7662000 7656000 7650000 7644000 7638000 7632000 7626000

Santo Antônio do Aracanguá
Buritama
Zacarias
Brejo Alegre
Araçatuba
Guararapes
Córrego Água Branca
Córrego do Baixote
Glicério
Coroados
Penápolis
Bilac
Ribeirão Baguaçu
Gabriel Monteiro
Braúna
Clementina
Piacatu

0 5 10 km

- **Bacia Hidrográfica do Córrego Água Branca**

Esta bacia localiza-se na região Norte do município, tendo o Córrego Água Branca como o principal corpo hídrico receptor das águas provenientes dos afluentes, com extensão de aproximadamente de 24,22 km. Esta bacia deságua no rio Tietê e sua abrangência sobre o perímetro urbano é baixa, com influência nas extremidades da região Norte/Noroeste. A área de drenagem da bacia hidrográfica é de aproximadamente 102,76 km² com perímetro de 65,05 km.

- **Bacia Hidrográfica do Córrego do Baixote**

A bacia do Córrego do Baixote se estende por toda a porção Leste do município, apresentando como leito principal o Córrego do Baixote, sendo o receptor de todos os afluentes que contribuem para a sua vazão. Seu curso principal apresenta extensão de 56,19 km, a área de drenagem da bacia abrange cerca de 427,26 km^2 e seu perímetro cerca de 130,06 km.

Esta bacia apresenta grande influência no perímetro urbano, abrangendo-o quase integralmente. O perímetro urbano de Birigui é composto por uma área predominantemente residencial, intercalada com zonas comerciais e industriais. A malha urbana é marcada por um padrão de ocupação relativamente denso, com bairros bem definidos e infraestrutura básica consolidada. Além das áreas residenciais, o perímetro urbano inclui setores dedicados a serviços públicos, como escolas, unidades de saúde e praças, além de áreas de expansão urbana destinadas ao desenvolvimento futuro.

- **Bacia Hidrográfica do Ribeirão Baguaçu**

Esta bacia está localizada em toda a porção Oeste do município e seu canal principal, receptor das contribuições hídricas dos afluentes da bacia, é o Ribeirão Baguaçu, que possui extensão de aproximadamente 72,44 km. Possui influência baixa na região Sudoeste do perímetro urbano. A área de drenagem desta bacia hidrográfica é de aproximadamente 605,75 km² e perímetro de 163,87 km.

Com base no diagnóstico preliminar dos problemas relacionados à drenagem urbana no Município de Birigui, e nas informações obtidas durante as reuniões técnicas com a equipe municipal responsável pelo acompanhamento do Plano, foi definida a Bacia do Córrego do Baixote como área prioritária para a aplicação dos estudos hidráulicos e hidrológicos neste plano.

Essa escolha se justifica principalmente pelo fato de que a Bacia do Córrego do Baixote abrange quase toda a área urbanizada do município, onde se concentram a maioria dos problemas de drenagem urbana. Além disso, as outras bacias hidrográficas presentes no perímetro municipal exercem pouca influência sobre a área urbana, o que torna mais eficaz concentrar os esforços de gestão e planejamento na Bacia do Córrego do Baixote, garantindo que as ações propostas sejam direcionadas para as áreas que realmente necessitam de intervenção.

A importância dessa bacia também se destaca na gestão de riscos e desastres naturais, uma vez que a região é particularmente suscetível a alagamentos, enchentes e inundações. Portanto, a escolha da Bacia do Córrego do Baixote como foco dos estudos para o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Birigui se justifica pela sua relevância estratégica na gestão dos recursos hídricos da região, sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos e sua influência significativa sobre a área urbana do município.

5.2 MICROBACIAS URBANAS

Microbacias são subdivisões de uma bacia hidrográfica maior, consistindo em áreas menores de captação de água que drenam para um curso d'água principal, como um córrego ou rio. Essas áreas são delimitadas por divisores de água naturais, que direcionam o escoamento superficial para um único ponto de saída.

Nesse sentido, as **microbacias urbanas** são áreas de drenagem menores situadas dentro de um ambiente urbano, onde a água das chuvas escoa por ruas, calçadas, lotes e outros elementos construídos antes de convergir para o curso d'água principal.

Devido à alta concentração de superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, as microbacias urbanas apresentam características únicas, como maior volume e velocidade do escoamento superficial. Essas áreas são fundamentais no planeja-

mento urbano, especialmente para a gestão eficiente da drenagem, prevenção de enchentes e mitigação de impactos ambientais. A análise das microbacias urbanas permite identificar pontos críticos de alagamento, direcionar intervenções de infraestrutura e implementar práticas sustentáveis para o manejo das águas pluviais.

A Bacia do Córrego do Baixote, que abrange grande parte do perímetro urbano de Birigui como já destacado, foi subdividida em cinco microbacias urbanas e uma área de contribuição, conforme ilustrado no Mapa 27, cada uma com características hidrológicas e geomorfológicas específicas. A seguir, serão descritas as características das microbacias que compõem a área urbana municipal.

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Córrego Baixote/Goulart/Moinho/Água Branca
Córrego Água Branca
Córrego da Estiva
Córrego Moimaz
Córrego do Baixote
Córrego Vendrame
Córrego Joãzer
Córrego Nunes
Córrego Parpinelli
Córrego da Piscina
Córrego Biriguizinho
Córrego do Matadouro
Córrego do Veadinho
Córrego Tupi
Córrego da Lata
Córrego do Veado
Córrego Grande

0 1 2 km

Mapa 27 – Microbacias de influência na área urbana de Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia
- Sub-bacia do Córrego do Baixote

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego do Veadinho
- Área de Contribuição
- Exutórios

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

- **Microbacia do Córrego Biriguizinho**

Esta microbacia possui o Córrego Biriguizinho como canal principal, com uma extensão de 5,11 km. A área de drenagem totaliza 19,16 km^2, e o perímetro da microbacia é de 21,54 km. É uma das microbacias que apresentam maior área de drenagem dentro do perímetro urbano e suas águas deságuam no Córrego do Baixote.

- **Microbacia do Córrego da Estiva**

Com o Córrego da Estiva como canal principal, esta microbacia tem uma extensão de 5,88 km, uma área de drenagem de 9,79 km² e um perímetro de 17,11 km. As águas da microbacia do Córrego da Estiva também têm como exutório o Córrego do Baixote.

- **Microbacia do Córrego do Matadouro**

A menor entre as principais microbacias, o Córrego do Matadouro tem uma extensão de 2,39 km. Sua área de drenagem é de 4,20 km², com um perímetro de 8,61 km. As águas desta microbacia deságuam no Córrego do Baixote.

- **Microbacia do Córrego Moimaz**

Esta microbacia é servida pelo Córrego Moimaz, que possui uma extensão de 4,75 km. A área de drenagem cobre 9,27 km², e o perímetro da microbacia é de 12,11 km. Assim como as outras citadas, as águas da microbacia do Moimaz deságuam no Córrego do Baixote.

- **Microbacia do Córrego do Veadinho**

O Córrego do Veadinho é o principal curso d'água dessa microbacia, com uma extensão de 5,66 km. A área de drenagem é de 10,97 km² e o perímetro é de 16,45 km. Esta microbacia deságua no Córrego do Veado, sendo este o seu exutório.

- **Área de Contribuição**

Diferente das outras, esta área não possui um canal principal associado, funcionando como uma calha de drenagem com uma extensão de 0,76 km. Sua delimitação se deu em decorrência da existência de pontos de alagamento que estão abrangidos pela área de drenagem em questão, que engloba os bairros Residencial Prefeito Mario Crêm dos Santos e Residencial Ipê. A área de drenagem é de 0,70 km^2, e o perímetro é de 3,65 km. As águas desta área também convergem para o Córrego do Baixote.

5.3 HIERARQUIA FLUVIAL

A hierarquia fluvial é um sistema de classificação dos cursos d'água dentro de uma bacia hidrográfica, que categoriza os rios e córregos em diferentes ordens, de acordo com suas interações e confluências. Esse sistema é essencial para entender a organização da rede de drenagem, bem como para avaliar o comportamento hidrológico e a dinâmica de escoamento dentro de uma bacia.

A hierarquia fluvial proposta por Strahler (1954) classifica os cursos d'água a partir dos menores canais, que não possuem tributários, como de primeira ordem, estendendo-se desde sua nascente até a primeira confluência. Canais de segunda ordem se formam a partir da confluência de dois canais de primeira ordem e recebem apenas afluentes também de primeira ordem. Quando dois canais de segunda ordem se encontram, forma-se um canal de terceira ordem, que pode receber tributários tanto de primeira quanto de segunda ordem. A confluência entre dois canais de terceira ordem dá origem a um canal de quarta ordem, que pode receber canais de ordens inferiores, seguindo esse padrão de forma sequencial.

No município de Birigui, a hierarquia fluvial é representada por canais de 1ª a 4ª ordem, conforme ilustrado no Mapa 28.

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Araçatuba

Coroados

0 1 2 km

Mapa 28 – Hierarquia fluvial dos canais de drenagem das microbacias urbanas, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de Contribuição

Hierarquia Fluvial (fluxo de drenagem)

- 1ª ordem
- 2ª ordem
- 3ª ordem
- 4ª ordem

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

A Tabela 17 apresenta a hierarquia fluvial das microbacias urbanas de Birigui, conforme a proposta de Strahler (1954), especificando a ordem, a quantidade de canais de drenagem e o somatório da extensão dos cursos de cada ordem.

Tabela 17 – Hierarquia fluvial das microbacias urbanas.

Hierarquia Fluvial			
Microbacias	**Ordem**	**Quantidade**	**Extensão (km)**
Microbacia do Córrego do Veadinho	Primária	35	13,64
	Secundária	6	2,65
	Terciária	1	5,93
	Quaternária	-	-
Microbacia do Córrego do Matadouro	Primária	12	4,41
	Secundária	4	0,81
	Terciária	1	2,17
	Quaternária	-	-
Microbacia do Córrego Biriguizinho	Primária	67	28,3
	Secundária	12	10,89
	Terciária	2	3,92
	Quaternária	1	3,93
Microbacia do Córrego Moimaz	Primária	30	13,48
	Secundária	5	2,78
	Terciária	1	4,17
	Quaternária	-	-
Microbacia do Córrego da Estiva	Primária	38	15,38
	Secundária	9	2,46
	Terciária	1	6,09
	Quaternária	-	-
Área de Contribuição	Primária	2	0,55
	Secundária	1	0,76
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para que fosse possível trazer um aprofundamento para as áreas identificadas com os principais problemas recorrentes na macrodrenagem, que estão em grande parte na Microbacia do Córrego Biriguizinho, esta foi subdividida, sendo realizada a caracterização das áreas de drenagem que compõem esta microbacia e que apresentam problemas. Assim, foram delimitadas cinco áreas, sendo elas: Área de Drenagem do Córrego da Piscina, do Alto Biriguizinho, do Córrego Nunes, dos Córregos Vendrame e Parpinelli e do Alto Córrego da Piscina, esta última com a intenção de

conhecer a vazão proveniente do escoamento superficial que chega até o início do Córrego da Piscina na Rua Bandeirantes. A Tabela 18 apresenta a hierarquia fluvial das áreas de drenagem mencionadas e o Mapa 29 ilustra a subdivisão das áreas de drenagem e a hierarquia fluvial de cada uma.

Tabela 18 – Hierarquia Fluvial das áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho.

Hierarquia Fluvial			
Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	**Ordem**	**Quantidade**	**Extensão (km)**
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	Primária	6	3,07
	Secundária	1	1,52
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	Primária	4	2,49
	Secundária	1	0,57
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	Primária	9	3,46
	Secundária	2	1,74
	Terciária	1	1,22
	Quaternária	-	-
Área de Drenagem do Córrego Nunes	Primária	8	3,31
	Secundária	1	2,27
	Terciária	-	-
	Quaternária	-	-
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	Primária	23	10,90
	Secundária	4	4,26
	Terciária	1	2,71
	Quaternária	-	-

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

566000
568000
570000
7648000
7646000
7644000

A = 2,85 km²
P = 7,10 km
L = 1,09 km

A = 7,14 km²
P = 13,22 km
L = 2,50 km

A = 2,46 km²
P = 7,01 km
L = 1,55 km

A = 0,81 km²
P = 3,42 km
L = 0,57 km

A = 1,41 km²
P = 5,42 km
L = 0,95 km

Córrego Joãer
Córrego Vendrame
Córrego Nunes
Córrego Parpinelli
Córrego Biriguizinho
Córrego da Piscina
Córrego do Matadouro

0 1 2 km

Mapa 29 – Áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho e hierarquia fluvial.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Perímetro urbano
- Microbacia do Córrego Biriguizinho

Áreas de Drenagem

- Córrego da Piscina
- Alto Córrego da Piscina
- Alto Biriguizinho
- Córrego Nunes
- Córregos Vendrame e Parpinelli

Hierarquia fluvial (fluxo de drenagem)

- 1ª ordem
- 2ª ordem
- 3ª ordem
- Exutórios

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Out., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

5.4 ANÁLISE MORFOMÉTRICA

A análise morfométrica de bacias hidrográficas é um conjunto de técnicas utilizadas para quantificar as características físicas de uma bacia, permitindo compreender melhor a dinâmica de escoamento, erosão, sedimentação e outros processos hidrológicos.

A metodologia adotada para a determinação dos parâmetros baseou-se na proposta de Horton (1945), aplicada considerando as condições ambientais brasileiras conforme definido por Villela e Mattos (1975) e Christofoletti (1980). Os dados secundários foram armazenados em um ambiente SIG, onde foram realizados cálculos utilizando ferramentas estatísticas e de geoprocessamento, com o auxílio dos *softwares* QGIS™ 3.34.9 (versão de suporte a longo prazo) e *Microsoft® Excel* 2019.

O objetivo principal do estudo morfométrico é identificar, por meio dos cálculos dos parâmetros, quais microbacias apresentam as melhores e piores condições de drenagem, considerando suas características naturais. Neste estudo de caracterização morfométrica, foi considerada a análise das microbacias com o propósito de avaliar as condições de drenagem natural. Com base no Modelo Digital de Elevação (MDE), foi gerado um fluxo de drenagem, sobre o qual os cálculos foram realizados.

O fluxo de drenagem consiste no caminho que a água segue ao escoar sobre a superfície do terreno durante os eventos de precipitação, movendo-se de áreas mais altas para áreas mais baixas até atingir um corpo d'água, como um rio, lago ou oceano. Esse fluxo é determinado pela topografia do terreno e pela rede de cursos d'água presentes na região, sendo fundamental para o entendimento de como a água da chuva se distribui e escoa em uma bacia hidrográfica.

As microbacias selecionadas para análise dos parâmetros foram aquelas que apresentam influência direta na dinâmica urbana do município de Birigui, conforme demonstrado no tópico anterior. Os principais parâmetros utilizados são listados no Quadro 5.

Quadro 5 – Lista dos parâmetros calculados para a análise morfométrica.

Análise Morfométrica		
Variável	**Símbolo**	**Fórmula**
Área da Bacia	A	-
Perímetro da Bacia	P	-
Extensão do canal principal	L	-
Cota da crista	Hc	-
Cota do exutório	He	-
Cota da nascente do trecho	Hn	-
Comprimento total dos canais	Lt	-
Altura do canal principal	Hcp	Hcp = Hn - He
Gradiente do canal principal	Gcp	Gcp = Hcp / L
Extensão do percurso superficial	Eps	Eps = 1/2 * Dd
Comprimento da bacia	Lb	-
Coeficiente de compacidade	Kc	Kc = 0,28 * P / √A
Densidade hidrográfica	Dh	Dh = N1 / A
Densidade de drenagem	Dd	Dd = Lt/A
Altura da bacia	Hb	Hb = Hc - He

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A análise morfométrica é dividida em três principais categorias: análise linear, análise areal e análise hipsométrica, conforme segue:

5.4.1 Análise Linear

A análise linear foca nas características do sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica, englobando aspectos como o comprimento dos canais, o gradiente dos canais, a densidade de drenagem, a ordem e outros parâmetros que descrevem a geometria dos canais.

a) Comprimento do canal principal (km) - L

É a distância que se estende ao longo do canal principal, da sua nascente até o exutório.

b) Gradiente do canal principal (m/km) - Gcp

É a relação entre a altura do canal e o comprimento do respectivo canal, indicando a declividade do curso d'água. É obtido pela Equação (1):

$$\mathbf{Gcp = Hcp / Lcp} \quad (1)$$

Sendo:
Gcp = Gradiente do canal principal (m/km);
Hcp = Altura do canal principal (m);
Lcp = Comprimento do canal principal (km);

Este gradiente, também, pode ser expresso em porcentagem:

$$\mathbf{(\%) – Gcp = Hcp / Lcp * 100} \quad (2)$$

c) Extensão do percurso superficial (km/km^2) - Eps

Representa a distância média percorrida pelas águas entre o interflúvio e o canal permanente. É obtido pela Equação (3):

$$\mathbf{Eps = 1 / 2\ Dd} \quad (3)$$

Sendo:
Eps = Extensão do percurso superficial (km/km^2);
1 / 2 = constante;
Dd = Valor da densidade de drenagem (km/km^2).

d) Comprimento da bacia (km) – Lb

É calculado, através da medição de uma linha reta traçada ao longo do rio

principal, desde o exutório até o ponto divisor da bacia.

5.4.2 Análise Areal

A análise areal trata das características da superfície da bacia, considerando aspectos como a área de drenagem, a forma da bacia, o coeficiente de compacidade, a relação entre perímetro e área, entre outros parâmetros que descrevem a extensão e a forma da bacia.

a) Área da bacia (km^2) – A

Corresponde à totalidade da área que é drenada pelo sistema fluvial.

b) Coeficiente de compacidade da bacia - Kc

O coeficiente de compacidade é a relação entre o perímetro da bacia e a raiz quadrada de sua área. Esse coeficiente influencia a distribuição do escoamento ao longo dos cursos d'água e contribui para as características das enchentes. Bacias com valores mais próximos ao índice de referência, que corresponde a uma bacia de forma circular, tendem a ser mais suscetíveis a enchentes. Esse coeficiente é calculado pela seguinte Equação (4):

$$\mathbf{Kc = 0{,}28 * P / \sqrt{A}} \qquad (4)$$

Onde:
Kc = Coeficiente de compacidade;
P = Perímetro da bacia (km);
A = Área da bacia (km^2).
Índice de referência – 1,0 = forma circular.
Índice de referência – 1,8 = forma alongada.

Os índices de referência indicam que um valor de 1,0 corresponde a uma bacia de forma circular, enquanto um valor de 1,8 caracteriza uma bacia alongada. Quanto mais próximo de 1,0 for o coeficiente, maior será a propensão a enchentes, pois em

bacias circulares o escoamento ocorre de forma mais rápida, resultando em picos de enchente de maior magnitude. Em contraste, bacias alongadas tendem a ter um escoamento mais lento e uma maior capacidade de armazenamento. O Quadro 6 apresenta a classificação para o Kc.

Quadro 6 – Classificação do coeficiente de compacidade (Kc).

Kc
Bacia com alta propensão a grandes enchentes → 1,00 ≤ Kc < 1,25 Bacia com tendência mediana a grandes enchentes → 1,25 ≤ Kc < 1,50 Bacia não sujeita a grandes enchentes → Kc ≥ 1,50

Fonte: Vilela e Matos (1975). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

c) Densidade hidrográfica (rios/km^2) - Dh

É a relação entre o número de segmentos de 1ª ordem e a área da bacia. É obtida pela Equação (5):

$$\mathbf{Dh = N_1 / A} \quad (5)$$

Sendo:
Dh = Densidade hidrográfica;
N_1 = Número de rios de 1ª ordem;
A = Área da bacia (km^2).

Lollo (1995) define quatro categorias de densidade hidrográfica, conforme apresentado no Quadro 7:

Quadro 7 – Classificação da densidade hidrográfica (Dh).

Dh
< 3 → Baixa 3 – 7 → Média 7 – 15 → Alta > 15 → Muito alta

Fonte: Lollo (1995). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

d) Densidade de drenagem (km/km^2) - Dd

É a relação entre o comprimento dos canais e a área da bacia. É obtida pela Equação (6):

$$\mathbf{Dd = Lt/A} \quad (6)$$

Sendo:
Dd = Densidade de drenagem;
Lt = Comprimento total dos canais (km);
A = Área da bacia (km^2).

De acordo com Villela & Matos (1975), o índice pode variar de 0,5 km/km^2 para bacias com baixa capacidade de drenagem, até 3,5 km/km^2 ou mais, em bacias excepcionalmente bem drenadas. O Quadro 8 detalha a classificação.

Quadro 8 – Classificação da densidade de drenagem (Dd).

Dd
Bacias com drenagem pobre → Dd < 0,5 km/km^2 Bacias com drenagem regular → 0,5 ≤ Dd < 1,5 km/km^2 Bacias com drenagem boa → 1,5 ≤ Dd < 2,5 km/km^2 Bacias com drenagem muito boa → 2,5 ≤ Dd < 3,5 km/km^2 Bacias excepcionalmente bem drenadas → Dd ≥ 3,5 km/km^2

Fonte: Villela e Matos (1975). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

5.4.3 Análise Hipsométrica

A análise hipsométrica avalia a distribuição das altitudes em uma bacia hidrográfica, relacionando as diferentes elevações do terreno com a área correspondente. Segundo Christofoletti (1969), essa análise examina as inter-relações espaciais das altitudes, indicando a proporção da superfície terrestre ocupada em diferentes faixas altitudinais. Isso ajuda a entender como a topografia influencia o escoamento, a erosão e a retenção de água na bacia.

a) Altura da bacia (m) - Hb

É a diferença altimétrica entre o ponto mais elevado da bacia (crista) e o ponto mais baixo (exutório).

b) Altura do canal principal (m) - Hcp

Para encontrar a altura do canal principal, subtrai-se a cota altimétrica encontrada na nascente pela cota encontrada no exutório.

5.4.4 Resultados da Análise Morfométrica

A partir do cálculo dos parâmetros descritos anteriormente, tanto lineares quanto areais e hipsométrico das microbacias urbanas, chegou-se aos valores apresentados na Tabela 19. O mesmo foi realizado para as áreas de drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho, sendo os resultados apresentados na Tabela 20.

Tabela 19 – Análise morfométrica dos parâmetros lineares, areais e hipsométricos das microbacias urbanas de Birigui/SP.

Microbacia do Córrego Biriguizinho	
Nome do Canal Principal:	Córrego Biriguizinho
Extensão do canal principal - L (km):	5,11
Área de drenagem - A (km^2):	19,16
Perímetro - P (km):	21,54
Cota da crista (m):	485
Cota exutório (m):	365
Cota da nascente do trecho (m):	405
Cota do exutório do trecho (m):	365
Comprimento total dos canais - Lt (m):	47,04
Altura do canal principal - Hcp (m)	40
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	7,83
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,23
Comprimento da bacia - Lb (km)	6,38
Coeficiente de compacidade - Kc	1,38
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km^2)	3,50
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	2,46
Altura da bacia - Hb (m)	120
Microbacia do Córrego da Estiva	
Nome do Canal Principal:	Córrego da Estiva
Extensão do canal principal - L (km):	5,88
Área de drenagem - A (km^2):	9,79

Microbacia do Córrego da Estiva	
Perímetro - P (km):	17,11
Cota da crista (m):	433
Cota exutório (m):	370
Cota da nascente do trecho (m):	406
Cota do exutório do trecho (m):	370
Comprimento total dos canais - Lt (m):	23,93
Altura do canal principal - Hcp (m)	36
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	6,12
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,22
Comprimento da bacia - Lb (km)	5,78
Coeficiente de compacidade - Kc	1,53
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km^2)	3,88
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	2,44
Altura da bacia - Hb (m)	63
Microbacia do Córrego do Matadouro	
Nome do Canal Principal:	Córrego do Matadouro
Extensão do canal principal - L (km):	2,39
Área de drenagem - A (km^2):	4,20
Perímetro - P (km):	8,61
Cota da crista (m):	431
Cota exutório (m):	365
Cota da nascente do trecho (m):	393
Cota do exutório do trecho (m):	365
Comprimento total dos canais - Lt (m):	7,39
Altura do canal principal - Hcp (m)	28
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	11,72
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	0,88
Comprimento da bacia - Lb (km)	3,28
Coeficiente de compacidade - Kc	1,18
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km^2)	2,86
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	1,76
Altura da bacia - Hb (m)	66
Microbacia do Córrego Moimaz	
Nome do Canal Principal:	Córrego Moimaz
Extensão do canal principal - L (km):	4,75
Área de drenagem - A (km^2):	9,27
Perímetro - P (km):	12,11
Cota da crista (m):	426
Cota exutório (m):	362
Cota da nascente do trecho (m):	405
Cota do exutório do trecho (m):	362
Comprimento total dos canais - Lt (m):	20,43
Altura do canal principal - Hcp (m)	43
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	9,05
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,10
Comprimento da bacia - Lb (km)	4,59
Coeficiente de compacidade - Kc	1,11
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km^2)	3,24
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	2,20
Altura da bacia - Hb (m)	64

Microbacia do Córrego do Veadinho	
Nome do Canal Principal:	Córrego do Veadinho
Extensão do canal principal - L (km):	5,66
Área de drenagem - A (km^2):	10,97
Perímetro - P (km):	16,45
Cota da crista (m):	486
Cota exutório (m):	375
Cota da nascente do trecho (m):	444
Cota do exutório do trecho (m):	375
Comprimento total dos canais - Lt (m):	22,22
Altura do canal principal - Hcp (m)	69
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	12,19
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,01
Comprimento da bacia - Lb (km)	6,78
Coeficiente de compacidade - Kc	1,39
Densidade hidrográfica - Dh ($rios/km^2$)	3,19
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	2,03
Altura da bacia - Hb (m)	111
Área de Contribuição	
Nome do Canal Principal:	Sem canal associado - calha de drenagem
Extensão do canal principal - L (km):	0,76
Área de drenagem - A (km^2):	0,70
Perímetro - P (km):	3,65
Cota da crista (m):	410
Cota exutório (m):	366
Cota da nascente do trecho (m):	395
Cota do exutório do trecho (m):	366
Comprimento total dos canais - Lt (m):	1,31
Altura do canal principal - Hcp (m)	29
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	38,16
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	0,94
Comprimento da bacia - Lb (km)	5,78
Coeficiente de compacidade - Kc	1,22
Densidade hidrográfica - Dh ($rios/km^2$)	2,86
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	1,87
Altura da bacia - Hb (m)	44

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 20 – Análise morfométrica dos parâmetros lineares, areais e hipsométricos das áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho.

Área de Drenagem do Córrego da Piscina	
Nome do Canal Principal:	Córrego da Piscina
Extensão do canal principal - L (km):	0,95
Área de drenagem - A (km^2):	1,41
Perímetro - P (km):	5,42
Cota da crista (m):	436
Cota exutório (m):	378
Cota da nascente do trecho (m):	399
Cota do exutório do trecho (m):	378
Comprimento total dos canais - Lt (m):	4,59
Altura do canal principal - Hcp (m)	21
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	22,11
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,63
Comprimento da bacia - Lb (km)	2,29
Coeficiente de compacidade - Kc	1,28
Densidade hidrográfica - Dh ($rios/km^2$)	4,26
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	3,26
Altura da bacia - Hb (m)	58
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	
Nome do Canal Principal:	Calha de drenagem do Córrego da Piscina
Extensão do canal principal - L (km):	0,57
Área de drenagem - A (km^2):	0,81
Perímetro - P (km):	3,82
Cota da crista (m):	436
Cota exutório (m):	399
Cota da nascente do trecho (m):	415
Cota do exutório do trecho (m):	378
Comprimento total dos canais - Lt (m):	3,06
Altura do canal principal - Hcp (m)	37
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	64,91
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km^2)	1,89
Comprimento da bacia - Lb (km)	2,29
Coeficiente de compacidade - Kc	1,19
Densidade hidrográfica - Dh ($rios/km^2$)	4,94
Densidade de drenagem - Dd (km/km^2)	3,78
Altura da bacia - Hb (m)	37
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	
Nome do Canal Principal:	Córrego Biriguizinho (trecho alto)
Extensão do canal principal - L (km):	1,55
Área de drenagem - A (km^2):	2,46
Perímetro - P (km):	7,01
Cota da crista (m):	467
Cota exutório (m):	382
Cota da nascente do trecho (m):	406
Cota do exutório do trecho (m):	382
Comprimento total dos canais - Lt (m):	6,42
Altura do canal principal - Hcp (m)	24
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	15,48

Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km²)	1,30
Comprimento da bacia - Lb (km)	2,89
Coeficiente de compacidade - Kc	1,25
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km²)	3,66
Densidade de drenagem - Dd (km/km²)	2,61
Altura da bacia - Hb (m)	85
Área de Drenagem do Córrego Nunes	
Nome do Canal Principal:	Córrego Nunes
Extensão do canal principal - L (km):	1,09
Área de drenagem - A (km²):	2,85
Perímetro - P (km):	7,1
Cota da crista (m):	440
Cota exutório (m):	384
Cota da nascente do trecho (m):	407
Cota do exutório do trecho (m):	384
Comprimento total dos canais - Lt (m):	5,58
Altura do canal principal - Hcp (m)	23
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	21,10
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km²)	0,98
Comprimento da bacia - Lb (km)	2,68
Coeficiente de compacidade - Kc	1,18
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km²)	2,81
Densidade de drenagem - Dd (km/km²)	1,96
Altura da bacia - Hb (m)	56
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	
Nome do Canal Principal:	Córrego Vendrame
Extensão do canal principal - L (km):	2,5
Área de drenagem - A (km²):	7,14
Perímetro - P (km):	13,22
Cota da crista (m):	485
Cota exutório (m):	383
Cota da nascente do trecho (m):	428
Cota do exutório do trecho (m):	383
Comprimento total dos canais - Lt (m):	17,87
Altura do canal principal - Hcp (m)	45
Gradiente do canal principal - Gcp (m/km)	18,00
Extensão do percurso superficial - Eps (km/km²)	1,25
Comprimento da bacia - Lb (km)	3,96
Coeficiente de compacidade - Kc	1,39
Densidade hidrográfica - Dh (rios/km²)	3,22
Densidade de drenagem - Dd (km/km²)	2,50
Altura da bacia - Hb (m)	102

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A análise morfométrica das microbacias urbanas de Birigui revela uma variedade de características físicas naturais que influenciam diretamente as dinâmicas de escoamento, erosão e suscetibilidade a enchentes. A microbacia do Córrego

Biriguizinho, com uma área de drenagem de 19,16 km^2 e um canal principal de 5,11 km, possui um gradiente de 7,83 m/km, sugerindo uma inclinação moderada que favorece o escoamento sem grandes riscos de erosão. Com um coeficiente de compacidade de 1,38, a microbacia tem uma forma que a classifica com uma tendência mediana a ocorrência de enchentes, enquanto sua densidade de drenagem de 2,46 km/km² indica uma rede de canais com boa drenagem natural.

A microbacia do Córrego da Estiva, com uma extensão do canal principal de 5,88 km e uma área de drenagem de 9,79 km^2, apresenta um gradiente de 6,12 m/km, o que sugere uma inclinação suave, favorecendo um escoamento mais controlado. Com um coeficiente de compacidade de 1,53, essa microbacia tende a ser menos propensa a enchentes rápidas, sendo a que apresenta a menor probabilidade natural a ocorrência de eventos críticos.

Além disso, apresenta uma densidade hidrográfica de 3,88 rios/km^2, a melhor entre as microbacias, classificada como média (Dh entre 3 e 7 rios/km^2). No entanto, embora as demais sejam um pouco menores, também se enquadram nessa classificação, com exceção da Microbacia do Córrego do Matadouro (Dh = 2,86) e da Área de Contribuição (2,86). A densidade de drenagem da microbacia do Córrego da Estiva de 2,44 km/km^2, aliada à Dh, indica que a rede de drenagem é bem desenvolvida, o que permite um escoamento eficiente.

A microbacia do Córrego do Matadouro, por sua vez, é a menor em termos de extensão do canal principal, com apenas 2,39 km, e apresenta uma área de drenagem de 4,20 km^2 e gradiente do canal principal de 11,72 m/km. Apresenta um coeficiente de compacidade de 1,18, o que sugere que sua forma se aproxima a de um círculo, o que leva a um escoamento relativamente rápido e alta propensão a ocorrência de grandes enchentes. A densidade de drenagem de 1,76 km/km^2 é a menor entre as microbacias analisadas e, embora todas tenham sido classificadas com drenagem boa (entre 1,5 e 2,5), indica uma menor capacidade de escoamento e maior suscetibilidade a acúmulos de água em relação as demais.

A microbacia do Córrego Moimaz, com um canal principal de 4,75 km e uma área de drenagem de 9,27 km^2, apresenta um gradiente de 9,05 m/km, o que sugere uma inclinação moderada do terreno, favorecendo um escoamento menos agressivo e possivelmente menos erosivo. O coeficiente de compacidade de 1,11 é o menor entre as microbacias urbanas estudadas, indicando uma forma mais arredondada que

a coloca como a que tem a maior propensão natural a ocorrência de grandes enchentes. A capacidade de drenagem é boa, como indicado pela densidade de drenagem de 2,20 km/km^2.

A microbacia do Córrego do Veadinho apresenta uma extensão do canal principal de 5,66 km, com uma área de drenagem de 10,97 km^2 e um perímetro de 16,45 km. O gradiente do canal principal, de 12,19 m/km, é o mais elevado entre as microbacias analisadas, sugerindo uma maior velocidade de escoamento, o que pode elevar o risco de erosão, mas também promover uma drenagem mais rápida. Com um coeficiente de compacidade de 1,39, essa microbacia tem uma forma relativamente compacta, o que sugere uma tendência intermediária a enchentes. A densidade hidrográfica de 3,19 rios/km^2 e a densidade de drenagem de 2,03 km/km^2 indicam uma rede de drenagem eficiente, embora com menor densidade de canais em comparação com outras microbacias.

A Área de Contribuição, com uma extensão da calha de drenagem de apenas 0,76 km e uma área de drenagem de 0,70 km^2, apresenta um gradiente do canal principal bastante acentuado, de 38,16 m/km, o que indica um escoamento muito rápido e potencialmente erosivo. No entanto, devido à sua pequena área e extensão, a contribuição para o escoamento total é limitada, sendo uma área com características muito particulares.

Com relação às áreas de drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho, a do Córrego da Piscina, com uma área de relativamente pequena (1,41 km^2), apresenta um coeficiente de compacidade de 1,28, que indica que a bacia tem uma forma próxima da circular, o que pode favorecer a concentração rápida do escoamento. Além disso, esse valor indica uma tendência mediana a grandes enchentes. A densidade de drenagem de 3,26 km/km^2 é moderada. O gradiente do canal principal é elevado (22,11 m/km), o que indica que o escoamento ocorre de forma rápida, aumentando o potencial de erosão nas margens do canal.

Na porção alta da área de drenagem do Córrego da Piscina, o canal principal é mais curto (0,57 km), mas o gradiente é significativamente mais elevado (64,91 m/km), o que representa um escoamento extremamente rápido e uma maior suscetibilidade a alagamentos e processos erosivos. Também possui alta Dd (3,78 km/km^2) e Dh (4,94 rios/km^2), sugerindo um bom escoamento, porém com risco elevado de erosão.

Apresenta coeficiente de compacidade de 1,19, que indica uma forma mais circular e alta propensão a grandes enchentes.

Com 2,46 km^2, a área de drenagem da porção alta do Córrego Biriguizinho se destaca por possuir um canal de 1,55 km e um gradiente mais suave (15,48 m/km), o que implica em um escoamento mais lento comparado às áreas anteriores. O coeficiente de compacidade de 1,25 revela uma forma moderadamente compacta, com tendência mediana a grandes enchentes, enquanto a densidade de drenagem de 2,61 km/km^2 sugere uma subdivisão razoável da rede hidrográfica. O comprimento maior do canal pode contribuir para uma maior dissipação de energia ao longo do escoamento, resultando em um potencial de erosão menos intenso.

O Córrego Nunes apresenta uma bacia com área maior (2,85 km^2) e um gradiente de 21,10 m/km, o que é semelhante à área de drenagem do Córrego da Piscina, sugerindo um padrão de escoamento relativamente rápido. A densidade hidrográfica de 2,81 rios/km^2 e a densidade de drenagem de 1,96 km/km^2 são as mais baixas entre as áreas de drenagem analisadas, o que pode indicar uma rede hidrográfica menos densa e menor subdivisão. O Kc de 1,18 indica alta propensão a enchentes.

A área de drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli tem 7,14 km^2, a maior área dentre as analisadas, com o comprimento do canal principal de 2,5 km e a altura da bacia de 102 m. O coeficiente de compacidade de 1,39 indica uma forma menos circular e com um escoamento mais lento, o que pode resultar em tempos de concentração mais longos e menor potencial de enxurradas instantâneas. Esse valor para o Kc indica tendência mediana a enchentes. O gradiente de 18,00 m/km e a densidade de drenagem de 2,50 km/km^2 indicam que a bacia ainda possui um escoamento eficiente, embora não tão fragmentado quanto outras áreas menores.

6 ESTUDOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

Os estudos hidrológicos devem ter como objetivo o dimensionamento preciso e econômico das estruturas, levando em consideração o desempenho integral do sistema de drenagem. A análise hidrológica é essencial para entender as metodologias e equações que contribuem para a caracterização das bacias hidrográficas abordadas neste estudo, visando a estimativa das vazões de pico necessárias para o dimensionamento de obras hidráulicas. Neste contexto, foram analisadas as microbacias

urbanas do Córrego Biriguizinho, da Estiva, do Matadouro, Moimaz, Veadinho e a área de contribuição, onde se encontram os pontos mais críticos em relação a inundações e alagamentos.

Para conduzir um estudo hidráulico eficaz dos dispositivos de drenagem em um município, é necessário reunir uma série de dados e seguir procedimentos essenciais que garantam uma análise precisa e confiável. Entre os principais dados e procedimentos requeridos estão: informações topográficas, cadastro da rede de drenagem, dados pluviométricos, localização dos dispositivos e obras de drenagem, projetos e plantas das infraestruturas existentes (Chow, 1988). A condução de estudos hidráulicos detalhados é fundamental para assegurar a eficiência e a eficácia do sistema de drenagem municipal.

6.1 ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Com base nos estudos básicos, incluindo os critérios hidrológicos e as características de uso e cobertura do solo urbano, foi possível realizar uma análise para determinar as vazões de projeto de cada uma das microbacias urbanas localizadas no perímetro urbano de Birigui, utilizando os métodos que mais se adequam às características de cada uma, considerando suas especificidades, conforme segue:

6.1.1 Uso e Cobertura do Solo Urbano

Nesta etapa, foram analisados o uso e a ocupação do solo nas microbacias urbanas relevantes para o estudo hidrológico, considerando sua influência direta ou indireta na drenagem urbana do perímetro municipal. Esse processo foi realizado por meio de fotointerpretação, utilizando imagens de satélite para avaliar os elementos e posteriormente agrupá-los em categorias. Elementos semelhantes na imagem foram generalizados através de representações gráficas, utilizando polígonos com a mesma cor.

Para a classificação, foram adotadas quatro classes distintas, considerando que cada uma delas apresenta diferentes tendências de escoamento e infiltração da água. As classes de uso do solo adotadas no estudo foram as seguintes:

- Área impermeabilizada (solo edificado e vias pavimentadas);
- Vegetação densa;
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura;
- Solo exposto.

Após a definição dessas classes, foram calculadas as áreas dos polígonos correspondentes a cada uma delas, buscando obter a proporção que cada uma ocupa em relação a área total da microbacia urbana, o que resultou nos valores apresentados na Tabela 21. O mesmo processo foi aplicado para as áreas de drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho, sendo os resultados apresentados na Tabela 22.

Tabela 21 – Área das classes de uso e cobertura do solo adotadas para as microbacias.

Microbacias urbanas	Classes de cobertura do solo	Área (km²)	Proporção (%)
Microbacia do Córrego Biriguizinho Área: 19,16 km²	Área impermeabilizada	12,00	62,63
	Vegetação densa	1,52	7,93
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	5,59	29,18
	Solo exposto	0,05	0,26
Microbacia do Córrego da Estiva Área: 9,79 km²	Área impermeabilizada	2,18	22,27
	Vegetação densa	1,06	10,83
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	6,37	65,07
	Solo exposto	0,18	1,84
Microbacia do Córrego do Matadouro Área: 4,20 km²	Área impermeabilizada	3,22	76,67
	Vegetação densa	0,19	4,52
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	0,74	17,62
	Solo exposto	0,05	1,19
Microbacia do Córrego Moimaz Área: 9,27 km²	Área impermeabilizada	3,94	42,50
	Vegetação densa	1,03	11,11
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	4,19	45,20
	Solo exposto	0,11	1,19
Microbacia do Córrego do Veadinho Área: 10,97 km²	Área impermeabilizada	4,11	37,43
	Vegetação densa	0,58	5,28
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	6,19	56,38
	Solo exposto	0,10	0,91
Área de Contribuição Área: 0,70 km²	Área impermeabilizada	0,22	31,4
	Vegetação densa	0,00	0,00
	Vegetação rasteira/esparsa/lavoura	0,47	67,1
	Solo exposto	0,01	1,40

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 22 – Área das classes de uso e cobertura do solo adotadas nas áreas de drenagem do Córrego Biriguizinho.

Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	Classes de cobertura do solo	Área (km²)	Proporção (%)
Área de Drenagem do Córrego da Piscina Área: 1,41 km²	Área impermeabilizada	1,38	97,87
	Vegetação densa	0,01	0,71
	Vegetação rasteira	0,02	1,42
	Solo exposto	0	0,00
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina Área: 0,81 km²	Área impermeabilizada	0,8	98,64
	Vegetação densa	0,01	1,23
	Vegetação rasteira	0,001	0,12
	Solo exposto	0	0,00
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho Área: 2,46 km²	Área impermeabilizada	2,26	92,24
	Vegetação densa	0,06	2,45
	Vegetação rasteira	0,13	5,31
	Solo exposto	0	0,00
Área de Drenagem do Córrego Nunes Área: 2,85 km²	Área impermeabilizada	1,01	35,4
	Vegetação densa	0,29	10,2
	Vegetação rasteira	1,54	54,0
	Solo exposto	0,01	0,4
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli Área: 7,14 km²	Área impermeabilizada	2,74	38,4
	Vegetação densa	0,82	11,5
	Vegetação rasteira	3,54	49,6
	Solo exposto	0,04	0,6

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No Mapa 30, é apresentado o mapa geral de uso e ocupação de solo urbano das microbacias municipais, localizadas no município de Birigui/SP. Como pode ser observado, o grau de urbanização é mais intenso na região central do mapa, com presença de áreas de vegetação rasteira/esparsa e áreas de lavoura em seu entorno.

Posteriormente ao mapa geral, serão apresentados os seis mapas de cobertura do solo para cada uma das microbacias urbanas de forma individual, seguido de uma discussão a respeito dos resultados do mapeamento.

564000 566000 568000 570000 572000 574000

7652000 7650000 7648000 7646000 7644000 7642000

Araçatuba

Coroados

0 1 2 km

Mapa 30 – Cobertura do solo nas microbacias urbanas, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Microbacias Urbanas
- Massas d'água
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Mapa 31 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego Biriguizinho, Birigui/SP.

565200 566400 567600 568800 570000 571200

7648800 7647600 7646400 7645200 7644000

Coroados

0 1 2 km

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Mapa 32 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego da Estiva, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

568800 570000 571200 572400 573600

7652400 7651200 7650000 7648800 7647600

Coroados

0 1 2 km

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

568800
570000
571200
7645200
7644000
7642800
Coroados
0
0,5
1 km

Mapa 33 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego do Matadouro, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

570000
571200
572400
573600
7650000
7648800
7647600
7646400
Coroados
0
0,5
1 km

Mapa 34 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego Moimaz, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

565200 566400 567600 568800 570000

7645200 7644000 7642800 7641600 7640400

Mapa 35 – Cobertura do solo da microbacia do Córrego do Veadinho, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

0 1 2 km

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

Mapa 36 – Cobertura do solo da Área de Contribuição, Birigui/SP.

570150 570500 570850 571200

7643650 7643300 7642950 7642600

Coroados

0 100 200 m

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Hidrografia

Classes de Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

LÍDER
ENGENHARIA &
GESTÃO DE CIDADES

No Mapa 37, é apresentado o uso e ocupação de solo urbano das áreas de drenagem, localizadas na Microbacia do Córrego Biriguizinho.

566000
568000
570000
7648000
7646000
7644000
Córrego Ioler
Córrego Vendrame
Córrego Nunes
Córrego Biriguizinho
Córrego Parpinelli
Córrego da Piscina
Córrego do Matadouro
0
1
2 km

Mapa 37 – Cobertura do solo nas áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Perímetro urbano
- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Áreas de Drenagem
- Hidrografia

Uso e Cobertura do Solo

- Área impermeabilizada
- Solo exposto
- Vegetação densa
- Vegetação rasteira/esparsa/lavoura

N

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Out., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

A análise das microbacias urbanas de Birigui, com base nos dados de cobertura do solo, revela variações significativas entre elas em termos de impermeabilização e cobertura vegetal.

As microbacias do Córrego do Matadouro e do Córrego Biriguizinho apresentam as maiores proporções de área impermeabilizada, com 76,67% e 62,63%, respectivamente. Essa elevada impermeabilização sugere uma maior predisposição a problemas de drenagem, como inundações, devido à menor infiltração de água no solo.

Nas áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho, as áreas do Córrego da Piscina e do Alto Biriguizinho apresentam elevados índices de impermeabilização, atingindo 97,87% e 92,24%, respectivamente, o que resulta em um aumento significativo do escoamento superficial. Em contraste, nas áreas de drenagem do Córrego Nunes e dos Córregos Vendrame e Parpinelli, a cobertura impermeável é inferior, com 35,4% e 38,4%. Contudo, a impermeabilização dessas últimas áreas tende a se intensificar com a implementação dos loteamentos já aprovados, alterando a dinâmica do escoamento e potencializando os riscos associados à drenagem.

A microbacia do Córrego da Estiva e a área de contribuição apresentam as menores proporções de área impermeabilizada, com 22,27% e 31,4%, respectivamente, o que indica uma maior capacidade de infiltração e, possivelmente, menor risco de enchentes.

Em termos de cobertura vegetal, a microbacia do Córrego da Estiva se destaca por possuir a maior proporção de vegetação rasteira/esparsa/lavoura, com 65,07%, seguida pela microbacia do Córrego do Veadinho, com 56,38%. Essa maior presença de vegetação contribui para uma maior infiltração de água no solo e menor escoamento superficial, reduzindo os riscos de erosão e enchentes. Vale destacar que em algumas das áreas que hoje estão identificadas com a classe de cobertura vegetal rasteira/esparsa, notou-se a destinação para a construção de novos loteamentos, sendo áreas que futuramente terão sua categoria de cobertura alterada.

A microbacia do Córrego do Matadouro é a que possui a menor proporção de vegetação densa em relação a área total, com apenas 4,52%, o que pode resultar em um ambiente mais susceptíveis à degradação do solo e menor capacidade de retenção hídrica. Em comparação, as microbacias do Córrego Biriguizinho e do Córrego Moimaz mostram proporções mais equilibradas entre áreas impermeabilizadas e

vegetação, o que pode indicar uma condição intermediária em termos de escoamento superficial e infiltração.

Portanto, a análise sugere que as microbacias do Córrego do Matadouro e do Córrego Biriguizinho requerem uma atenção especial em termos de manejo da drenagem urbana, devido às altas taxas de impermeabilização. Já as microbacias do Córrego da Estiva e do Córrego do Veadinho, com maior cobertura vegetal, podem ter uma melhor resposta em termos de infiltração e menor risco de inundações, mas ainda assim necessitam de monitoramento contínuo para evitar possíveis problemas relacionados à drenagem urbana.

6.1.2 Tempo de Concentração

Neste estudo, o tempo de concentração foi calculado utilizando a Equação (7) da *California Culverts Practice* – Fórmula Empírica, amplamente utilizada em diversos estudos hidrológicos (Franco, 2004).

$$t_c = 57 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0,385} \quad (7)$$

Onde:

t_c = tempo de concentração (min);

L = comprimento do curso d'água principal em km;

H = diferença de altitude em metros;

A Tabela 23 apresenta o tempo de concentração de cada microbacia urbana analisada e a Tabela 24 para as áreas de drenagem da microbacia do Biriguizinho.

Tabela 23 – Tempo de concentração (Tc) para cada microbacia urbana, Birigui/SP.

Microbacias	Tc (min)	Tc (h)
Microbacia Córrego Biriguizinho	59,38	0,99
Microbacia Córrego da Estiva	89,49	1,49
Microbacia Córrego do Matadouro	31,07	0,52
Microbacia Córrego Moimaz	69,51	1,16
Microbacia Córrego do Veadinho	68,85	1,15
Área de contribuição	9,67	0,16

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 24 – Tempo de concentração (Tc) para cada área de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	Tc (min)	Tc (h)
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	11,25	0,19
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	7,42	0,12
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	17,10	0,28
Área de Drenagem do Córrego Nunes	13,37	0,22
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	27,68	0,46

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.1.3 Coeficiente de Escoamento Superficial

O cálculo do coeficiente de escoamento superficial, utilizando o coeficiente de *run off*, foi empregado para determinar os coeficientes de deflúvio das microbacias urbanas, ajustando os valores conforme as características específicas de cada área analisada. Neste estudo, foram aplicados diferentes valores de *run off*, considerando essas particularidades (Tabela 25).

Tabela 25 – Variação do coeficiente de run off.

Natureza da superfície	Valores de C
Telhados perfeitos, sem fuga	0,70 a 0,95
Superfícies asfaltadas e em bom estado	0,85 a 0,90
Pavimentações de paralelepípedos, ladrilhos ou blocos de madeira com juntas bem tomadas	0,75 a 0,85
Para as superfícies anteriores sem as juntas tomadas	0,50 a 0,70
Pavimentações de blocos inferiores sem as juntas tomadas	0,40 a 0,50
Estradas macadamizadas	0,25 a 0,60
Estradas e passeios de pedregulho	0,15 a 0,30
Superfícies não revestidas, pátios de estrada de ferro e terrenos descampados	0,10 a 0,30
Parques, jardins, gramados e campinas, dependendo da declividade do solo e natureza do subsolo	0,01 a 0,20

Fonte: Wilken (1978). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A determinação do Coeficiente de Escoamento Superficial ou de Deflúvio está relacionada a diversos fatores da bacia hidrográfica, como o tipo de solo, a declividade, o uso do solo e as condições de cobertura. De acordo com Tomaz (2014), o coeficiente C pode ser calculado utilizando a Equação (8).

$$C = \frac{2}{(1 + Ff)} \times \frac{C_2}{C_1} \quad (8)$$

Onde:

C_1 = Coeficiente de forma da bacia;

C_2 = Coeficiente volumétrico de escoamento;

Ff = Fator de forma.

Para definição de C_1, é necessário obter o valor de Ff, com a Equação (9).

$$Ff = \frac{L}{2} \times \left(\frac{A}{\pi}\right)^{1/2} \quad (9)$$

Onde:

L = Comprimento do talvegue do curso d'água (km);

A = Área da bacia contribuinte (km²).

Portanto, para encontrar o valor de C_1 deve-se utilizar a Equação (10).

$$C_1 = \frac{4}{(2 + Ff)} \quad (10)$$

Onde:

C_1 = Coeficiente de forma da bacia;

Ff = Fator de forma.

Conforme o DAEE (2012), o coeficiente volumétrico de escoamento (C_2) está diretamente associado ao grau de impermeabilidade da superfície do solo. O valor de C_2 pode ser determinado com base nas características específicas de cada microbacia, utilizando a Tabela 26.

Tabela 26 – Valores do coeficiente de escoamento superficial direto.

Cobertura ou tipo do solo	Uso do solo ou grau de urbanização	C_2
- Terreno seco e muito arenoso - Terreno com vegetação densa - Terrenos planos	- Zonas verdes não urbanizadas - Zonas de proteção de mananciais com vegetação densa - Parques e áreas vazias	0,1
- Vegetação rala e/ou esparsa - Solo arenoso seco - Terrenos Cultivados	- Zonas especiais (universidades, cemitérios, aeroportos)	0,3
- Manto fino de material poroso - Pouca vegetação - Gramados amplos, prados e campinas - Declividade média	- Zona residencial com lotes amplos (maiores que 1.000 m²) - Zona residencial rarefeita	0,5
- Pavimentado com declividade média - Solos argilosos ou pantanosos - Terrenos rochosos estéreis ondulados - Vegetação quase inexistente	- Zona residencial com lotes pequenos (100 a 1.000 m²) - Zona de apartamentos e edifícios comerciais	0,7
- Pavimentado com declividade forte - Rocha viva não porosa - Estéril montanhoso - Vegetação inexistente	- Zona de concentração de prédios comerciais e/ou residenciais	0,9

Fonte: DAAE, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Assim, a Tabela 27 mostra os coeficientes de deflúvio identificados para cada uma das microbacias urbanas de Birigui e a Tabela 28 para as áreas de drenagem da microbacia do Biriguizinho.

Tabela 27 – Coeficientes de deflúvio das microbacias urbanas, Birigui/SP.

Microbacias urbanas	Ff	C_1	C_2	Coeficiente de Deflúvio
Córrego Biriguizinho	1,03	1,32	0,63	0,47
Córrego da Estiva	1,67	1,09	0,35	0,24
Córrego do Matadouro	1,03	1,32	0,73	0,55
Córrego Moimaz	1,38	1,18	0,49	0,35
Córrego do Veadinho	1,51	1,14	0,46	0,32
Área de contribuição	-	-	-	0,42

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 28 – Coeficientes de deflúvio das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	Ff	C_1	C_2	Coeficiente de Deflúvio
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	-	-	-	0,90
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	-	-	-	0,90
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	0,88	1,39	0,85	0,65
Área de Drenagem do Córrego Nunes	0,57	1,56	0,49	0,40
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	0,83	1,41	0,51	0,39

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.1.4 Capacidade de Infiltração das Microbacias Urbanas

As intervenções antrópicas em bacias hidrográficas urbanas impactam diretamente os processos de infiltração de água, alterando a dinâmica natural do sistema e a morfologia da paisagem. Segundo Botelho (2011), a ausência de cobertura vegetal limita as rotas de escoamento, favorecendo o aumento do escoamento superficial em detrimento da infiltração, especialmente nas áreas urbanizadas, onde a impermeabilização decorrente da alta densidade de construções e pavimentação se destaca.

Coelho Netto (2007) ressalta que o uso e a cobertura do solo são fatores determinantes para a capacidade de infiltração, além de aspectos como regime de chuvas e características do solo (textura, profundidade e umidade). Enquanto áreas florestadas promovem maior infiltração graças à presença de serapilheira e sistemas radiculares, a redução da cobertura vegetal diminui substancialmente esse potencial.

Comparando áreas urbanas com áreas rurais ou florestadas, Botelho e Silva (2004) destacam diferenças expressivas. Embora as atividades agrícolas reduzam a infiltração, ainda há uma contribuição significativa das chuvas para o solo. Em contraste, nas áreas urbanas, onde predominam superfícies impermeáveis, a infiltração é mínima, e o escoamento superficial se intensifica.

No caso de solos expostos, como os resultantes do desmatamento, Guerra e Botelho (1996) descrevem o efeito do "*splash*", que, ao impactar o solo, dispersa suas partículas e causa a compactação superficial, formando uma camada selante que dificulta ainda mais a infiltração e agrava o escoamento superficial.

Com base em diversas fontes, como Botelho e Silva (2004), Coelho Netto (2007) e Botelho (2011), pode-se concluir que as áreas florestadas têm a maior capacidade de infiltração, quando comparadas a outros usos e coberturas do solo. Solos expostos, por sua vez, apresentam os menores índices de infiltração, seguidos por pastagens e áreas cultivadas, que, apesar de superiores aos solos expostos, ainda são inferiores às áreas florestais. Silva (2012) aponta que atividades humanas, especialmente aquelas de caráter econômico, reduzem a infiltração do solo, sendo que solos mais próximos das condições naturais tendem a manter maiores taxas de infiltração.

A análise desta seção relaciona a cobertura do solo com seu potencial de infiltração, de acordo com a literatura. A capacidade de infiltração será definida a partir das diferentes classes de cobertura vegetal identificadas na fase de diagnóstico e do coeficiente de escoamento superficial, conforme o modelo proposto por Wilken (1978).

Os coeficientes de escoamento volumétrico (C2), conforme DAEE (1994), são adotados em função do nível de impermeabilização: C2=0,30 para baixa impermeabilização; C2=0,50 para média e C2=0,80 para alta impermeabilização. A Tabela 29 apresenta os coeficientes de escoamento utilizados no estudo hidrológico e a capacidade relativa de infiltração de cada microbacia e a Tabela 30 das áreas de drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho.

Tabela 29 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as diferentes microbacias estudadas.

Microbacias Urbanas	C2	Capacidade de Infiltração
Microbacia do Córrego Biriguizinho	0,63	37%
Microbacia do Córrego da Estiva	0,35	65%
Microbacia do Córrego do Matadouro	0,73	27%
Microbacia do Córrego Moimaz	0,49	51%
Microbacia do Córrego do Veadinho	0,46	54%
Área de Contribuição	0,42	58%

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 30 – Coeficiente volumétrico de escoamento e capacidade de infiltração para as áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Áreas de Drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho	C2	Capacidade de Infiltração
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	0,90	10%
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	0,90	10%
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	0,85	15%
Área de Drenagem do Córrego Nunes	0,49	51%
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	0,51	49%

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

No contexto das microbacias urbanas de Birigui, observa-se uma variabilidade na capacidade de infiltração de cada uma delas, sendo essencial considerar suas peculiaridades para que se possa planejar medidas de curto prazo para a drenagem urbana.

A Microbacia do Córrego do Matadouro e a do Córrego Biriguizinho, com capacidade de infiltração de 27% e 37% respectivamente, apresentam-se como áreas críticas, onde as condições de impermeabilização acentuam o escoamento superficial. São microbacias que necessitam da implementação de medidas estruturais imediatas que possam atenuar o impacto das águas pluviais, visando a redução da ocorrência de inundações e ao controle do escoamento.

Por outro lado, a Microbacia do Córrego da Estiva demonstra uma capacidade de infiltração relativamente alta, de 65%, associada a um coeficiente volumétrico de escoamento de 0,35. Esta microbacia ainda possui um bom potencial para infiltração, o que a torna adequada para medidas não estruturais que incentivem a infiltração na fonte e o uso de soluções sustentáveis de drenagem, além de um planejamento

adequado da ocupação urbana. De modo similar, as microbacias do Córrego Moimaz e do Córrego do Veadinho e a área de contribuição, com capacidades de infiltração de 51%, 54% e 58%, respectivamente, também são adequadas para abordagens de planejamento que privilegiem técnicas que favoreçam a infiltração e a gestão integrada da água urbana, sem necessitar de intervenções tão urgentes quanto as microbacias mais impermeabilizadas.

A análise das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho, com base nos coeficientes volumétricos de escoamento e na capacidade de infiltração, indica diferenças significativas entre as subáreas estudadas, refletindo o nível de urbanização e impermeabilização de cada uma.

As áreas de drenagem do Córrego da Piscina e do Alto Córrego da Piscina apresentam os coeficientes volumétricos de escoamento mais elevados, ambos com valores de 0,90, e uma capacidade de infiltração extremamente reduzida, de apenas 10%. Esses dados indicam que essas áreas estão praticamente impermeabilizadas, resultando em escoamento superficial acentuado. Intervenções estruturais nessas regiões são urgentes e indispensáveis para o controle de enchentes, a fim de mitigar os impactos da impermeabilização e melhorar a capacidade de manejo das águas pluviais.

A Área de Drenagem do Alto Biriguizinho também apresenta uma situação crítica, com um coeficiente de escoamento de 0,85 e uma capacidade de infiltração de apenas 15%. Embora um pouco mais permeável do que as áreas mencionadas anteriormente, o nível elevado de impermeabilização ainda exige a implementação de medidas estruturais para minimizar o escoamento superficial e promover uma drenagem mais eficiente.

Em contrapartida, as Áreas de Drenagem do Córrego Nunes e dos Córregos Vendrame e Parpinelli exibem uma condição mais favorável, com coeficientes volumétricos de escoamento de 0,49 e 0,51, e capacidades de infiltração de 51% e 49%, respectivamente. Essas áreas, devido ao seu maior potencial de infiltração, podem se beneficiar de estratégias de drenagem urbana sustentável, que priorizem a infiltração local. Nessas regiões, medidas não estruturais, como o aumento de áreas verdes e o uso de pavimentações permeáveis, devem ser priorizadas, permitindo uma ocupação mais ordenada e compatível com as características naturais de infiltração.

O município apresenta uma tendência de expansão, observada com base na quantidade de novos loteamentos em construção e com projetos aprovados. Essa expansão ocorre principalmente nas microbacias que ainda possuem um percentual de área permeável e, portanto, deve-se considerar tanto medidas estruturais quanto não estruturais para se manter a capacidade de infiltração das microbacias mesmo com os novos loteamentos.

6.1.5 Intensidade da Chuva

Para o município de Birigui, localizado no estado de São Paulo, foram utilizadas as equações desenvolvidas por Karine Pickbrenner e Eber José de Andrade Pinto, conforme apresentado no Atlas Pluviométrico do Brasil (2023). A equação estabelecida para Birigui foi baseada em uma série de precipitações máximas diárias, coletadas na estação pluviométrica local, e tem como base metodológica a desagregação das precipitações diárias, descrita detalhadamente por Pinto (2013).

As equações adotadas são do tipo:

$$i = \frac{aT^b}{(t+c)^d} \qquad (11)$$

Onde:
i = intensidade da chuva (mm/h);
T = tempo de retorno em anos;
t = duração da precipitação (min);
a, b, c e d = parâmetros da equação.

Em Birigui, a equação é expressa por dois conjuntos de parâmetros, um conjunto adequado para durações entre 10 minutos e 1 hora e outro para durações entre 1 hora e 24 horas, sendo equações recomendadas para tempos de retorno de até 100 anos. Os parâmetros das equações são apresentados na Tabela 31.

Tabela 31 – Parâmetros da equação de intensidade de chuva, Birigui/SP.

t	Valor dos parâmetros
10min ≤ t ≤ 1h	a = 1661,1; b = 0,1951; c = 35,0; d = 0,7850
1h <t ≤ 24h	a = 1625,4; b = 0,1951; c = 0,0; d = 0,8678

Fonte: Pickbrenner e Pinto (2023). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Tabela 32 apresenta as intensidades de chuva calculadas para diferentes períodos de retorno para cada uma das microbacias urbanas analisadas e a Tabela 33 para as áreas de drenagem da microbacia do Biriguizinho.

Tabela 32 – Intensidade da chuva (mm/h) para diferentes tempos de retorno (T), Birigui/SP.

Microbacias	t (min)	Intensidade para diferentes T (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Microbacia do Córrego Biriguizinho	59,38	64,05	73,32	100,37	114,90
Microbacia do Córrego da Estiva	89,49	45,04	51,56	70,58	80,80
Microbacia do Córrego do Matadouro	31,07	84,73	97,00	132,78	152,01
Microbacia do Córrego Moimaz	69,51	56,08	64,20	87,88	100,60
Microbacia do Córrego do Veadinho	68,85	56,54	64,73	88,61	101,44
Área de contribuição	9,67	115,21	131,89	180,55	206,69

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 33 – Intensidade da chuva (mm/h) para diferentes tempos de retorno (T).

Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	t (min)	Intensidade para diferentes T (mm/h)			
		5 anos	10 anos	50 anos	100 anos
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	11,25	112,11	128,34	175,69	201,13
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina	7,42	119,99	137,37	188,04	215,27
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	17,10	102,11	116,90	160,02	183,19
Área de Drenagem do Córrego Nunes	13,37	108,24	123,91	169,63	194,19
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	27,68	88,31	101,10	138,39	158,43

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.1.6 Método para Vazão de Pico

O Método Racional é utilizado para calcular a vazão de pico de uma bacia específica, considerando uma seção de estudo. A Equação (12) ilustra como calcular a vazão de pico utilizando este método.

$$Q = \frac{C.i.A}{3,6} \quad (12)$$

sendo:
Q – Vazão de pico (m^3/s);
i – intensidade máxima da chuva (mm/h);
C – Coeficiente de escoamento superficial (adimensional);
A – área de drenagem da bacia (km^2).

Os valores do coeficiente "C" no Método Racional correspondem ao coeficiente de escoamento superficial, determinado com base nas características específicas das microbacias urbanas.

Para áreas maiores que 2 km^2 ou 200 hectares, o Método Racional tende a superestimar as vazões de cheias, motivo pelo qual se adota o Método Racional Modificado (I-Pai-Wu) para obter estimativas mais alinhadas com a realidade da bacia em estudo. Nele, o efeito do armazenamento de água na bacia, que ocorre em pontos específicos dos cursos d'água ou em galerias e outras obras de drenagem, é levado em conta por meio de um expoente redutor "n" (geralmente adotado como n = 0,9) aplicado ao parâmetro A (área de drenagem da bacia). O método I-Pai-Wu é definido pela Equação (13) (Tomaz, 2014):

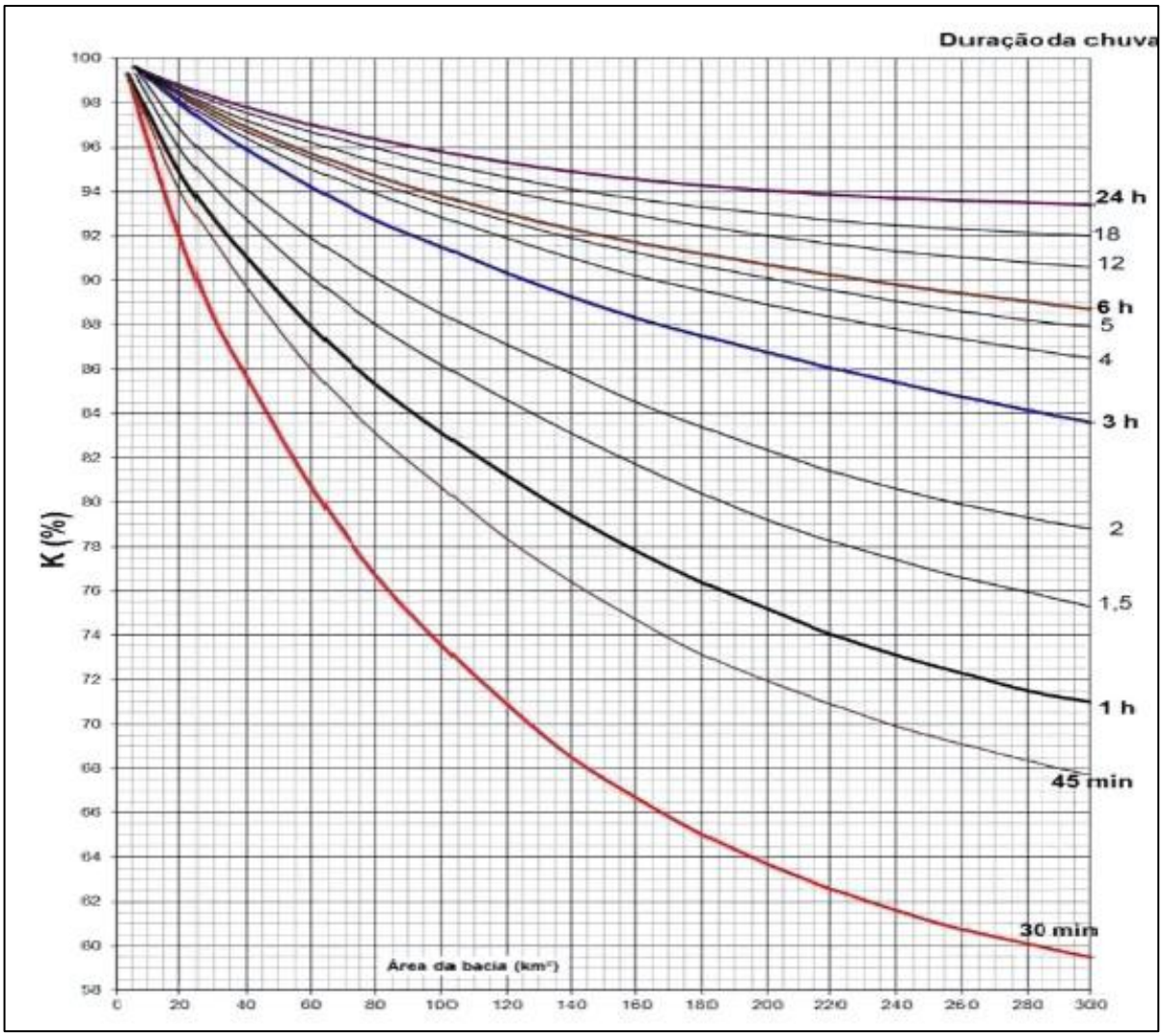
$$Q = 0,278 \times C \times i \times A^{0,9} \times K \quad (13)$$

Onde:
Q = vazão (m^3/s);
C = coeficiente de escoamento superficial ou deflúvio;
i = intensidade de precipitação (mm/h);

A = área da bacia (km²);
K = coeficiente de distribuição espacial da chuva (%).

O coeficiente de distribuição espacial da chuva (K) é determinado com base no tempo de concentração das chuvas e na área de drenagem. Seu valor pode ser obtido a partir do gráfico ilustrado na Figura 22, conforme apresentado no manual "Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de I-Pai-Wu" (São Paulo, 1999).

Figura 22 – Coeficiente de distribuição espacial da chuva (K).



Fonte: ASCE (1997). Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Após a aplicação do método I-PAI-WU nas microbacias do Córrego Biriguizinho, da Estiva, do Matadouro, do Moimaz e do Veadinho, e do método racional para a área de contribuição, foram determinadas as vazões de projeto para essas

microbacias urbanas. A Tabela 34 apresenta as vazões de projeto estimadas, enquanto o Gráfico 7 ilustra as vazões correspondentes das microbacias analisadas.

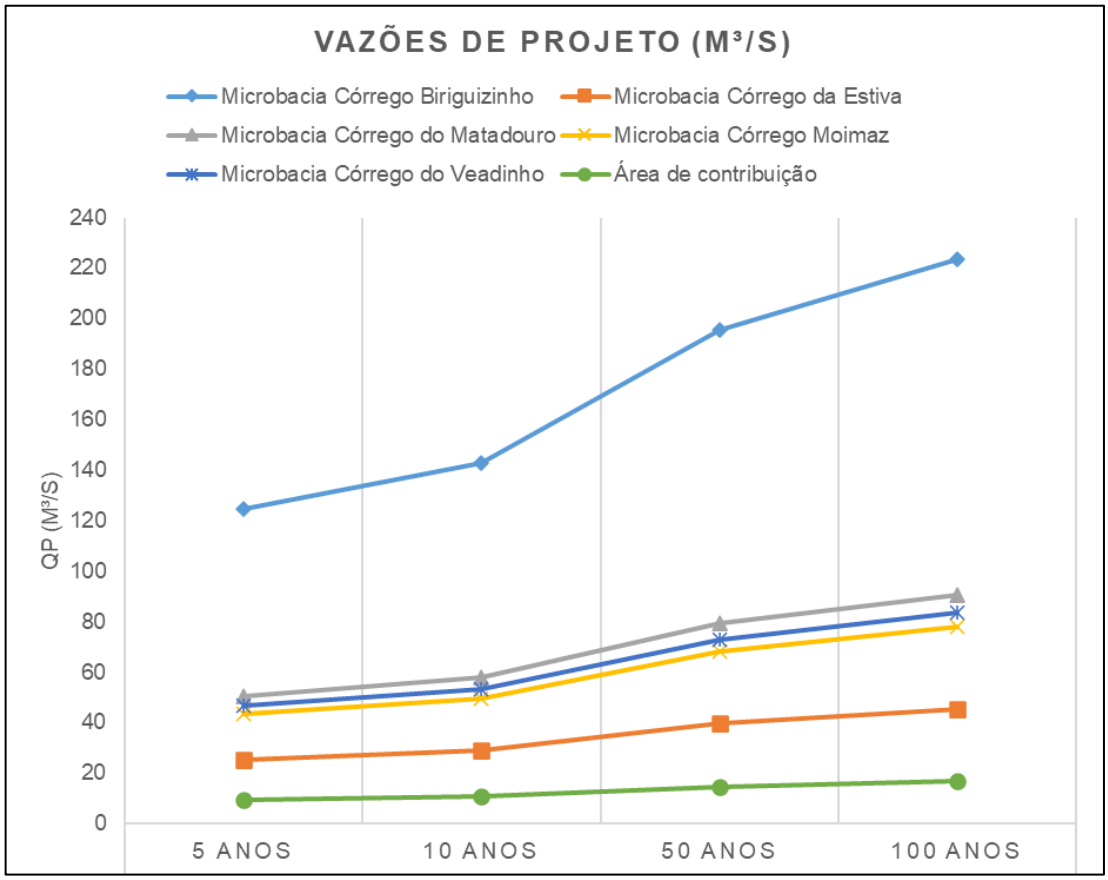
Tabela 34 – Vazão de projeto das microbacias urbanas, Birigui/SP.

Microbacias	C	Vazão de Projeto (m³/s)			
		5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Microbacia do Córrego Biriguizinho[1]	0,47	124,67	142,72	195,37	223,65
Microbacia do Córrego da Estiva[1]	0,24	25,31	28,98	39,67	45,41
Microbacia do Córrego do Matadouro[1]	0,55	50,56	57,88	79,24	90,71
Microbacia do Córrego Moimaz[1]	0,35	43,37	49,65	67,97	77,80
Microbacia do Córrego do Veadinho[1]	0,32	46,55	53,29	72,95	83,51
Área de contribuição[2]	0,42	9,41	10,77	14,74	16,88

[1] calculadas a partir do método racional modificado (I-PAI-WU);
[2] calculada a partir do método racional.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 7 – Vazão de projeto das microbacias urbanas, Birigui/SP.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para as áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho, foi aplicado o método I-PAI-WU nas áreas de drenagem do Alto Biriguizinho, do Córrego Nunes e dos Córregos Vendrame e Parpinelli, e o método racional para a área do Córrego da Piscina e da sua porção alta. Assim foram determinadas as vazões de projeto para as mesmas, conforme apresentado na Tabela 35 e Gráfico 8.

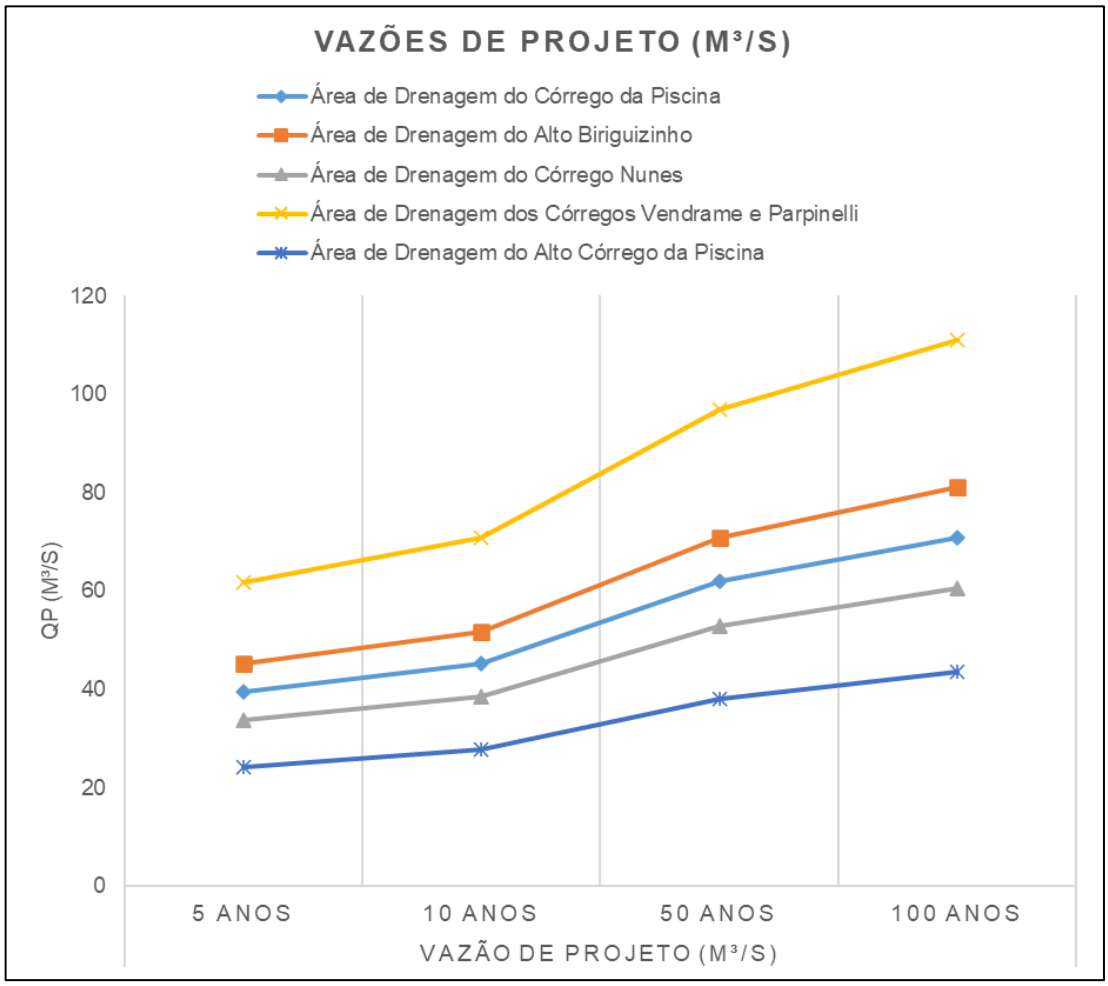
Tabela 35 – Vazão de projeto das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Áreas de Drenagem do Córrego Biriguizinho	C	Vazão de Projeto (m³/s)			
		5 Anos	10 Anos	50 Anos	100 Anos
Área de Drenagem do Córrego da Piscina[1]	0,90	39,52	45,24	61,93	70,90
Área de Drenagem do Alto Córrego da Piscina[1]	0,90	24,30	27,82	38,08	43,59
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho[2]	0,65	45,28	51,84	70,97	81,24
Área de Drenagem do Córrego Nunes[2]	0,40	33,71	38,58	52,83	60,48
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli[2]	0,39	61,85	70,81	96,93	110,96

[1] calculada a partir do método racional;
[2] calculadas a partir do método racional modificado (I-PAI-WU).

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Gráfico 8 – Vazão de projeto das áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.1.7 Área Necessária para Amortecimento

A adoção de bacias de retenção é uma medida fundamental para reduzir os picos de vazão e controlar o escoamento pluvial nas microbacias urbanas. Conforme apontado por Tucci (2003), recomenda-se reservar cerca de 3% da área urbanizada para a instalação dessas estruturas. No entanto, é essencial priorizar as microbacias com maior grau de urbanização e impermeabilização do solo, uma vez que essas apresentam riscos mais elevados de problemas associados ao escoamento superficial.

No contexto das microbacias urbanas em análise, é possível realizar uma avaliação inicial da área necessária para as bacias de retenção, com base no critério de 3% da área urbanizada. Vale ressaltar que esses valores fornecem apenas uma

estimativa preliminar e que avaliações mais aprofundadas são indispensáveis para um dimensionamento mais acurado. A Tabela 36 e a Tabela 37 presenta as áreas indicadas conforme a metodologia proposta por Tucci (2003).

Tabela 36 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas microbacias estudadas.

Microbacias Urbanas	Área da Bacia (km^2)	Amortecimento (km^2)	Amortecimento (m^2)
Microbacia do Córrego Biriguizinho	19,16	0,5748	574.800
Microbacia do Córrego da Estiva	9,79	0,2937	293.700
Microbacia do Córrego do Matadouro	4,20	0,1260	126.000
Microbacia do Córrego Moimaz	9,27	0,2781	278.100
Microbacia do Córrego do Veadinho	10,97	0,3291	329.100
Área de Contribuição	0,70	0,0210	21.000

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Tabela 37 – Área necessária para dispositivos de amortecimento nas principais áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho.

Áreas de drenagem da microbacia do Córrego Biriguizinho	Área da Bacia (km^2)	Amortecimento (km^2)	Amortecimento (m^2)
Área de Drenagem do Córrego da Piscina	1,41	0,0423	42.300
Área de Drenagem do Alto Biriguizinho	2,46	0,0858	85.800
Área de Drenagem do Córrego Nunes	2,85	0,0855	85.500
Área de Drenagem dos Córregos Vendrame e Parpinelli	7,14	0,2142	214.200

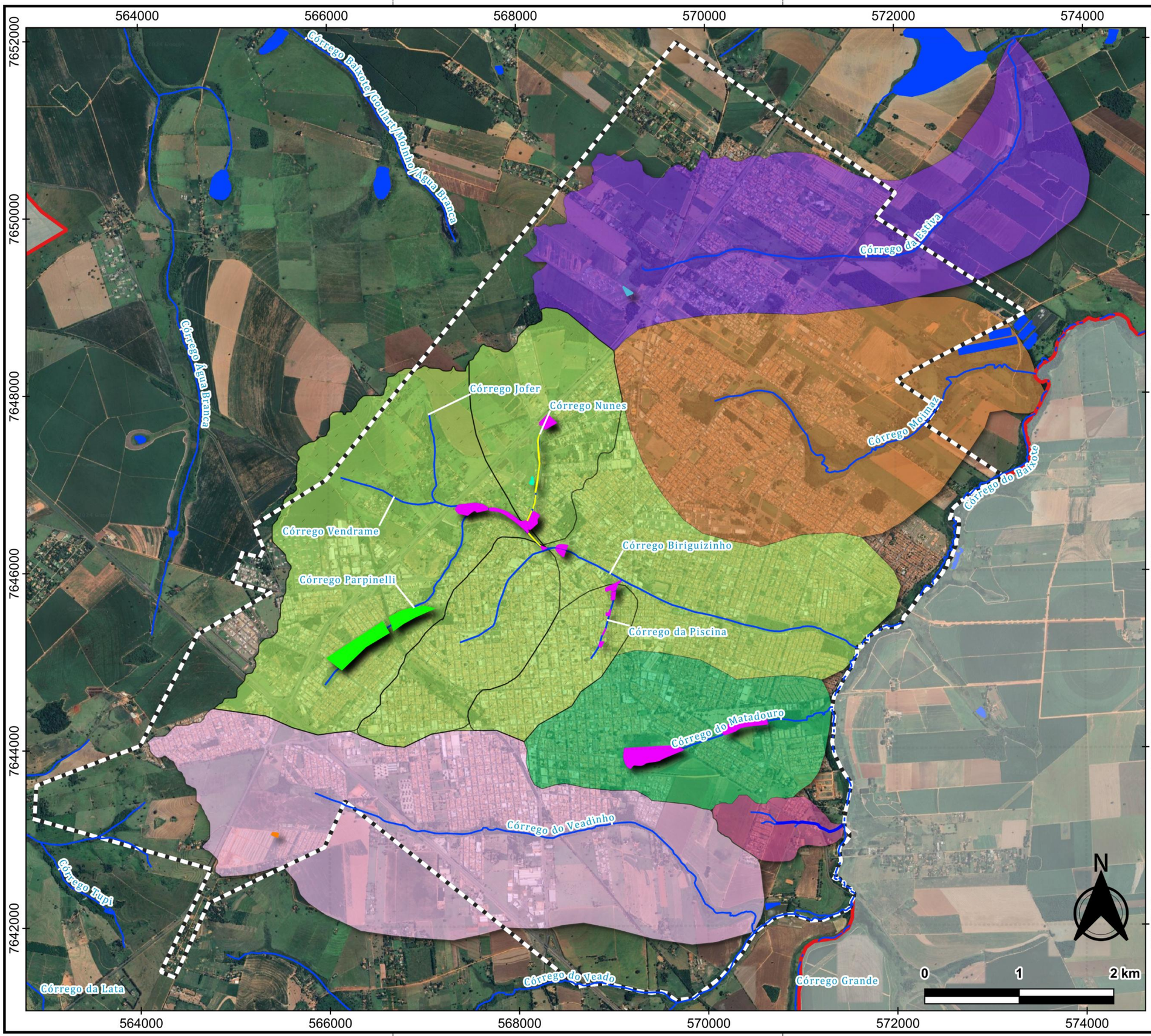
Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A implementação de bacias de retenção deve ser planejada de maneira estratégica, com foco nas microbacias que apresentam maior urbanização e impermeabilização do solo. Nessas áreas, o risco de escoamento superficial intenso é elevado, demandando prioridade na alocação dessas estruturas. A Microbacia do Córrego do Matadouro e a do Córrego Biriguizinho são as mais impermeabilizadas, sendo as microbacias prioritárias para instalação das infraestruturas de amortecimento.

O Mapa 38 apresenta o levantamento de áreas que podem ser utilizadas para amortecimento, concentradas principalmente nas microbacias mencionadas, a montante do Parque do Povo (Lago da Raquete) e no trecho do Córrego da Piscina, áreas críticas na ocorrência de eventos de cheias, bem como na região do Córrego do Matadouro.

Mesmo com o cálculo da área necessária, como já há um alto grau de urbanização e áreas impermeabilizadas em algumas microbacias, para garantir o máximo de eficiência, é necessário que se adote medidas não estruturais e outros tipos de controle, como infiltração na fonte, tendo em vista que a área disponível para amortecimento é reduzida. Essas técnicas auxiliam na redução do volume de escoamento superficial e contribuem para a recarga dos aquíferos, promovendo uma abordagem integrada e sustentável no manejo das águas pluviais.

No caso de Birigui, uma análise aprofundada do sistema de drenagem urbana aponta para a necessidade de melhorias tanto na infraestrutura quanto na gestão. Problemas como falhas no dimensionamento de estruturas para amortecimento das vazões de pico e a necessidade de intervenções adequadas para universalizar os serviços de drenagem foram identificados. Com o envolvimento de todas as partes interessadas, é possível avançar na construção de um sistema de gestão das águas pluviais mais eficiente e resiliente, assegurando a proteção ambiental e a qualidade de vida da população.



Mapa 38 – Áreas para amortecimento, Birigui/SP.

Prefeitura Municipal de Birigui/SP

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Massas d'água
- Hidrografia

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Biriguizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego do Veadinho
- Área de Contribuição
- Principais Áreas de Drenagem da Microbacia do Córrego Biriguizinho

Áreas para Amortecimento

- Amortecimento
- Gabião
- Parque Linear
- Bacia de detenção - Resid. Adisa
- Bacia de detenção - Resid. Ibiza 2
- Bacia de dentenção - Res. Jacarandá

Plano Diretor de Drenagem Urbana
Birigui - SP

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Out., 2024.

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

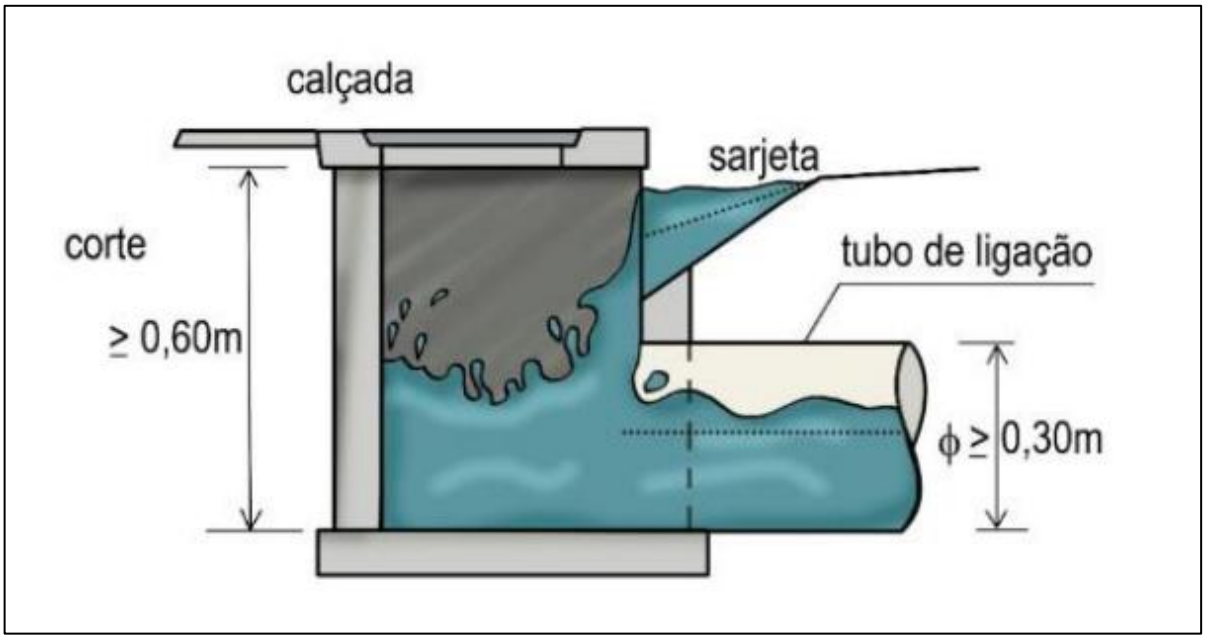
6.2 ESTUDOS HIDRÁULICOS

As estruturas que compõem a drenagem urbana são divididas conforme as suas dimensões nos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem. Esses constituem a coleta e condução de águas do escoamento superficial por meio de coletores prediais, sarjetas, bueiros e pequenas e médias galerias (Almeida, 2020).

A microdrenagem urbana pode ser conceituada pelo sistema de condutos pluviais a nível de loteamento ou de rede primárias urbana (Tucci; Porto; Barros, 1995). Por meio da microdrenagem, é propiciado a ocupação do espaço urbano ou periurbano por uma forma artificial de assentamento, adaptando-se ao sistema de circulação viária (Fundação Nacional de Saúde - Brasil, 2004).

A microdrenagem pode ser considerada também conforme as dimensões de seus elementos. Segundo Tucci; Domingos; Cordeiro Neto (2003) apud Almeida (2020), a microdrenagem é um conjunto da rede constituída por galerias tubulares com diâmetro igual ou superior a 0,30 m e inferior a 1,20 m.

Figura 23 – Elementos e dimensões do sistema de microdrenagem



Fonte: Almeida, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

6.2.1 Especificação dos Dispositivos de Drenagem Urbana

- **Ruas**

Locais para o tráfego de veículos e pedestres, assim como para a drenagem pluvial. Um adequado planejamento do sistema viário pode reduzir consideravelmente o custo do sistema de drenagem, e até dispensar a necessidade de galerias de águas pluviais (CETESB, 1985);

- **Sarjetas**

Canais formados por faixas de via públicas e meio-fio de seções triangulares que são dimensionados por máxima vazão de escoamento (Almeida, 2020). Esses canais são paralelos e vizinhos ao meio-fio, sendo construídos para receber águas pluviais que incidem e escoam sobre as vias públicas (Tucci; Porto; Barros, 1995).

- **Canaletas ou Sarjetões**

Calhas posicionadas nos cruzamentos de vias públicas, formadas pela sua própria pavimentação e com a finalidade de orientar o fluxo das águas que escoam pelas sarjetas (Tucci; Porto; Barros, 1995).

- **Bocas Coletoras**

Elementos instalados na sarjeta para coletar águas das chuvas e encaminhar para as galerias componentes do sistema (Almeida, 2020).

- **Galerias**

Tubulações coletivas (tubos de ligação) de drenagem da água provenientes das bocas de lobo (Almeida, 2020). De acordo com o Manual de Projeto do CETESB (CETESB, 1985), os sistemas de galerias são formados também por bocas de lobo,

condutos, poços de visita (PV), poços de inspeção (PI) e outros dispositivos, projetado para coletar e conduzir as descargas da chuva inicial de projeto, para um ponto de lançamento dentro de um sistema geral de drenagem.

6.2.2 Especificação para Execução dos Serviços

- **Galerias**

Esses dispositivos são destinados a conduzir os escoamentos superficiais das vias até os coletores de drenagem, utilizando canalizações que integram o sistema de drenagem da rua, garantindo o trânsito livre dos veículos.

Os tubos de concreto devem ser fabricados de acordo com a NBR 8.890/2020 - Tubo de concreto de seção circular para água pluvial e esgoto sanitário - Requisitos e métodos de ensaios. O cimento utilizado deve atender às normas da ABNT, e os agregados devem ter um diâmetro máximo igual a 1/3 da espessura da parede do tubo, conforme a NBR 7.211/2022.

Para o concreto, recomenda-se que o material tenha uma porcentagem mínima de argamassa compatível com o processo de fabricação e uma relação água/cimento de, no máximo, 0,50. Quanto ao acabamento, cura, água para amassamento do concreto e dimensões mínimas dos tubos, bem como suas tolerâncias dimensionais, a NBR 8.890/2020 deve ser seguida.

O controle de qualidade dos materiais aplicados na obra deve incluir ensaios em amostras dos lotes, conforme a NBR 8.890/2020, com foco na resistência à compressão diametral, permeabilidade, absorção e avaliação visual e dimensional.

Os tubos de concreto são peças pré-moldadas circulares, com encaixes macho e fêmea ou ponta e bolsa. As classes de resistência, conforme a NBR 8.890/2020, para tubos de concreto destinados à condução de águas pluviais são: PS1 e PS2 (tubos de concreto simples, com diâmetros entre 200 mm e 600 mm) e PA1, PA2, PA3 e PA4 (tubos de concreto armado, com diâmetros entre 300 mm e 2.000 mm).

Os materiais a serem utilizados devem seguir os seguintes padrões:

- Cimento: qualquer tipo que atenda à ABNT NBR 16.697;
- Aço: barras de aço ou telas soldadas, conforme NBR 7.480 ou NBR 7.481;

- Agregados: selecionados e livres de impurezas, conforme NBR 7.211.

Os tubos fabricados de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) tem suas especificações e requisitos regidos por outras normas, para garantir as características de resistência, segurança, qualidade, rendimento etc. Tubulações com esse tipo de material vêm cada vez mais sendo utilizados, em substituição a tubulações feitas de aço e concreto, em detrimento de suas propriedades mecânicas e químicas.

No entanto é importante estar atento às características para a drenagem urbana, como o coeficiente de Manning ou de Rugosidade (n), que expressa a resistência imposta pelo material da superfície ao fluxo da água, afetando diretamente a velocidade de escoamento. O PEAD é um material de superfície relativamente lisa, com baixa rugosidade, o que resulta em um coeficiente mais baixo (n ≈ 0,009 a 0,011), indicando menor resistência ao escoamento. A nível comparativo, o coeficiente de Manning para o concreto tende a variar entre 0,012 (para canais de concreto liso) a 0,015 (para superfícies mais rugosas ou desgastadas).

O Quadro 9 apresenta as principais normas vigentes em relação aos tubos de PEAD, tanto internacionais (*International Organization for Standardization* – ISO, *American Association of State Highway and Transportation Officials* – AASHTO e *American Society for Testing and Materials* – ASTM) quanto nacionais (Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT).

Quadro 9 – Normas nacionais e internacionais vigentes.

Normas	Descrição
AASHTO M252	Estabelece especificações e métodos de ensaio para tubos corrugados de PEAD, com diâmetros variando de 75 mm a 250 mm, incluindo uniões e acessórios. Esses tubos são destinados ao uso em sistemas de drenagem subterrânea, pluvial e superficial, como esgotos rodoviários, onde o solo fornece o suporte necessário para as paredes da tubulação flexível.
AASHTO M294	Estabelece as especificações e métodos de ensaio para tubos corrugados de PEAD, incluindo suas uniões e acessórios, destinados ao uso em aplicações de drenagem, tanto superficial quanto subterrânea, com diâmetros que variam de 300 mm a 1.500 mm.
ASTM D3212	Especificação de juntas para tubos de plástico de drenagem e esgotos que utilizam vedantes elastoméricos flexíveis.

Normas	Descrição
ASTM F2306	Especificação padrão para tubos de 300 mm a 1.500 mm de parede de polietileno corrugado anular e acessórios para aplicações de drenagem pluvial e subterrânea por gravidade.
ASTM F2648	Estabelece especificações e métodos de teste para tubos estruturais de PEAD com parede dupla, corrugados externamente e lisos internamente, destinados ao uso em urbanizações, passagens e infraestrutura, com diâmetros variando de 50 mm a 1.500 mm.
ABNT NBR ISO 21138-1	Estabelece especificações e métodos de testes para sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgotos subterrâneos não pressurizados – Sistemas de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE). Parte 1: especificações de materiais e critérios de desempenho para tubos, conexões e sistemas.
ABNT NBR ISO 21138-3	Estabelece especificações e métodos de testes para sistemas de tubulações plásticas para drenagem e esgotos subterrâneos não pressurizados – Sistemas de tubos com paredes estruturadas de policloreto de vinila não plastificado (PVC-U), polipropileno (PP) e polietileno (PE). Parte 3: tubos e conexões com superfície externa não lisa, tipo B.
DNIT 094/2014-EM	Tubo de poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV) e poliolefínicos (PE e PP) para drenagem em rodovia, diâmetros de 300 mm a 1.500 mm.

Fonte: Tigre-ADS, 2019. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O assentamento da tubulação deve ser realizado no sentido jusante-montante, utilizando-se o encaixe de tubos de concreto, com diâmetro conforme especificado no projeto. Após o assentamento, o rejuntamento deverá ser feito com argamassa de cimento e areia, na proporção 1:3, aplicado no anel interno inferior do tubo e na parte superior externa, na área de encaixe.

- **Bocas Coletoras**

As bocas coletoras podem ser simples, duplas ou múltiplas, conforme especificado no projeto. As normas a serem seguidas para a alvenaria dessas bocas coletoras, bem como para os poços de visita, são:

- NBR 15270-1: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 1: Requisitos;
- NBR 15270-2: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria - Parte 2: Métodos de ensaio;

- NBR 15270-3: Componentes cerâmicos - Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação - Parte 3: Métodos de ensaio.

As bocas coletoras, onde definidas, podem ser construídas com tijolos maciços, cobertas com tampo de concreto e revestidas com argamassa de cimento e areia, também na proporção 1:3.

- **Poços de visita e Caixas de Ligação e de Passagem**

Para os poços de visita e caixas de passagem, a construção deverá seguir o projeto, com a escavação, assentamento da tubulação, ligação das bocas coletoras, e execução da chaminé e tampo de ferro fundido. As lajes de cobertura dos poços de visita devem ser moldadas e concretadas, com período de cura recomendado de 28 dias antes de serem assentadas sobre a caixa de alvenaria. Deve-se executar uma cinta na altura superior da chaminé, permitindo o ajuste do caixilho do tampão de ferro fundido.

- **Meio-fio e Sarjetas**

Meio-fio e sarjetas devem ser moldados em concreto e estar perfeitamente ligados ao pavimento. Recomenda-se que sejam escorados com concreto a cada 1,00 m, conforme indicado no projeto de pavimentação.

- **Valas**

Para a locação da tubulação, recomenda-se que, no eixo da rua ou avenida, seja estabelecida a linha que indicará a escavação de valas para a inserção da tubulação de drenagem pluvial. A escavação das valas deve seguir a locação e as cotas definidas no projeto, assim como a largura da vala, que poderá ser determinada na planilha de resultado das galerias para cada trecho. Escavações superiores a 1,25 m devem ser escoradas, visando preservar tanto a segurança dos trabalhadores quanto

a integridade da obra. A responsabilidade pela resistência e estabilidade da escavação será integralmente da empresa contratada.

A largura da vala pode ser equivalente ao diâmetro do tubo acrescido de 1,0 m, independentemente do diâmetro do tubo. Recomenda-se um recobrimento mínimo de 1,0 m para tubos de concreto simples e de concreto armado. O fundo das valas deve ser preparado de modo a manter uma declividade constante, oferecendo apoio uniforme à tubulação. O fundo também deverá estar seco, sendo necessário, quando aplicável, realizar drenagem prévia. A regularização do fundo deve incluir a compactação e a colocação de um lastro de brita nº 02 com espessura mínima de 5 cm.

Os equipamentos necessários para a execução dos serviços incluem caminhões basculantes e de carroceria fixa, betoneira, motoniveladora, pá carregadeira, rolo compactador, retroescavadeira, entre outros.

Após o assentamento da tubulação e rejuntamento, o reaterro das valas deverá ser realizado utilizando o mesmo material escavado, compactado mecanicamente em camadas, até atingir o nível do subleito do pavimento. O reaterro deve garantir segurança às tubulações e um acabamento adequado da superfície, evitando futuros assentamentos. As camadas de aterro devem ter, preferencialmente, 20 cm de espessura, devidamente umedecidas e compactadas até atingir 100% do Proctor Normal. A primeira etapa do reaterro envolve a compactação manual, em camadas de 10 cm, até 25 cm acima da geratriz superior dos tubos. A segunda etapa complementa o reaterro, compactando em camadas de até 20 cm de espessura com equipamento mecânico, conforme descrito anteriormente.

A terraplanagem necessária, incluindo cortes, aterros, reaterros e remoção de elementos existentes (pavimentos, árvores etc.), deverá ser executada utilizando material de qualidade, compactado conforme os critérios já mencionados.

Por fim, o material excedente do reaterro deverá ser removido do local, transportado para bota-fora.

6.2.3 Manejo Ambiental

Durante a construção dos dispositivos de drenagem, recomenda-se a preservação das condições ambientais, observando os seguintes procedimentos:

- Todo material excedente de escavação ou resíduos deve ser removido das proximidades dos dispositivos;
- O material excedente deve ser destinado a um local previamente definido, em conformidade com as orientações dos órgãos de controle ambiental, tanto municipal quanto estadual;
- Após a execução dos dispositivos de descarga de galeria, deve-se remover qualquer tipo de material que possa ser transportado para o curso d'água, garantindo o pleno funcionamento do dispositivo;
- Deve-se evitar o tráfego desnecessário em terrenos naturais, especialmente em áreas verdes.

7 FATORES E CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

7.1 CRITÉRIOS INICIAIS

O sistema de microdrenagem deve ser projetado de maneira integrada, garantindo que todos os componentes e áreas recebam condições apropriadas para um escoamento eficiente das águas pluviais.

7.1.1 Ruas

A rua apresenta como finalidade principal o tráfego de veículos e como secundária o escoamento pluvial. Em projetos de ruas, ambas devem ser consideradas. Por isso, foram estabelecidas algumas orientações para a drenagem não interferir na função principal da rua (CETESB, 1986). A seguir são apresentadas algumas orientações sugeridas pelo Manual de Projeto da CETESB:

- Declividade da sarjeta: a declividade máxima permissível não é estabelecida pela drenagem pluvial, mas a capacidade admissível das sarjetas com a declividades acentuadas é limitada. A declividade mínima admissível da sarjeta é de 0,4%, para promover uma drenagem adequada.

- Bocas coletoras: as depressões para as bocas de lobo, em ruas onde o tráfego pode atingir as sarjetas, precisam ter as profundidas e larguras compatíveis com a velocidade máxima dos veículos. Se a velocidade exceder a 60 km/h, as depressões não devem estar perto das faixas de trânsito.
- Seção transversal da rua: a declividade mínima transversal deve ser de 1%, para auxiliar na drenagem da pista.

Insta salientar que a inundação do pavimento, para chuva inicial de projeto, deve ser limitada conforme a classificação da rua (Quadro 10).

Quadro 10 – Limite de inundação pela classificação de ruas.

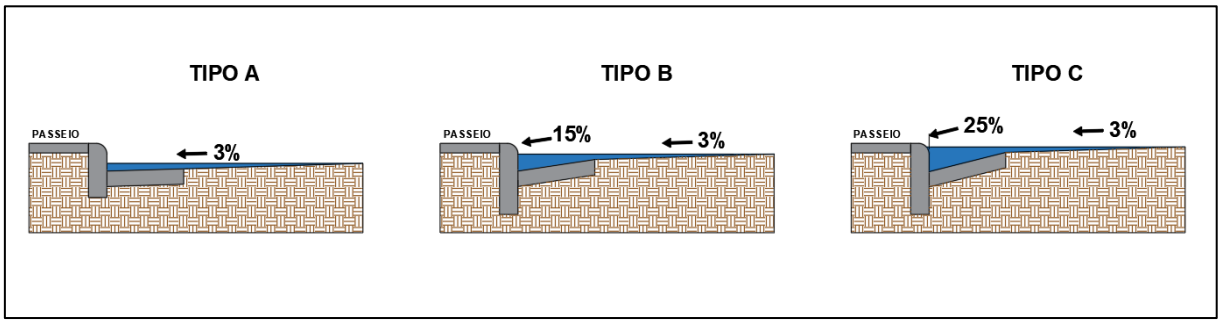
Classificação das ruas	Inundação Máxima
Secundária	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento pode atingir até a crista da rua.
Principal	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre.
Avenida	Sem transbordamento sobre a guia. O escoamento deve preservar, pelo menos, uma faixa de trânsito livre em cada direção.
Expressa	Nenhuma inundação é permitida em qualquer faixa de trânsito

Fonte: CETESB, 1986. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.1.2 Sarjetas

As sarjetas podem ser classificadas em Tipo A, B e C (Figura 24), distinguindo-se pela declividade transversal, podendo proporcionar capacidades de escoamento maiores ou menores. A recomendação do tipo de sarjeta a ser utilizada é apresentada no Quadro 11.

Figura 24 – Tipos de sarjeta



Fonte: Aroeira, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Quadro 11 – Tipo de sarjeta e declividades referentes

Declividade Longitudinal	Tipo de Sarjeta	Declividade Transversal
10% < i < 20%	A	3 %
5 % < i ≤ 10 %	B	15%
i < 5%	C	25%

Fonte: Aroeira, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Vias com declividades acima de 20% devem ser avaliadas pelas velocidades e faixas de alagamento (Aroeira, 2022).

7.1.3 Galerias

As galerias ou redes coletoras podem ser posicionadas tanto sob o eixo da via pública quanto sob o meio-fio, sendo esta última a opção mais comum. O recobrimento mínimo recomendado é de um metro sobre a geratriz superior do tubo, devendo também permitir a conexão adequada das canalizações das bocas coletoras, com um recobrimento mínimo de 0,60 metros.

O dimensionamento das galerias de drenagem urbana é baseado nas equações hidráulicas de movimento uniforme, conforme a equação de Manning mostrada abaixo, dependente do coeficiente de rugosidade [n] e do tipo de estrutura selecionada. Ainda, é recomendado que sejam observados os períodos de retorno da chuva [Tr] (Quadro 12), indicados para cada tipo de ocupação em cada área a que se aplica o projeto.

Quadro 12 – Tempos de retorno de chuva para galerias pluviais

Tipo de Ocupação	Tr inicial de projeto
Residencial	2 anos
Áreas comerciais	5 anos
Áreas com edifícios públicos	5 anos
Aeroportos	2 – 5 anos
Áreas comerciais altamente valorizadas e terminais aeroportuários	5 – 10 anos

Fonte: CETESB, 1986. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

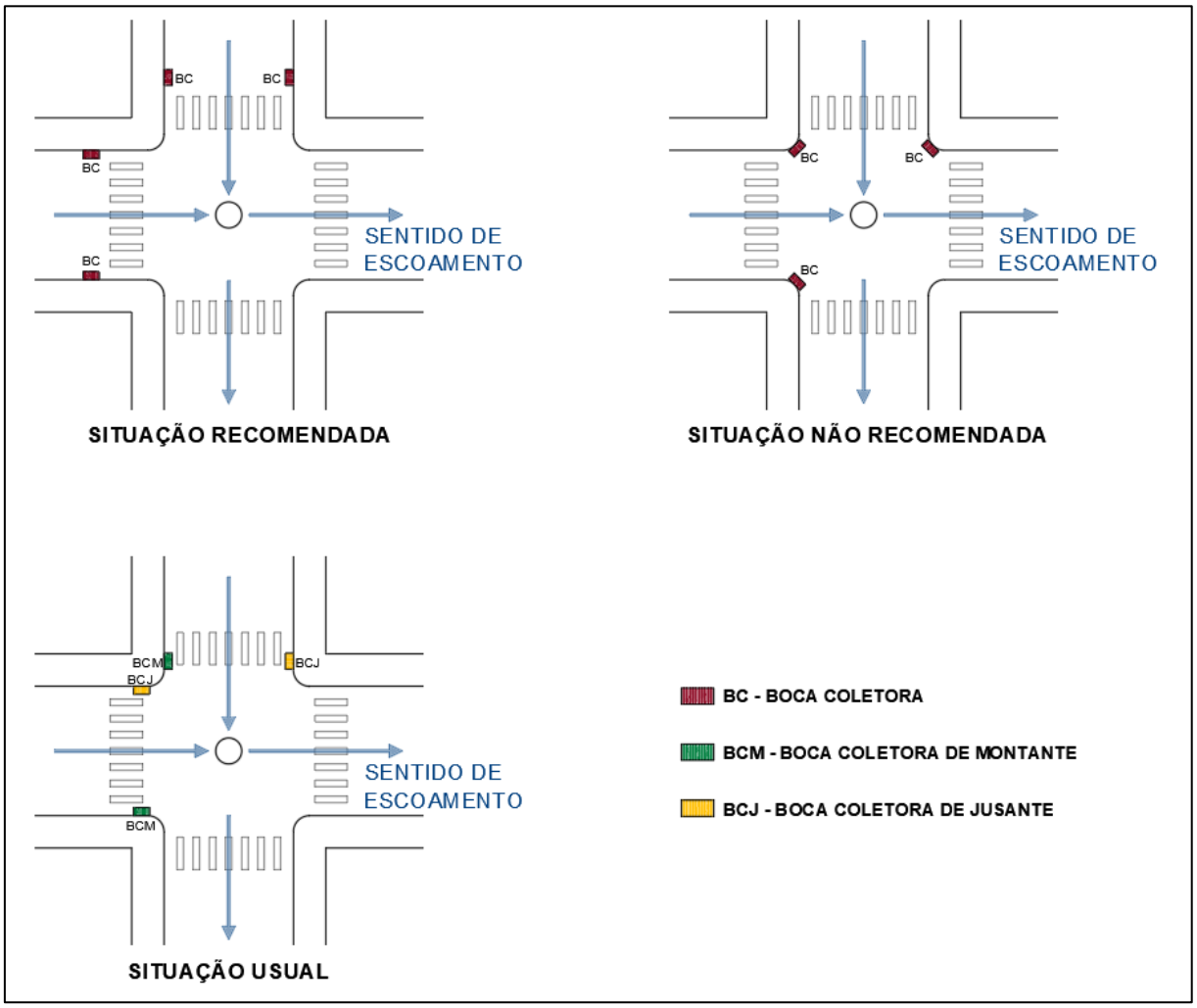
7.1.4 Bocas coletoras

A localização das bocas coletoras deve obedecer aos seguintes critérios (São Paulo, 2012):

- Devem ser instaladas em ambos os lados da via quando a capacidade da sarjeta for excedida ou quando a demanda de escoamento for superior ao volume suportado;
- Devem ser posicionadas nos pontos mais baixos dos quarteirões;
- Recomenda-se um espaçamento de 60 m entre as bocas coletoras, caso a capacidade de escoamento da sarjeta não seja calculada;
- As bocas coletoras devem ser instaladas um pouco antes de cada faixa de pedestres, próximas às esquinas;
- Não é aconselhável que sejam localizadas no vértice da interseção das sarjetas de duas ruas convergentes.

A Figura 25, apresenta o exemplo de locação das bocas coletoras na via.

Figura 25 – Exemplo de locação bocas coletoras.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

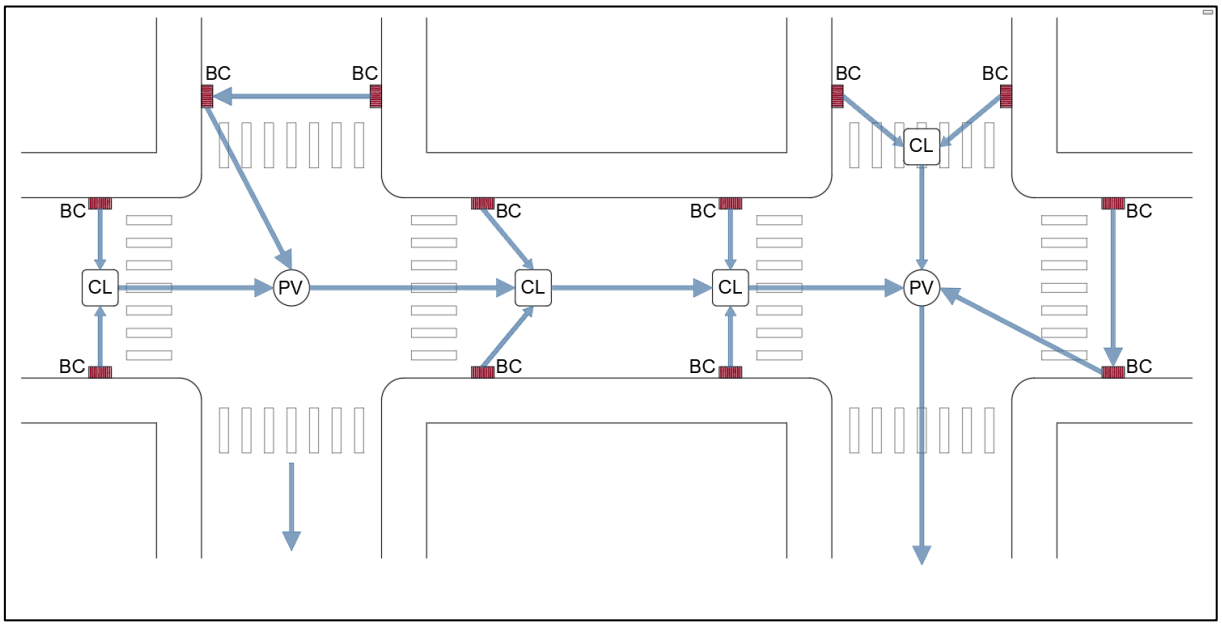
7.1.5 Poços de visita (PV), de inspeção (PI) e de queda

O poço de visita tem a finalidade de garantir o bom funcionamento das canalizações, proporcionando acesso para limpeza e manutenção, diferentemente do poço de inspeção, que é utilizado para inspeção, limpeza e manutenção, porém sem que se acesso ao interior do poço. Ele deve ser posicionado em locais onde ocorrem mudanças de direção, cruzamento de ruas, variações no diâmetro ou declividade das tubulações. Quando o desnível entre os coletores é maior que 0,70 m, o poço é denominado poço de queda.

7.1.6 Caixas de ligação

As caixas de ligação são utilizadas quando é necessário instalar bocas coletoras intermediárias ou quando se deseja evitar a conexão de mais de quatro tubulações em um mesmo poço de visita. Diferente dos poços de visita, as caixas de ligação não são acessíveis para manutenção direta. No entanto, as especificações quanto à relação entre os diâmetros dos condutos e os distanciamentos máximos seguem os mesmos critérios aplicados aos poços de visita e poços de queda. A Figura 26 exemplifica a localização típica de caixa de ligação, poço de visita e traçado de galeria.

Figura 26 – Exemplo de locação de poço de visita e de caixa de ligação.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

7.1.7 Ala de lançamento

A ala de lançamento consiste em um conjunto de estruturas que facilita a disposição final das águas pluviais provenientes da microdrenagem urbana, funcionando como uma transição entre a galeria e o retorno do escoamento superficial para os corpos hídricos (São José dos Campos, 2021).

A necessidade de implantar um dispositivo dissipador de energia na ala de desembocadura dependerá do desnível altimétrico entre o final da galeria e o leito do

corpo hídrico receptor assim como a velocidade do fluxo de água despejado. Alguns dos dispositivos utilizados para esse fim são:

a) Canais e Escadas Hidráulicas

Os canais e as escadas hidráulicas são estruturas compostas por uma série de obstáculos, degraus ou quedas sucessivas, projetadas em canais ou cursos d'água para dissipar a energia do escoamento em trechos com grande declividade.

Características principais:

- Dissipação gradual de energia: A água é forçada a descer por degraus sucessivos, o que cria turbulência e reduz sua velocidade ao longo do percurso;
- Prevenção da erosão: Ao desacelerar o escoamento em cada degrau, a escada hidráulica minimiza o impacto da água sobre o leito e as margens, protegendo-os da erosão;
- Controle do fluxo: Cada degrau atua como uma barreira ao fluxo, evitando que a água ganhe velocidade excessiva, especialmente em áreas de grande inclinação;
- Aplicações típicas: São utilizadas em áreas com quedas de água acentuadas, como canais urbanos, barragens ou vertedouros.

Vantagens:

- Eficiência na redução da energia cinética;
- Controle progressivo da velocidade da água.

b) Rampas ou canais com blocos

As rampas ou canais com blocos são estruturas utilizadas para a dissipação de energia e controle de erosão em sistemas de drenagem, especialmente em áreas com declives acentuados. Elas são projetadas para reduzir a velocidade do escoamento

da água e controlar os efeitos erosivos, ao criar superfícies irregulares e aumentar a turbulência do fluxo.

Características principais:

- Dissipação de energia: Ao incorporar blocos de concreto, pedra ou outros materiais ao longo do canal ou rampa, essas estruturas geram uma série de obstáculos ao fluxo da água. Os blocos forçam a água a contornar e desviar, criando turbulência, o que dissipa a energia do escoamento e diminui sua velocidade.
- Redução da erosão: A diminuição da velocidade da água, junto com a criação de um fluxo mais irregular, ajuda a proteger o leito do canal e suas margens contra a erosão, especialmente em áreas com alta declividade, onde a força da água pode ser destrutiva.
- Controle do fluxo: Canais ou rampas com blocos são especialmente úteis em locais onde o fluxo de água é intermitente ou muito variável, como em sistemas de drenagem pluvial. Os blocos ajudam a manter o fluxo mais controlado e previsível, evitando que a água atinja velocidades excessivas.
- Versatilidade no dimensionamento: Dependendo das condições locais (inclinação, volume de escoamento, tipo de solo, etc.), os blocos podem ser dimensionados e posicionados de maneiras diferentes. Em algumas aplicações, os blocos são dispostos em padrões regulares; em outras, a disposição é mais aleatória para aumentar a turbulência.
- Aplicações típicas**:**
    - Rampas de dissipação de energia: Utilizadas em quedas abruptas ou declives acentuados, onde há a necessidade de desacelerar o fluxo de água.
    - Canais de drenagem revestidos: Com blocos inseridos no leito do canal para proteger contra erosão e controlar a velocidade da água.
    - Estruturas de transição: Usadas em saídas de bueiros, galerias pluviais ou bocas de drenagem, onde o escoamento sai com alta velocidade.

Vantagens:

- Eficiência no controle da erosão;
- Flexibilidade de aplicação;
- Simplicidade construtiva.

c) Tapetes ou rampas de enrocamento

Os tapetes de enrocamento são uma técnica comum de dissipação de energia e controle de erosão utilizada em sistemas de drenagem urbana e fluvial. Eles consistem na colocação de pedras ou blocos de rocha de diferentes tamanhos (enrocamento) sobre o leito ou taludes de canais, rios, ou áreas sujeitas a escoamento intenso de água. O objetivo é reduzir a velocidade do fluxo de água e proteger as margens e o fundo dos canais contra a erosão.

Características principais

- Dissipação de energia: Ao criar superfícies irregulares e porosas, as pedras aumentam a turbulência da água, dissipando sua energia e reduzindo sua velocidade. Isso é fundamental para áreas onde o escoamento tem alta velocidade e pode causar erosão significativa.
- Estabilização de taludes: Os tapetes de enrocamento ajudam a estabilizar encostas ou margens de canais e rios, evitando deslizamentos e a degradação dos taludes devido ao impacto da água.
- Flexibilidade: Podem ser usados em uma variedade de situações, como saídas de tubos de drenagem, canais artificiais, vertedouros, ou em rios naturais. Eles se adaptam ao terreno e são capazes de suportar variações nas condições de fluxo.
- Durabilidade: O uso de materiais resistentes, como pedras grandes e densas, garante a durabilidade do tapete de enrocamento, tornando-o uma solução de longo prazo para o controle da erosão.
- Aplicações típicas: Tapetes de enrocamento são frequentemente utilizados em saídas de bueiros e galerias pluviais, quedas d'água, em torno de bacias de dissipação, escadas hidráulicas, e em áreas de transição entre estruturas de concreto e o solo natural.

Essa técnica é eficaz não apenas para a proteção de estruturas hidráulicas, mas também para promover a segurança e a integridade dos sistemas de drenagem urbana, prevenindo problemas futuros relacionados à erosão.

7.1.8 Amortecimento, detenção e retenção

a) Bacias de Detenção e Retenção

As bacias de detenção e retenção são reservatórios projetados para armazenar temporariamente ou permanentemente volumes de água de escoamento superficial, ajudando no controle de enchentes e na gestão do escoamento pluvial.

Características principais:

- Bacias de detenção: São projetadas para armazenar temporariamente a água durante eventos de chuva intensa, liberando-a de forma controlada após o evento, evitando inundações a jusante;
- Bacias de retenção: Diferente das bacias de detenção, estas armazenam a água por um período mais longo, permitindo infiltração no solo e recarga do lençol freático, além de ajudar na retenção de poluentes;
- Controle de enchentes: Ambas as estruturas ajudam a reduzir os picos de escoamento que ocorrem durante eventos de precipitação intensa, aliviando a pressão sobre o sistema de drenagem urbana;
- Aplicações típicas: São usadas em áreas urbanas propensas a inundações ou em regiões onde o escoamento precisa ser gerenciado para minimizar impactos em rios e córregos.

Vantagens:

- Redução dos picos de escoamento e prevenção de enchentes;
- Possibilidade de recarga do lençol freático em bacias de retenção.

b) Bacias de Amortecimento

As bacias de amortecimento são semelhantes às bacias de detenção, porém com o objetivo específico de desacelerar o fluxo de escoamento antes de ele ser liberado para uma estrutura a jusante, como um rio, canal ou rede de drenagem.

Características principais:

- Dissipação de energia: A água escoada é temporariamente armazenada, permitindo que sua velocidade e volume sejam reduzidos antes de ser descarregada no sistema a jusante;
- Proteção de infraestruturas: Ao reduzir a velocidade e o volume do escoamento, essas bacias ajudam a proteger estruturas como galerias pluviais, rios e áreas sensíveis à erosão;
- Controle de picos de vazão: Ao armazenar temporariamente a água, as bacias de amortecimento suavizam o impacto de picos de escoamento, evitando sobrecarga do sistema de drenagem;
- Aplicações típicas: São usadas em áreas onde o escoamento rápido pode causar problemas, como erosão ou sobrecarga de estruturas hidráulicas.

Vantagens:

- Redução de picos de vazão e energia do escoamento;
- Proteção contra erosão em pontos de descarga.

8 DIMENSIONAMENTO

8.1 MICRODRENAGEM

8.1.1 Sarjeta

O dimensionamento das sarjetas envolve as seguintes etapas: (i) determinação da vazão de projeto, (ii) cálculo da capacidade hidráulica teórica do dispositivo, (iii) verificação da capacidade hidráulica admissível e (iv) definição do comprimento máximo ou crítico (São José dos Campos, 2021).

a) Vazão de projeto

A vazão do projeto é obtida por meio da aplicação de métodos específicos para o cálculo da vazão de pico, como o Método Racional ou o Método Racional Modificado (I-Pai-Wu), por exemplo. A vazão máxima de escoamento ocorre quando a duração da precipitação coincide com o tempo de concentração. Portanto, para dimensionar a vazão do projeto dessas estruturas de drenagem, considera-se o tempo mínimo de duração da chuva, que é de 10 minutos (São José dos Campos, 2021).

b) Capacidade hidráulica teórica do dispositivo

A capacidade de condução da sarjeta deve ser calculada a partir de duas hipóteses: 1) a água escoando por toda a calha da rua – **situação não desejada**; ou 2) a água escoando somente pelas sarjetas, admitindo-se uma faixa de escoamento na rua.

Para calcular a capacidade de escoamento nas sarjetas, aplica-se a fórmula de Izzard/Manning – Equação (14).

$$Q = \frac{1}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times A \times i^{\frac{1}{2}} \qquad (14)$$

Onde:

Q = vazão [m³/s];

A = área da seção transversal [m²];

R_h = raio hidráulico [m];

i = declividade longitudinal da sarjeta;

n = coeficiente de rugosidade de Manning (ver Tabela 38).

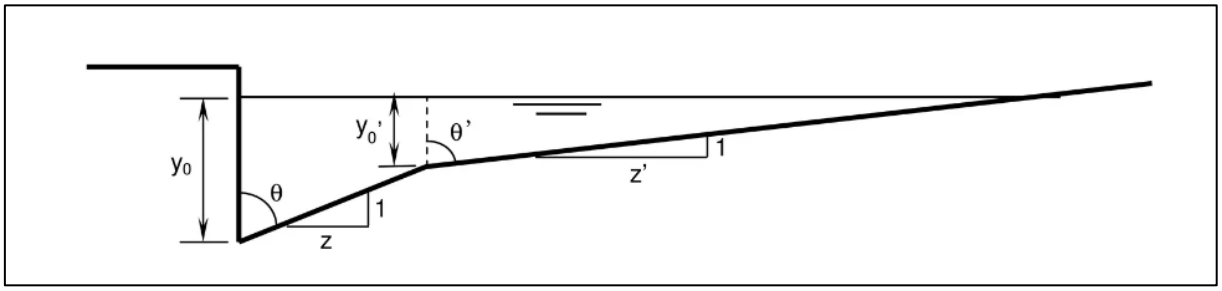
Tabela 38 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning para sarjetas.

Características	n
Asfalto suave	0,013
Asfalto rugoso	0,016
Concreto suave com pavimento de asfalto	0,014
Concreto rugoso com pavimento de asfalto	0,015

Fonte: Tucci; Porto; Barros, 1995. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Considerando que parte do leito carroçável de determinados tipos de via pode ser utilizada para o escoamento das águas pluviais, a vazão da capacidade hidráulica da sarjeta é determinada pela composição das seções onde ocorre o escoamento das águas drenadas (São José dos Campos, 2021). Isso é ilustrado pelas Equações (15), (16) e (17) e pela Figura 27.

Figura 27 – Composição das seções de escoamento de uma sarjeta.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

$$Q_s = Q_1 - Q_2 + Q_3 \quad (15)$$

$$Q_s = Q_1(y_0;\theta) - Q_2(y'_0;\theta) + Q_3(y'_0;\theta') \quad (16)$$

$$Q_s = 0{,}375 \times \frac{\sqrt{i}}{n} \times \left[\left(z \times y_0^{\frac{8}{3}}\right) - \left(z \times y'^{\frac{8}{3}}_0\right) + \left(z' \times y'^{\frac{8}{3}}_0\right)\right] \quad (17)$$

Onde:

Q_s = capacidade de escoamento da sarjeta [m³/s];

y_0 = altura da lâmina d'água [m];

$z = tg\ \theta = (I_{transversal})^{-1}$ = inverso da declividade transversal [m/m];

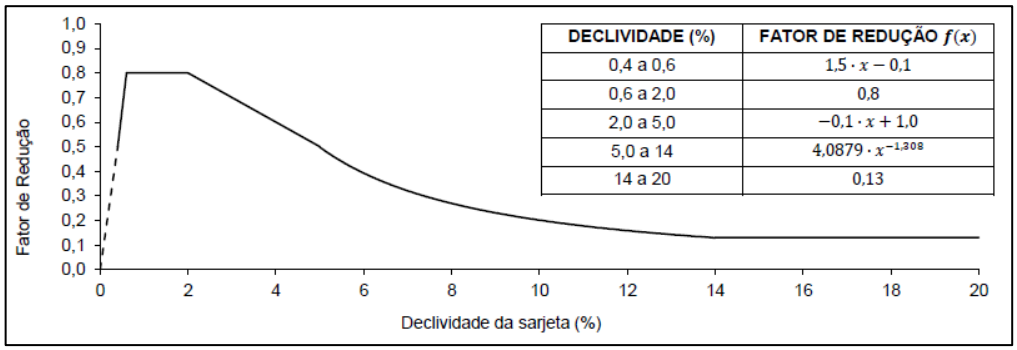
n = coeficiente de rugosidade de Manning (ver Tabela 38);

i = declividade longitudinal da sarjeta;

c) Capacidade hidráulica admissível do dispositivo

A capacidade hidráulica admissível do dispositivo é determinada pela aplicação de um fator de redução que adapta a vazão teórica às condições de escoamento, as quais podem variar de acordo com a declividade longitudinal da sarjeta (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, 1986) e também da possiblidade de obstrução por deposição de materiais. Esse fator está ilustrado na Figura 28.

Figura 28 – Fator de redução da capacidade teórica (Vazão) da sarjeta.



DECLIVIDADE (%)	FATOR DE REDUÇÃO $f(x)$
0,4 a 0,6	$1{,}5 \cdot x - 0{,}1$
0,6 a 2,0	0,8
2,0 a 5,0	$-0{,}1 \cdot x + 1{,}0$
5,0 a 14	$4{,}0879 \cdot x^{-1{,}308}$
14 a 20	0,13

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

d) Comprimento máximo ou crítico

O comprimento máximo ou crítico é atingido quando a capacidade admissível da sarjeta é excedida. Nesse caso, é imprescindível que o escoamento na sarjeta seja interceptado por meio de uma boca coletora. A Equação (18) é utilizada para calcular o comprimento máximo ou crítico da sarjeta.

$$L_u = \frac{Q_s}{q} = \frac{Q_s}{Q/_L} = \frac{Q_s \times L}{Q} \quad (18)$$

Onde:

L_u = comprimento máximo ou crítico [m];

Q_s = vazão de capacidade admissível da sarjeta [m³/s];

q = vazão específica do projeto [m³/s.m];

Q = vazão determinada pelos estudos hidrológicos [m³/s];

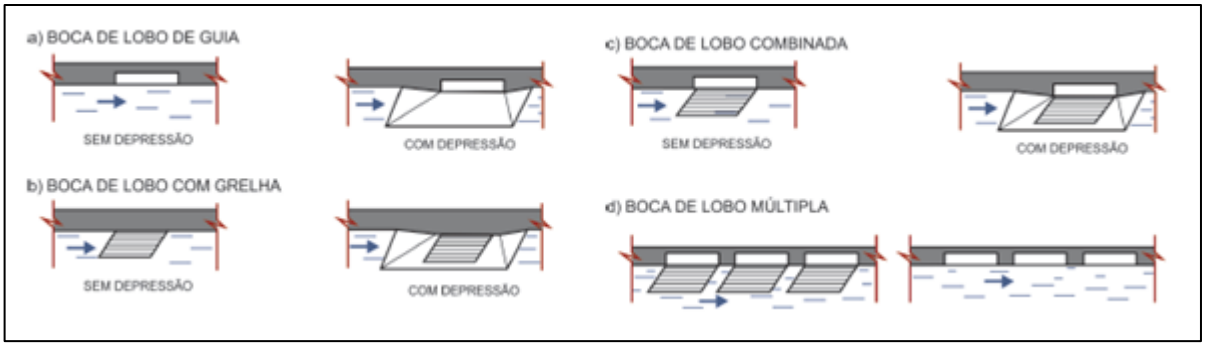
L = extensão do trecho [m].

8.1.2 Boca coletora

As bocas coletoras são dispositivos instalados nas sarjetas com a finalidade de captar as águas que fluem por elas, evitando que essas águas invadam o leito carroçável das vias, o que poderia causar problemas para pedestres e veículos. Além disso, essas estruturas têm a função de conduzir as águas pluviais até as galerias ou tubulações subterrâneas, que, por sua vez, levam essas águas até os corpos hídricos. Existem quatro tipos de bocas coletoras, conforme descrito por São Paulo (2012): boca coletora simples (com entrada lateral); boca coletora com grelha; boca coletora combinada; boca coletora múltipla.

Essas bocas coletoras podem apresentar depressão ou não e devem ser instaladas em locais estratégicos, como no meio ou nas partes mais baixas das sarjetas, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – Tipos de bocas coletoras.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A localização e o posicionamento das bocas coletoras influenciam significativamente o comportamento hidráulico do escoamento. Dada a complexidade na aplicação da metodologia para dimensionamento das bocas coletoras em pontos intermediários, adota-se a mesma abordagem utilizada para aquelas situadas em pontos baixos. Para essas bocas coletoras localizadas em áreas mais baixas, a capacidade de absorção opera sob a condição de escoamento livre, sendo o dimensionamento baseado na similaridade com um vertedouro. Alternativamente, também pode ocorrer sob a condição de escoamento afogado, onde o dimensionamento é realizado com base na similaridade de um orifício (São José dos Campos, 2021).

a) Boca coletora simples

Para o dimensionamento das bocas coletoras simples, a capacidade de absorção da estrutura é determinada com base em três critérios principais:

- Sem depressão e com a altura da lâmina d'água inferior à abertura da boca (r = 0 e y < h), aplica-se a Equação (19)

$$Q = 1{,}71 \times L \times y^{1{,}5} \qquad (19)$$

Onde:
Q = capacidade de engolimento (m³/s);
L = comprimento longitudinal da abertura da boca (m);
y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

- Sem depressão e com a altura da lâmina d'água superior à abertura da boca (r = 0 e y > h), nos casos em que a lâmina d'água excede o dobro da altura da abertura da boca, o engolimento dessa estrutura é determinado pela Equação (20):

$$Q = 3{,}101 \times L \times h^{1{,}5} \times \sqrt{\frac{y}{h} - 0{,}5} \qquad (20)$$

Onde:
Q = capacidade de engolimento (m³/s);
L = comprimento longitudinal da abertura da boca (m);
h = altura da boca (m);
y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

- Para bocas coletoras em que a lâmina d'água é superior à altura da boca, mas inferior ao dobro dessa altura, a capacidade de engolimento pode ser calculada utilizando um valor intermediário entre a Equação (19) e Equação (20), anteriormente mencionadas.

b) Boca coletora com depressão

O dimensionamento dessas estruturas com depressão é realizado por meio da consulta a ábacos elaborados para cada característica específica da boca coletora. Os resultados obtidos a partir desse método de dimensionamento tendem a ser superiores em relação à capacidade de engolimento das bocas coletoras sem depressão. Por essa razão, adota-se o critério de dimensionamento aplicado às bocas sem depressão, o que resulta em vazões de capacidade menores e mais conservadoras (São José dos Campos, 2021).

c) Boca coletora com grelha

Para calcular a capacidade de engolimento das bocas coletoras com grelha, considera-se o seu funcionamento como um vertedouro, de acordo com a Equação (21)

$$Q = 1{,}66 \times P \times y^{1{,}5} \qquad (21)$$

Em que:
Q = capacidade de engolimento (m³/s);
P = perímetro livre da grelha (m);
y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m).

Sendo P calculado pela Equação (22).

$$P = n \times 2 \times (a + b) \quad (22)$$

Onde:

P = perímetro da grelha (m);

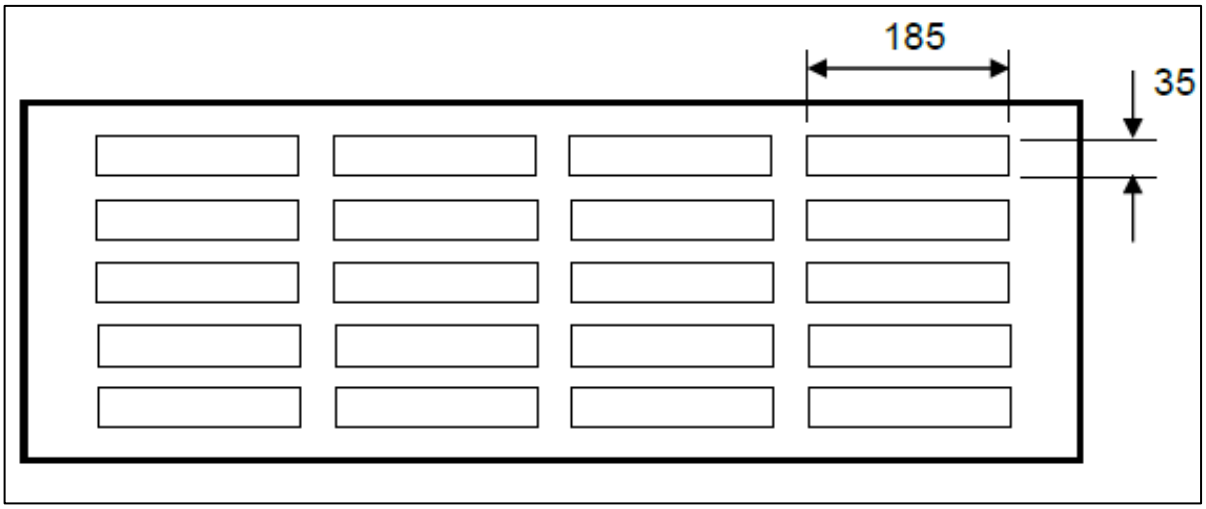
n = número de repetições do vão de abertura;

a = comprimento do vão de abertura (m);

b = largura do vão de abertura (m).

A Figura 30 apresenta um exemplo de boca coletora com grelha.

Figura 30 – Modelo de boca coletora com grelha.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.3 Poços de visita (PV), de inspeção (PI) e de queda

Para o dimensionamento dos poços de visita e quedas, devem ser seguidos alguns critérios estabelecidos, conforme a NBR 8.160 de 1999. Entre os principais requisitos estão:

- uma profundidade mínima de 1 metro;

- a forma prismática da base, que pode ser quadrada ou retangular, com dimensões mínimas de 1,10 metro, ou cilíndrica, com um diâmetro interno mínimo de 1,10 metro;
- a presença de degraus que facilitem o acesso ao interior do poço;
- uma tampa removível que assegure uma vedação adequada;
- um fundo que propicie um escoamento eficiente, prevenindo a formação de sedimentos;
- e a divisão em duas partes, quando a profundidade total for igual ou inferior a 1,80 metro, onde a parte inferior deve ser a câmara de trabalho (balão), com altura mínima de 1,50 metro, e a parte superior deve ser a câmara de acesso, ou chaminé de acesso, com diâmetro interno mínimo de 0,60 metro.

Os espaçamentos entre os poços são determinados com base no alcance dos equipamentos de desobstrução, levando em consideração o diâmetro do conduto e fatores econômicos, utilizando a distância máxima que permita manter a eficiência desses equipamentos. O espaçamento máximo permitido é apresentado na Tabela 39.

Tabela 39 – Espaçamento máximo permitido dos poços de visita.

Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 - 0,90	80
1,00 ou mais	100

Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

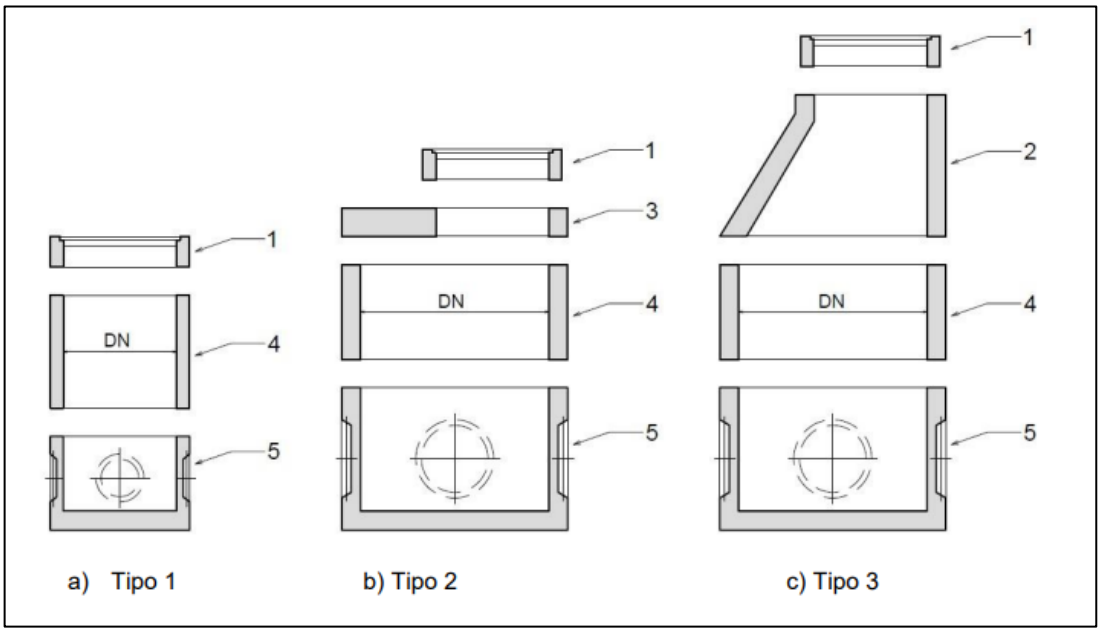
Embora as caixas de ligação apresentem uma estrutura similar à dos poços de visita e de queda, elas possuem diferenças significativas no que diz respeito ao seu dimensionamento, exigindo a adoção dos seguintes critérios, conforme a NBR 8.160 de 1999:

- profundidade máxima de 1 metro;
- forma prismática, com base quadrada ou retangular, com lados internos de no mínimo 0,60 metro, ou formato cilíndrico, com diâmetro mínimo também de 0,60 metro;

- uma tampa que seja facilmente removível e que assegure uma vedação adequada;
- um fundo projetado para garantir um escoamento eficiente e prevenir a formação de depósitos.

Ainda, a ABNT 16.085/2020 determina as tipologias e dimensões de módulos para PVs e PIs. A Figura 31 apresenta as tipologias para estruturas de seção circular e a Tabela 40 os diâmetros e alturas úteis para estes. Já a Figura 32 e a Tabela 41 apresentam os desenhos e dados para estruturas de seção retangular.

Figura 31 – Desenhos e tipologias de PV e PI de seção circular



Fonte: ABNT 16.085, 2020.

Tabela 40 – Diâmetros e alturas úteis dos módulos de seção circular

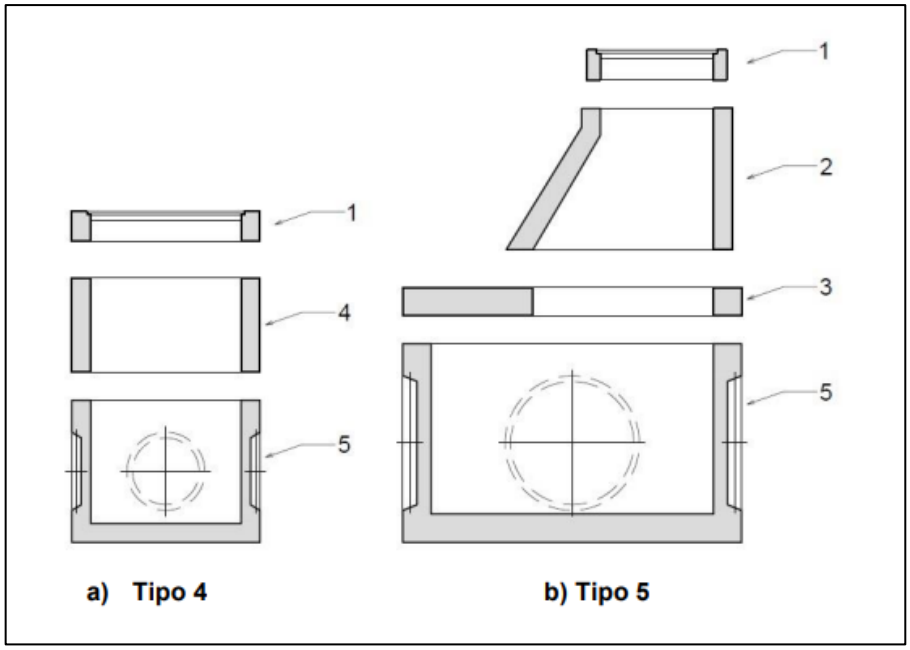
Item	Descrição	DN [mm]	Altura útil mínima [b] [mm]
1	Laje de cobertura e tampão	600	150
2	Cone	800 / 600 1000 / 600 1200 / 600 1500 / 600	350
3	Laje de redução	800 / 600 1000 / 600 1200 / 600 1500 / 600	150
4	Anel [d]	600	150

Item	Descrição	DN [mm]	Altura útil mínima [b] [mm]
		800	
		1000	
		1200	
		1500	
5	Base de seção circular [a, c, d]	600	500
		800	500
		1000	500
		1200	750
		1500	1000

[a] - A altura útil do módulo de base é a altura interna do módulo, somada à espessura da laje de fundo. [b] - A altura útil deve ter tolerância de 2 % do valor declarado. [c] - A espessura mínima da laje de fundo da base deve ser de 100 mm. [d] - Para PV de configuração dos tipos 2 e 3 da Tabela 2, a soma das alturas úteis do anel (item 4 desta Tabela) e da base de seção circular (item 5 desta Tabela) deve ser no mínimo 1 000 mm.

Fonte: ABNT 16.085, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 32 – Desenhos e tipologias de PV e PI de seção retangular



Fonte: ABNT 16.085, 2020.

Tabela 41 – Alturas úteis (mm) dos módulos de seção retangular

Item	Descrição	Altura útil mínima [b] [mm]
1	Laje de cobertura e tampão	150
2	Cone de redução	350
3	Laje de transição / redução	150
4	Aduela	150
5	Módulo de base (caixa de passagem) [a, c]	500

Item	Descrição	Altura útil mínima [b] [mm]

[a] - A altura útil do módulo de base é a altura interna do módulo, somada à espessura da laje de fundo. [b] - A altura útil deve ter tolerância de 2 % do valor declarado. [c] - A espessura mínima da laje de fundo da base deve ser de 100 mm.

Fonte: ABNT 16.085, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.4 Galeria

O dimensionamento das galerias envolve duas etapas principais. A primeira é o cálculo hidráulico, que determina os diâmetros adequados dos condutos. A segunda etapa consiste na definição da classe da tubulação, que estabelece a resistência mínima necessária para suportar as cargas do solo e as cargas de tráfego que incidirão sobre ela (São José dos Campos, 2021).

a) Capacidade hidráulica

Para o dimensionamento de condutos livres, utiliza-se a Equação da Continuidade em conjunto com a equação de Chézy, aplicada ao coeficiente de Manning. Essa relação é expressa pela Equação (23):

$$Q = \frac{A_m}{n} \times R_h^{2/3} \times I^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

Onde:
Q = vazão de escoamento (m³/s);
A_m = área molhada (m²);
n = coeficiente de Manning (ver Tabela 42);
R_h = raio hidráulico (m);
I = declividade do conduto (m/m).

Tabela 42 – Valores de coeficiente de rugosidade de Manning para galerias de concreto.

Características	n
Pré-moldado com bom acabamento	0,011 – 0,014
Moldado no local com formas metálicas simples	0,012 – 0,014
Moldado no local com formas de madeira	0,015 – 0,020

Fonte: Tucci; Porto; Barros, 1995. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O raio hidráulico é calculado utilizando a Equação (24).

$$R_h = \frac{A_m}{P_m} \quad (24)$$

Em que:

R_h = raio hidráulico (m);

A_m = área molhada (m²);

P_m = perímetro molhado (m).

Para condutos de seção circular, o cálculo do perímetro e da área molhada é simplificado sob a condição de seção plena, ou seja, quando o conduto está completamente preenchido com água. No entanto, essa situação não é ideal para o escoamento da vazão do projeto, uma vez que o conduto não funcionará com folga. Quando as folgas são consideradas, o dimensionamento da galeria para a condição de seção plena resultará em sistemas mais conservadores, utilizando tubulações de diâmetros maiores e aumentando o número de degraus nos poços de visita (São José dos Campos, 2021).

A Equação (25) expressa a área de uma circunferência.

$$A = {}^{\pi}/_{4} \times D^2 \quad (25)$$

Onde:

A = área da circunferência (m²);

D = diâmetro da circunferência (m).

A Equação (26) expressa o perímetro de uma circunferência:

$$P = \pi \times D \tag{26}$$

Onde:
P = perímetro molhado (m);
D = diâmetro da circunferência (m).

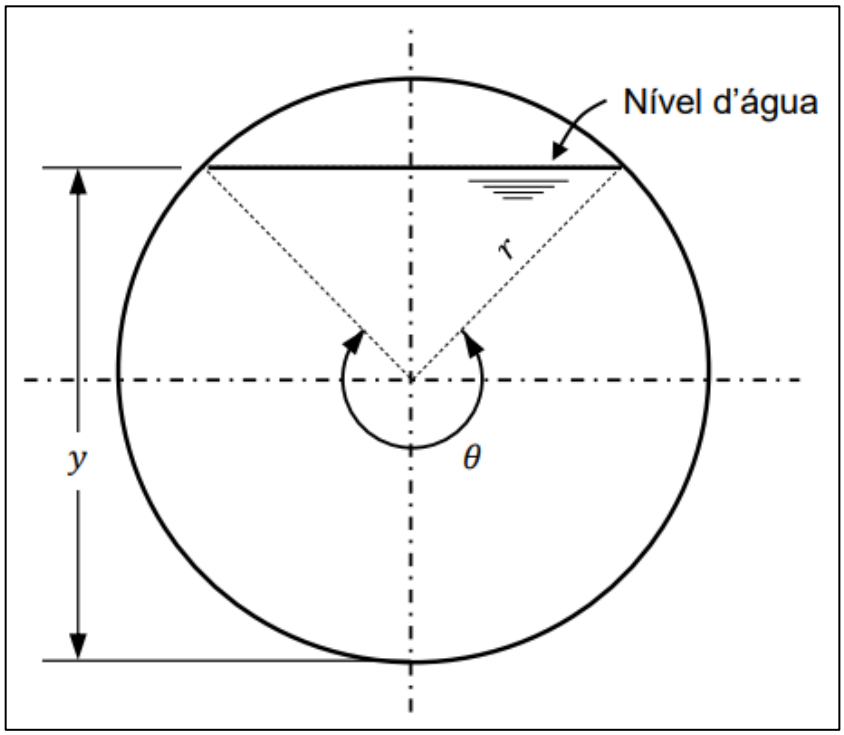
Ao substituir as Equações (24), (25) e (26) na equação (23) e reorganizar os termos, é possível estimar o diâmetro da rede utilizando a Equação (27):

$$D = \left[\frac{Q \times n \times 4^{5/3}}{(\pi \times I^{1/2})}\right]^{3/8} \tag{27}$$

Em que:
D = diâmetro da circunferência (m);
Q = vazão do escoamento (m³/s);
n = coeficiente de Manning;
I = declividade do conduto (m/m).

Levando em conta a lâmina d'água real determinada pela vazão do projeto, as equações para calcular o perímetro e a área molhada passam a depender do ângulo central, conforme ilustrado na Figura 33.

Figura 33 – Representação da variação da altura da lâmina d'água em tubulações.



Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

A Equação (28) é utilizada para calcular o ângulo central.

$$\theta = 2 \times \arccos\left(1 - {}^{2y}/_{D}\right) \quad (28)$$

Em que:

θ = ângulo central (rad.);

y = altura da lâmina (m);

D = diâmetro do conduto (m).

Assim, após a aplicação das equações mencionadas, a área molhada é representada pela Equação (29).

$$A_m = \frac{(\theta - \operatorname{sen}\theta)}{(8 \times D^2)} \quad (29)$$

Em que:

A_m = área molhada (m²);

θ = ângulo central (rad.);
D = diâmetro do conduto (m).

Dessa forma, o perímetro molhado é representado pela Equação (30).

$$P_m = \theta/2 \times D \quad (30)$$

Em que:
P_m = perímetro molhado (m);
θ = ângulo central (rad.);
D = diâmetro do conduto (m).

Ao substituir as Equações (28), (29) e (30) na equação (25) e, em seguida, na Equação (24), obtém-se a Equação (31), que determina a vazão de escoamento em função do ângulo central.

$$Q = 1/16 \times [(\theta - \text{sen}\,\theta)^5 / 20^2]^{1/3} \times D^{8/3} \times I^{0,5}/n \quad (31)$$

Em que:
Q = vazão de escoamento (m³/s);
θ = ângulo central (rad.);
D = diâmetro do conduto (m);
I = declividade do conduto (m/m);
n = coeficiente de Manning

- Classe da tubulação

Para determinar a classe do conduto, é necessário calcular as cargas exercidas sobre ele, conforme representado na Equação (32).

$$P = P_s + P_m \quad (32)$$

Em que:

P = carga específica total por unidade de extensão da tubulação (kN/m);
P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);
P_m = carga específica por unidade de extensão da tubulação (kN/m).

Na drenagem urbana, não é recomendada a consideração de cargas pontuais sobre os condutos, devido à necessidade de manutenções periódicas. No entanto, em casos onde essas cargas sejam indispensáveis, além da carga móvel e da carga de solo, as cargas pontuais devem ser incluídas na Equação (32).

- Carga de solo

A carga de solo exercida sobre o conduto apresenta comportamentos diferentes em tubos rígidos, como os de concreto, e tubos flexíveis, como os de PVC. Para os tubos rígidos, aplica-se a Equação (33).

$$P_s = C_v \times \gamma \times b_v^2 \quad (33)$$

Onde:
P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);
C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;
γ = peso específico do solo de reaterro (obtido na Tabela 43)
b_v = largura da vala do nível da geratriz superior do tubo (m).

Para tubos flexíveis, o valor é calculado por meio da Equação (34).

$$P_s = C_v \times \gamma \times b_v \times D \quad (34)$$

P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);
C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;
γ = peso específico do solo de reaterro (obtido na Tabela 43);
b*v* = largura da vala do nível da geratriz superior do tubo (m).
D = diâmetro externo da tubulação (m).

Os valores de γ podem ser consultados na Tabela 43.

Tabela 43 – Peso específico para diferentes tipos de solo.

Tipo de solo de reaterro	γ (kN/m²)	kμ
Materiais granulares sem coesão	17 (mínimo)	0,1924
Pedregulho e areia	19 (máximo)	0,1650
Solo saturado	20 (máximo)	0,1500
Argila	20 (máximo)	0,1300
Argila saturada	22 (máximo)	0,1100

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para calcular o valor do coeficiente de carga para tubos instalados em vala (C_v), utiliza-se a Equação (35).

$$C_v = \left(1 - e^{-2 \times k\mu \times h_r / b_v}\right) / (2 \times k\mu) \quad (35)$$

Em que:
C_v = coeficiente de carga para tubos instalados em vala;
e = constante da base dos logaritmos naturais, número de Euler;
kμ = produto do empuxo do material de reaterro com o atrito exercido sobre as paredes da vala (obtido na Tabela 43);
hr = altura do reaterro sobre a tubulação (m)
bv = largura da vala no nível da geratriz superior do tubo (m).

- Carga móvel

Para o cálculo da carga móvel, a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto (ABTC, 2003) disponibiliza uma tabela específica para determinar as cargas móveis referentes a veículos de trem do tipo 45, conforme mostrado na Tabela 44.

Tabela 44 – Cargas móveis para trem tipo 45 (450 kN/m).

H	Diâmetro da tubulação (m)					
	0,40	0,60	0,80	1,0	1,2	1,5
4,0	3	5	6	7	8	9
5,0	3	4	5	6	7	9
6,0	2	4	5	5	7	8
7,0	0	4	5	6	7	8
8,0	0	4	5	6	7	8
9,0	0	0	5	6	7	8
10,0	0	0	0	6	7	8

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Considerando os valores da Tabela 44, é proposta a Equação (36). Os resultados obtidos com essa equação são adequados para recobrimentos (H) entre 1,0 e 3,0 metros. No caso de alturas de recobrimento superiores a 3 metros, recomenda-se a adoção de uma carga móvel mínima de 5 kN/m.

$$P_m = - a \times \ln(H) + b \quad (36)$$

Em que:

P_m = carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

a = varável apresentada na Tabela 45;

b = variável apresentada na Tabela 45;

H = altura de recobrimento sobre a tubulação (m).

A Tabela 45 apresenta os valores das variáveis a e b, que são empregados na Equação (36) mencionada anteriormente.

Tabela 45 – Parâmetros da equação proposta para a determinação das cargas da Tabela 44.

Variáveis	Diâmetro da tubulação (m)					
	0,40	0,60	0,80	1,0	1,2	1,5
a	6,409	9,187	10,89	13,67	15,6	18,15
b	11,77	15,797	19,733	24,259	27,567	32,221
R^2	0,9902	0,9942	0,9966	0,9817	0,9928	0,9894

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

- Base de assentamento

Para aumentar a capacidade de carga do sistema e reduzir a necessidade de tubulações mais robustas, é fundamental aprimorar as condições de suporte da tubulação, ou seja, da sua base de assentamento (São José dos Campos, 2021). Para calcular a carga específica total por unidade de extensão da tubulação (P), conforme representado pela Equação (37), é necessário conhecer o fator de equivalência (f_e), que pode ser encontrado na Tabela 46.

Tabela 46 – Fator de equivalência para embasamento de tubulações.

Tipo de Base	Descrição	Fator de equivalência (f_e)
Condenável	Sem compactação do solo de apoio e camadas laterais	1,10
Comum	Compactação do solo de apoio e das camadas laterais de até 15 cm da geratriz superior da tubulação	1,50
1ª classe	Mesmo que a base comum mais berço de assentamento da tubulação de material granular, com espessura mínima de 10 cm	1,90
Concreto simples	Berço de concreto com FCK > 14 Mpa nos fundos e nas camadas laterais com altura de no mínimo 25% do diâmetro do tubo	2,25
Concreto armado	Mesmo que a base de concreto simples mais a adição de armação	3,40

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Com o fator de equivalência obtido na Tabela 46, a Equação (37) é aplicada para corrigir a carga total.

$$P = (P_s + P_m)/f_e \quad (37)$$

Em que:

P = carga específica total por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_s = carga específica exercida pelo solo por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

P_m = carga específica móvel por unidade de extensão da tubulação (kN/m);

f_e = fator de equivalência, apresentado na Tabela 46.

- Classe das tubulações

Após a definição da carga que atua sobre a tubulação, recorre-se à Tabela 47 para determinar as classes mínimas das tubulações.

Tabela 47 – Carga mínima sobre tubulações de concreto para a formação de trincas.

DN	Carga de trinca (kN/m)					
	PS1	PS2	PA1	PA2	PA3	PA4
400	16	24	16	24	36	48
600	24	36	24	36	54	72
800	-	-	32	48	72	96
1.000	-	-	40	60	90	120
1.200	-	-	48	72	108	144
1.500	-	-	60	90	135	180

Legenda: DN = Diâmetro Nominal em milímetros; PS = Pluvial Simples – tubos de concreto simples para redes de águas pluviais; PA = Pluvial Armada – tubos de concreto armado para redes de águas pluviais.

Fonte: São José dos Campos, 2021. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

8.1.5 Ala de lançamento

A ala de lançamento consiste em um conjunto de estruturas que facilita a disposição final das águas pluviais provenientes da microdrenagem urbana, funcionando como uma transição entre a galeria e o retorno do escoamento superficial para os corpos hídricos (São José dos Campos, 2021).

A necessidade de implantar um dispositivo dissipador de energia na ala de desembocadura dependerá do desnível altimétrico entre o final da galeria e o leito do corpo hídrico receptor assim como a velocidade do fluxo de água despejado. Alguns dos dispositivos utilizados para esse fim são:

a) Escadas Hidráulicas

As escadas hidráulicas controlam o escoamento em áreas de declive acentuado, criando uma série de quedas que dissipam a energia gradualmente.

- Análise do desnível do terreno: Determinar a altura total e o comprimento do canal ou trecho a ser controlado;
- Determinação do tipo de escoament**o**: O escoamento nas escadas hidráulicas pode ser de dois tipos: *Nappe Flow* ou *Skimming Flow*;
- Dimensionamento do canal: Dimensionar a largura do canal e altura das paredes para que não haja transbordamento;
- Definição do número de degraus: Com base no desnível e na altura ideal para cada degrau, definir o número de degraus necessários;
- **Cálculo das vazões máximas**: Determinar a vazão máxima que a escada precisará suportar;
- Cálculo da lâmina d'água: Determinar as alturas de lâminas d'água na escada: lâmina de entrada, lâmina após a descida do degrau e lâmina do ressalto hidráulico;
- Dimensionamento dos degraus: Definir a altura e o comprimento dos degraus (em geral, degraus mais baixos são preferíveis para maior dissipação);
- Verificação da dissipação de energia: Calcular a quantidade de energia dissipada em cada degrau para evitar erosão ou excesso de turbulência a jusante;
- Cálculo da velocidade no último degrau: Certificar-se de que a velocidade da água no último degrau esteja dentro de limites aceitáveis para não causar erosão no canal abaixo;
- Verificação estrutural**:** Assegurar que os degraus sejam projetados para resistir ao impacto hidráulico, considerando materiais adequados (concreto, pedras, etc.).

b) Rampas ou canais com blocos

As rampas ou canais com blocos são estruturas projetadas para guiar o escoamento e dissipar a energia da água em áreas com declividade, utilizando blocos de concreto ou pedra. Para o dimensionamento será necessário:

- Análise do declive do terreno: Determinar o ângulo de inclinação e a extensão do canal que será coberto pelos blocos;

- Coleta de dados hidrológicos: Medir a vazão máxima (Q) e a velocidade do escoamento (V) esperada para o trecho do canal;
- Cálculo da energia do escoamento: Avaliar a energia cinética e potencial do fluxo de água na entrada do canal;
- Escolha do tipo de bloco: Selecionar o tipo, tamanho e forma dos blocos, considerando a resistência à erosão, desgaste e a capacidade de suportar as forças geradas pela água;
- Dimensionamento da largura e profundidade do canal: Definir a largura e a profundidade do canal para garantir que possa acomodar a vazão esperada sem causar transbordamento ou erosão nas margens;
- Definição da altura dos blocos: Determinar a altura dos blocos a serem utilizados, garantindo que sejam suficientes para dissipar a energia da água e evitar a erosão nas saídas;
- Verificação da dissipação de energia: Avaliar se o projeto do canal com blocos permite a dissipação adequada da energia do escoamento, evitando erosão a jusante;
- Estabilidade estrutural: Certificar-se de que a estrutura seja capaz de suportar as forças do escoamento, além de evitar deslizamentos ou deslocamentos dos blocos.

c) Tapetes de enrocamento

Os tapetes de enrocamento são estruturas formadas por rochas ou pedras grandes, utilizadas para dissipar a energia do escoamento e proteger áreas contra a erosão. Os dados para o dimensionamento são:

- Coleta de dados hidrológicos: Identificar a vazão máxima esperada (Q) e a velocidade do escoamento (V) no local onde o tapete será instalado;
- Cálculo da energia cinética: Determinar a energia cinética do escoamento com base na vazão e na velocidade da água;
- Determinação da espessura do tapete: Calcular a espessura do tapete de enrocamento necessária para suportar as forças do escoamento, considerando o peso específico das pedras;

- Escolha do tipo de material: Selecionar rochas ou pedras adequadas, considerando tamanho, forma e resistência ao desgaste e impacto;
- Dimensões da base do tapete: Definir o comprimento e largura do tapete, assegurando que cubra a área exposta ao escoamento e proteja as margens;
- Verificação da estabilidade: Avaliar se o tapete é suficientemente estável para resistir ao movimento das pedras durante eventos de cheia ou em condições de escoamento intenso;
- Análise da proteção contra erosão: Garantir que o tapete de enrocamento esteja dimensionado para proteger a base e as laterais do canal ou curso d'água contra a erosão;
- Avaliação da drenagem: Verificar se a água pode fluir adequadamente através do tapete, evitando a acumulação de sedimentos ou obstruções.

8.2 MACRODRENAGEM

As obras de macrodrenagem representam as principais estruturas de condução dentro da bacia, desempenhando um papel fundamental na condução e concentração das águas pluviais, além de receber contribuições de subsistemas de microdrenagem. Essas obras incluem elementos de grande porte, como canais naturais ou construídos, reservatórios de detenção e retenção, e galerias de maiores dimensões.

O planejamento das obras de detenção e retenção deve levar em conta tanto as condições atuais quanto as futuras, considerando cenários críticos de uso do solo e cobertura vegetal. Os seguintes parâmetros devem ser observados em relação ao uso do solo (São Paulo, 2012):

- Tipos predominantes de solo, incluindo combinações possíveis, grau de suscetibilidade à erosão e outras características relevantes;
- Grau hidrológico dos solos classificados como A, B, C e D, com base em informações previamente disponíveis sobre as sub-bacias;
- Declividade nominal do terreno;
- Porcentagem de áreas impermeabilizadas;
- Coeficientes de escoamento superficial, utilizando o método racional;
- Número de curva (CN);
- Tempos de concentração e tempos totais de escoamento, necessários para a aplicação do método racional, modelos hidrológicos e hidrogramas unitários;
- Curvas de intensidade, duração e frequência de chuvas intensas, além de pluviogramas;
- Nível do lençol freático.

Para o planejamento eficaz do controle da drenagem urbana em uma bacia, recomenda-se seguir as seguintes etapas de desenvolvimento:

1º **Caracterização da bacia:** Essa etapa envolve a avaliação de aspectos geológicos, tipo de solo, hidrogeologia, relevo, ocupação urbana e a caracterização da população por sub-bacia para os cenários de interesse. Além disso, deve-

se definir a bacia e as sub-bacias, considerando o sistema de drenagem natural e construído, suas características físicas (seção de escoamento, cota, comprimento e bacias contribuintes), e coletar dados hidrológicos sobre precipitação, caracterizando-a pontualmente, espacialmente e temporalmente. É importante verificar a existência de dados de chuva e vazão que permitam ajustar os parâmetros dos modelos utilizados, além de dados sobre a qualidade da água e a produção de material sólido;

2º **Definição dos cenários de planejamento**;

3º **Escolha do risco da precipitação de projetos**;

4º **Determinação da precipitação de projeto**;

5º **Simulação dos cenários de planejamento com modelo hidrológico**: Os cenários são simulados para as redes de drenagem existentes ou projetadas, com o objetivo de identificar se o sistema é capaz de suportar os aumentos de vazão decorrentes da evolução urbana em cada cenário. No caso da verificação, busca-se avaliar a capacidade de escoamento das redes de drenagem existentes. A análise dos resultados possibilita identificar os locais onde o sistema de drenagem é incapaz de escoar as vazões, resultando em inundações;

6º **Seleção de alternativas para controle**: Durante a avaliação da capacidade das redes de drenagem, é fundamental identificar as limitações do sistema e os locais onde ocorrem as falhas.

8.2.1 Canais e galerias

a) Canais abertos

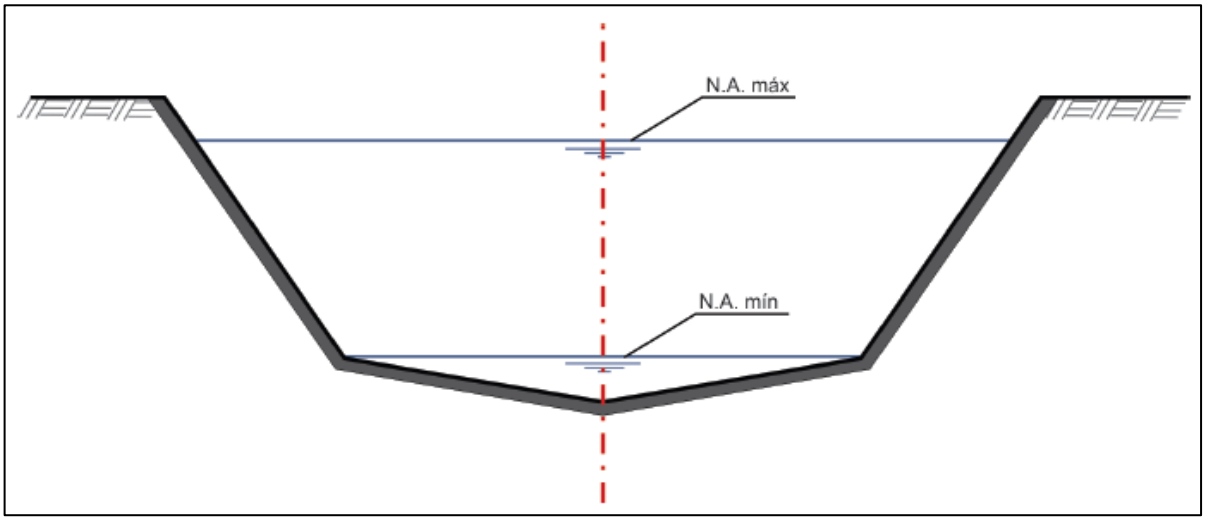
Os canais abertos são uma solução que aumenta a condutividade hidráulica e deve ser considerada como a primeira alternativa devido a várias razões (São Paulo, 2012):

- possibilidade de conduzir vazões superiores à projetada, mesmo com redução da borda livre;
- facilidade de limpeza e manutenção;

- capacidade de adotar uma seção transversal mista, resultando em economia nos investimentos;
- integração paisagística que valoriza áreas ribeirinhas;
- maior facilidade para futuras ampliações.

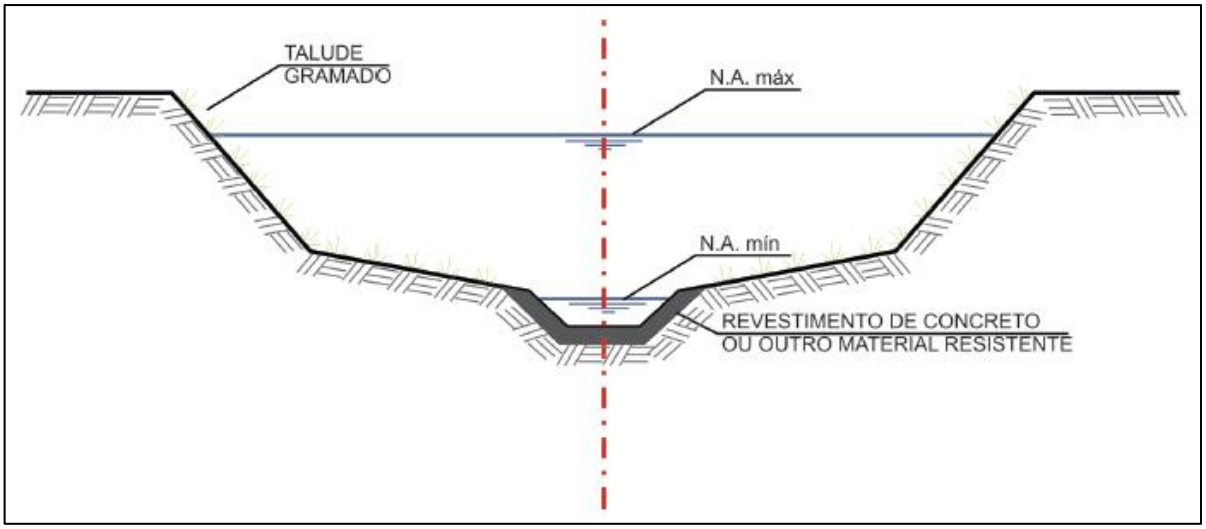
Entretanto, em áreas urbanas densamente ocupadas, onde o espaço disponível é limitado, a implementação desses canais enfrenta algumas restrições. A Figura 34, Figura 35 e Figura 36 apresentam exemplos de canais abertos.

Figura 34 – Canal em concreto - Seção trapezoidal mista.



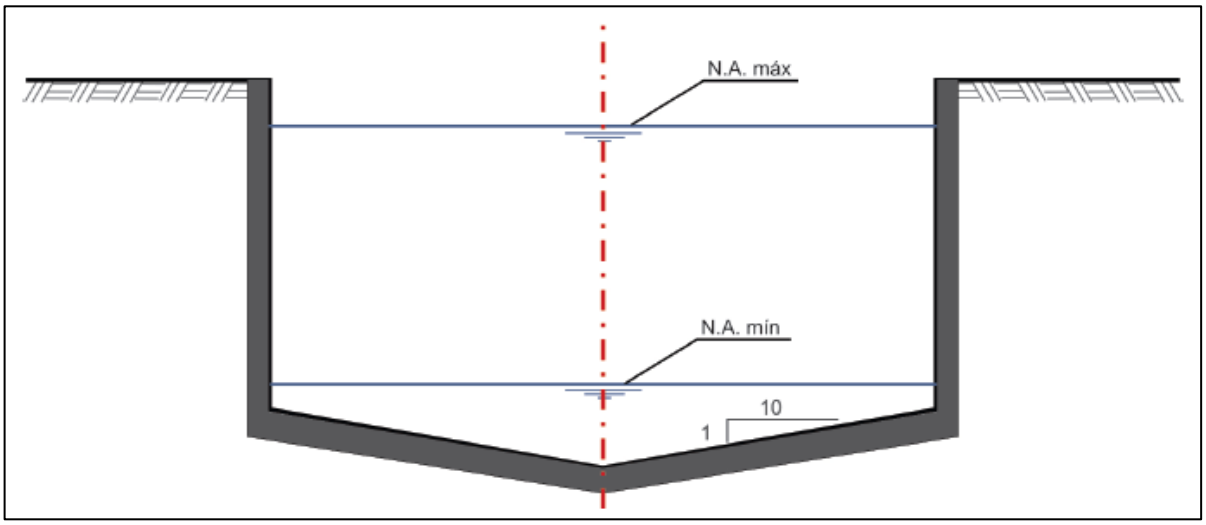
Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 35 – Canal escavado - Seção mista



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Figura 36 – Canal em concreto - Seção retangular mista.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

b) Galerias de grandes dimensões

Em áreas urbanas de alta densidade, a utilização de galerias de grandes dimensões se torna imprescindível devido à limitação de espaço e às restrições existentes. No entanto, esse tipo de estrutura apresenta algumas limitações (São Paulo, 2012):

- as galerias, ao operarem sob carga, podem ter sua capacidade reduzida, muitas vezes ficando aquém das necessidades do projeto;
- por serem fechadas, a manutenção e limpeza dessas galerias são complexas, aumentando a probabilidade de assoreamento e acúmulo de detritos, o que resulta em perda hidráulica;
- em certas situações, é necessário adotar seções transversais de múltiplas células, o que requer a introdução de “janelas” para equilibrar as vazões entre as células. Essas "janelas" podem causar perdas localizadas e se tornar pontos de acúmulo de resíduos e detritos. Ademais, em galerias com células múltiplas, há uma tendência das vazões menores se concentrarem em uma célula específica, levando ao assoreamento acentuado das demais e, consequentemente, à perda de eficiência hidráulica.

Sempre que viável, recomenda-se a adoção de galerias de célula única, que favorecem o transporte natural de materiais sedimentáveis.

i. Metodologia de cálculo de canais e galerias

Para dimensionar os sistemas, é necessário calcular a linha d'água em regime permanente, utilizando como base as vazões de pico dos hidrogramas de projeto para cada trecho. É possível empregar métodos simples de cálculo, como o *Direct Step Method* ou o *Standard Step Method*, mas é fundamental ter cautela ao inserir as variações da linha d'água nas singularidades e verificar a possibilidade de alteração do regime. Caso ocorra essa mudança, as condicionantes do cálculo se alteram, e o processo deve ser interrompido e reiniciado para refletir as novas condições (São Paulo, 2012).

Diversos métodos podem ser utilizados para determinar o fator de resistência ao escoamento e a rugosidade. O método mais comum e simplificado é a fórmula de Manning-Strickler. Entre os materiais utilizados nas tubulações, como concreto, enrocamentos, gabiões e canais escavados em terra com taludes gramados, o concreto apresenta um dos menores valores para o fator de resistência ao escoamento. É frequente a presença de diferentes revestimentos ao longo do perímetro molhado, como, por exemplo, paredes laterais de concreto ou gabião com fundo em terra, além de várias combinações (São Paulo, 2012). Quando houver revestimentos distintos ao longo do perímetro molhado, é necessário realizar uma ponderação do fator de atrito.

Os escoamentos supercríticos em canais de drenagem urbana podem provocar ondulações resultantes de instabilidades superficiais, elevações nos níveis e perdas de carga localizadas, exigindo atenção especial quanto à estabilidade do sistema. Por esse motivo, é essencial evitar projetos que operem sob esse regime. Se a prevenção não for viável, devem ser adotadas considerações cuidadosas nos cálculos hidráulicos e estruturais, assim como precauções na construção.

Para atender a todas essas restrições, os canais de concreto são considerados os mais apropriados. Além disso, deve-se ter atenção para que o número de Froude do escoamento não fique entre 0,7 e 1,4, já que essa faixa está associada à instabilidade do escoamento, e os pontos de mudança de regime devem ser claramente definidos (São Paulo, 2012).

No que diz respeito ao dimensionamento da borda livre das canalizações, não há consenso, sendo possível optar por critérios mais ou menos rigorosos. Os critérios encontrados na literatura são baseados na experiência prática ou, em alguns casos, na aplicação do bom senso (São Paulo, 2012).

- Dispositivos de armazenamento

Esses dispositivos têm a finalidade de retardar o escoamento das águas pluviais em uma determinada área, contribuindo para a redução das vazões de pico nas cheias em pontos a jusante. Eles podem ser classificados em dois tipos (São Paulo, 2012):

- Controle na fonte: instalações de pequeno porte que estão localizadas próximas à origem do escoamento superficial.
- Controle a jusante: englobam uma quantidade menor de locais de armazenamento e podem estar situadas no extremo a jusante do sistema.

O Quadro 13 ilustra a classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção.

Quadro 13 – Classificação dos dispositivos de armazenamento ou retenção.

Controle na Fonte	Disposição Local	Leitos de Infiltração
		Bacias de Percolação
	Controle de Entrada	Pavimentos Porosos
		Telhados
	Detenção na Origem	Estacionamentos
		Valas
		Depressões Secas
		Lagos Escavados
		Reservatórios de Concreto
Controle a Jusante	Detenção em Linha	Reservatório Tubular
		Rede de galerias
		Reservatório de Concreto
		Túnel em Rocha
		Reservatório Aberto
Controle no Percurso	Detenção Lateral	Reservatórios Laterais

Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

c) Obras de amortecimento, detenção e retenção

No planejamento e na elaboração de projetos para obras de detenção e retenção, diversos aspectos técnicos devem ser considerados, além das questões hidráulicas e hidrológicas, incluindo (São Paulo, 2012):

- a definição da inclinação máxima dos taludes para a escavação dos reservatórios em locais potencialmente adequados, bem como para pequenos levantamentos em valas naturais que também apresentem condições favoráveis;
- a estimativa da carga anual de transporte de material sólido proveniente da bacia tributária, a fim de avaliar a necessidade de implementar medidas de controle de sedimentos;
- a escolha das variedades de grama que serão utilizadas para proteger os taludes, garantindo que resistam a inundações ocasionais de longa duração;
- a análise das necessidades da comunidade local;
- a avaliação dos riscos que possam comprometer a segurança, além da identificação de estratégias para mitigá-los;
- a busca por alternativas adequadas para o financiamento de possíveis desapropriações, bem como para a construção e manutenção das obras.

De acordo com São Paulo (2012), o planejamento deve seguir os seguintes passos:

- coleta e análise de dados da bacia;
- configuração preliminar da concepção hidrológica do projeto;
- estudos para amortecimento de cheias e definição da faixa operativa;
- identificação dos possíveis locais destinados ao armazenamento;
- análise e consolidação das restrições e condicionantes verticais e laterais;
- estudo do vertedouro de emergência e definição de critérios de segurança;
- elaboração do projeto hidrológico-hidráulico.

Alguns problemas podem surgir devido à deposição de sedimentos e detritos, resultando em perda de capacidade de armazenamento, surgimento de odores

desagradáveis, questões de saúde pública e problemas de colmatação. Para prevenir tais problemas, é fundamental considerar os seguintes aspectos (São Paulo, 2012):

- as áreas selecionadas para a instalação do reservatório devem estar consolidadas em termos de ocupação humana;
- as áreas escolhidas devem dispor de um sistema eficaz de coleta de resíduos e limpeza das vias públicas;
- é importante levar em conta o nível de educação da população nas áreas onde os reservatórios serão implantados;
- é essencial considerar a presença de feiras livres, que representam uma fonte significativa de resíduos que podem ser transportados pelo sistema de drenagem;
- deve-se garantir condições de acesso que facilitem as atividades de limpeza e remoção de sedimentos e detritos, especialmente em obras subterrâneas, que apresentam desafios adicionais devido à sua natureza.

Tendo em vista o dimensionamento, esses reservatórios podem estar vazios durante a maior parte do tempo, armazenando água apenas durante as chuvas, sendo chamados de reservatórios de detenção. Alternativamente, podem permanecer parcialmente cheios, formando um lago que contribui para o paisagismo da área, conhecidos como reservatórios de retenção. O dimensionamento desses reservatórios envolve essencialmente três aspectos, que são (São Paulo, 2012):

- calcular o volume total de armazenamento;
- definir a estrutura de entrada do reservatório;
- projetar a estrutura de saída do reservatório.

Todos esses componentes estão interconectados e são determinados com base no nível de proteção exigido pelo reservatório e pelo sistema de obras ao qual ele pertence.

i. Bacias de detenção

Também chamada de bacia seca, a bacia de contenção é comumente utilizada em áreas abertas, tanto públicas quanto privadas, como praças e parques. Outra possibilidade de aplicação é diretamente no leito de arroios que fazem parte do sistema de macrodrenagem da cidade, o que envolve uma escala significativamente maior (Silveira e Goldenfum, 2007).

De acordo com Silveira e Goldenfum (2007), no caso de bacias de detenção para loteamentos, o objetivo é mitigar ou evitar problemas relacionados ao escoamento superficial limitado a essas áreas. Já as bacias de detenção instaladas no leito de arroios têm como foco a solução de problemas em escala mais ampla, abrangendo toda a bacia hidrográfica em questão e exigindo um planejamento global, muitas vezes demandando estudos mais complexos, mesmo em estágios de pré-dimensionamento.

Para o dimensionamento dessas bacias, utiliza-se a Equação (38), onde $V_{máx}$ representa o volume necessário a ser reservado, equivalente à lâmina d'água sobre toda a bacia contribuinte.

$$V_{máx} = \left(\sqrt{\frac{a}{60}} \times \sqrt{C \times T^{b/2}} - \sqrt{\frac{c}{60}} \times \sqrt{q_s} \right)^2 \quad (38)$$

Em que:

$V_{máx}$ = volume de acumulação (mm);

a = parâmetro da equação IDF de Talbot;

C = coeficiente de escoamento;

T = período de retorno em anos;

c = parâmetro da equação IDF de Talbot;

q_s = vazão de saída ($mm.h^{-1}$).

Após obter o volume por unidade de área da bacia hidrográfica, é possível estimar tanto a área inundada quanto o volume total necessário, utilizando os dados topográficos e as características da área da bacia hidrográfica (Silveira e Goldenfum, 2007). Existem três alternativas para realizar o pré-dimensionamento das bacias:

1) Bacia de detenção com leito impermeável (esgotamento por tubulação);
2) Bacia de detenção com leito permeável e esgotamento por infiltração (bacia de infiltração);
3) Bacia de detenção com leito permeável e esgotamento simultâneo por tubulação e infiltração no solo (bacia de detenção/infiltração).

Para bacias de detenção com leito impermeável, recomenda-se dimensionar o tubo de saída de modo que a vazão de escoamento (q_s) seja equivalente à vazão de restrição ou à vazão de pré-desenvolvimento (q_{pre}), conforme apresentado na Equação (39).

$$q_s = q_{pre} \quad (39)$$

Em que:
q_s = vazão de saída ($mm.h^{-1}$);
q_{pre} = vazão de restrição ou de pré-desenvolvimento ($mm.h^{-1}$).

Em uma bacia de infiltração, a capacidade de infiltração do solo é o principal fator que determina o esgotamento da água. Assim, a vazão de saída (q_s) da bacia é definida pela Equação (40).

$$q_s = \alpha \times K_{sat} \quad (40)$$

Em que:
q_s = vazão de saída ($mm.h^{-1}$);
α = coeficiente redutor devido à colmatação;
K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo ($mm.h^{-1}$).

A condutividade hidráulica saturada deve ser obtida por meio de ensaios de infiltração. Para bacias de infiltração, os valores sugeridos para o coeficiente redutor (α) geralmente se aproximam de 0,5. No caso das bacias de detenção com infiltração (bacia de detenção/retenção), a vazão de saída (q_s) é expressa pela Equação (41).

$$q_s = q_{pre} + \alpha \times K_{sat} \quad (41)$$

Em que:

q_s = vazão de saída ($mm.h^{-1}$);

q_{pre} = vazão de restrição ou de pré-desenvolvimento ($mm.h^{-1}$);

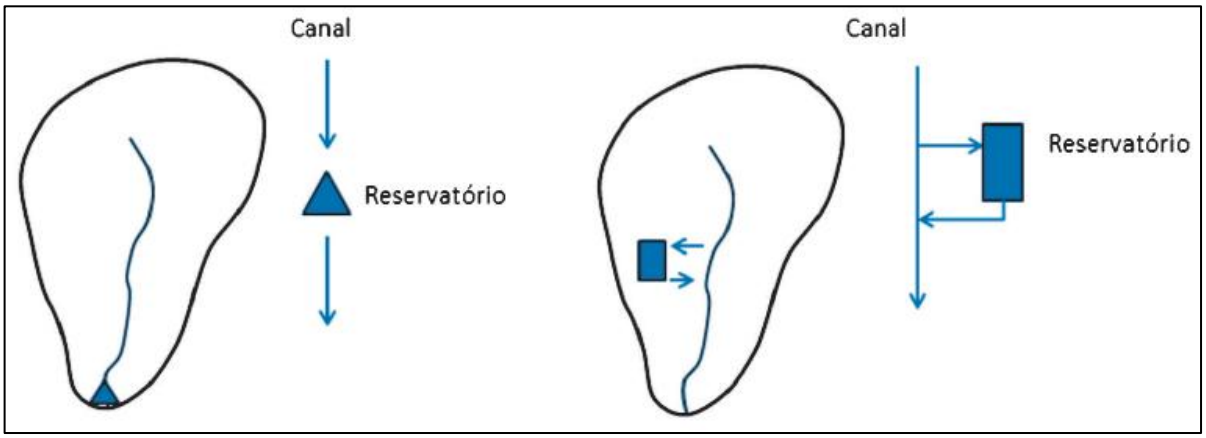
α = coeficiente redutor devido à colmatação;

K_{sat} = condutividade hidráulica saturada do solo ($mm.h^{-1}$).

A bacia de detenção com leito impermeável é projetada para liberar o escoamento máximo correspondente à vazão de pré-desenvolvimento, limitando o escoamento superficial em sua área à essa vazão para o período de retorno considerado. Já a bacia de infiltração é dimensionada para infiltrar todo o excesso de águas pluviais no solo, resultando em escoamento superficial nulo na área controlada, dentro do período de retorno. No caso da bacia de detenção/infiltração, o volume é calculado para liberar o escoamento máximo equivalente à vazão de pré-desenvolvimento, limitando o escoamento superficial a essa vazão. No entanto, ao favorecer a infiltração, o volume armazenado é reduzido para o mesmo período de retorno (Silveira e Goldenfum, 2007).

Em qualquer uma das alternativas, é essencial prever um descarregador de cheias para eventos com períodos de retorno superiores aos do projeto. Quanto aos reservatórios de detenção, ou bacias de detenção, eles podem ser classificados como "*in line*" e "*off line*". O tipo "*in line*" é instalado transversalmente ao canal, interceptando toda a vazão do rio, que passa por seu interior e é liberada pela estrutura de descarga, sendo o modelo mais comum. Já o tipo "*off line*" é instalado lateralmente ao canal, e parte da vazão pode ser desviada para dentro da bacia (São Paulo, 2012). A Figura 37 ilustra ambos os tipos.

Figura 37 – Desenho esquemático dos reservatórios *in line* e *off line*.



Fonte: São Paulo, 2012. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Para escolher o tipo de reservatório mais adequado, é preciso levar em conta diversos fatores (São Paulo, 2012):

- o objetivo da reservação;
- a disponibilidade de área para sua implantação;
- as condições hidrogeológicas e geotécnicas da região;
- os impactos ambientais, econômicos e sociais que podem surgir nas fases de construção, operação e manutenção do reservatório.

Os reservatórios "*in line*" podem ser dimensionados de três formas distintas, dependendo do critério adotado em relação ao risco hidrológico e à descarga no canal a jusante, sendo eles (São Paulo, 2012):

- critério de vazão de restrição a jusante;
- critério baseado na sazonalidade natural do regime a jusante;
- critério de ponderação entre armazenamento e condutividade hidráulica a jusante.

Já os reservatórios "*off line*" seguem um critério de dimensionamento mais alinhado à condição de sazonalidade. Neste caso, uma vazão de "corte" é estabelecida com base na condutividade hidráulica a jusante. Quando a vazão do rio excede esse limite, ela é desviada para o reservatório. Hidraulicamente, esse desvio é realizado

por um vertedor lateral instalado longitudinalmente ao canal. O esvaziamento dos reservatórios "*off line*" pode ocorrer tanto por bombeamento quanto por gravidade, iniciando quando o nível do canal fica abaixo da cota da crista do vertedor lateral (São Paulo, 2012).

Cabe destacar que tanto os reservatórios "*off line*" quanto os "*in line*" podem ser construídos de forma subterrânea, dependendo das condicionantes sistêmicas e locais.

ii. Bacias de retenção

A bacia de retenção é caracterizada por ser um lago permanente que dispõe de um volume adicional para a contenção de excedentes de águas pluviais durante eventos de chuva intensa. Assim como a bacia de detenção, esse tipo de estrutura pode ser implantado em áreas abertas, sejam elas públicas ou privadas, como parques, praças ou terrenos de grande extensão. No entanto, diferentemente da bacia de detenção, que costuma permanecer vazia e só armazena água temporariamente, a bacia de retenção mantém um volume constante de água, sendo utilizada também para fins estéticos ou recreativos, além de sua função técnica.

O dimensionamento da bacia de retenção segue princípios semelhantes aos da bacia de detenção impermeável, pois não se considera a infiltração como mecanismo de escoamento. Nesse caso, a bacia só escoa água por meio de vertimento controlado, o que permite o gerenciamento mais eficaz das cheias. O volume necessário para conter o excesso de água durante as chuvas é calculado com base no regime de precipitação local e é somado ao volume permanente do lago, que deve ser projetado para manter um nível mínimo de água constante (São Paulo, 2012).

Além de sua função hidráulica, as bacias de retenção também podem contribuir para a melhoria da qualidade da água, atuando como um sistema de purificação natural ao permitir a sedimentação de partículas suspensas e a redução de poluentes. Elas também auxiliam na criação de habitats aquáticos, integrando-se ao meio ambiente e promovendo benefícios ecológicos e sociais. Ao planejar essas bacias, é importante considerar as necessidades de manutenção regular para evitar o acúmulo excessivo de sedimentos e a degradação da qualidade da água.

9 ALTERNATIVAS PARA A GESTÃO DAS ÁGUAS PLUVIAIS

A gestão das águas pluviais é um componente essencial no planejamento urbano, especialmente em cidades que enfrentam problemas recorrentes de enchentes, alagamentos e degradação ambiental. Com o avanço da urbanização, grandes áreas de solo são impermeabilizadas, o que aumenta significativamente o volume de escoamento superficial e sobrecarrega os sistemas de drenagem convencionais. Para mitigar esses efeitos, é necessário adotar uma abordagem integrada que considere tanto a micro quanto a macrodrenagem, aplicando soluções que promovam a retenção, infiltração e controle do fluxo das águas pluviais.

A implementação dessas alternativas busca minimizar os impactos causados pelas precipitações intensas, equilibrando a infraestrutura urbana com os processos naturais de escoamento. Entre as alternativas disponíveis estão pavimentos permeáveis, jardins de chuva, reservatórios de amortecimento, além da recuperação de corpos d'água e de áreas naturais, todas voltadas para a promoção de um desenvolvimento sustentável e resiliente ao regime hídrico. A seguir, são apresentadas algumas das principais estratégias para a gestão das águas pluviais, abrangendo soluções tanto para a micro quanto para a macrodrenagem.

9.1 SISTEMAS SUSTENTÁVEIS DE DRENAGEM URBANA (SUDS)

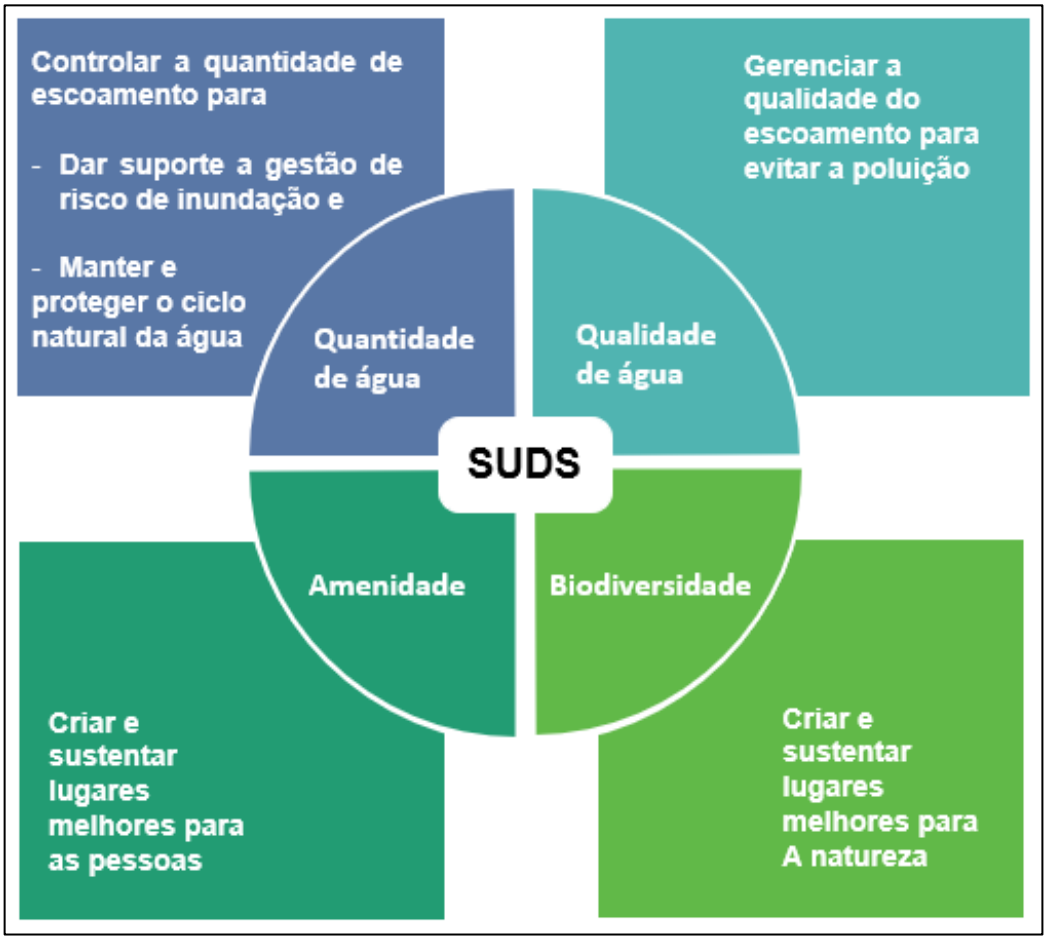
Os sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS - *Sustainable Urban Drainage Systems*) surgiram como uma alternativa aos sistemas convencionais de drenagem urbana. Esses sistemas adotam um conjunto de técnicas sustentáveis para controlar e gerenciar as águas pluviais, visando aumentar a taxa de infiltração da chuva no solo e reduzir os impactos negativos do escoamento superficial. Assim, ao utilizar essas técnicas, é possível gerenciar melhor os riscos de alagamento nas áreas afetadas e preservar a bacia hidrográfica.

Diferentemente do sistema convencional, no qual a drenagem é feita por meio de coletores subterrâneos, os SUDS se destacam por controlar o escoamento superficial o mais próximo possível do ponto de precipitação. Isso é alcançado por meio de tecnologias que promovem a evaporação, evapotranspiração, infiltração no solo e armazenamento temporário das águas (Neto, 2019).

De acordo com Rezende (2010), os projetos de drenagem sustentável utilizam estruturas de controle das águas pluviais em unidades menores, reduzindo a necessidade de grandes dispositivos de manejo na calha dos rios. Além disso, o conceito de sustentabilidade é aplicado para melhorar o ambiente construído e a qualidade de vida urbana.

Os objetivos dos SUDS são baseados no princípio de gerenciar o fluxo das águas de forma a obter o máximo benefício. Isso envolve a redução dos impactos negativos da urbanização em termos de qualidade e quantidade de escoamento superficial, ao mesmo tempo em que contribui para a criação de ambientes agradáveis e biodiversos (Gonçalves; Nucci, 2017). Esses parâmetros são igualmente importantes, e a solução ideal visa abranger todos eles, conforme ilustrado na Figura 38. No entanto, é importante ressaltar que as vantagens de cada categoria dependem principalmente do espaço onde o sistema está sendo implantado.

Figura 38– Objetivo dos SUDS.



Fonte: Neto, 2019.

Conforme mencionado por Gonçalves e Nucci (2017), os sistemas sustentáveis de drenagem urbana (SUDS) podem ser aplicados em diferentes níveis de tamanho e complexidade. Essa aplicação abrange desde estabelecimentos individuais, como estacionamentos, até escalas municipais, com o desenvolvimento de uma rede urbana de infraestrutura verde.

A implementação dos sistemas de drenagem sustentável envolve vários atores e considera aspectos construtivos e objetivos a serem alcançados, entre outros fatores. Dessa forma, é essencial conduzir um estudo detalhado do local de interesse para encontrar a melhor solução adequada ao cenário atual.

Woods-ballard et al. (2015) destacam que diversas medidas sustentáveis são empregadas nesse contexto, incluindo sistemas de captação de água pluvial, telhados verdes, sistemas de infiltração, tratamento de águas, faixas filtrantes, valas com cobertura vegetal, biorretenção, arborização urbana, pavimentos permeáveis, tanques de armazenamento e atenuação, bacias de detenção, e criação de zonas úmidas.

A adoção de sistemas de drenagem sustentável demonstra eficiência em seus objetivos e possui um impacto positivo significativo na sociedade como um todo. Dentre os benefícios decorrentes de sua aplicação, destacam-se:

- Aumento da taxa de infiltração no solo, resultando em uma redução adicional do escoamento superficial e contribuindo para a melhoria da recarga dos aquíferos;
- Redução do volume de escoamento superficial, contribuindo para diminuir as concentrações de poluentes nos cursos d'água, controlando processos erosivos causados pela arraste de partículas e minimizando problemas de inundação;
- Criação de áreas de lazer nos centros urbanos, promovendo o aumento da biodiversidade e valorização do ambiente. Dessa forma, é possível proporcionar uma melhor qualidade de vida e bem-estar para a comunidade, além de enriquecer a propriedade e impulsionar a economia local.
- Retenção das águas pluviais para reutilização em atividades menos nobres (descarga de vasos sanitários, rega de jardins, etc.).

É válido ressaltar que a adoção de tais dispositivos pode enfrentar algumas dificuldades. Agostinho e Poleto (2012) indicam como principais desafios dos sistemas sustentáveis de drenagem urbana:

- Requerimento de manutenção frequente, uma vez que, quando integrados em áreas urbanas, estão sujeitos ao acúmulo de resíduos sólidos e sedimentos provenientes da construção civil;
- Custo elevado de implantação em determinados casos;
- Em sua maioria, não são resistentes a altas cargas de sedimentos, o que pode ser prejudicial ao sistema devido à possibilidade de obstrução. Nesses casos, torna-se necessário adotar dispositivos capazes de contribuir para a retenção de sólidos.

A implementação de sistemas sustentáveis de drenagem e outras obras urbanas com foco na sustentabilidade ainda são exceções, não a regra, nas administrações municipais. Em muitos casos, existem barreiras sociais e institucionais que limitam a adoção e disseminação de medidas sustentáveis, tornando o processo lento e pouco eficiente (Chapa, Pérez e Hack, 2020). Porse (2013) aponta diversos desafios complexos relacionados à governança das águas pluviais, como financiamento reduzido ou inexistente, desenvolvimento urbano descontrolado, falta de dados confiáveis, falta de integração de novas infraestruturas às existentes, não conformidade com requisitos de qualidade ambiental e dificuldades devido à incerteza hidrológica.

Baptista e Nascimento (2002) e Tucci (2012) destacaram as principais fragilidades da estrutura da drenagem urbana no Brasil, levando em consideração a estrutura institucional e o financiamento da implantação e gestão desses sistemas. Décadas depois das observações feitas pelos autores mencionados, ainda persistem fragilidades, como a falta de um diagnóstico preciso da drenagem, pois esse componente é muitas vezes considerado secundário. Brasil (2020c) destaca dificuldades relacionadas à falta de capacitação técnica dos funcionários municipais, escassez de informações, ausência de instrumentos de gestão, falta de normas técnicas nacionais para projetos e falta de padronização nas terminologias adotadas no setor. Essas fragilidades, principalmente de natureza institucional, impedem a inovação e a transição dos sistemas para modelos integrados e sustentáveis.

9.1.1 Trama verde-azul

Atualmente, existe uma maneira de pensar a urbanização com menos impacto, valorizando os corpos d'água (o azul) e a vegetação (o verde) naquilo que a bibliografia consagrou como "trama verde-azul". A trama verde-azul (TVA) não é um conceito que foi concebido visando à drenagem urbana sustentável, mas tem ficado evidente que essa aproveita ou compartilha de muitas soluções daquela, o que só pode para contribuir para melhorar o ambiente urbano (Silveira, 2018).

A trama verde-azul é uma concepção amplamente utilizada para descrever a composição e as funções desempenhadas pelos espaços urbanos e metropolitanos. Esse termo tem origem em um dos seus principais objetivos, que é garantir a conectividade entre áreas de interesse ecológico, ambiental e paisagístico, utilizando elementos morfológicos do território, como serras, topos de morro, terrenos com declividade acentuada, vales e rede hidrográfica. Os principais aspectos de uma trama verde-azul são:

- Ferramenta de planejamento do território, constituído de grandes conjuntos naturais e de corredores que os ligam ou que servem de espaços tampão. Esses espaços e corredores são completados por uma trama azul formada pelos cursos e massas d'água e das margens vegetadas ao longo desses cursos e massas d'água.
- Permitem criar uma continuidade territorial, que constitui uma prioridade absoluta.

Os principais elementos ainda incluem o gerenciamento de águas pluviais (drenagem urbana), adaptação às mudanças climáticas, redução do estresse térmico, aumento da biodiversidade, segurança alimentar, melhoria da qualidade do ar, produção de energia sustentável, despoluição da água e do solo, qualidade de vida, mobilidade, recreação, sombra, abrigo e habitação nas áreas urbanas e adjacentes. A TVA almeja a criação de arranjos socioeconômicos e ambientais adequados, e, por isso, não considera a possibilidade de uma drenagem urbana sustentável isolada, mas sim integrada a outras soluções.

Na TVA, a drenagem urbana sustentável é uma consequência. O objetivo síntese desta trama é o conforto ambiental (para todos os seres vivos), manejando o controle térmico pela evapotranspiração controlada do verde e do azul, ocupação do solo (sombreamento e infiltração), manejo de fluxos e armazenamentos superficiais de água, integrando tudo isso com o bem-estar.

A estrutura, nesse sentido, incorpora e conecta unidades de conservação e complexos ambientais culturais para promover a biodiversidade, contribuir para a melhoria da qualidade ambiental de uma região, reforçar sua identidade cultural e paisagística e promover o acesso à natureza a seus habitantes, criando oportunidades para o lazer, o turismo e a convivência social.

Essa malha de corredores verdes, seguindo sobretudo as serras e os fundos de vale, quando concebida para um território metropolitano, articula-se com uma grande variedade de atividades econômicas e de usos do solo, tais como as atividades agrícolas e industriais, incluindo a indústria extrativa. Naturalmente, também abrange áreas urbanas e periurbanas. A estrutura, portanto, estabelece-se como um território de múltiplos usos e funções, articulando tanto objetivos de proteção ambiental permanente em certos trechos de sua malha, como os de criação de oportunidades para múltiplos usos e diferentes níveis de acesso em outros trechos. Nesse sentido, a estrutura não é uma unidade de conservação, embora desempenhe funções ambientais relevantes.

Sua composição é variada, em termos de funções, localização e extensão. Ela é composta por unidades de conservação em diferentes níveis de proteção, como parques e áreas de proteção permanente, áreas de proteção especial, corpos d’água, córregos, riachos, rios, lagos, represas e suas margens, topos de morro e terrenos de elevada declividade, além de açudes, áreas úmidas, áreas de recarga de aquíferos e outras com vegetação expressiva. Ela incorpora igualmente os parques lineares urbanos associados a cursos d’água, lagos urbanos e vias que possuam elementos ambientais e paisagísticos que promovam a qualidade de vida urbana, como jardins, arborização significativa, parques lineares, ciclovias, calçadas agradáveis para o trânsito e permanência de pedestres, etc., além dos terrenos onde se pratica a agricultura urbana e outras áreas verdes do espaço urbano.

No meio rural, as áreas agrícolas fazem parte da estrutura, notadamente aquelas que desempenham um papel importante no abastecimento da região metropolitana

e que adotam ou podem adotar no futuro, como elementos da estrutura, práticas conservacionistas do solo e da água e princípios de agricultura ecológica.

Seu caráter local e ao mesmo tempo regional requer, para a concepção, a implantação e a gestão da trama um arranjo institucional específico e modelos de financiamento que articulem os municípios e o Estado. Também há de se ressaltar a participação do setor privado, uma vez que a trama, em vários de seus trechos, será estabelecida em áreas privadas, da mesma forma como muitas das atividades que com ela se articulam, como a agricultura e o turismo, serão frequentemente implantadas e geridas por agentes privados.

Os elementos de uma trama verde-azul e a abordagem sobre eles são exibidos a seguir:

- Água

a. Promover a visibilidade do escoamento superficial: favorecer a drenagem de superfície (*overland flow*);
b. Infiltrar e reter temporariamente a água: reduzir o risco de alagamentos;
c. Realizar tratamento descentralizado de esgoto;
d. Reutilizar a água tratada;
e. Utilizar também a água pluvial;
f. Gerenciar e manejar as águas com medidas estruturais e não estruturais para lidar com eventos extremos (infraestrutura, zoneamento, alertas, prevenção de desastres, resgate, etc.);
g. Utilizar e explorar a água de forma parcimoniosa como parte das ações de combate a secas.

- Calor

a. Mitigar o calor por meio da evapotranspiração vegetal;
b. Reduzir o calor por meio da evaporação de água;
c. Amenizar o calor com o uso de materiais com baixa condutividade térmica;
d. Criar áreas sombreadas, tanto vegetadas quanto não vegetadas, para amenizar o calor.

- Biodiversidade

a. Aumentar a biodiversidade por meio do controle de nutrientes;
b. Promover a biodiversidade atraindo animais com plantas nativas domesticadas;
c. Estimular a biodiversidade utilizando restos vegetais como adubo, favorecendo a saúde das plantas e reduzindo os custos de manutenção;
d. Aumentar a biodiversidade evitando cuidados excessivos que prejudicam as espécies;
e. Promover a biodiversidade por meio do manejo pluvial adequado para o uso de plantas e animais.

- Agricultura Urbana

a. Promover a agricultura urbana para produção de alimentos com baixo impacto ecológico-energético;
b. Favorecer a agricultura urbana para produzir plantas ornamentais e flores em áreas urbanas;
c. Incentivar a agricultura urbana como ponto de parada para visitação e contemplação por pedestres;
d. Fomentar a agricultura urbana para proporcionar aos cidadãos urbanos o contato com a terra;
e. Estimular a agricultura urbana para criar espaços de socialização.

- Qualidade do Ar

a. Combater a má qualidade do ar em sua origem (incentivar o uso de veículos não poluentes);
b. Implantar agrupamentos de vegetação (parques) e corredores verdes para melhorar a oxigenação do ar, ventilação e retenção de poluentes atmosféricos;
c. Evitar a concentração de poluentes em "túneis verdes" e "cânions urbanos".

- Energia

a. Reduzir o consumo de energia através da redução da demanda (medidas e educação);
b. Reutilizar energia para reduzir/otimizar a produção;
c. Obter energia de fontes renováveis (fotovoltaica, eólica, hídrica, biomassa);
d. Utilizar a energia de forma eficiente, independentemente de sua origem;
e. Minimizar o uso de ar-condicionado por meio do emprego de "fachadas verdes" e outras soluções sustentáveis nas edificações.

- Valoração Socioeconômica

a. Estimular por meio da influência positiva da vegetação na saúde física e mental;
b. Aumentar por meio do desfrute da natureza para descanso e exercícios;
c. Promover trocas sociais em áreas verdes (para adultos e crianças);
d. Aumentar por meio da percepção de qualidade de vida e segurança;
e. Obter através do valor econômico agregado a imóveis, turismo e negócios;
f. Incentivar por meio da conexão entre áreas urbanas e rurais;
g. Estimular com a compreensão da adaptação climática;
h. Aumentar por meio do conforto ambiental (efeito de ambientes com temperatura reduzida);
i. Motivar através da conscientização da biodiversidade;
j. Impulsionar por meio da agricultura urbana;
k. Oportunizar com a busca de uma melhor qualidade do ar;
l. Motivar através da consciência em relação à energia de biomassa e economia de água.

9.2 CAPACIDADE DE REÚSO

O reúso de águas pluviais tem se tornado uma prática cada vez mais relevante em centros urbanos, buscando a utilização sustentável dos recursos hídricos. Trata-se de uma estratégia que envolve a coleta, armazenamento e posterior utilização das

águas provenientes da chuva, para fins não potáveis, como irrigação de jardins, descarga de sanitários, lavagem de veículos, entre outros.

Esse enfoque sustentável tem se mostrado promissor, uma vez que a gestão eficiente da água é essencial para enfrentar os desafios da escassez hídrica e da demanda crescente por recursos hídricos nas áreas urbanas. Além disso, o reúso de águas pluviais contribui para a redução da carga sobre os sistemas de drenagem urbana, minimizando problemas relacionados a enchentes e alívio da pressão sobre os recursos hídricos naturais (Woods-Ballard et al., 2015).

Diversos estudos têm sido realizados para avaliar a viabilidade técnica e econômica do reúso de águas pluviais em centros urbanos. Um exemplo de pesquisa é o estudo de Rosado et al. (2017), que investigou a aplicação do reúso de águas pluviais em edifícios residenciais. Os resultados demonstraram que o reúso de águas pluviais é uma alternativa viável, com potencial para reduzir significativamente o consumo de água potável e promover a conservação dos recursos hídricos.

No entanto, é importante ressaltar que a implementação do reúso de águas pluviais requer a adoção de medidas adequadas de tratamento e armazenamento, garantindo a qualidade da água e minimizando riscos à saúde pública. Além disso, políticas públicas e regulamentações são fundamentais para fomentar e incentivar a adoção do reúso de águas pluviais em centros urbanos.

Em suma, o reúso de águas pluviais representa uma solução sustentável e promissora para a gestão dos recursos hídricos em centros urbanos. Através da coleta e utilização dessas águas, é possível reduzir o consumo de água potável, aliviar a pressão sobre os sistemas de drenagem urbana e promover a conservação dos recursos hídricos naturais.

Como incentivo ao reuso das águas pluviais, tem-se o exemplo do município de Limeira – SP que, visando aumentar o potencial de captação e reúso das águas pluviais no município contribuindo para a redução do escoamento superficial e o alívio dos sistemas de micro e macrodrenagem, aprovou projeto de lei que institui o “IPTU Verde” e confere de 5 a 10% de desconto no tributo para os imóveis residenciais que implantarem parte ou todos os dispositivos abaixo (Limeira, 2023):

- Sistema de captação de água pluvial e sistema de reúso de água residual;
- Sistema de energia alternativa;

- Telhado verde;
- Área verde permeável;
- Arborização interna.

9.2.1 Técnicas de reúso de água pluvial

Antigamente, as águas pluviais eram simplesmente descartadas após a drenagem no ambiente urbano, porém, ao longo do tempo, elas passaram a ser valorizadas e foram desenvolvidas técnicas para o reúso dessas águas em diversas aplicações.

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a consequente redução das vazões nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações, além de ajudar a suprir a escassez de água em regiões áridas e semiáridas do Brasil (Lisboa, 2011).

As instalações do sistema de captação para as áreas externas são, normalmente, utilizadas para limpeza calçadas e/ou rega de jardins, sendo esse consumo muito menor do que nas áreas internas, e podendo possuir reservatórios menores e instalados sobre a superfície do solo em questão. Nesse caso, usa-se a gravidade para alimentar os pontos de consumo diretamente do reservatório do sistema. Já para o uso interno, uma vez que o consumo é muito maior, é requerido um reservatório maior e, também, é necessário a utilização de bombas e de outros equipamentos para recalque da água armazenada.

a) Legislação Pertinente e padrões de qualidade de potabilidade e reuso

A Portaria n° 888, de 04 de maio de 2021, estabelece as exigências a serem rigorosamente seguidas e os padrões de potabilidade da água a serem atendidos, além de apresentar planos de amostragem e definir as competências e responsabilidades no âmbito federal, estadual, municipal e demais esferas de atuação. Por sua vez, a Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023, que altera a Lei n° 11.445, de 05 de janeiro de 2007, trata especificamente do reúso de águas pluviais, estabelecendo medidas

de prevenção ao desperdício, diretrizes para o aproveitamento das águas da chuva e reúso não potável das águas cinzas.

As normas técnicas NBR 13.969 (ABNT, 1997), NBR 15.527 (ABNT, 2007) e NBR 10.844 (ABNT, 1989) estabelecem padrões de qualidade da água, critérios para o aproveitamento de águas pluviais em áreas urbanas para fins não potáveis e requisitos para projetos de sistemas de drenagem de águas pluviais, respectivamente. Importantes instituições como a Agência Nacional das Águas (ANA), a Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) e o Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP) colaboraram para a elaboração de um manual de conservação e reúso de água em edificações, estabelecendo requisitos específicos para diferentes usos, como irrigação de jardins, descarga em bacias sanitárias, refrigeração e sistema de ar condicionado, lavagem de veículos e lavagem de roupas (Silva Junior, 2022).

É essencial analisar as características e a qualidade requerida para determinar o tipo de reúso apropriado, levando em consideração o tratamento necessário, como a dosagem adequada de cloro. Se a água de reúso for utilizada para consumo humano, ela deve atender aos padrões de qualidade e potabilidade estabelecidos na Portaria n° 888/2021 e na lei nº 14.546/2023, não podendo conter substâncias nocivas à saúde, nem apresentar odor, sabor ou aparência desagradáveis. No caso do uso industrial, o pH da água desempenha um papel importante nas reações, sendo necessário realizar uma análise para determinar seu uso e se é necessário algum tipo de tratamento adicional (Silva Junior, 2022).

b) Tipos de reúso

O reúso das águas pluviais pode ser classificado em reúso direto ou indireto, sendo resultado de ações planejadas ou não planejadas. O reúso indireto não planejado ocorre quando a água é descarregada no meio ambiente e posteriormente reutilizada de forma não controlada e intencionalmente a jusante. Já o reúso indireto planejado envolve o tratamento adequado da água, que é descarregada de forma planejada em corpos hídricos e utilizada posteriormente de maneira controlada a jusante. O reúso direto não planejado ocorre quando a água é descarregada sem tratamento e reutilizada diretamente no local de descarga, geralmente em situações irregulares

devido à falta de controle dos parâmetros de qualidade. Por fim, o reúso direto planejado ocorre quando a água pluvial é tratada adequadamente e direcionada diretamente para o local de reúso, como indústrias ou áreas rurais para irrigação (Goldenfum, 2006).

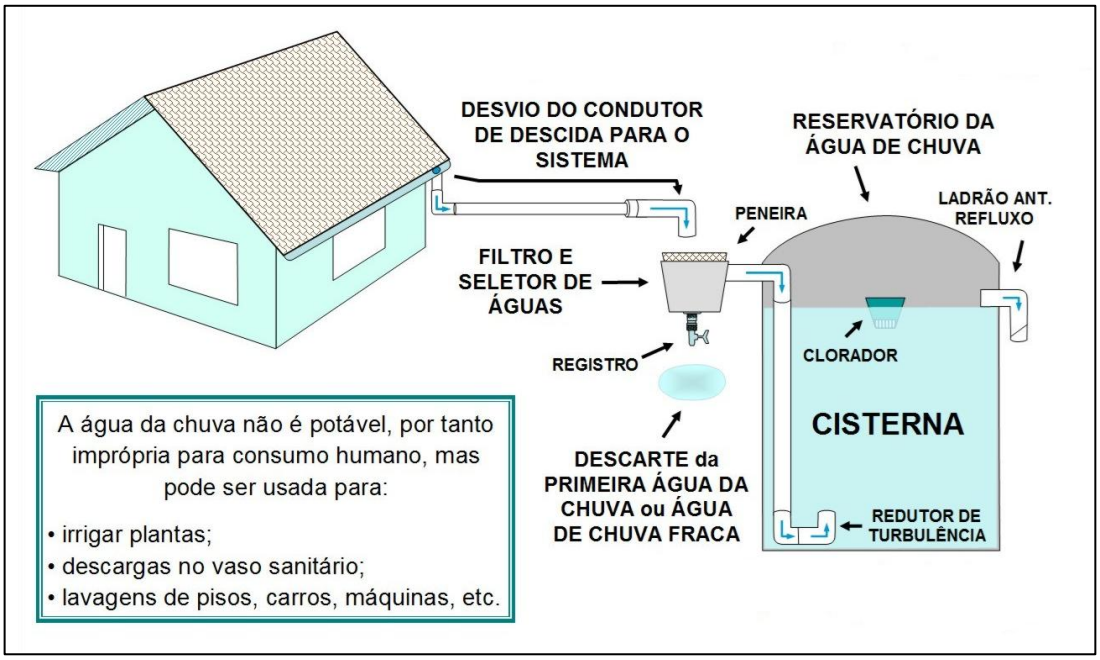
Os diversos tipos de reutilização das águas pluviais incluem uso urbano, industrial, agrícola, ambiental e recarga de aquífero. Em locais onde não há fontes naturais, poços ou sistemas de abastecimento de água, a água das chuvas geralmente é utilizada para consumo doméstico e como água potável (Silva Junior, 2022).

c) Técnicas utilizadas para armazenamento e desinfecção de águas pluviais

i. Sistema de captação

Recomenda-se descartar as águas pluviais nos primeiros cinco minutos para eliminar as impurezas presentes nos telhados e evitar que sejam direcionadas para o reservatório (Silva Junior, 2022). O sistema de captação tem como objetivo coletar as águas pluviais e conduzi-las até um reservatório para armazenamento. Esse sistema utiliza calhas, condutores e telhados, como ilustrado na Figura 39.

Figura 39 – Exemplo de sistema de captação para reaproveitamento de águas pluviais



Fonte: Sempre Sustentável. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

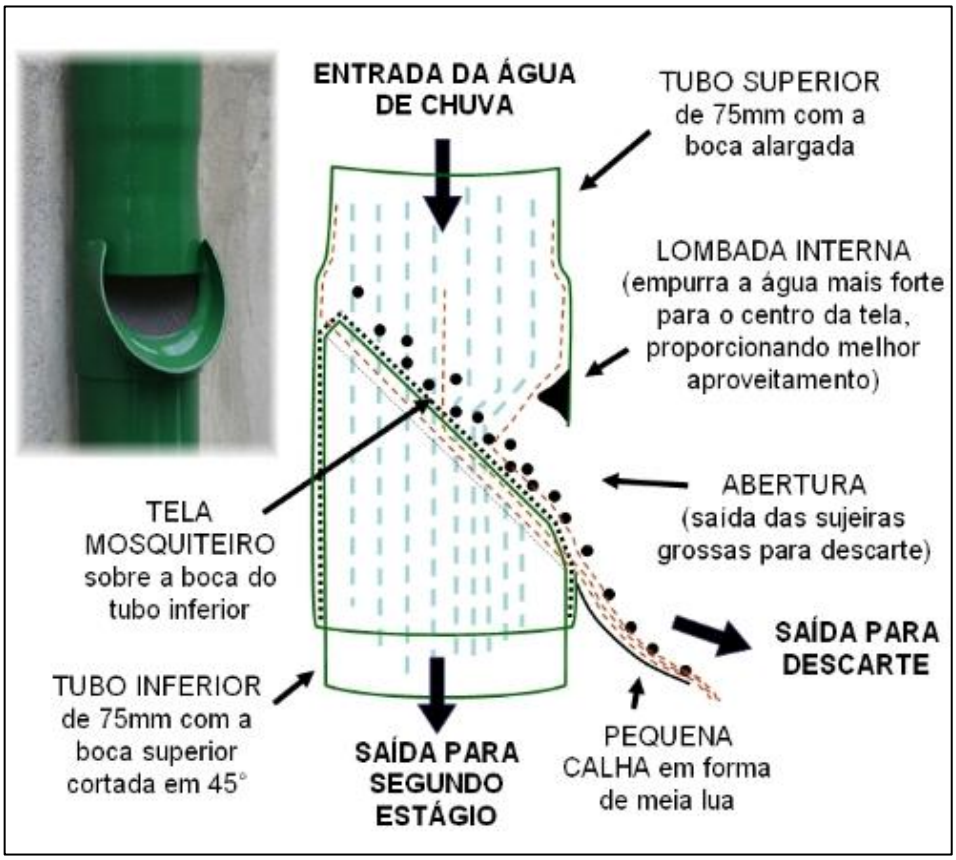
Nesse sistema, o telhado é a área de recebimento e captação da água da chuva, deixando o projeto com um custo relativamente baixo e facilitando a distribuição por gravidade até o reservatório (Silva Junior, 2022).

ii. Remoção de sólidos

Independente do sistema adotado para a coleta da água da chuva, deve-se evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento, uma vez que estes poderão se decompor, prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de telas ou grades é uma maneira bastante simples para a remoção deste tipo de material (Lisboa, 2011).

A Figura 40 abaixo ilustra um exemplo de filtro para sólidos.

Figura 40 – Exemplo de equipamento para remoção de sólidos.



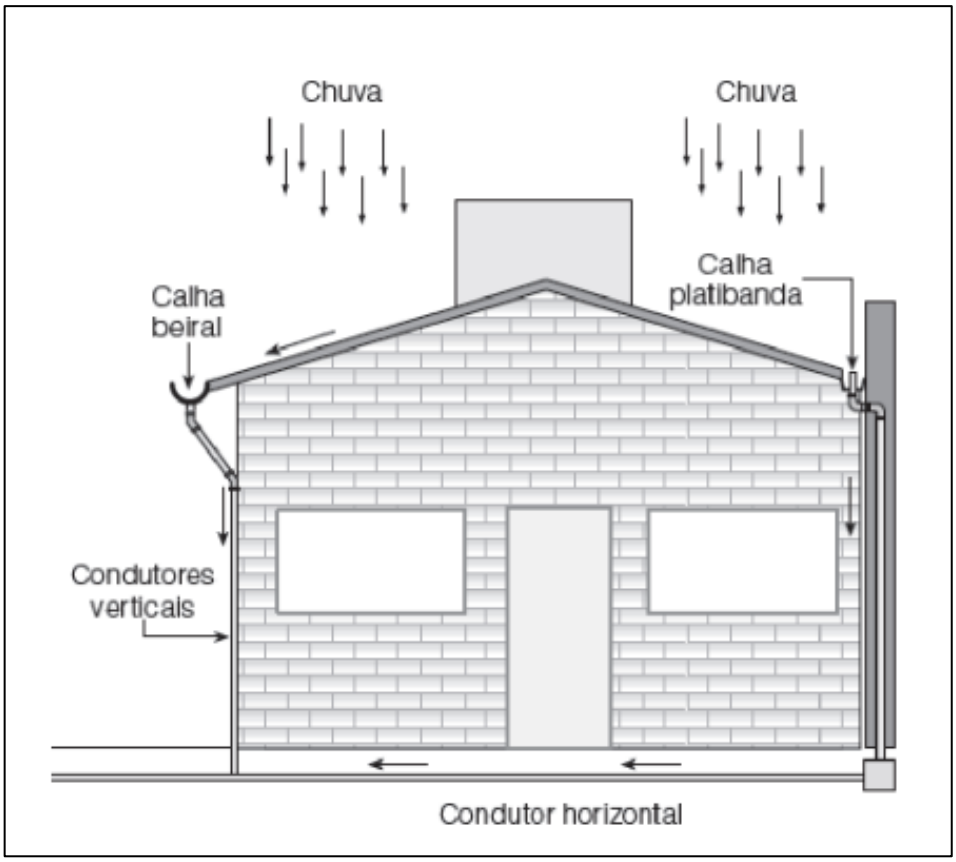
Fonte: Sempre Sustentável. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

iii. Condução

Existem dois tipos de condutores de águas pluviais: vertical e horizontal, que atendem às necessidades externas e internas, conforme mostrado na Figura 41 (SILVA JUNIOR, 2022).

Os condutores são responsáveis por levar a água até o reservatório e devem ser dimensionados corretamente. Os condutores verticais devem ter uma inclinação contínua de 1% a 1,5% para permitir o escoamento eficiente da água, evitando o acúmulo de detritos e algas. Já os condutores horizontais devem ser projetados com uma declividade uniforme mínima de 1%. Os materiais ideais para os condutores são o alumínio e o aço galvanizado devido às suas melhores propriedades físicas, embora tenham um custo mais elevado (Silva Junior, 2022).

Figura 41 – Condutores de água pluvial vertical e horizontal



Fonte: Grabowski, 2022. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

d) Armazenamento

O armazenamento das águas pluviais é geralmente realizado em reservatórios ou cisternas. Os reservatórios têm a função de distribuir a água nos pontos de uso designados, podendo ser internos ou externos, dependendo do projeto. O dimensionamento adequado do reservatório leva em consideração fatores como custo total de implantação, demanda de água no local, áreas de captação, confiabilidade necessária e regime pluviométrico da região. Eles podem ser instalados enterrados, semienterrados ou na superfície do solo, e podem ser feitos de materiais como alvenaria, fibra de vidro, concreto, polietileno, entre outros. É importante que os reservatórios sejam protegidos contra quedas, mantenham-se fechados para evitar a contaminação e sejam submetidos a limpezas periódicas. A proximidade dos reservatórios com os pontos de consumo é fundamental, e a localização adequada considera fatores como serviços existentes, fossas sépticas, poços, topografia, declividade e profundidade do leito rochoso e do solo (Silva Junior, 2022).

e) Desinfecção das águas pluviais coletadas

Nos sistemas de reúso de água pluvial, a desinfecção pode ou não ser necessária, dependendo da finalidade e da qualidade da água. A desinfecção pode ser realizada pelo uso de cloro, respeitando as medidas corretas estabelecidas na NBR 13.969/2007, que determina uma faixa admissível de cloro entre 0,5 mg/L e 3,0 mg/L. Além disso, podem ser utilizados sistemas de filtração simples e procedimentos de autolimpeza nos primeiros milímetros de precipitação para garantir a qualidade da água coletada (Silva Junior, 2022).

Os primeiros cinco minutos de água pluvial geralmente são descartados em uma calha separada para eliminar as impurezas presentes e evitar que esse volume seja direcionado ao reservatório de águas pluviais. O sistema de bloqueador (boia) é amplamente utilizado nesse processo, em que um reservatório de autolimpeza é esvaziado durante a chuva e a água é direcionada ao reservatório de águas pluviais somente após esse período. Esse sistema garante a separação das águas iniciais, que devem ser descartadas, das águas apropriadas para armazenamento (Silva Junior, 2022).

O sistema boia, ou bloqueador, é muito utilizado e consiste em um reservatório de autolimpeza da chuva vazio e que recebe as primeiras águas da chuva até atingir o seu limite, implicando no fechamento da torneira-boia. A partir disso, a água começa a escoar para o outro reservatório, que seria o de água da chuva. Ao parar a chuva, o registro desse reservatório de autolimpeza deve ser aberto para o seu esvaziamento e para que seja utilizado novamente. Esse sistema boia é muito utilizado para fazer o descarte da primeira chuva, impedindo que o volume, que deve ser descartado, seja enviado para o reservatório de águas pluviais (Silva Junior, 2022).

9.3 CONTROLE NA FONTE

No manejo da água pluvial no meio urbano, é necessário implementar estratégias que visem garantir a qualidade de vida da população, reduzindo os riscos de inundação decorrentes da impermeabilização do solo. O uso sustentável da água envolve a formulação de políticas de uso e ocupação do solo, com um enfoque no desenvolvimento e planejamento estratégico de longo prazo. Nesse contexto, o objetivo é projetar sistemas que minimizem os efeitos da urbanização na quantidade e qualidade do escoamento de água, por meio do aumento do armazenamento e da redução do lançamento de efluentes e cargas de poluição difusa.

Nas últimas décadas, surgiu o conceito de sistemas não convencionais de controle na fonte para lidar com os desafios relacionados à água pluvial no ambiente urbano, com ênfase no manejo sustentável do escoamento de drenagem. Esses sistemas compreendem medidas práticas para enfrentar os problemas dos efluentes urbanos, com a implementação de sistemas de controle próximos aos locais de geração dos efluentes, que podem incluir medidas estruturais e não estruturais. As medidas não estruturais envolvem ações operacionais, educacionais e de controle, e buscam promover a retenção e infiltração do escoamento, além de controlar os impactos da urbanização na drenagem (Canholl, 2014).

O objetivo dos sistemas de controle na fonte é preservar as características hidrológicas da bacia antes da urbanização, reduzindo os impactos para um nível aceitável. Portanto, ao estabelecer um sistema de controle não convencional, é importante considerar as condições físicas do local, como a disponibilidade de espaço para implantação dos dispositivos, a seleção dos dispositivos mais adequados de acordo com

os poluentes presentes no escoamento e a verificação contínua de sua eficiência de funcionamento. Além disso, é necessário analisar o comportamento do lençol freático durante a estação chuvosa, o perfil litológico do local e os custos de implantação e manutenção da estrutura, levando em consideração a disponibilidade de materiais, a facilidade de manutenção e a eficiência na remoção de poluentes, bem como a disponibilidade e o treinamento de pessoal técnico (Canholi, 2014).

9.4 GESTÃO DA MICRODRENAGEM

9.4.1 Infiltração na fonte

O sistema de drenagem pluvial pode adotar o uso de superfícies permeáveis para facilitar a infiltração da água no solo, reduzindo o impacto do escoamento a jusante. A presença de vegetação nessas superfícies permite a remoção de certos tipos de poluentes, atuando como um filtro biológico. Dentro desses sistemas, é possível reter temporariamente o escoamento por meio de estruturas de represamento em série. A utilização de superfícies vegetadas, como gramados, é recomendada para áreas residenciais, fundos de lotes ou acostamentos de vias, substituindo as soluções tradicionais de drenagem (Canholi, 2014).

Devido à mudança do antigo paradigma higienista da drenagem para o paradigma atual, sustentável, nos últimos anos, essa metodologia tem sido aplicada mais frequentemente. A disposição no local é um tipo de reservação das águas precipitadas que visa principalmente o controle em lotes residenciais e vias de circulação. Constitui-se por obras ou dispositivos que facilitem a infiltração e percolação das águas coletadas diretamente no local onde se encontram (Canholi, 2014).

O principal objetivo dessa metodologia é a redução dos picos de vazão veiculados para a rede de drenagem. São vantagens adicionais desse tipo de detenção na fonte a possibilidade de aproveitamento dessas águas para usos diversos menos restritivos, a recarga de aquíferos e a diminuição da poluição difusa carreada pelos escoamentos superficiais.

Os dispositivos de infiltração utilizados, segundo Nakamura (1988), podem ser divididos em dois grupos principais: métodos dispersivos e métodos em poços. Os métodos dispersivos englobam os dispositivos pelos quais a água superficial se infiltra

no solo. Já os métodos em poços são aqueles em que ocorre a recarga do nível subterrâneo pelas águas da superfície.

Os métodos dispersivos estão sujeitos a inevitável colmatação ao longo do tempo de sua vida útil e são recomendados para casos em que há maior disponibilidade de área para implantação. Os principais dispositivos dispersivos são descritos a seguir:

- Superfícies de infiltração: considerado o método mais simples para disposição no local, consiste em deixar que as águas superficiais percorram uma área coberta por vegetação. Em terrenos com subsolo argiloso ou pouco permeável pode-se instalar subdrenos para evitar acúmulo de água parada.
- Trincheiras de percolação: as trincheiras de percolação são construídas por meio do preenchimento de uma pequena vala com meio granular para infiltração e/ou detenção do escoamento superficial. Geralmente é instalada juntamente com manta geotêxtil de porosidade maior que a do solo para promover o pré-tratamento da água infiltrada. Para fins de projeto, geralmente são dimensionadas com largura e profundidade de 1 a 2m e comprimento variável. O material granular tem diâmetro aproximado de 40 a 60mm de forma que a porosidade resulte em pelo menos 30%;
- Valetas de infiltração abertas: constituem-se de valetas revestidas com vegetação (biovaletas), geralmente grama, adjacentes a ruas e estradas, ou próximas a áreas de estacionamento para facilitar a infiltração. Podem ou não ser complementadas por trincheiras de percolação ou alagados construídos, formando pequenos bolsões de retenção denominadas valetas úmidas. A vegetação promove a melhoria da qualidade da água e ajuda a diminuir sua velocidade de escoamento. Para fins de projeto, são dimensionadas com largura de até 2m, margens com inclinação 3:1 e declividade longitudinal de 1%;
- Lagoas de infiltração: constituem-se de pequenas bacias de detenção especialmente projetadas que facilitam a infiltração pelo aumento do tempo de detenção. Possuem nível de água permanente e um volume de espera.
- Bacias de percolação: usadas desde a década de 70 para a disposição de águas de drenagem, as bacias de percolação são constituídas pela escavação de uma valeta preenchida com brita ou cascalho e posteriormente reaterrada. O material

granular promove a reservação temporária do escoamento, enquanto a percolação se processa lentamente para o subsolo. Para fins de projeto, são dimensionadas com uma profundidade de até 0,6m e grãos de dimensão de 0,5 a 1mm com uma razão mínima entre comprimento e largura de 2:1;

- Pavimentos porosos: também conhecidos como pavimentos permeáveis, constituem-se normalmente de pavimentos de asfalto ou concreto convencionais dos quais foram retiradas as partículas mais finas e construídos sobre camadas permeáveis, geralmente bases de material granular. Uma variação de pavimento poroso pode ser obtida com a implantação de elementos celulares de concreto sobre uma base granular. Para evitar a passagem de partículas mais finas, usualmente coloca-se mantas geotêxteis entre a base e o pavimento.
- Poços de Infiltração: medida de detenção na fonte mais indicada quando a disponibilidade de área para implantação é baixa, geralmente quando a urbanização, já consolidada, não permite a utilização das medidas dispersivas para aumento de infiltração. Para serem eficientes, os poços devem ser instalados em locais onde a altura do lençol freático se encontre suficientemente baixa em relação a superfície do terreno e o subsolo possua camadas arenosas.

A Figura 42 e a Figura 43 mostram algumas das técnicas supracitadas.

Figura 42 – Diferentes dispositivos de detenção e infiltração na fonte.



Fonte: Tucci, 2003.

Figura 43 – Poço de infiltração, vala de infiltração, trincheira de infiltração e filtro gramado.



Fonte: Lucas et al., 2015.

9.4.2 Equipamentos retentores de resíduos sólidos

Os sistemas de drenagem pluvial urbana, em função do tipo de cobertura do

terreno, carreiam uma quantidade variável de sedimentos. Entretanto, acabam também direcionando aos cursos d'água uma quantidade preocupante de resíduos sólidos indesejáveis, devido a fatores como disfunções urbanas de serviços, infraestrutura e condições socioeconômicas e culturais (Righetto, 2009).

Dessa forma, o impacto causado pelos resíduos sólidos na drenagem urbana tem dois aspectos:

- Físico: os resíduos sólidos podem entupir ou obstruir elementos do sistema de drenagem ou diminuir sua capacidade de escoamento por depósitos e assoreamentos;
- Qualidade da água: os resíduos domésticos e industriais podem conter substâncias químicas, organismos e matéria orgânica que alteram a qualidade da água circulante nos sistemas de drenagem e nos corpos receptores.

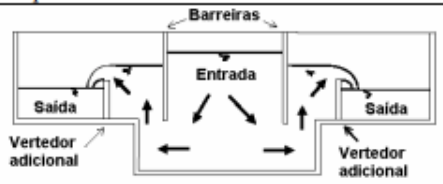
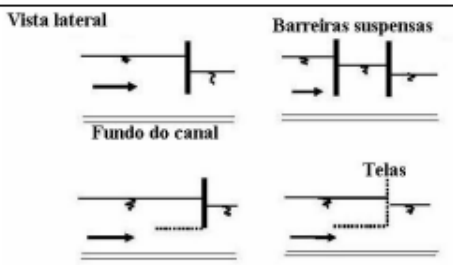
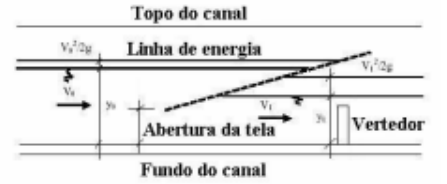
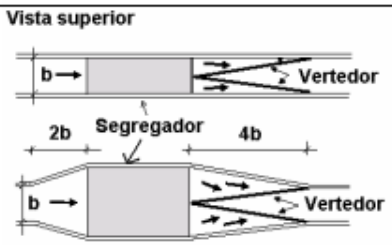
A origem dos resíduos sólidos que impactam os sistemas de drenagem urbanos e, consequentemente, os corpos d'água é variada, incluindo resíduos domésticos e industriais, entulhos e sedimentos. Esses resíduos provenientes de diferentes fontes podem chegar aos cursos d'água através de quatro principais formas de transporte: por meio do sistema de drenagem existente, por transporte pelo vento e por descarte direto nos corpos hídricos.

Os resíduos depositados ao longo dos córregos podem variar de acordo com a localização, sendo influenciados pelo gradiente do canal, velocidade do fluxo de água, densidade da vegetação ripária e características do leito. Os resíduos presentes nas bacias hidrográficas podem ser transportados para grandes corpos d'água a jusante, como banhados, baías e estuários, nos quais fatores adicionais, como marés, correntes e ventos, afetam sua distribuição.

Haja vista o transporte e acúmulo de resíduos nestas áreas, faz-se necessária a adoção de medidas de controle e retenção destes materiais indesejáveis, para controle da funcionalidade do sistema de drenagem e, até mesmo, da qualidade da água.

Segundo Neves e Tucci (2008), as medidas estruturais para retenção de resíduos sólidos no sistema de drenagem atuam sobre as consequências. Na década de 1990 foram propostas estruturas de retenção, cuja evolução é apresentada na Figura 44.

Figura 44 – Evolução das estruturas de retenção de resíduos sólidos

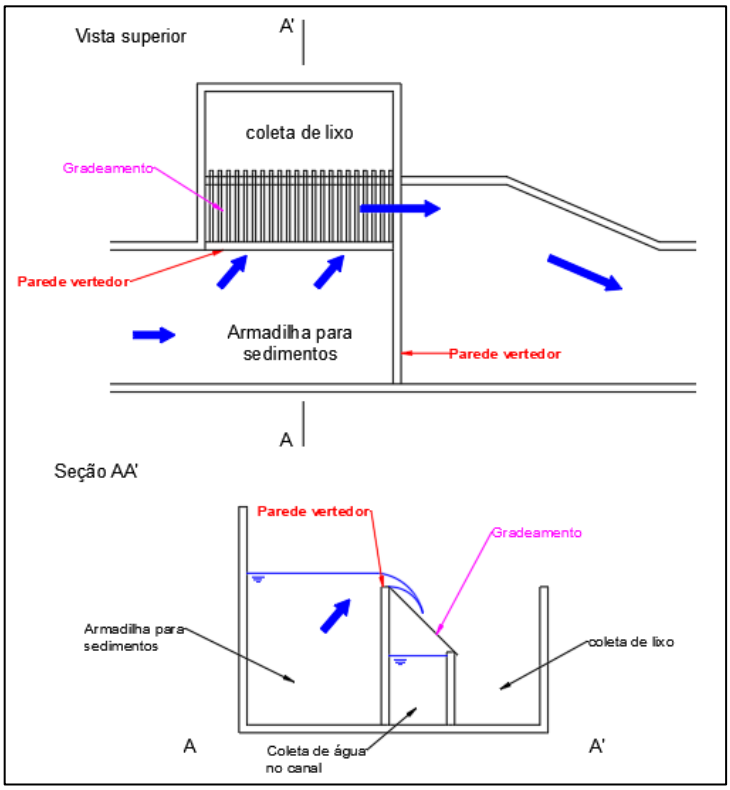
Variações	Esquema	Conclusões
UYS (1994) e Wilsenash (1994): canais laterais em conjunção com barreiras e vetedores		Acima de um valor crítico, a vorticidade provocou a passagem das partículas para jusante. Turbulência alta no final da estrutura. Modificações posteriores deixaram-na complicada
Furlong (1995): estudou as barreiras suspensas		Mostrou pouca eficiência em vazões muito baixas. Lixo capturado mais pelos vórtices a jusante da barreira
Louw (1995) E Burger e Beeslaar (1996): estudos com telas inclinadas associadas a vertedores		A turbulência no alargamento diminui a eficiência. Configurações com maiores eficiências resultaram em grandes perdas de carga
Compion (1997): configurações que envolvessem vertedores e mudanças de seções, a partir das idéias anteriores		Captura completa conseguida para números de Froude (Fr) inferiores que 0,05. Nenhuma captura a partir de Fr igual a 0,3.

Fonte: NEVES E TUCCI, 2008.

Existem diversas metodologias para a coleta de resíduos, as quais podem ser autolimpantes ou não. Nas estruturas autolimpantes, as quais têm se mostrado mais eficientes, a água corrente empurra o resíduo, limpando o separador, desviando este para um local de acumulação.

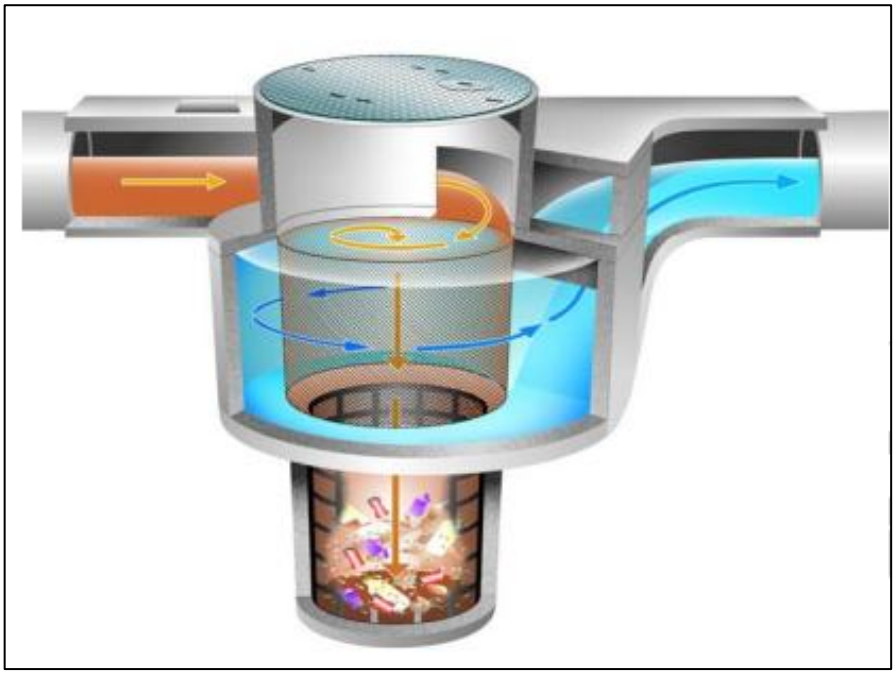
Neves e Tucci (2008), destacam alguns exemplos como a SCS (*Stormwater Cleaning Systems*) (Figura 45), cuja função é forçar o escoamento sobre o vertedor e um gradeamento inclinado em aproximadamente 45° em direção a um compartimento. Outra estrutura, chamada CDS (*Continuous Deflective Separation*), destaca-se pela eficiência de quase 100% (Figura 46).

Figura 45 – SCS.



Fonte: Armitage et al., (1998) apud Neves e Tucci (2008). Adaptado por Líder Engenharia, 2024.

Figura 46 – CDS



Fonte: Armitage et al., (1998) apud Neves e Tucci (2008). Adaptado por Líder Engenharia, 2024.

9.5 GESTÃO DA MACRODRENAGEM

9.5.1 Bacias de Amortecimento

As bacias de amortecimento, conhecidos como piscinões, são grandes áreas destinadas a acumular temporariamente a água da chuva em eventos de precipitação intensa. Eles retardam o fluxo de águas pluviais para os rios, córregos e galerias de macrodrenagem.

- **Características principais:**

  - Armazenamento: O reservatório coleta a água excedente durante tempestades e a armazena até que os níveis de água nos sistemas de drenagem diminuam o suficiente para liberar o excedente de forma controlada;
  - Localização estratégica: São construídos em áreas críticas onde o sistema de drenagem é sobrecarregado com frequência;
  - Redução de inundações: Ao captar grandes volumes de água em áreas de risco, os piscinões previnem a formação de enchentes nas zonas urbanas;
  - Controle da vazão: O escoamento para os corpos hídricos é liberado de forma gradual, prevenindo picos de vazão que causariam inundações.

9.5.2 Sistemas de Detenção e Infiltração

Em determinadas áreas da cidade, é possível a construção de sistemas de detenção e infiltração, como terraços, barragens de contenção e faixas de vegetação, que podem reduzir o escoamento superficial que acaba chegando às áreas urbanas.

- **Características principais:**

  - Redução da velocidade do escoamento: Barragens de contenção e

terraços retêm a água da chuva e desaceleram o seu fluxo para a área urbana.

- Recarregamento do lençol freático: O aumento da infiltração permite que a água entre no solo, ajudando a reabastecer os aquíferos subterrâneos.
- Prevenção de inundações: Reduzem o volume de água que chega rapidamente às zonas urbanas, diminuindo o risco de enchentes.
- Sustentabilidade hídrica: Contribuem para a recarga de aquíferos e para a sustentabilidade hídrica a longo prazo.

9.5.3 Parques Lineares

Os Parques Lineares são obras estruturadoras de programas ambientais em áreas urbanas. Buscam conciliar tanto os aspectos urbanos e ambientais como as exigências da legislação e a realidade existente. Constituem-se de áreas lineares destinadas tanto à conservação como à preservação dos recursos naturais, tendo como principal característica a capacidade de interligar fragmentos de vegetação e outros elementos encontrados em uma paisagem, assim como os corredores ecológicos. Contudo, neste tipo de parque, têm-se a agregação de funções de uso público, como atividades de lazer, cultura e rotas de locomoção não motorizada, como ciclovias e caminhos de pedestres (ABCP, 2013).

Segundo Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo e o Laboratório de Habitação e Assentamentos Humanos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (PMSP, 2006), um Parque Linear se caracteriza fundamentalmente como uma intervenção urbanística associada à rede hídrica, em fundo de vale, mais especificamente na planície aluvial, e tem como objetivos:

- Proteger ou recuperar os ecossistemas lindeiros aos cursos e corpos d’água;
- Conectar áreas verdes e espaços livres de um modo geral;
- Controlar enchentes;
- Prover áreas verdes para o lazer.

Quanto ao manejo de águas pluviais, o parque linear tem como um de seus princípios fundamentais proteger a área de várzea dos rios, permitindo assim, o funcionamento natural das zonas de inundação e a vazão mais lenta da água durante as cheias. Além do mais, ajudam a evitar a ocupação humana irregular em áreas de proteção ambiental.

As principais vantagens da criação de parques lineares urbanos são (The Dobris Assessment apud Friedrich, 2007):

- Disponibilização de áreas recreativas para as populações urbanas;
- Os parques são verdadeiros palcos naturais em meio urbano, propícios a manifestações culturais de conservação da natureza, educação ambiental e investigação científica;
- Melhoria do microclima urbano, da circulação do ar, do balanço da umidade e da captura de poeiras e gases. Possuem a potencialidade de constituir zonas tampão que melhorem o ambiente urbano em áreas industriais ou densamente urbanas;
- Locais para repouso que contribuem para a diminuição de estresse, muito frequentes em meios urbanos.

Mesmo possuindo muitas vantagens, a criação de parques lineares urbanos deve se atentar para algumas precauções, tais como: a necessidade de desapropriação e realocação de ocupações irregulares – o que pode encarecer sua implementação; a instalação de infraestrutura básica e serviços de manutenção – como iluminação e sinalização, manutenção das áreas verdes e gestão de resíduos – para o uso público; o envolvimento da comunidade na criação do parque para aumentar o sentimento de corresponsabilidade – consequentemente diminuindo o risco de depredação e; garantir a acessibilidade do parque à toda população.

Os parques lineares podem, de acordo com suas características e peculiaridades, conter, entre outros:

- Iluminação pública;
- Ciclovia;

- Equipamentos de lazer;
- Áreas para alimentação;
- Trilha de caminhada;
- Arborização paisagística ou de recuperação;
- Reservatórios para controle de cheias, com ou sem espelho d'água;
- Quadras poliesportivas;
- Academias ao ar livre;
- Equipamentos para drenagem de águas pluviais;
- Bancos e outras estruturas de repouso;
- Hortas comunitárias;
- Parquinho para crianças;
- Palcos, coretos e afins;
- Centros de Educação Ambiental;
- Pistas de skate;
- Sanitários;
- Teatros;
- Bibliotecas;
- Centros de convenções e exposições.

Nesse sentido, em função de sua composição urbanística e ambiental, o zoneamento de um Parque Linear pode ser classificado em diferentes tipologias, que privilegiem com maior intensidade um ou mais de um dos objetivos citados acima. As tipologias devem ser relacionadas tanto com a composição das áreas do parque, quanto com relação à sua inserção urbana, que deve ser relacionada com a necessidade de maior implantação de equipamentos e espaços de lazer e sociabilidade ou maior priorização da preservação ambiental com menos usos. Essa composição é dividida em três tipos de espaços diferenciados que se combinam de diferentes formas (PMSP, 2006):

- Área Core, coincidente com a Área de Preservação Permanente – APP, definida pelo Código Florestal Brasileiro, Lei Federal 12.651 de 25 de maio de 2012;

- Zona de Amortecimento, tida como a área de transição entre a Área Core e a Zona Equipada;
- Zona Equipada, para o provimento de equipamentos de lazer e destinada ao uso público mais intenso.

A APP do corpo hídrico deve ser respeitada e destinada principalmente à preservação ambiental, sendo toda intervenção planejada para essa área passível de licenciamento ambiental. A zona de amortecimento é aquela que integra a área de preservação com a área equipada, de maior intensidade de uso, e deve sempre acompanhar a APP, sendo permitida a criação de trilhas, continuação de caminhos verdes e implantação de equipamentos de drenagem quando necessário. A última área, a equipada, deve ser instalada onde o espaço territorial às margens do corpo hídrico seja mais amplo, evitando custos e conflitos com desapropriações e indenizações. É nessa área onde serão implementados os equipamentos de lazer e desenvolvidas as práticas de sociabilidade pertinentes às necessidades das comunidades de entorno.

A viabilização econômica dos parques lineares deve integrar os interesses públicos, sociais e ambientais aos interesses de investimento privados. A implantação dos parques tende a valorizar os empreendimentos imobiliários próximos e a construção dos últimos pode ser condicionada à estruturação dos primeiros como forma de compensação social e/ou ambiental. Vale ressaltar que a implantação dos parques deve começar primeiramente com o zoneamento e a restrição de uso das áreas, evitando sua ocupação irregular.

Deve-se também identificar as áreas críticas e a presença de moradias em áreas de APP para realização do Termo de Ajuste de Conduta – TAC, para recuperação e preservação da área. Nem toda a área do parque permitirá o uso público, sendo que a maioria dela terá como objetivo a preservação das matas ciliares e a proteção dos corpos hídricos.

9.5.4 Recuperação de matas ciliares e áreas de preservação permanente

A preservação e recuperação das matas ciliares e Áreas de Preservação Permanente (APP) desempenham um papel crucial na drenagem urbana e no manejo

das águas pluviais. A mata ciliar refere-se à vegetação natural presente nas margens dos corpos hídricos, como rios, córregos e lagos, enquanto as APPs são espaços que possuem uma função ambiental importante, como garantir a proteção dos recursos hídricos e a preservação dos ecossistemas.

A importância da mata ciliar reside em seu significado multifuncional. Ela atua como uma barreira natural que filtra os sedimentos e resíduos provenientes das áreas urbanas, evitando sua chegada aos corpos d'água. Esses sedimentos e resíduos são frequentemente transportados pela água da chuva, carregando consigo poluentes e substâncias nocivas. A vegetação da mata ciliar tem a capacidade de reter esses elementos, promovendo a melhoria da qualidade da água.

Além disso, as matas ciliares desempenham um papel vital na regulação do fluxo de água. Suas raízes ajudam a estabilizar as margens dos rios, evitando a erosão do solo e o assoreamento dos cursos d'água. Ao absorver e armazenar água, a mata ciliar contribui para o controle de enchentes e inundações, mitigando os impactos das chuvas intensas.

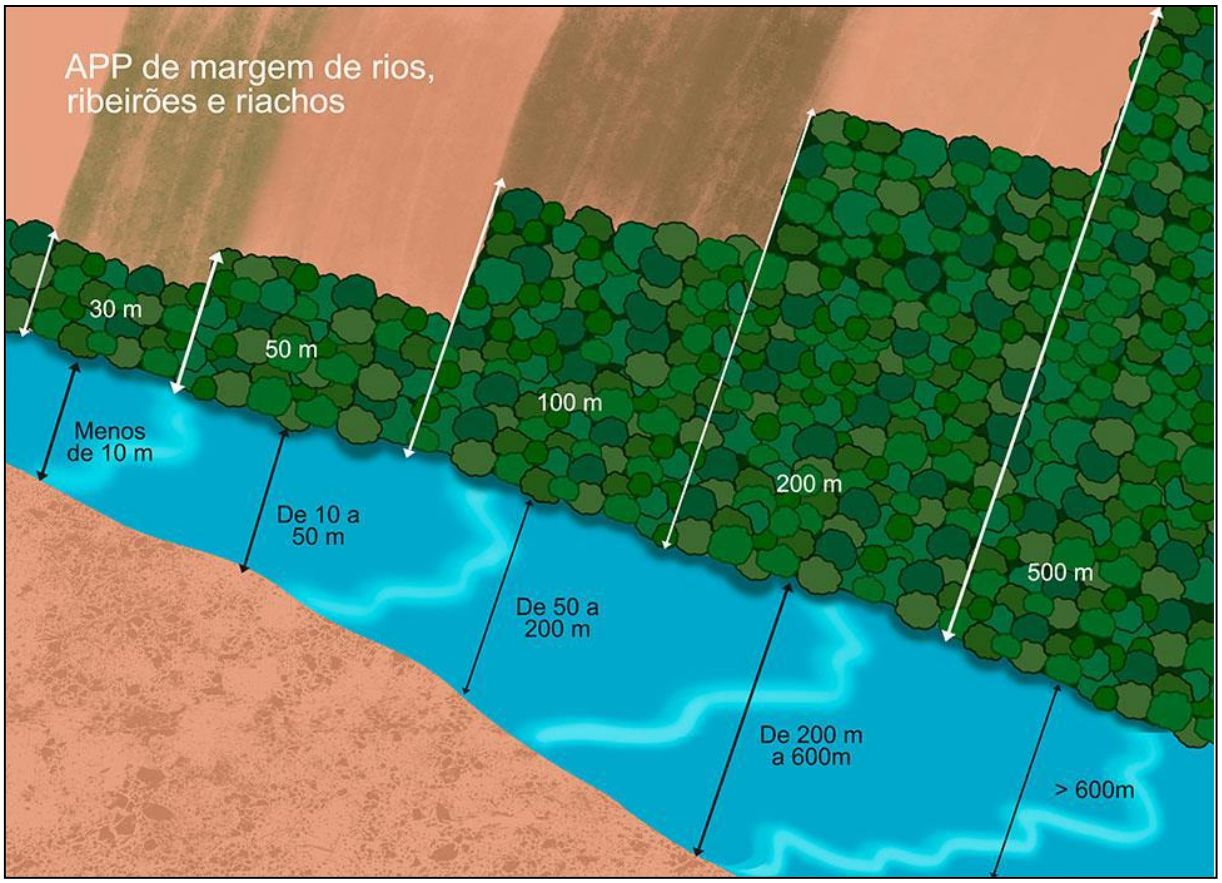
A preservação das APPs também é essencial para evitar a ocupação irregular desses espaços. A ocupação inadequada das margens dos rios e das áreas de proteção compromete a integridade dos ecossistemas e interfere na capacidade de absorção e retenção de água. A urbanização desordenada pode resultar no aumento do escoamento superficial, sobrecarregando o sistema de drenagem e causando problemas como enchentes e deslizamentos de terra.

Portanto, investir na recuperação e preservação das matas ciliares e APPs é fundamental para a sustentabilidade das áreas urbanas. Essas medidas contribuem para a melhoria da qualidade da água, o controle de enchentes, a conservação da biodiversidade e a proteção dos recursos naturais. Além disso, promovem uma melhor qualidade de vida para as comunidades, evitando riscos e prejuízos causados por eventos climáticos extremos e ocupações irregulares.

É importante destacar que a conscientização da população e a implementação de políticas de proteção ambiental são fundamentais para garantir a preservação dessas áreas. Ações como o reflorestamento, a fiscalização do uso do solo e a educação ambiental são medidas complementares que fortalecem a importância da recuperação das matas ciliares e APPs na drenagem urbana e no manejo das águas pluviais.

A recuperação deve se atentar para o estabelecido de acordo com a legislação pertinente para APPs, Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, quanto o tamanho das faixas de proteção, a Figura 47 explicita a relação entre a largura do leito do rio e o tamanho da APP.

Figura 47 – Áreas de Preservação Permanente - APPs



Fonte: Ciflorestas, 2021.

A recuperação deve ser feita com espécies nativas do bioma em que a bacia está inserida. Além disso, pressupor uma futura urbanização, e mais adiante, a possibilidade de criação de parques lineares para evitar a ocupação irregular nas planícies aluviais. As Áreas de Proteção Permanente (APPs) dos demais cursos hídricos que cortam a malha urbana também devem ser recuperados, onde possível, concomitantemente à implantação dos parques lineares, sempre respeitando a largura estabelecida em lei e a escolha de espécies nativas da região.

10 DIRETRIZES E PROPOSIÇÕES

10.1 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS

A urbanização intensiva tem evidenciado as limitações das abordagens convencionais de drenagem urbana, que frequentemente exacerbam os impactos nos processos hidrológicos. Os sistemas tradicionais de drenagem carecem de flexibilidade e adaptabilidade às transformações frequentes no uso do solo, características inerentes à expansão urbana acelerada. Como resultado, essas infraestruturas tornam-se rapidamente obsoletas, exigindo altos custos de reconstrução, especialmente em áreas urbanizadas. Intervenções nesses locais frequentemente ocorrem de maneira emergencial, após eventos significativos de inundação, e geralmente adotam soluções pontuais e parciais, baseadas em diagnósticos e propostas elaborados de forma precipitada e limitada (Tucci, 1995; Baptista et al., 2007).

Outro ponto crítico é que os sistemas tradicionais de drenagem muitas vezes são implementados sem a devida integração ao planejamento urbano e à gestão sustentável de recursos hídricos em áreas urbanas. Essa desconexão contribui para amplificar os impactos da urbanização no meio ambiente, aumentando os riscos associados, como enchentes, prejuízos à saúde pública e degradação ambiental. Além disso, a qualidade e a diversidade ambiental frequentemente sofrem com a falta de estratégias integradas e sustentáveis de drenagem urbana (Tucci, 1995; Baptista et al., 2007).

A partir da década de 1970, surgiu uma abordagem alternativa para enfrentar esses desafios, baseada em experiências acumuladas em países da Europa, América do Norte, Austrália e Japão. Essa abordagem, conhecida como tecnologias alternativas ou técnicas compensatórias de drenagem pluvial, tem como objetivo principal mitigar os impactos da urbanização no ciclo hidrológico. O termo "compensatório" reflete a essência dessas técnicas: atuar como um mecanismo para neutralizar os efeitos adversos do desenvolvimento urbano intensivo sobre os processos naturais do ciclo da água (Tucci, 1995; Baptista et al., 2007).

As abordagens iniciais das técnicas compensatórias focaram no controle dos escoamentos superficiais por meio de estruturas destinadas ao armazenamento de águas pluviais. Essas estruturas desempenham um papel essencial no amortecimento

de enchentes e na promoção da infiltração, contribuindo para a redução dos volumes de escoamento superficial. Com o tempo, foram desenvolvidas soluções integradas que combinam armazenamento e infiltração. Experiências práticas demonstraram que essas técnicas também são eficazes na mitigação da poluição difusa associada às chuvas, ampliando seu impacto positivo (Hares; Ward, 1999; USEPA, 1999; Gautier, 1998; Bertrand-Krajewski; Chebbo, 2003).

Atualmente, existe uma ampla gama de técnicas compensatórias aplicadas à drenagem pluvial, muitas das quais são baseadas em processos de armazenamento e infiltração. Soluções inovadoras incluem sistemas que promovem interceptação e evapotranspiração, como telhados verdes e a utilização de áreas verdes urbanas para reduzir o impacto das chuvas no escoamento superficial (Ellis, 2008). Outra abordagem consiste na desconexão ou não conexão de superfícies impermeáveis ao sistema de drenagem, direcionando o escoamento para áreas vegetadas com alta capacidade de infiltração, sempre que possível (Baptista et al., 2007).

A evolução dessas técnicas também reflete esforços para promover a integração urbanística de soluções compensatórias. Em muitos casos, as áreas destinadas ao controle de enchentes são planejadas para usos múltiplos, funcionando como parques, espaços de lazer, áreas para prática esportiva ou outros usos compatíveis com a gestão das águas pluviais. Quando os usos múltiplos não são viáveis, a prioridade recai sobre a adequada inserção das soluções no contexto urbano, valorizando as estruturas e a presença da água, seja em bacias de detenção secas ou em reservatórios permanentes (Baptista et al., 2007; Righetto, 2009).

Essas iniciativas não apenas promovem uma maior aceitação das soluções compensatórias pela população, mas também reforçam a conscientização sobre a importância da água nos ambientes urbanos. A integração de usos múltiplos facilita a destinação de áreas urbanas valorizadas para o gerenciamento de águas pluviais, maximizando os benefícios ambientais, sociais e econômicos dessas intervenções.

Inovações tecnológicas e urbanísticas têm expandido as possibilidades de aplicação das técnicas compensatórias na drenagem urbana, com destaque para o uso integrado de diferentes métodos em uma mesma bacia hidrográfica. A combinação dessas técnicas em arranjos em série (*on-line*) ou em paralelo (*off-line*) permite aproveitar os benefícios sinérgicos das soluções. Um exemplo é o controle progressivo de escoamentos: quando uma estrutura de infiltração satura, o excesso de água é

direcionado para um dispositivo de armazenamento a jusante, garantindo eficiência no manejo das águas pluviais (Baptista et al., 2007; Righetto, 2009).

De forma geral, as técnicas compensatórias para drenagem urbana têm como principal objetivo mitigar os impactos negativos da urbanização nos processos hidrológicos. Essas ações buscam reequilibrar as alterações no ciclo hidrológico promovidas pelo desenvolvimento urbano, reduzindo a ocorrência de enchentes, minimizando a poluição difusa e preservando a qualidade dos recursos hídricos.

As medidas compensatórias são classificadas em estruturais e não estruturais. As medidas estruturais compreendem a construção de infraestruturas físicas, como bacias de detenção, reservatórios, canais, dispositivos de armazenamento e infiltração, entre outros. Essas estruturas desempenham funções essenciais no controle do escoamento pluvial, permitindo armazenar, retardar ou direcionar o fluxo de água, contribuindo para uma gestão eficiente das chuvas em áreas urbanizadas (Baptista et al., 2007; Canholi, 2014).

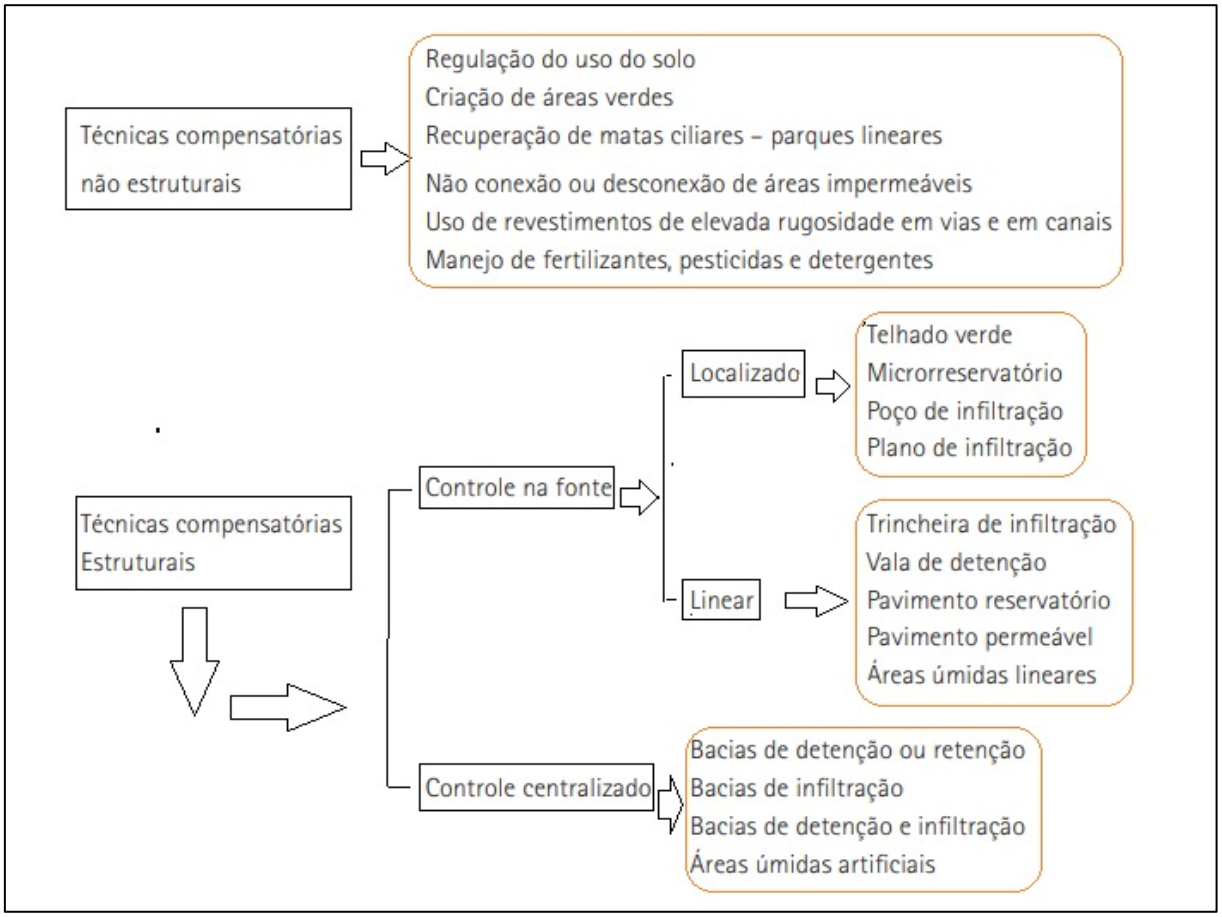
Por outro lado, as medidas não estruturais envolvem ações de cunho social, institucional e gerencial. Elas incluem políticas públicas, regulamentações, diretrizes de planejamento urbano, capacitação técnica, campanhas de educação ambiental, monitoramento e fiscalização. Essas iniciativas são fundamentais para promover mudanças comportamentais, engajar a comunidade e assegurar a sustentabilidade das ações de drenagem urbana (Baptista et al., 2007; Canholi, 2014).

A interação entre as medidas estruturais e não estruturais é indispensável. Enquanto as soluções físicas fornecem a base para o gerenciamento das águas pluviais, as ações de caráter institucional e educativo asseguram que essas estruturas sejam utilizadas e mantidas de forma eficiente. Esse alinhamento garante a efetividade das estratégias de drenagem urbana, promovendo um ciclo contínuo de melhorias e sustentabilidade (Baptista et al., 2007; Canholi, 2014).

Apesar de suas vantagens, a implementação dessas medidas enfrenta desafios como restrições financeiras, limitações de espaço físico em áreas urbanas densas, resistência social, complexidades na integração com outras infraestruturas urbanas e a necessidade de manutenção regular. Por isso, é essencial que as soluções sejam adaptadas ao contexto local, considerando as especificidades de cada região e buscando abordagens integradas que maximizem os benefícios.

A Figura 48 ilustra as principais categorias das técnicas compensatórias mencionadas, destacando exemplos de medidas estruturais e não estruturais aplicáveis a diferentes cenários urbanos.

Figura 48 – Técnicas compensatórias e suas segmentações.



Fonte: Baptista et al., 2007; Baptista et al., 2005; Righetto, 2009.

10.2 MEDIDAS ESTRUTURAIS

No âmbito da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais, as medidas estruturais abrangem intervenções físicas e obras de engenharia destinadas a controlar o escoamento das águas pluviais em áreas urbanizadas. Essas medidas podem ser organizadas em categorias distintas, baseadas nos objetivos que buscam alcançar (Canholi, 2014):

Medidas Intensivas:

- **Aceleração do escoamento:** Envolve a canalização de córregos e rios, bem como a construção de galerias e tubulações que visam aumentar a velocidade de escoamento das águas pluviais. Essas soluções buscam conduzir rapidamente o fluxo para fora das áreas urbanas, minimizando os riscos de alagamentos locais.
- **Retardamento do fluxo:** Inclui a implantação de reservatórios, como bacias de detenção ou retenção, além da restauração de calhas naturais. O objetivo é reduzir a velocidade do escoamento e permitir a retenção temporária das águas pluviais, contribuindo para mitigar picos de vazão durante eventos de chuva intensa.
- **Desvio do escoamento:** Consiste na construção de túneis de derivação e canais de desvio, projetados para redirecionar o fluxo das águas pluviais em áreas específicas, de modo a evitar sobrecargas em determinados pontos da rede de drenagem urbana.
- **Medidas de proteção contra inundações:** São intervenções voltadas à proteção de edificações e infraestruturas urbanas, tornando-as mais resilientes a inundações e alagamentos. Essas ações podem incluir soluções individuais, como o reforço de estruturas, e dispositivos coletivos, como diques e barreiras.

Medidas Extensivas:

- **Pequenos armazenamentos:** Correspondem a intervenções de menor porte, como bacias de retenção localizadas em áreas verdes. Essas estruturas são projetadas para acumular temporariamente as águas pluviais, permitindo sua infiltração gradual no solo, o que contribui para a recarga dos aquíferos e a redução do escoamento superficial.
- **Recomposição da cobertura vegetal:** Envolve iniciativas como o plantio de vegetação nativa ou a adoção de práticas de paisagismo funcional. Essas medidas têm como objetivo promover a infiltração das águas pluviais no solo, controlar o escoamento superficial e contribuir para a melhoria do microclima urbano e da biodiversidade.

- **Controle de erosão do solo:** Inclui a aplicação de técnicas específicas para evitar a degradação do solo, como o terraceamento e a instalação de estruturas de contenção. Essas ações ajudam a minimizar o carreamento de sedimentos para os sistemas de drenagem, protegendo os cursos d'água e aumentando a eficiência das infraestruturas de escoamento.

O Quadro 14 apresenta as condicionantes do meio físico que influenciam diretamente a implementação de medidas estruturais, destacando sua relevância no planejamento e execução dessas intervenções.

Quadro 14 - Importância relativa de restrições à implantação e à operação das técnicas.

TÉCNICA	RESTRIÇÕES À IMPLANTAÇÃO E À OPERAÇÃO DAS TÉCNICAS					
	Permeabilidade do solo	Declividade	Proximidade do lençol	Proximidade leito rochoso	Restrições uso do solo	Aporte de sólidos
Bacia de detenção	+	+	+	++	+++	++
Bacia de infiltração	+++	+	+++	+++	+++	+++
Valas e valetas de detenção	+	++	+	++	++	++
Valas e valetas de infiltração	+++	+++	+++	+++	++	+++
Pavimentos porosos	++	+++	++	+	+	+++
Revestimentos permeáveis	++	+++	++	+	+	+++
Trincheiras de detenção	+	++	++	++	++	+
Trincheiras de infiltração	+++	+	+++	+++	++	+
Poços de infiltração	+++	+	+++	+++	++	+
Telhados armazenadores	+	+	+	+	+	+
Reservatórios individuais	+	+	++	++	+	+

+++ = grande importância; ++ = media ou possível importância; + = importância pequena ou nula.

Fonte: Baptista et al, 2005. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

O Quadro 15 apresenta as possíveis aplicações das diversas técnicas.

Quadro 15 - Possibilidades de uso das técnicas.

TÉCNICA	ÁREA DE DRENAGEM CONTROLADA	CONTROLE DE VAZÃO DE PICO (TEMPO DE RETORNO – ANOS)			Controle de volumes	Recarga do lençol	Reúso direto	Controle de erosão a jusante
		1 - 2	1 - 10	1 - 100				
Bacia de detenção / retenção	Grande (> 16 ha)	P	P	V	N	N	V	V
Bacia de infiltração	Média	P	P	V	P	P	V	P
Valas e valetas de detenção	Pequena - média	V	N	N	N	N	N	N
Valas e valetas de infiltração	Pequena - média	V	N	N	P	P	N	V
Pavimentos porosos	Pequena - média	P	N	N	V	V	N	V
Revestimentos permeáveis	Pequena - média	V	N	N	V	V	N	V
Trincheiras de detenção	Pequena (< 4 ha)	V	V	N	N	N	N	N
Trincheiras de infiltração	Pequena	V	V	N	V	V	N	V
Poços de infiltração	Pequena	V	N	N	V	V	N	V
Telhados armazenadores	Pequena	V	N	N	N	N	V	V
Reservatórios individuais	Pequena	P	V	N	N	N	V	V

P = geralmente possível; V = pode ser possível; N = nunca ou usualmente impossível.

Fonte: Baptista et al, 2005. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2023.

10.3 MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS

Os sistemas não estruturais envolvem abordagens que utilizam processos naturais para reduzir a geração de escoamento e a carga poluidora, sem a necessidade de intervenções civis. Esses sistemas englobam ações de caráter social, como a implementação de normas legais, sanções econômicas e programas educativos, com o objetivo de alterar os comportamentos da população. São denominados sistemas de controle na fonte, pois atuam diretamente nas áreas de origem ou próximas a elas,

estabelecendo critérios de gestão do uso e ocupação do solo nessas regiões (Canholi, 2014).

Nos últimos anos, as medidas preventivas de caráter não estrutural têm se tornado cada vez mais relevantes, não apenas pela eficácia em abordar os problemas na sua raiz, mas também pela distribuição de custos envolvidos nas obras de drenagem, o que contribui para a redução da necessidade de implantar obras mais onerosas no futuro.

Dentro da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais, as medidas não estruturais referem-se a ações e estratégias que não requerem modificações físicas no ambiente, mas sim abordagens relacionadas ao planejamento urbano, à conscientização pública, à regulamentação e à gestão eficiente. O objetivo dessas medidas é complementar as soluções estruturais, promovendo uma gestão sustentável das águas pluviais.

As medidas não estruturais de controle de escoamento na fonte podem ser organizadas em diferentes categorias, conforme ilustrado no Quadro 16.

Quadro 16 - Categorias de medidas não estruturais.

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Educação pública	Educação pública e disseminação do conhecimento
Planejamento e manejo da água	Equipe técnica capacitada Superfícies com vegetação Áreas impermeáveis desconectadas Telhados verdes Urbanização de pequeno impacto
Uso de materiais e produtos químicos	Uso de produtos alternativos não poluentes Práticas de manuseio e de armazenamento adequadas
Manutenção dos dispositivos de infiltração nas vias	Varrição das ruas Coleta de resíduos sólidos Limpeza dos sistemas de filtração Manutenção das vias e dos dispositivos Manutenção dos canais e cursos d’água
Controle de conexão ilegal de esgoto	Medidas de prevenção contra a conexão ilegal Fiscalização: detecção, retirada e multa Controle do sistema de coleta de esgoto e de tanques sépticos

PRINCIPAIS CATEGORIAS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Reúso da água pluvial	Jardinagem e lavagem de veículos Sistema predial Fontes e lagos

Fonte: Righetto, 2009.

10.4 OBJETIVOS, METAS, PROGRAMAS E AÇÕES

O principal objetivo a ser alcançado com o Marco Legal do Saneamento é a universalização dos serviços de saneamento básico. Para atender à necessidade de expansão dos serviços e garantir a universalização do acesso à drenagem urbana e ao manejo adequado das águas pluviais até 2033, conforme planejamento estipulado Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), torna-se indispensável o aprimoramento e a adequação dos sistemas existentes. Essas ações devem considerar não apenas a demanda atual, mas também o aumento populacional projetado para o horizonte de planejamento do presente Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Os objetivos, metas e ações voltados à universalização e à qualidade dos serviços foram organizados em quadros síntese, que permitem uma visualização integrada e detalhada das propostas. Esses quadros seguem uma lógica estruturada, iniciando pela fundamentação dos objetivos e desdobrando-se em metas específicas para diferentes prazos de execução. Incluem-se também as ações necessárias para alcançar essas metas, os métodos de acompanhamento para avaliação dos resultados e o memorial de cálculo utilizado na definição dos valores apresentados.

É importante destacar que algumas metas e ações podem ser implementadas com os recursos físicos, humanos e financeiros já disponíveis no município, sem a necessidade de investimentos adicionais. Nesse contexto, foram propostas ações institucionais que buscam mobilizar o Poder Público e a sociedade em torno de questões fundamentais para promover a universalização dos serviços de saneamento com eficiência e qualidade.

Para a definição dos custos estimados de cada ação, foram realizadas consultas a fornecedores, administrações municipais que já implementam projetos similares, e referências em publicações especializadas para produtos, máquinas, veículos, equipamentos, *softwares*, entre outros itens.

Embora a identificação de possíveis fontes de financiamento seja um passo importante, a obtenção efetiva dos recursos depende de projetos específicos bem elaborados, além de gestão administrativa e articulação política eficientes para viabilizar os financiamentos necessários. A combinação de planejamento técnico e estratégias de captação de recursos é essencial para concretizar as metas estabelecidas e garantir o sucesso das intervenções propostas.

10.4.1 Objetivo 1 – Mapeamento, digitalização e georreferenciamento do sistema de drenagem municipal

O objetivo contempla a necessidade de consolidar e manter atualizado o cadastro da rede de drenagem urbana, considerando o levantamento realizado em etapa anterior. Embora o cadastro existente apresente informações detalhadas e georreferenciadas, é imprescindível planejar sua atualização contínua, a fim de acompanhar as expansões e alterações no sistema nos próximos anos.

Atualmente, o cadastro cobre integralmente a área urbana, com informações sobre as estruturas de micro e macrodrenagem. Contudo, é necessário prever revisões periódicas e a inclusão de novas obras e intervenções realizadas, garantindo que o banco de dados permaneça confiável e completo.

As atualizações deverão ser realizadas conforme as diretrizes da ABNT e incluem o registro de novas estruturas, correções de eventuais alterações geométricas ou funcionais e a integração de dados de futuras expansões. O georreferenciamento continuará sendo um componente essencial, permitindo associar as informações coletadas a coordenadas geográficas exatas e viabilizando análises integradas com sistemas de informações geográficas (SIG).

Com o mapeamento, digitalização e georreferenciamento devidamente mantidos, o sistema de drenagem do município estará apto a atender às demandas de planejamento e gestão, permitindo a identificação de pontos críticos, o planejamento de intervenções e a promoção de uma drenagem urbana eficiente e resiliente. O Quadro 17 apresenta uma síntese das ações relacionadas ao Objetivo 1.

Quadro 17 - Síntese do Objetivo 1.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)							
OBJETIVO	**1**	**MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO**					
FUNDAMENTAÇÃO		O cadastro da rede de drenagem do município foi realizado e encontra-se atualizado, servindo como uma base essencial para a gestão do sistema. No entanto, para acompanhar o crescimento urbano e as possíveis expansões do sistema, será necessário manter o cadastro continuamente atualizado, garantindo que novas estruturas sejam incorporadas e as informações permaneçam consistentes e confiáveis. Essa atualização é indispensável para sustentar a eficiência na análise e no planejamento do sistema de drenagem.					
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Índice de Cadastramento (%) = (Área Cadastrada / Área Atendida) x 100					
METAS							
CURTO PRAZO - 5 ANOS		**MÉDIO PRAZO - 10 ANOS**			**LONGO PRAZO - 30 ANOS**		
1) Atualização e manutenção do banco de dados. 2) Modelagem hidráulica do sistema.		3) Atualização e manutenção do banco de dados.			4) Atualização e manutenção do banco de dados.		
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES							
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**	
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**			
1.1	Atualização e manutenção do banco de dados.	-	-	-	AA	Ação Administrativa	
1.2	Elaborar e atualizar a modelagem hidráulica para os diferentes pontos de interesse e rede de micro e macrodrenagem do município.		R$ 45.400,00		RP	Valor Total = (hora do profissional * horas de trabalho – 320 h) + (Licenciamento de *Softwares*) + (∑Custos Operacionais e Outros Custos)	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES			**R$ 45.400,00**		**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 45.400,00**	

Legenda: RP – Recursos Próprios; AA – Ação Administrativa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

10.4.2 Objetivo 2 – Implementar medidas não estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem urbana

A adoção de ações não estruturais é fundamental para reduzir os problemas no sistema de drenagem urbana. Atualmente, desafios relacionados à legislação, ausência de regulamentação específica e dificuldades na gestão eficiente e sustentável do sistema persistem. A revisão da legislação e dos planos municipais é necessária para assegurar a conformidade com as esferas superiores de gestão.

Além disso, a ausência de regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis compromete a qualidade das águas pluviais. É imprescindível desenvolver uma legislação específica para o controle do arraste de sólidos em obras civis, assim como para a aplicação de técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte. Também se faz necessário estabelecer restrições para áreas impermeabilizadas em novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, exigindo práticas como telhados verdes e reservatórios proporcionais ao porte da obra.

A falta de diretrizes sobre a qualidade das águas pluviais destinadas à reutilização e seu tratamento para reservação segura constitui outra lacuna. A formulação de políticas de planejamento urbano que regulamentem o uso das zonas de inundação é essencial para um desenvolvimento racional dessas áreas.

O objetivo de implementar medidas não estruturais abrange diversas soluções para os problemas identificados.

A revisão da legislação e dos planos municipais em conformidade com as esferas superiores de gestão visa harmonizar as normas, eliminando incertezas e facilitando a adoção de medidas adequadas de drenagem, promovendo maior clareza e consistência no ambiente legal.

Para a ausência de regulamentação específica sobre o carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis, propõe-se a criação de uma legislação que estabeleça diretrizes claras para garantir práticas de contenção de resíduos e evitar a poluição das águas pluviais.

A formulação de normas específicas para técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte, como sistemas de drenagem verde, telhados verdes e áreas permeáveis, também é uma solução proposta, pois ajuda a reduzir o escoamento de

águas pluviais e favorece a infiltração no solo, prevenindo sobrecargas no sistema de drenagem.

Restringir áreas impermeabilizadas em novos loteamentos e empreendimentos, associando essa exigência a práticas como telhados verdes e reservatórios adequados, contribuirá para mitigar problemas no sistema de drenagem, controlando o volume de águas pluviais e reduzindo enchentes.

A regulamentação do uso das zonas de inundação por meio de políticas de planejamento urbano possibilitará o desenvolvimento adequado dessas áreas, evitando ocupações inadequadas, exposição a riscos e preservando a capacidade de drenagem natural.

Para manutenção e prevenção, propõe-se o aprimoramento e a continuidade de um programa de limpeza e manutenção da rede de microdrenagem, além da criação de um sistema de alerta e previsão de inundações, que visa assegurar o funcionamento adequado do sistema e permitir a detecção precoce de problemas.

O Programa de Educação Ambiental em Drenagem (PEAD) busca conscientizar a população sobre práticas de manejo sustentável de águas pluviais e incentivar a participação ativa da comunidade. Inclui também a capacitação e atualização do corpo técnico e gestor, além da criação de uma Cartilha de Drenagem para uso em ambientes formais e informais de ensino.

Em síntese, o objetivo é solucionar os problemas identificados por meio da formulação de normas específicas, programas de controle, manutenção e prevenção. As propostas incluem regulamentação do arraste de sólidos, aplicação de técnicas sustentáveis, restrição de áreas impermeabilizadas, planejamento urbano adequado, manutenção do sistema de drenagem, sistemas de alerta e educação ambiental, garantindo a gestão eficiente e sustentável do sistema de drenagem. O Quadro 18 apresenta a síntese do objetivo 2.

Quadro 18 - Síntese do Objetivo 2.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)		
OBJETIVO	**2**	**IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**
FUNDAMENTAÇÃO		A ausência de regulamentação específica para o controle do carreamento de sólidos e sedimentos provenientes de obras civis compromete a qualidade das águas pluviais. Também não há legislação que estabeleça diretrizes sobre a qualidade das águas pluviais destinadas ao uso e seu tratamento para reservação sanitariamente segura. A elaboração e implementação da taxa de drenagem, assim como a elaboração do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem, são medidas fundamentais para assegurar uma gestão eficiente e sustentável do sistema. Além disso, este objetivo contempla a criação de um programa de educação ambiental voltado para drenagem, abrangendo tanto técnicos e gestores envolvidos na operação do sistema e na implementação do plano quanto a sociedade, nos ambientes formal e não formal de ensino.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação (legislação). Número de ocorrências (manutenção). Número de cursos realizados e colaboradores atingidos – lista de presença (PAEC e PEO). Número de Atividades realizadas (Educação Ambiental Não Formal). Número de cartilhas distribuídas.

METAS		
CURTO PRAZO - 5 ANOS	**MÉDIO PRAZO 6 - 10 ANOS**	**LONGO PRAZO 11 - 30 ANOS**
1) Elaborar legislação específica. 2) Aprimorar a manutenção e limpeza da rede de microdrenagem. 3) Implementar o sistema de alerta e previsão de inundações. 4) Elaborar o Programa de Educação Ambiental em Drenagem.	5) Fiscalização. 6) Manutenção dos programas.	7) Fiscalização. 8) Manutenção dos programas.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	PRAZOS			POSSÍVEIS FONTES	MEMÓRIA DE CÁLCULO
		CURTO	MÉDIO	LONGO		
2.1	Elaboração do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem para as microbacias urbanas de Birigui.	R$ 2.000.000,00			AA - RP - FP - FPU	∑ Área das microbacias urbanas x custo médio por km² (~R$36.975,41)
2.2	Elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco.		R$ 210.592,83		AA - RP - FP - FPU	R$1,77/hab x 118.979 hab (FUNDAG, 2021)
2.3	Elaborar legislação específica para controle de arraste de sólidos em obras civis.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.4	Elaborar legislação específica para aplicação de técnicas sustentáveis de controle de escoamento na fonte.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.5	Elaborar legislação específica para restrição de área impermeabilizada nos novos loteamentos e empreendimentos imobiliários, bem como a exigência de telhados verdes e/ou reservatórios de acordo com o porte da obra.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.6	Elaboração de Políticas de Planejamento Urbano, regulamentando o uso das zonas de inundação, permitindo um desenvolvimento racional dessas áreas.	-			AA - RP	Ação Administrativa
2.7	Treinamento dos colaboradores e manutenção do programa	-	-	-	AA - RP	Ação Administrativa

2.8	Aquisição de 3 estações fluviométricas e pluviométricas automáticas.	R$ 59.250,00			AA - RP	Peço unitário x 3 (Pesquisa de mercado, 2024)
2.9	Coleta e interpretação dos dados. Modelagem matemática para previsão do tempo e avaliação de alerta.		R$ 618.120,00	R$ 2.472.480,00	RP - FPU - PPP	Custo mensal de Profissio-nal x 12 meses x Anos de Implementação
2.10	Integração do sistema com os programas preventivos da defesa civil.	-	-	-	AA	Ação Administrativa
2.11	Programa de Atualização e Equalização do Conhecimento (PAEC).	R$ 60.000,00	R$ 60.000,00	R$ 300.000,00	RP - FPU	1 curso a cada dois anos x custo do curso
2.12	Programa de Especialização e Operacionalização (PEO).	R$ 30.000,00	R$ 30.000,00	R$ 120.000,00	RP - FPU	Custo do curso x anos de implementação
2.13	Edição e publicação da cartilha de drenagem.	R$ 53.216,25	R$ 53.216,25	R$ 106.432,50	RP - FPU - FPR - PPP	Preço de impressão da carti-lha x número de alunos da rede pública acrescido de 2% x 3 edições (1 curto, 1 médio e 2 longo prazo)
2.14	Fiscalização ostensiva.	R$ 233.220,00	R$ 233.220,00	R$ 932.880,00	RP - FPU	custo mensal do fiscal * me-ses * anos de implementa-ção
2.15	Continuidade do programa de manutenção e limpeza.	R$ 2.000.000,00	R$ 2.000.000,00	R$ 8.000.000,00	RP - FPU	média do custo atual e pre-visto * anos de implementa-ção
2.16	Criação e manutenção do sistema de alerta e previsão de inundações.	R$ 500.000,00	R$ 500.000,00	R$ 2.000.000,00	RP - FPU	custo médio de manutenção x anos de implementação
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 4.935.686,25**	**R$ 3.705.149,08**	**R$ 13.931.792,50**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 22.572.627,83**

Legenda: RP – Recursos Próprios; AA – Ação Administrativa; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

10.4.3 Objetivo 3 – Implementar medidas estruturais que minimizem os problemas no sistema de drenagem urbana

O objetivo de implementar medidas estruturais no sistema de drenagem urbana é abordar os problemas identificados durante o diagnóstico, mitigando os riscos de enchentes e alagamentos em períodos de chuva intensa. Foram destacados pontos críticos de drenagem, caracterizados por locais de acúmulo de água que comprometem o escoamento, causando transtornos à população e danos à infraestrutura urbana.

Outro desafio identificado foi a obstrução dos dispositivos de microdrenagem pelo acúmulo de resíduos sólidos, que reduz a eficiência do sistema e eleva os riscos de inundações. Como resposta, foram propostas intervenções estruturais, incluindo estudos e projetos voltados à adequação dos pontos críticos e ao aumento da capacidade de escoamento. Também será implementada a instalação de dispositivos retentores de sólidos nas bocas coletoras, com o objetivo de reduzir a obstrução e melhorar o fluxo das águas pluviais.

Adicionalmente, estão previstas intervenções para adequar e implantar sistemas de microdrenagem em bairros que ainda carecem de infraestrutura adequada, com foco em melhorar o escoamento local e reduzir os impactos de enchentes. Projetos piloto de dispositivos de amortecimento também serão implementados em microbacias críticas, com avaliações periódicas para ajustar e aprimorar as ações conforme as necessidades futuras.

Essas medidas estruturais visam aprimorar o sistema de drenagem urbana, prevenindo inundações, promovendo a sustentabilidade ambiental e garantindo segurança e bem-estar às comunidades. O Quadro 19 apresenta uma síntese detalhada do objetivo 3.

Quadro 19 - Síntese do Objetivo 3.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)		
OBJETIVO	**3**	**IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA**
FUNDAMENTAÇÃO		Durante a fase de diagnóstico, em colaboração com a equipe técnica municipal da Secretaria de Obras e por meio de visitas técnicas ao município, foram identificados 11 pontos críticos associados a problemas de drenagem urbana. Adicionalmente, foram calculadas as áreas mínimas necessárias para a implantação de dispositivos de amortecimento em cada microbacia analisada. Também se constatou a presença de obstruções nos dispositivos de microdrenagem, causadas pelo acúmulo de resíduos sólidos. Para resolver os problemas identificados, é indispensável a implementação de medidas estruturais, que serão detalhadas no presente objetivo.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.

METAS		
CURTO PRAZO - 1 - 5 ANOS	**MÉDIO PRAZO 6 - 10 ANOS**	**LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS**
1) Elaboração de estudos e projetos para adequação dos pontos. 2) Implantar projetos piloto de dispositivos retentores de sólidos nas bocas coletoras. 3) Elaboração de estudos e projetos para adequação e implantação dos dispositivos de microdrenagem em 25% dos bairros que ainda não dispõe de GAP.	4) Implementar 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias críticas. 5) Avaliação dos resultados dos projetos piloto da meta 2. 6) Implementar 50% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias críticas.	7) Implementar 90% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias críticas.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
3.1	Contratação de serviço especializado para estudo de medida estrutural para as erosões em talude identificadas no Córrego Biriguizinho, Nunes, Matadouro e Jofer.	R$ 100.000,00			RP	Preço médio de mercado.
3.2	Contratação de serviço especializado para estudo e implementação de canalização com gabião no Córrego Vendrame, no trecho da Av. Dr. José de Arruda Camargo/R. Cândido Tomás de Carvalho, que deságua no Córrego Biriguizinho.	R$ 550.000,00			RP- FPU - FPR	Preço médio de mercado.
3.3	Testar os dispositivos de retenção de sólidos nas bocas coletoras.	R$ 200.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
3.4	Contratação de serviço especializado para estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros que ainda não possuem Galeria de Águas Pluviais (GAP), priorizando as regiões mais impermeabilizadas, como a área de drenagem do Córrego da Piscina e do Alto Biriguizinho e a Microbacia do Córrego do Matadouro, para iniciar os estudos e elaborar os projetos executivos.	R$ 600.000,00			RP - FPU - FPR	Preço médio de mercado.
3.5	Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Córrego Biriguizinho.		R$ 17.636.301,00		RP - FPU - FPR	I = Ab x An x Hd x Cd x Pi

3.6	Implementação de 25% dos dispositivos de amortecimento nas microbacias do Córrego do Matadouro, Moimaz e Veadinho.		R$ 21.852.076,50		RP - FPU - FPR	I = Ab x An x Hd x Cd x Pi
3.7	Avaliar o comportamento dos dispositivos testados na meta 2 e escolher as alternativas com melhor desempenho.		-		AA	Ação Administrativa
3.8	Implementação de mais 25% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Córrego Biriguizinho.		R$ 17.636.301,00		RP - FPU - FPR	I = Ab x An x Hd x Cd x Pi
3.9	Implementação de mais 50% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Córrego Biriguizinho.			R$ 35.272.602,00	RP - FPU - FPR	I = Ab x An x Hd x Cd x Pi
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 1.450.000,00	R$ 57.124.678,50	R$ 35.272.602,00	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 93.847.280,50**

Legenda: RP – Recursos Próprios; AA – Ação Administrativa; FPU – Financiamentos Públicos; FPR – Financiamentos Privados. PPP – Parceria Público-Privada; Ab = área da microbacia, em m^2; An = área necessária para dispositivos, em %; Hd = altura/profundidade média dos dispositivos, em m; Cd = custo de implantação dos dispositivos, em R$/$m^3$; Pi = porcentagem de implementação para o prazo, em %.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

10.4.4 Objetivo 4 – Controle das águas pluviais na fonte (lote ou loteamentos)

O objetivo 4 visa abordar os desafios relacionados ao controle das águas pluviais diretamente nas áreas dos lotes e loteamentos. O diagnóstico realizado apontou a ausência de medidas adequadas para gerenciar e reter eficientemente essas águas, evidenciando a necessidade de intervenções específicas para minimizar os impactos do escoamento superficial.

Um dos principais problemas identificados é a falta de controle eficaz das águas pluviais em lotes e empreendimentos. Sem dispositivos apropriados para retenção, infiltração ou aproveitamento dessas águas, ocorre um aumento significativo do escoamento superficial, o que sobrecarrega os sistemas de drenagem a jusante e eleva os riscos de enchentes. Adicionalmente, a ausência de estratégias para captação e uso das águas pluviais resulta no desperdício de um recurso valioso que poderia ser aproveitado em aplicações não potáveis.

Para enfrentar essas questões, foram propostas ações que promovem o controle das águas pluviais diretamente na fonte. Entre as principais medidas, destaca-se a elaboração de uma legislação específica voltada ao gerenciamento das águas pluviais em prédios públicos e novos empreendimentos. Essa regulamentação deverá estabelecer diretrizes claras para a implantação de dispositivos de captação, retenção e infiltração de águas pluviais, com o objetivo de reduzir a sobrecarga nos sistemas de drenagem e fomentar práticas sustentáveis.

Além da regulamentação, a fiscalização será fundamental para assegurar o cumprimento das normas. Para isso, serão realizadas inspeções periódicas em lotes e empreendimentos, garantindo que as estruturas de captação e retenção estejam operacionais. A atualização da Planta Genérica de Valores (PGV) também será integrada a essas ações, permitindo monitorar e identificar prédios públicos e empreendimentos que adotaram dispositivos para o controle de águas pluviais.

Com essas iniciativas, espera-se reduzir os impactos negativos do escoamento excessivo, prevenir enchentes e aproveitar de maneira sustentável as águas pluviais para usos não potáveis. A implementação de políticas integradas para o controle das águas pluviais em lotes e empreendimentos desempenhará um papel essencial na gestão eficiente dos recursos hídricos e na resiliência do sistema de drenagem urbana. O Quadro 20 sintetiza o objetivo 4.

Quadro 20 - Síntese do Objetivo 4.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)		
OBJETIVO	**4**	**CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)**
FUNDAMENTAÇÃO		O controle das águas pluviais na fonte, por meio de mecanismos que permitam a retenção da água diretamente nos lotes e loteamentos, é uma estratégia eficaz para mitigar os problemas de drenagem urbana. Essa abordagem evita o aumento do escoamento para as áreas a jusante, prevenindo sobrecargas nos dispositivos existentes, além de possibilitar o aproveitamento da água retida para usos não potáveis. Nesse sentido, o município deve implementar ações de controle em prédios públicos e fiscalizar rigorosamente novos projetos de edificações em lotes e loteamentos particulares, conforme previsto na legislação proposta pelo Plano, assegurando uma gestão sustentável e eficiente dos recursos hídricos.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Será o índice de empreendimentos públicos que realizam controle das águas pluviais na fonte, o qual corresponde ao número de empreendimentos públicos que realizam o controle das águas pluviais na fonte em relação ao número total de empreendimentos públicos.

METAS		
CURTO PRAZO - 1 A 5 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 6 A 10 ANOS**	**LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS**
1) Elaborar legislação que regulamente o controle das águas pluviais na fonte para prédios públicos e novos empreendimentos (loteamentos). Deverá também realizar campanhas para orientar e estimular o armazenamento da água da chuva.	2) Fiscalização dos lotes e atualização da Planta Genérica de Valores e atingir 100% dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.	3) Fiscalização dos lotes e atualização da Planta Genérica de Valores dos prédios públicos e empreendimentos com dispositivos de captação das águas da chuva.

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
4.1	Elaborar projetos de lei e ações para que todos os empreendimentos públicos, privados, e lotes residenciais realizem o controle e reutilização das águas pluviais na fonte, além da priorização de uso de calçadas ecológicas e beneficiamento tributário (IPTU) para proprietários que aderirem à ação.	R$ 50.000,00			AA - RP	R$ 10.000 por ano
4.2	Fiscalização dos lotes urbanos beneficiados para aferir os índices de permeabilidade do solo. Realizar juntamente com a atualização da Planta Genérica de Valores. - a cada 4 anos.	-	-	-	AA - RP	
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		R$ 50.000,00	**-**	**-**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 50.000,00**

Legenda: RP – Recursos Próprios; AA – Ação Administrativa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

10.4.5 Objetivo 5 – Implantação da taxa de drenagem

O objetivo 5 propõe a implementação de uma taxa de drenagem como instrumento para viabilizar a gestão eficiente do sistema de drenagem urbana e o financiamento das ações associadas. A justificativa para essa medida ressalta a necessidade de estabelecer uma taxa que cumpra seu propósito de maneira eficaz, considerando o destino e o impacto da receita arrecadada.

Dado que o sistema de drenagem urbana busca gerenciar o escoamento pluvial excedente resultante da impermeabilização do solo, sugere-se que a cobrança dessa taxa seja baseada na área impermeável de cada propriedade. Essa metodologia visa assegurar maior equidade, atribuindo responsabilidade proporcional aos proprietários pelo impacto de suas áreas impermeáveis sobre o sistema de drenagem.

O Quadro 21 apresenta uma síntese do objetivo 5.

Quadro 21 - Síntese do Objetivo 5.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)		
OBJETIVO	**5**	**IMPLANTAÇÃO DA TAXA DE DRENAGEM**
FUNDAMENTAÇÃO		A definição apropriada da taxa de drenagem permite que ela cumpra funções essenciais, condicionadas ao objetivo estabelecido para a utilização da receita gerada. Na ausência de informações precisas sobre a demanda dos serviços de drenagem e considerando a inexistência de experiências prévias de medição e cobrança individualizada, recomenda-se definir uma taxa baseada no custo médio de operação, com prioridade para o financiamento do sistema. Dado que o sistema de drenagem urbana foi projetado para controlar o escoamento pluvial excedente decorrente da impermeabilização do solo, é razoável que a cobrança seja proporcional à área impermeável de cada propriedade. Contudo, diante das deficiências atuais, sugere-se que a regularização e a melhoria da qualidade do serviço sejam priorizadas, conforme as ações propostas anteriormente, antes de se iniciar a discussão sobre a implementação da cobrança.
MÉTODO DE ACOMPANHAMENTO (INDICADOR)		Identificação da implementação da ação.

METAS		
CURTO PRAZO - 1 A 5 ANOS	**MÉDIO PRAZO - 6 A 10 ANOS**	**LONGO PRAZO - 11 A 30 ANOS**
1) Realizar estudos e elaborar um projeto para a implementação da taxa de drenagem no município. 2) Realizar debates com a população para a definição da taxa de drenagem urbana.	3) Implantar a taxa de drenagem.	4) Fiscalizar

PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES						
CÓDIGO	**DESCRIÇÃO**	**PRAZOS**			**POSSÍVEIS FONTES**	**MEMÓRIA DE CÁLCULO**
		CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**		
5.1	Contratação de serviço especializado de consultoria para estudo econômico sobre a taxa de drenagem	R$ 50.000,00			RP - AA	Preço médio de mercado.
5.2	Implantar a taxa de drenagem.	-	-	-	RP - AA	Ação Administrativa
TOTAIS DOS PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES		**R$ 50.000,00**	**-**	**-**	**TOTAL DO OBJETIVO**	**R$ 50.000,00**

Legenda: RP – Recursos Próprios; AA – Ação Administrativa.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

10.4.6 Totais dos Programas, Projetos e Ações

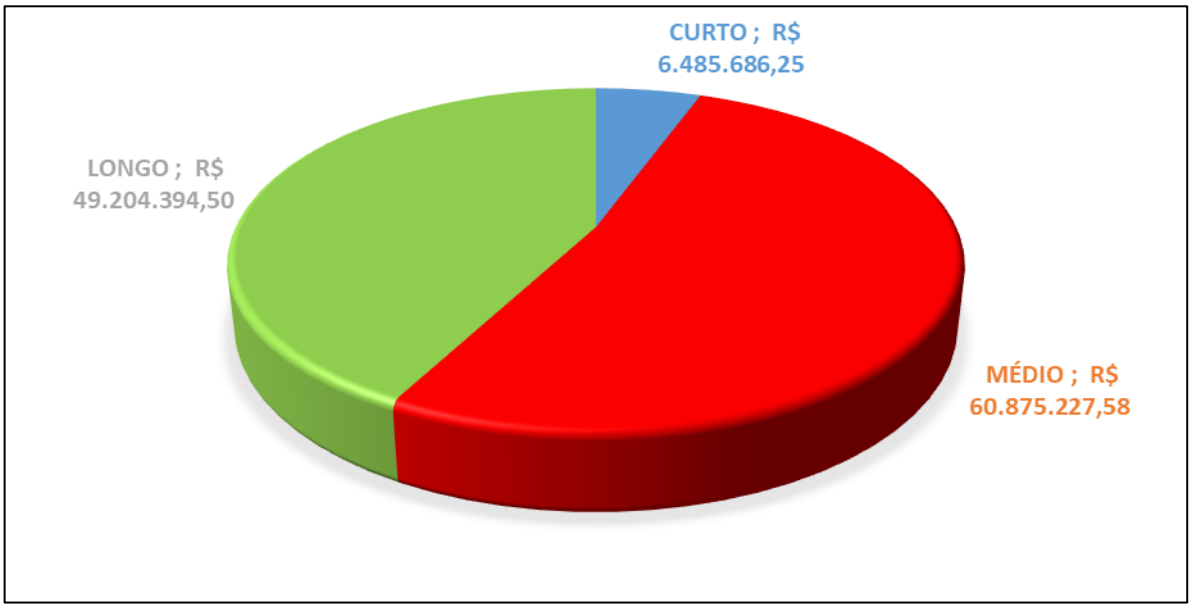
A Tabela 48 e o Gráfico 9 apresentam os investimentos previstos, organizados por objetivo e período de implementação.

Tabela 48 - Totais dos programas, projetos e ações.

MUNICÍPIO DE BIRIGUI SP - PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU)				
PROGRAMAS, PROJETOS E AÇÕES - TOTAIS DOS VALORES ESTIMADOS (R$)				
OBJETIVOS	**PRAZOS**			**TOTAL GERAL**
	CURTO	**MÉDIO**	**LONGO**	
MAPEAMENTO, DIGITALIZAÇÃO E GEORREFERENCIAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM DO MUNICÍPIO	R$ -	R$ 45.400,00	R$ -	**R$ 45.400,00**
IMPLEMENTAR AÇÕES ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R$ 1.450.000,00	R$ 57.124.678,50	R$ 35.272.602,00	**R$ 93.847.280,50**
IMPLEMENTAR AÇÕES NÃO ESTRUTURAIS QUE MINIMIZEM OS PROBLEMAS NO SISTEMA DE DRENAGEM URBANA	R$ 4.935.686,25	R$ 3.705.149,08	R$ 13.931.792,50	**R$ 22.572.627,83**
CONTROLE DAS ÁGUAS PLUVIAIS NA FONTE (LOTES OU LOTEAMENTOS)	R$ 50.000,00	R$ -	R$ -	**R$ 50.000,00**
CRIAÇÃO DE TAXA DE DRENAGEM	R$ 50.000,00	R$ -	R$ -	**R$ 50.000,00**
TOTAL GERAL	**R$ 6.485.686,25**	**R$ 60.875.227,58**	**R$ 49.204.394,50**	**R$ 116.565.308,33**

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

Gráfico 9 - Totais dos programas, projetos e ações por prazo de execução.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

11 FONTES DE FINANCIAMENTO

Os recursos disponíveis para financiamento de projetos podem ser tanto públicos quanto privados. Os recursos públicos têm origem em órgãos governamentais e incluem fundos municipais, estaduais, federais e de organismos internacionais. O acesso a esses recursos ocorre por meio de editais públicos, concorrências, apresentação de projetos em períodos específicos ou contato direto com as instâncias responsáveis pela sua gestão. Esses financiamentos podem ser classificados como voluntários, quando integram o orçamento público, ou compulsórios, quando são obrigatoriamente destinados a finalidades específicas.

Entre as opções de financiamento destacam-se algumas possibilidades, como linhas de crédito oferecidas por agentes financeiros, com taxas de juros reduzidas em relação ao mercado; incentivos fiscais, concedidos pelo governo à iniciativa privada na forma de deduções de impostos; e recursos a fundo perdido, alocados em fundos nacionais, estaduais ou municipais, que são disponibilizados com critérios específicos e sem a exigência de reembolso à instituição financiadora.

Os recursos privados provêm de diferentes instituições, como associações, empresas, fundações e bancos, cada uma com modelos específicos para a apresentação de projetos e linhas de financiamento bem estabelecidas. Diversas empresas

oferecem financiamento para iniciativas específicas, enquanto associações se destacam como fontes valiosas de parcerias, disponibilizando doações ou financiamentos voltados ao desenvolvimento de projetos alinhados à sua área de atuação. Fundações, sejam nacionais ou internacionais, têm como objetivo financiar ou executar projetos voltados para áreas sociais, ambientais e culturais. Além disso, alguns bancos, tanto nacionais quanto internacionais, disponibilizam financiamentos a fundo perdido para projetos com foco socioambiental e sociocultural.

Considerando as restrições financeiras enfrentadas pelos municípios e os elevados investimentos necessários para a implementação do Plano, é essencial explorar diferentes fontes de recursos financeiros que possam ser acessadas pelo município. Os recursos podem ser classificados em ordinários, que têm maior previsibilidade de recorrência em todos os períodos financeiros, e extraordinários, que não se repetem anualmente, demandando esforços específicos do município para sua obtenção.

11.1 RECURSOS ORDINÁRIOS

Os municípios dispõem de recursos ordinários decorrentes de impostos descritos a seguir.

- Imposto Predial Territorial Urbano (IPTU): aplicado a propriedades com edificações situadas em áreas urbanas, sendo cobrado anualmente de proprietários de imóveis residenciais, comerciais ou industriais, conforme descrito por Teixeira (2020).
- Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISSQN): tributo municipal previsto no artigo 156 da Constituição Federal, cuja competência para instituí-lo é exclusiva dos municípios, sendo aplicado sobre a prestação de serviços de qualquer natureza.
- Imposto sobre a Transmissão Onerosa de Bens Imóveis (ITBI): imposto obrigatório instituído pelas prefeituras e cobrado do comprador no ato de aquisição de um imóvel.
- Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS): é um tributo de competência estadual que incide sobre a circulação de mercadorias, as

prestações de serviços de transporte interestadual e intermunicipal, os serviços de comunicação e o fornecimento de energia elétrica. Além disso, aplica-se também à entrada de mercadorias importadas e aos serviços prestados no exterior.

- Fundo de Participação dos Municípios (FPM): transferências realizadas pela União aos municípios como participação na arrecadação de tributos federais, como o Imposto de Renda e o Imposto sobre Produtos Industrializados.
- Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR): tributo federal cobrado anualmente dos proprietários de terras rurais, abrangendo também titulares do domínio útil ou possuidores de qualquer título.

Esses recursos constituem importantes fontes de receita para os municípios, permitindo que sejam financiados serviços essenciais, como projetos de infraestrutura, incluindo obras voltadas para a melhoria de saneamento e a gestão de resíduos, e realizadas melhorias no desenvolvimento municipal.

11.2 RECURSOS EXTRAORDINÁRIOS

A seguir, são apresentadas as categorias de recursos extraordinários disponíveis, que podem ser classificadas em:

- **Não reembolsáveis**: recursos financeiros concedidos sem a necessidade de devolução;
- **Reembolsáveis**: recursos disponibilizados com condições financeiras mais favoráveis, como taxas reduzidas, prazos de carência e amortização estendidos, mas que exigem reembolso.

11.2.1 Ação Orçamentária 10SG

Para promover o desenvolvimento do setor de saneamento básico com foco na drenagem urbana, o Plano Plurianual da União (PPA) estabeleceu programas

temáticos específicos, como o Programa de Gestão de Riscos e Desastres, implementado por meio da Ação Orçamentária 10SG.

Esse programa representa a principal iniciativa federal voltada ao apoio de sistemas sustentáveis de drenagem urbana e ao manejo de águas pluviais em municípios suscetíveis a inundações recorrentes, alagamentos e enxurradas. Ele está vinculado ao Programa 2218 - Gestão de Riscos e Desastres, que consolidou as ações relacionadas à drenagem nos PPAs entre 2016 e 2019. Tradicionalmente, as medidas orçamentárias e programas têm priorizado ações corretivas, como o controle de enchentes, a estruturação e manutenção de sistemas de informação e alerta, bem como atividades de caráter estruturante.

Grande parte das intervenções apoiadas pela Ação Orçamentária 10SG está direcionada à restauração das condições naturais de drenagem nas áreas urbanizadas. Essas ações buscam recuperar características como taxas de infiltração e evaporação, revitalização de córregos e rios urbanos e aproveitamento de águas pluviais. Entretanto, em situações em que não é viável adotar medidas para reduzir vazões de pico e o escoamento superficial, uma alternativa é a ampliação, recuperação ou construção de sistemas de drenagem que estejam subdimensionados. Vale destacar que muitos municípios não contam com sistemas naturais de drenagem, o que reforça a importância de relatórios detalhados sobre projetos executados, dotações orçamentárias e indicadores de desempenho. Esses documentos possibilitam o monitoramento das iniciativas e a identificação de tendências adotadas, sejam sustentáveis ou tradicionais.

Os sistemas de drenagem devem operar de forma integrada, conciliando a eficiência das infraestruturas existentes com a restauração ambiental urbana por meio de infraestruturas verdes. Para municípios ou áreas sem sistemas de drenagem, ou com sistemas recentemente implantados, é indispensável adotar soluções sustentáveis desde a base. Essas medidas devem ser complementadas por um planejamento urbano adequado, em conformidade com o plano diretor, e pela garantia de que habitações sejam construídas fora de áreas de risco, como aquelas suscetíveis a inundações, alagamentos ou deslizamentos.

De acordo com o Programa 2218 - Gestão de Riscos e Desastres, os municípios que desejam acessar os recursos devem atender aos seguintes critérios:

- Possuir mapeamento de setorização de risco realizado ou reconhecido pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM).
- Apresentar processo hidrológico crítico (inundação, enxurrada, enchente ou alagamento) como situação predominante.
- Estar em conformidade com o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA) no componente de Águas Pluviais, comprovado por meio de atestado de regularidade de fornecimento de dados emitido pelo Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR).
- Cumprir integralmente as disposições do Art. 50 da Lei nº 11.445/2007 e do Decreto nº 11.467, de 5 de abril de 2023, que o regulamenta.

11.2.2 Os programas de financiamento reembolsáveis

Os programas de financiamento reembolsáveis oferecem às concessionárias a oportunidade de obter empréstimos financeiros, destinados aos municípios com o objetivo de promover o avanço de setores relacionados ao saneamento básico. Contudo, o valor emprestado deve ser devolvido ao longo do tempo, com os devidos reajustes e correções monetárias.

a) Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES)

Uma das principais finalidades do BNDES é apoiar o desenvolvimento local por meio de parcerias com governos estaduais e prefeituras, facilitando e implementando os investimentos necessários. As entidades governamentais podem solicitar financiamentos para projetos de investimentos, aquisição de equipamentos e exportação de bens e serviços. Esse tipo de financiamento é reembolsável. Quando solicitado pelo município, é imprescindível que a previsão do pagamento do empréstimo conste na lei orçamentária, além de permitir a assunção da dívida em nome do município.

b) Banco do Brasil (BB)

Adotando uma estratégia semelhante à do BNDES, o Banco do Brasil oferece financiamentos destinados à aquisição de máquinas, equipamentos novos e insumos. Esses financiamentos estão disponíveis exclusivamente para sociedades empresárias (micro, pequenas e médias empresas), além de associações e cooperativas.

c) Caixa Econômica Federal (CAIXA)

A Caixa Econômica Federal, em parceria com o governo federal, firmou um acordo para disponibilizar linhas de crédito destinadas ao financiamento da elaboração de planos estaduais e municipais de resíduos sólidos, além de apoiar a profissionalização de cooperativas de catadores.

O financiamento pode ser solicitado por Estados, Municípios e outros atores da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), incluindo catadores e cooperativas que atuam na reciclagem.

d) Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)

O Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) promove o desenvolvimento econômico, social e sustentável na América Latina e no Caribe por meio de operações de crédito, liderança em iniciativas regionais, pesquisas, atividades institucionais e programas que disseminam conhecimento.

O BID oferece suporte na elaboração de projetos e disponibiliza financiamento, assistência técnica e *expertise* para viabilizar ações de desenvolvimento. Seus empréstimos são destinados a governos nacionais, estaduais e municipais, além de instituições públicas autônomas. Organizações da sociedade civil e empresas do setor privado também podem acessar os financiamentos disponibilizados pelo BID.

e) Banco Mundial (*The World Bank*)

O Banco Mundial, uma instituição autônoma e independente do sistema das Nações Unidas, é amplamente reconhecido como a principal entidade global de apoio

ao desenvolvimento. Com recursos financeiros significativos, equipe altamente especializada e um extenso acervo de conhecimento, o Banco Mundial atua para promover o crescimento estável, sustentável e equitativo das nações, tendo como foco principal a redução da pobreza e das desigualdades sociais (Brasil, s.d.).

Além disso, o Banco Mundial auxilia os países na captação e retenção de investimentos privados. Por meio de empréstimos e consultorias, apoia os governos no fortalecimento de suas economias, no aprimoramento de sistemas bancários e no investimento em capital humano, infraestrutura e preservação ambiental, contribuindo para aumentar a atratividade e a eficiência dos investimentos privados.

f) Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)

O Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) é uma iniciativa do Governo Federal destinada a impulsionar o desenvolvimento da economia brasileira por meio de investimentos estratégicos em infraestrutura. As prioridades de investimento do programa estão organizadas em eixos temáticos, como saneamento básico (PAC Cidade Melhor), habitação (PAC Habitação), transporte (PAC Transporte), energia (PAC Energia) e recursos hídricos (PAC Água e Luz Para Todos).

Com foco no desenvolvimento social e econômico, o PAC oferece uma oportunidade de acesso a recursos federais, sendo financiado por meio do orçamento da União, investimentos de empresas estatais e capital privado, frequentemente estimulados por parcerias público-privadas.

Nesse contexto, cabe ao gestor público avaliar as alternativas disponíveis e articular parcerias estratégicas para acessar os recursos disponibilizados pelo governo federal, contribuindo para a implementação de ações alinhadas às diretrizes da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

11.2.3 Programas de financiamento não reembolsáveis

Os programas de financiamento não reembolsáveis oferecem suporte financeiro aos municípios para a execução de projetos que promovam melhorias locais. Esses recursos não requerem reembolso, permitindo aos municípios investir

diretamente no desenvolvimento de iniciativas estratégicas sem a necessidade de devolução.

a) Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO)

O Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO), regulamentado pelo Decreto Estadual nº 48.896/2004 e suas alterações, atua como um instrumento econômico-financeiro do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH). Sob a supervisão da Coordenadoria de Recursos Hídricos (CRHi) da Secretaria de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL), sua administração é realizada pelo Departamento de Operacionalização do Fundo (DOF).

O principal objetivo do FEHIDRO é apoiar a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, disponibilizando recursos financeiros para programas e projetos relacionados à gestão e preservação dos recursos hídricos. Essa iniciativa visa garantir melhorias e a conservação dos corpos d'água e de suas bacias hidrográficas. Ressalta-se que todas as ações e programas financiados devem estar em consonância com as metas estabelecidas no Plano de Bacia Hidrográfica e alinhados ao Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH).

b) Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA)

A Lei Federal nº 7.797 (Brasil, 1989) instituiu o Fundo Nacional do Meio Ambiente (FNMA), vinculado ao Ministério do Meio Ambiente, com o objetivo de disponibilizar recursos para capacitação de gestores e desenvolvimento de ações voltadas à temática ambiental. Entre as áreas contempladas estão água, florestas, fauna, projetos sustentáveis, planejamento e gestão territorial, além de outras iniciativas direcionadas à proteção da biodiversidade e da natureza.

As propostas podem ser submetidas de acordo com os temas estabelecidos anualmente pelo Conselho Deliberativo do FNMA, seguindo as diretrizes e orientações publicadas na página oficial do fundo.

c) Fundo Brasileiro de Educação Ambiental (FunBEA)

O Fundo Brasileiro de Educação Ambiental (FunBEA) é resultado de um processo de diálogo e articulação envolvendo gestores, educadores, pesquisadores, cientistas e profissionais. Sua criação reflete a necessidade de enfrentar desafios jurídicos, operacionais, pedagógicos e de inovação social relacionados ao fortalecimento da educação ambiental no Brasil.

Instituído em 2010, o FunBEA tem como objetivo viabilizar e ampliar ações, projetos e programas de educação ambiental, que tradicionalmente enfrentam dificuldades em acessar as formas convencionais de financiamento. A iniciativa foi promovida por educadores e gestores ambientais provenientes da academia, da sociedade civil organizada, do setor empresarial e do governo, contando com o apoio do Ministério do Meio Ambiente.

d) Ministério da Saúde

A Fundação Nacional de Saúde (Funasa), vinculada ao Ministério da Saúde, atua como órgão executivo responsável por fomentar a universalização dos serviços de saneamento básico. Para isso, permite que os municípios interessados em obter recursos apresentem projetos voltados às áreas de engenharia de saúde pública e saneamento ambiental.

O objetivo principal é fortalecer ações de saúde pública por meio da implementação de sistemas que ampliem a prestação de serviços relacionados ao saneamento ambiental urbano e rural.

Podem submeter projetos os municípios com população de até 50 mil habitantes ou aqueles incluídos no Programa de Aceleração do Crescimento (PAC). As propostas devem atender às diretrizes estabelecidas no Manual de Orientações Técnicas para Elaboração de Projetos de Resíduos Sólidos, disponível no portal eletrônico da Funasa.

e) Ministério da Justiça – Fundo de Direito Difuso (FDD)

O Fundo administrado pelo Ministério da Justiça tem como objetivo reparar danos causados ao meio ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico, bem como a outros interesses difusos e coletivos.

Os recursos destinados ao fundo são provenientes de multas aplicadas pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), de sanções impostas pelo descumprimento de Termos de Ajustamento de Conduta (TACs) e de condenações judiciais em ações civis públicas.

Esses recursos são direcionados exclusivamente a entidades que atuam na defesa de direitos difusos, como a preservação e recuperação do meio ambiente, a proteção e defesa do consumidor e a promoção da concorrência. Entre os projetos apoiados estão iniciativas voltadas à gestão de resíduos sólidos, coleta seletiva e programas alinhados aos objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), como redução, reutilização, reaproveitamento e reciclagem de resíduos.

Para acessar os recursos do Fundo de Direitos Difusos (FDD), é necessário submeter uma candidatura acompanhada de uma carta-consulta, cujo modelo está disponível no site do Ministério da Justiça. Podem pleitear esses recursos instituições governamentais da administração direta e indireta em nível federal, estadual e municipal, bem como organizações não governamentais brasileiras que desenvolvam projetos nas áreas de meio ambiente, defesa do consumidor, proteção de bens culturais ou históricos.

f) Fundo Nacional de Compensação Ambiental (FNCA)

Em 2005, com o objetivo de garantir a destinação adequada dos recursos provenientes da compensação ambiental em processos de licenciamento federal, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e o Ibama instituíram o Fundo Nacional de Compensação Ambiental (FNCA), em cooperação com a Caixa Econômica Federal. Os recursos arrecadados eram direcionados para um fundo de investimento gerido pela Caixa, com a adesão dos empreendedores responsáveis, e sua execução ficava a cargo do Ibama.

O FNCA foi concebido para evitar que os recursos provenientes da compensação ambiental fossem alocados no caixa único do Tesouro Nacional, assegurando maior disponibilidade e agilidade na aplicação direta em unidades de conservação federais. Esse fundo se destinava a investir os valores pagos como compensação ambiental por empreendimentos de infraestrutura ou outras atividades que causassem impactos significativos ao meio ambiente.

g) Fundo Vale

Criado em 2009 pela Companhia Vale do Rio Doce, o Fundo Vale representa uma contribuição da empresa para a busca de soluções globais voltadas à sustentabilidade. Suas atividades tiveram início no Bioma Amazônia, com foco no apoio a iniciativas que integram a conservação dos recursos naturais à melhoria da qualidade de vida e ao fortalecimento dos territórios amazônicos e suas comunidades.

Embora os recursos sejam originários da Vale, muitos projetos são desenvolvidos em parceria com o poder público e outras organizações. Entre os parceiros institucionais, destacam-se a Fundação Avina, *Forest Trends*, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (Unesco), Articulação Regional Amazônica (ARA) e a Iniciativa Amapá.

As ações do Fundo Vale estão organizadas em três programas principais, sendo possível que projetos envolvam atividades em mais de um deles:

- **Programa Municípios Verdes**: promove uma agenda de desenvolvimento sustentável nos municípios, incentivando o engajamento dos atores locais e conciliando a gestão ambiental com a economia de base sustentável.
- **Programa Áreas Protegidas e Biodiversidade**: tem como objetivo fortalecer a gestão integrada das áreas protegidas, vinculando-as às estratégias de desenvolvimento local, regional e nacional, a fim de demonstrar sua contribuição aos territórios e garantir a sustentabilidade dessas áreas e de suas comunidades.
- **Programa Monitoramento Estratégico**: busca impulsionar iniciativas de monitoramento e políticas de intervenção, baseadas na produção e utilização de

informações estratégicas para a conservação dos recursos naturais, a redução de sua degradação e o desenvolvimento sustentável das populações locais.

12 MECANISMOS E PROCEDIMENTOS PARA A AVALIAÇÃO SISTEMÁTICA DA EFICIÊNCIA E EFICÁCIA DAS AÇÕES PROGRAMADAS

O acompanhamento da implementação do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) é essencial para assegurar que as ações propostas atinjam seus objetivos de maneira eficaz e eficiente. Nesse contexto, é importante definir os conceitos de eficiência e eficácia. A eficácia está relacionada à realização efetiva das metas propostas dentro dos prazos estabelecidos, enquanto a eficiência diz respeito à gestão adequada dos recursos financeiros, garantindo que os custos não ultrapassem o previsto para a execução das ações.

No entanto, é necessário ir além dessa abordagem, considerando que os impactos das ações implementadas devem ser devidamente avaliados. A efetividade, nesse caso, não pode ser ignorada. Ela envolve a verificação do alcance dos resultados esperados com a execução de uma ação, ou seja, se a intervenção realmente contribuiu para a melhoria da situação específica. Dessa forma, a avaliação deve englobar não apenas a eficácia e a eficiência, mas também a efetividade das ações implementadas, ou seja, a análise do impacto real dessas ações na melhoria das condições locais e na qualidade de vida da população.

De acordo com a FUNASA (2018), para realizar a avaliação de qualquer plano, programa ou projeto, é imprescindível definir antecipadamente:

- A forma como o acompanhamento será conduzido e os critérios que orientarão esse processo;
- Os aspectos específicos que serão objeto da avaliação;
- As partes envolvidas na realização da avaliação;
- A maneira como os resultados serão divulgados.

No que se refere ao acompanhamento e à avaliação do PDDU, a metodologia adotada pode combinar procedimentos de avaliação quantitativa (baseada em

indicadores) e qualitativa (utilizando processos participativos, entrevistas, grupos focais, visitas de campo, entre outros). Exemplos desses procedimentos incluem:

- Realização de entrevistas com moradores, gestores e técnicos responsáveis pela implementação do PDDU, além de outros agentes públicos envolvidos com a microdrenagem, macrodrenagem e drenagem urbana, como os agentes de saúde;
- Execução de visitas de campo para verificar, diretamente, os problemas relatados por moradores, pela mídia local ou por meio do sistema de ouvidoria dos prestadores de serviços;
- Consulta a bancos de dados e sistemas de informações, como o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), DataSUS e outros sistemas nacionais, para realizar comparações entre municípios semelhantes;
- Utilização de indicadores gerados durante o PDDU, a partir da coleta, compilação e armazenamento de dados e informações obtidas.

Quanto ao "O que deve ser avaliado?", a metodologia deve examinar os resultados alcançados pelo PDDU em cada ação do plano, levando em consideração sua eficácia, eficiência e efetividade. Além disso, a revisão do PDDU deve avaliar o funcionamento da Sistemática de Acompanhamento e Avaliação, assim como a integração do saneamento básico com outras políticas públicas relacionadas.

A participação dos Comitês é essencial para garantir uma avaliação transparente e plural. Os resultados devem ser apresentados e debatidos nos Comitês, bem como em outros órgãos colegiados do município. A participação ativa da entidade de regulação e dos prestadores de serviços também é fundamental.

Por fim, no que diz respeito a "Como os resultados serão divulgados?", é imprescindível estabelecer mecanismos de divulgação que sejam acessíveis e compreensíveis. Isso inclui relatórios técnicos acompanhados de resumos explicativos, dinâmicas que facilitem a participação em eventos e a disponibilização de estudos e informações essenciais.

É importante ressaltar que nos quadros síntese dos objetivos do PDDU foram incluídos Métodos de Acompanhamento (Indicadores) específicos, com o intuito de monitorar o alcance desses objetivos. Esses indicadores têm um papel fundamental

na medição do progresso rumo aos objetivos estabelecidos, fornecendo dados concretos para a avaliação do desempenho.

Quanto ao acompanhamento dos Programas, Projetos e Ações propostas para cada objetivo, deve-se adotar o modelo apresentado no Quadro 22. Neste quadro, a primeira coluna corresponde ao código do Programa, Projeto ou Ação, enquanto a segunda e terceira colunas se referem, respectivamente, ao prazo e ao status da execução, utilizando o código de cores indicado na legenda. A quarta coluna deve ser preenchida com a descrição do tipo de problema que impediu o cumprimento do prazo ou a realização da ação, a quinta coluna deve detalhar a razão do atraso ou do problema, e a sexta coluna, por fim, destina-se às justificativas pertinentes aos preenchimentos anteriores.

A avaliação deve ser realizada a cada 4 anos, antes da elaboração do Plano Plurianual Municipal. A Resolução nº 75 do Conselho das Cidades orienta que o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) deve servir como base para a elaboração da legislação orçamentária subsequente, incluindo o próprio PPA (Plano Plurianual), a LDO (Lei de Diretrizes Orçamentárias) e a LOA (Lei Orçamentária Anual) (FUNASA, 2018). Considerando que a drenagem pluvial é um dos eixos do PMSB, é claro que o PDDU deve seguir a mesma abordagem da recomendação, direcionando, assim, a alocação de investimentos, os beneficiários prioritários, os métodos de gestão, as alternativas tecnológicas e os custos associados durante a elaboração da legislação orçamentária mencionada.

Quadro 22 - Acompanhamento do Plano.

Código	Meta/Prazo	Andamento/Anos										Tipo de Problema	Motivo	Justificativa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													
	Programado													
	Executado													

Fonte: FUNASA, 2020. Adaptado por Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

O Termo de Referência para a revisão do PMSB da FUNASA de 2020 destaca uma série de problemas comumente observados na implementação de programas, projetos e ações, embora não cubra todas as possibilidades. Esses problemas geralmente estão relacionados a atrasos na execução das ações ou até mesmo à falta de início conforme o cronograma planejado.

Outro tipo de problema, que não está associado a atrasos, pode ocorrer devido a distorções na natureza da ação. Isso acontece quando uma ação, inicialmente planejada como predominantemente estruturante, é substituída ou modificada durante a execução, tornando-se predominantemente estrutural. Um exemplo disso seria uma ação planejada para reduzir perdas no sistema de abastecimento de água, com o objetivo de capacitar prestadores de serviços e a população sobre o uso consciente da água no dia a dia, mas que acaba sendo substituída por uma rotina de fornecimento de caminhões-pipa para lidar com a escassez de água no município.

Um terceiro tipo de problema está relacionado à inadequação da ação, que resulta de falhas ou erros no planejamento. Isso pode envolver uma solução inadequada, uma meta irrealista ou um prazo de implementação que não se ajusta à execução da ação. Além disso, a falta de sustentabilidade na programação da ação também pode ser um problema, especialmente quando as medidas e os custos não levam em consideração adequadamente as necessidades de operação e manutenção.

Para preencher a coluna **Tipo de Problema,** deve ser usada a seguinte legenda:

A = **Atraso**, de qualquer natureza;
D = **Distorção;**
I = **Inadequação** da proposta.

Os problemas relacionados a algum tipo de atraso em geral têm a ver com a ocorrência de entrave, seja:

I. na **captação de recursos**, de acordo com a fonte de financiamento prevista no Plano;
II. na **elaboração do projeto**, em função da fragilidade técnica do titular;
III. no **processo licitatório** para contratação de estudos e/ou projetos, realização de capacitação, aquisição de equipamentos, execução de obra, entre outros objetos;
IV. na **execução da obra**, em função inclusive da fragilidade técnica dos projetos, ou da interdependência dos cronogramas de determinadas ações, entre outros entraves;
V. no processo de **desapropriação** de determinada área;
VI. no processo de **licenciamento ambiental;**
VII. na **descontinuidade política** provocada pela mudança de governo na administração municipal e pela ausência de um acompanhamento técnico sistemático e efetivo, entre outros tipos de entraves.

Assim, para preencher a coluna **Motivo** do quadro, deve-se usar a seguinte legenda:

CR = entrave na **captação de recursos**, segundo a fonte de financiamento programada;
PROJ = entrave na elaboração de **projeto;**
LIC = entrave no processo **licitatório;**
OB = entrave na execução da **obra;**
DES = entrave na **desapropriação** de área;
LA = entrave no **licenciamento ambiental;**
DP = entrave em função da **descontinuidade política;**

O = entrave em função de **outros** motivos (especificar).

O Quadro 23 apresenta um exemplo de preenchimento e utilização do quadro em uma situação hipotética. A ação 2.1 – "Elaboração do caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem para as microbacias urbanas de Birigui" está prevista para o curto prazo, ou seja, dentro de até 5 anos após o início da implementação do Plano. Portanto, sua execução foi marcada com a cor verde nas células correspondentes ao prazo programado e executado.

A ação 2.2 – "Elaboração do Plano Municipal de Redução de Risco" estava prevista para ocorrer entre o 6º e o 10º ano de implementação, mas foi realizada apenas no sexto ano devido a dificuldades na elaboração do projeto. Como resultado, a coluna "Tipo de Problema" foi preenchida com "A" (atraso), e a coluna "Motivo" foi preenchida com "PROJ" (problema no projeto).

A ação 3.4 – "Contratação de serviço especializado para estudo de medidas estruturais e adequação de micro e macrodrenagem nos bairros que ainda não possuem GAP" ainda não foi iniciada devido a problemas no processo licitatório. Por esse motivo, a coluna "Andamento" foi preenchida com a cor roxa nos dois anos em que a avaliação do Plano foi realizada.

A ação 3.9 – "Implementação de mais 50% dos dispositivos de amortecimento na microbacia do Córrego Biriguizinho" estava prevista para o longo prazo, ou seja, entre o 11º e o 30º ano, mas foi antecipada para o médio prazo. Dessa forma, foi preenchida com a cor azul na coluna "Andamento" devido a uma hipotética mudança na legislação federal, que exigia a realização da ação antes do prazo originalmente previsto, conforme relatado na coluna "Justificativa".

Quadro 23 - Exemplo de preenchimento do quadro de Acompanhamento.

Código	Meta/ Prazo	Andamento/Anos																													Tipo de Problema	Motivo	Justificativa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
2.1	Programado																																	
	Executado																																	
2.2	Programado																															A	PROJ	
	Executado																																	
3.4	Programado																															A	LIC	
	Executado																																	
3.9	Programado																																	Mudança de legislação exigiu antecipação da ação
	Executado																																	

Curto Prazo: até 5 anos
Médio Prazo: 6 a 10 anos
Longo Prazo: 11 a 30 anos
Ação executada antes do prazo programado
Ação não iniciada

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

12.1 INDICADOR DE EXECUÇÃO DO PDDU

O indicador de execução do PDDU tem como finalidade medir o nível de implementação do Plano ao término de cada período (curto, médio e longo prazo) e no período total analisado, considerando as ações previstas e suas metas associadas. As variáveis utilizadas para seu cálculo são:

- número de ações previstas e realizadas conforme as metas estabelecidas e os prazos definidos;
- total de ações planejadas com base nas mesmas metas e prazos estipulados.

A fórmula para calcular esse indicador é:

$$E = \{(Apc + Api / (Apt + Apit)\} \times 100$$

Onde:
E = indicador de execução do PDDU;
Apc = ações com conclusão prevista dentro do tempo de avaliação que foram concluídas;
Api = ações com início previsto dentro do tempo de avalição que foram iniciadas;
Apt = total de ações com conclusão prevista dentro do tempo de avaliação;
Apit = total de ações com início previsto dentro do tempo de avaliação.

Como forma de avaliação final da execução do Plano, ao término do horizonte de projeto, deve-se calcular a proporção entre o total de ações concluídas e o total de ações previstas no PDDU. Esse cálculo permitirá avaliar a porcentagem de ações efetivamente realizadas durante o período.

13 RELATÓRIO DA CONSULTA PÚBLICA

No processo de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) do município de Birigui-SP, foi promovida uma consulta pública com o intuito de assegurar a participação popular e o fortalecimento da gestão democrática no planejamento urbano e ambiental. A consulta teve como finalidade a coleta de contribuições, críticas e sugestões da população, visando o aprimoramento das diretrizes e proposições estabelecidas no plano. Este relatório apresenta a sistematização das manifestações recebidas, a avaliação técnica de sua pertinência e aderência ao conteúdo do PDDU, bem como recomendações de ajustes e encaminhamentos.

13.1 METODOLOGIA

A consulta pública foi realizada por meio digital, entre os dias 10 e 31 de março de 2025, por meio de formulário online divulgado pela Prefeitura Municipal de Birigui e pela equipe técnica responsável pelo plano.

O formulário foi estruturado de forma objetiva, com campos destinados à identificação do participante, além de um espaço aberto para sugestões, observações ou comentários relacionados ao conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU). O objetivo foi garantir ampla participação popular, permitindo que os munícipes se manifestassem de forma espontânea quanto aos temas abordados no plano, com foco em possíveis melhorias, dúvidas sobre pontos específicos ou recomendações gerais.

A divulgação ocorreu por meio dos canais oficiais da Prefeitura (conforme Figura 49 e Figura 50), como o site institucional, além do apoio da equipe técnica de comunicação, com publicações em redes sociais e circulação de material digital. O processo foi totalmente online, de modo a ampliar o alcance e possibilitar o envio de contribuições de forma acessível, especialmente considerando o contexto atual de modernização dos canais de participação social.

Figura 49 – Divulgação da Consulta Pública no site da Prefeitura Municipal de Birigui/SP.



Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Recorte da publicação no site institucional. Disponível em: http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticias_detalhes.php?id_noticia=10584.

Figura 50 – Divulgação da Consulta Pública no Instagram da Prefeitura Municipal de Birigui/SP.



Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Publicação no Instagram institucional. Disponível em: https://www.instagram.com/prefeituradebirigui.

As manifestações populares foram coletadas, organizadas e analisadas em conjunto com o conteúdo técnico do PDDU, permitindo a identificação de sugestões que:

- já se encontrassem contempladas no plano;
- apresentassem potencial de incorporação com compatibilidade técnica;
- não apresentassem viabilidade técnica ou extrapolassem o escopo do PDDU.

13.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS CONTRIBUIÇÕES

As manifestações abrangeram temas recorrentes e pertinentes à drenagem urbana, sendo possível agrupá-las em eixos temáticos. Abaixo, descreve-se a síntese das principais contribuições da população:

a) Pontos Críticos de Alagamento e Propostas de Intervenção Localizada

Diversas contribuições destacaram locais com recorrência de alagamentos, tais como: Parque do Povo, Avenida João Cernach, Rua Francisco Galindo de Castro, Rua Liberdade (Vila Roberto), bairros como Moimas, Santo Antônio, Margareth Josefina Del Bianco Vargas, Ibiza e Recanto Verde. As manifestações demandam desde a implantação de novas galerias, alargamento de canais e instalação de bocas de lobo, até intervenções com bacias de detenção e obras de infraestrutura verde.

b) Estruturação Legal e Gestão Urbana

Houve sugestões para criação de instrumentos legais que disciplinassem o uso de materiais permeáveis em estacionamentos, calçadas e passeios públicos, além de regulamentação da arborização urbana e fiscalização da impermeabilização irregular. Também foi mencionada a necessidade de atualizar legislações municipais com vistas à obrigatoriedade de taxa de permeabilidade e adoção de cisternas para reuso de águas pluviais.

c) Soluções Baseadas na Natureza

As contribuições valorizaram a implantação de infraestrutura verde, parques lineares, canais vegetados e reflorestamento de margens de córregos. Também foi solicitada a preservação e requalificação de áreas naturais, como o Lago da Raquete e o Ribeirão Baixotes.

d) Educação e Conscientização Ambiental

A população destacou a importância da educação ambiental nas escolas, campanhas públicas sobre resíduos e uso da água, e a participação comunitária na manutenção e fiscalização das estruturas de drenagem.

e) Qualidade da Água e Abastecimento

Algumas manifestações abordaram preocupações com a qualidade da água fornecida, mencionando sabor e aspecto oleoso, o que extrapola o escopo do PDDU, mas merece encaminhamento à autarquia responsável pelo abastecimento público.

A seguir, apresenta-se um quadro síntese com áreas do município mencionadas pela população durante a consulta pública, indicando os problemas relatados e recomendações complementares para fortalecimento das proposições existentes.

Quadro 24 – Síntese: ações de drenagem em bairros críticos segundo a consulta pública.

Bairro / Localidade	Problema Relatado	Recomendação Complementar
Avenida João Cernach / Parque do Povo / Lago da Raquete	Alagamentos frequentes e intensos, sobrecarga na confluência dos córregos, proposta de reservatórios e requalificação do lago.	Prioridade de execução das intervenções nesta localidade conforme as metas do Objetivo 3.
Rua Francisco Galindo de Castro	Rede de drenagem pluvial subdimensionada.	Intervenções nesta localidade conforme as metas do Objetivo 3 (a localidade se encontra na microbacia do Córrego Biriguizinho, uma das microbacias críticas para implementação das metas).
Bairro Moimas	Ausência de dispositivos de captação (bocas de lobo) e falhas de manutenção.	Inserir o bairro na programação de reabilitação da rede.
Margareth Josefina Del Bianco Vargas	Alagamentos frequentes, ausência de infraestrutura de drenagem.	Incluir como nova área prioritária e previsão de galeria pluvial.
Recanto Verde (Rua Leonato Fioroto)	Alagamento em rotatória, bocas de lobo entupidas.	Recomenda-se elaborar projeto específico para implantação de sistema de captação pluvial e manutenção sistemática.
Ibiza / Santo Antônio	Proposta de lagoas de contenção.	Estudo de viabilidade para bacia na área sugerida pela população.

Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2025.

É importante salientar ainda que, considerando o caráter estruturante deste primeiro PDDU, as proposições estabelecidas possuem natureza basilar, visando à criação de condições técnicas e institucionais sólidas para a gestão integrada das águas pluviais no município. Com a implantação e consolidação dessas medidas básicas e a efetividade do sistema de drenagem, será possível estabelecer futuramente metas mais específicas e detalhadas nas demais áreas, permitindo intervenções pontuais e

aprimoramentos progressivos conforme as necessidades locais identificadas. Essa estratégia de planejamento em etapas sucessivas assegura coerência técnica e financeira, além de garantir que os esforços de gestão sejam continuamente otimizados.

A partir das contribuições recebidas durante o processo participativo da consulta pública, que podem ser vistas na íntegra no Anexo 4, foi possível constatar que grande parte das demandas destacadas pela população já se encontram contempladas, em diferentes níveis de detalhamento, nas diretrizes, ações e proposições do Plano Diretor de Drenagem Urbana, bem como na Minuta de Lei.

Com o intuito de atender aos objetivos do plano e valorizar o compromisso com a participação popular, este relatório buscou ampliar a ênfase em pontos específicos relatados pela comunidade, fortalecendo as propostas existentes. Espera-se que essa abordagem contribua para uma gestão urbana mais efetiva e alinhada às expectativas da sociedade local.

14 RELATÓRIO DA AUDIÊNCIA PÚBLICA

No dia 14 de abril de 2025, no plenário da sede administrativa "Leonardo Sibioni", no município de Birigui/SP, foi realizada a audiência pública para consolidação do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Birigui, com convocação dos representantes da sociedade civil por meio do Edital nº 61/2025, publicado no Diário Oficial do Município de Birigui em 28 de março de 2025.

A audiência pública referente ao PDDU de Birigui/SP foi aberta pelo secretário municipal de obras, Rogério Fernandes, que destacou o compromisso da gestão municipal com a transparência e com o cumprimento das etapas previstas para a elaboração do plano. Em sua manifestação inicial, o secretário cumprimentou vereadores, secretários e os demais presentes no plenário, contextualizando a importância do evento no ciclo de planejamento da drenagem urbana.

Na sequência, a palavra foi passada para Fernanda Scardovelli, Chefe de Divisão de Manutenção de Vias Públicas. Fernanda assumiu a condução e apresentou o engenheiro sanitarista e ambiental Robert Caetano, representante da Líder Engenharia e Gestão de Cidades, ressaltando a parceria entre o município e a consultoria na construção do plano. Fernanda ressaltou a audiência pública como espaço de participação social, destinado à escuta dos diferentes segmentos da comunidade, bem

como destacou a importância do plano diretor como instrumento de planejamento urbano e de promoção da qualidade de vida.

Declarada aberta a audiência pública, o engenheiro Robert Caetano se apresentou e ao outro representante da empresa que estava presente, o engenheiro ambiental Rafael Remoto Menezes. O Robert iniciou a apresentação técnica apresentando a empresa, a equipe técnica multidisciplinar que a compõe, bem como destacou a atuação nacional da consultoria. Foram detalhados os objetivos da audiência e o papel da participação popular no processo, reforçando o caráter consultivo e integrador desta etapa.

Durante a apresentação técnica, introduziu-se falando o que é um Plano Diretor de Drenagem Urbana e sua importância. Foram detalhadas as etapas do plano: levantamento e consolidação de dados, estudos hidrológicos e hidráulicos, abordando os conceitos de bacia hidrográfica e a importância da análise integrada das microbacias do município, diagnóstico da situação atual, identificação de pontos críticos de alagamento e avaliação de alternativas técnicas.

Iniciou-se o diagnóstico da drenagem de Birigui, com conceitos fundamentais da drenagem urbana, apresentação da delimitação das microbacias urbanas, os estudos morfométricos das bacias e uma explanação, por meio de fluxograma, sobre o processo de urbanização e suas correlações com a impermeabilização de áreas naturais e a drenagem, complementando com a apresentação do mapeamento da cobertura do solo, identificando as classes de áreas impermeabilizadas pela urbanização.

Foram apresentados os resultados dos levantamentos de campo, a identificação e documentação fotográfica dos pontos críticos de alagamento, a análise dos dispositivos existentes (com discriminação da extensão da rede e quantidade de microdrenos), as patologias observadas e as áreas de maior vulnerabilidade. O público acompanhou, por meio de mapas, diagramas, fotografias e quadros-síntese, a exposição das principais situações de risco identificadas.

O engenheiro detalhou como essas análises fundamentaram a proposição de alternativas, contemplando soluções estruturais – como ampliação e modernização da microdrenagem, implantação de bacias de detenção, requalificação de canais, criação de áreas de infiltração, áreas para amortecimento e dispositivos de controle na fonte – e medidas não estruturais, como atualização da legislação municipal, incentivo

à permeabilidade dos lotes, instrumentos de fiscalização, educação ambiental e participação comunitária.

Durante toda a apresentação, a narrativa buscou integrar a visão técnica à realidade do município, enfatizando o alinhamento das propostas do plano às demandas práticas e históricas da população. O conteúdo foi exposto de maneira clara e acessível, visando não apenas à transmissão de informações, mas à promoção do entendimento e do engajamento dos participantes.

Encerrada a apresentação, foi aberto espaço para manifestações do público, que resultou em um momento produtivo de questionamentos, relatos e debates. Entre as principais questões levantadas, destacaram-se as ocorrências frequentes de alagamento nos pontos de confluência dos córregos Nunes, Vendrame e Biriguizinho, além das ruas próximas ao Córrego da Piscina, situações agravadas pela ausência ou insuficiência da rede de microdrenagem a montante da área de drenagem do Córrego da Piscina, o que faz com que um grande volume de água escoe superficialmente e com velocidade. Foram relatados prejuízos em residências, veículos e infraestrutura urbana relacionados a essas questões, reforçando a necessidade de intervenções planejadas e eficientes.

O debate também contemplou o impacto do crescimento urbano e do aumento da impermeabilização sobre o sistema de drenagem, e a necessidade de que a expansão do perímetro urbano seja acompanhada de critérios técnicos para a implantação de novas redes e dispositivos de controle. O engenheiro Robert esclareceu que a minuta de lei que dispõe sobre a Política Municipal de Drenagem Urbana já estabelece normas para novos empreendimentos, loteamentos e edificações, incluindo a obrigatoriedade de estudos específicos de drenagem, implantação de dispositivos de controle e manutenção do percentual de infiltração, visando prevenir a ampliação dos problemas já existentes e evitar a criação de novas áreas suscetíveis a alagamentos.

Outros temas tratados incluíram a existência de estudos de contribuição entre áreas de microbacias, a priorização de intervenções em áreas sensíveis e a integração das soluções do plano ao planejamento urbano municipal. As manifestações trouxeram sugestões de aprofundamento de temas e aprimoramento das propostas, as quais foram registradas para análise e eventual incorporação à versão final do PDDU.

Durante a audiência, participaram ativamente vereadores, membros de secretarias municipais, técnicos de órgãos estaduais, representantes do comitê de bacia

hidrográfica, estudantes universitários e munícipes, evidenciando o interesse da sociedade em contribuir para a construção de soluções efetivas e sustentáveis para os desafios de drenagem do município. Foram sugeridos aprofundamentos temáticos para a versão final do plano, com inclusão de demandas pontuais e avaliação de intervenções prioritárias nas áreas mais críticas. O evento possibilitou um debate técnico qualificado, mas também um espaço de escuta e valorização das experiências locais, fortalecendo o caráter democrático e participativo do processo.

Ao final, com o encerramento das manifestações, a audiência pública foi formalmente encerrada, ficando consignado como encaminhamento o compromisso de considerar as manifestações apresentadas durante a audiência pública na revisão e consolidação do PDDU, que serão analisados e, se pertinentes, incorporados ao documento final do plano bem como de incluir o presente relatório, acompanhado de registro fotográfico, lista de presença e a apresentação utilizada, como anexos oficiais do processo (Anexo 5).

15 DOCUMENTOS LEGAIS

Será apresentado o projeto de Minuta de Lei do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), abrangendo os aspectos regulatórios essenciais para a gestão e execução das diretrizes estabelecidas no PDDU. Entre os aspectos estão a definição dos objetivos e princípios do plano, a estruturação do sistema de drenagem urbana, as normas específicas para a implantação de estruturas e intervenções, além das disposições finais e transitórias necessárias para garantir a implementação e continuidade das ações previstas.

15.1 INSTITUCIONALIZAÇÃO

15.1.1 Considerações Iniciais

A institucionalização do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU) de Birigui representa uma etapa estratégica para consolidar as diretrizes e proposições previstas, assegurando a efetiva implementação das ações e investimentos necessários para a gestão integrada da drenagem urbana no município. Essa institucionalização

abrange tanto alterações administrativas quanto a criação de dispositivos legais que fundamentem a política municipal de drenagem urbana.

As ações administrativas necessárias para operacionalizar o plano foram detalhadas em relatório anterior, referente às Diretrizes e Proposições, visando garantir o alcance dos objetivos estratégicos do PDDU. Entre essas ações, destacam-se a estruturação de rotinas administrativas, a definição de responsabilidades institucionais e a consolidação de mecanismos para a captação de recursos financeiros.

Como parte do processo de regulamentação do PDDU de Birigui, apresenta-se em anexo (Anexo 6) neste documento a minuta básica do plano, que inclui:

- Minuta de Anteprojeto de Lei do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

A minuta do Anteprojeto de Lei do PDDU, após análise e aprovação preliminar pelo Executivo Municipal, deverá ser submetida à Câmara Municipal para discussão e deliberação na forma de Projeto de Lei. Este processo deverá ser conduzido de maneira transparente e participativa, envolvendo não apenas o Poder Legislativo, mas também a sociedade civil, entidades de classe e demais atores interessados.

O texto da minuta prevê a possibilidade de regulamentação complementar por meio de decretos emitidos pelo Executivo Municipal, após apreciação e aprovação pelo Conselho Municipal competente. Essa abordagem garante maior flexibilidade e agilidade na implementação das ações e ajustes necessários para atender às demandas específicas identificadas ao longo do horizonte do plano.

A institucionalização do PDDU implicará ainda na revisão e atualização de decretos e legislações municipais relacionadas ao saneamento básico e à gestão de recursos hídricos. O objetivo principal é alinhar o arcabouço legal existente às diretrizes do plano, priorizando a política de investimentos em drenagem urbana e integrando-a às demais políticas públicas voltadas à sustentabilidade ambiental e à segurança hídrica.

Com a efetiva regulamentação e aprovação do PDDU, espera-se que o município de Birigui avance significativamente na promoção de uma gestão eficiente e resiliente da drenagem urbana, mitigando riscos de alagamentos, preservando recursos hídricos e contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

AGOSTINHO, M. S. P.; POLETO, C. Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos. **HOLOS Environment**, v. 12, n. 2, p. 121-131, 2012.

ALMEIDA, Jean Carlos B. **Drenagem urbana [recurso eletrônico]**. 1. ed. Curitiba: Contentus, 2020. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br. Acesso em: outubro. 2024.

ALMEIDA, J. R. (2020). *Gestão de Recursos Hídricos em Áreas Urbanas*. São Paulo: Editora Universitária. COSTA, L. M. (2019). *Impactos da Urbanização na Drenagem Urbana*. Rio de Janeiro: Editora Ambiental.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 8.160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução.** Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.844 - Instalações prediais de águas pluviais.** Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16085 – Poços de visita e inspeção pré-moldados em concreto armado para sistemas enterrados.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TUBOS DE CONCRETO. **Projeto estrutural de tubos circulares de concreto armado.** 1.ed. São Paulo: IBTS/ABTC, 2003.

BAPTISTA, M. B., BRASIL L. S. S., FREITAS I. C., DIAS R. F. C. **Águas Pluviais Técnicas Compensatórias para o Controle de Cheias Urbanas**. 1. ed. Belo Horizonte, BH: ReCESA, 2007.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N. Aspectos institucionais e de financiamento dos sistemas de drenagem urbana. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 29-49, 2002.

BERTRAND-KRAJEWSKI J.L.; CHEBBO, G. **Méthode de dimensionnement et orders de grandeur des ouvrages de traitement des rejets urbains de temps de pluie. Technique**, Sciences, Méthods, n. 12. Paris: ASTEE, 2003. p. 21-37.

BIRIGUI. Plano Municipal de Saneamento Básico de Birigui – SP. (2016). Disponível em:
<https://smastr20.blob.core.windows.net/conesan/Birigui_AE_DU_RS_2016.pdf>. Acesso em: set., 2024.

BOTELHO, R. G. M. **Bacias Hidrográficas Urbanas**. In: Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia Urbana. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, v., p. 71-115.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, AS, GUERRA, A.J.T. e ANTUNES, F.S (1996). Mineralogia da fiação argila cios solos da bacia do rio Cuiabá - Petrópolis (RJ). Anais do XIII Congresso Latino Americano de Ci ência do Solo "Solo-Suelo 96" (CD-Rom)

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. **Bacia hidrográfica e a gestão ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERR.A, A. J. T.. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física brasileira. Rio de Janeiro: BCD - União de Editoras S/A - Bertrand Brasil, 2004, v., p. 153-192.

CANHOLI, A. P., **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**, 2ª edição, São Paulo: Oficina de textos, 2014.

CHAPA, F.; PÉREZ, M.; HACK, J. *Experimenting transition to sustainable urban drainage system: identifying constraints and unintended processes in a tropical highly urbanized watershed*. **Water**, v. 12, n. 12, p. 3554, 2020.

CHOW, V. T. **Applied hydrology.** New York: McGraw-Hill, 1988.

CETESB. **Drenagem urbana: manual de projeto.** 3.ed. São Paulo: CETESB/AS-CETESB, 1986.

COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na Interface com a Geomorfologia. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). Geomorfologia: uma revisão de conceitos e bases. Rio de Janeiro: Bertrand, 2007, v. 1, p. 93-148.

DEPARTAMENTO DE ÁGUA E ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DE SÃO PAULO – DAEE. **Treinamento – obras hidráulicas sujeitas à outorga**. São Paulo, 2012.

ELLIS, J.B. **Third generation urban surface water drainage:** from rooftop to the receiving water subcatchment.In: Proc. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, UK, August 2008.

FRANCO, E. J. **Dimensionamento de bacias de detenção das águas pluviais com base no método racional.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2004.

GAUTIER, A. **Contribution à la connaissance du fonctionnement d'ouvrages d'infiltration d'eau nde ruissellement pluvial urbain.** 1998. 208p. Thèse (Doctorat) – Institut National des Sciences Appliquées (INSA), Lyon, France, 1998.

GONÇALVES, F. T.; NUCCI, J. C. **Sistemas de drenagem sustentável (SUDS): propostas para a bacia do Rio Juvevê, Curitiba-PR**. Ra'e Ga, Curitiba, v. 42, p. 192-209, dezembro 2017.

HARES, R.J.; WARD, N.I. **Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway.** The Science of the Total Environment, v. 235, n.1-3, p.169-178, 1999.

LIMEIRA. **Plano Diretor Territorial-Ambiental do município de Limeira:** [Caderno de diretrizes básicas e técnicas para apresentação de projetos de drenagem SAAE – Limeira – SP]. Prefeitura municipal de Limeira, 2009.

KUICHLING, E. *The relation between the rainfall and the discharge of sewers in popolous areas**. Transaction of the American Society of Civil Engineers***, v. 20, p. 1-56, 1889.

MIGUEZ, M.G; VEROL, A.P; REZENDE, O.M. **Drenagem Urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.

NETO, A. T. **Simulação de sistemas de drenagem urbana sustentável aplicada em um loteamento urbano utilizando o EPA SWMM**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

PICKBRENNER, K.; PINTO E. J. de A. **Atlas Pluviométrico do Brasil**: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Birigui/SP / Karine Pickbrenner; Eber José de Andrade Pinto. – Porto Alegre: SGB-CPRM, 2023.

PINTO, E. J. de A. **Metodologia para definição das equações Intensidade-Duração-Frequência do Projeto Atlas Pluviométrico**. Belo Horizonte: CPRM, 2013

PORSE, E. C. Stormwater governance and future cities. **Water**, v. 5, n. 1, p. 29-52, 2013.

PORTO, R. L. L., ZAHEL FILHO, K., TUCCI, C., e BIDONE, F. **“Drenagem urbana”**. In: TUCCI, Carlos Eduardo (org.). *Hidrologia:* ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH: EDUSP, 1993. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, 4), pp. 805-847.

REIS, F. **Método racional.** HidroMundo: Hidrologia. 2017.

REZENDE, O. M. **Avaliação de Medidas de Controle de Inundações em um Plano de Manejo Sustentável de Águas Pluviais Aplicado a Baixada Fluminense**. Tese de Mestrado UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro. 2010.

RIGHETTO, A. M. (coordenador). **Manejo de Águas Pluviais Urbanas.** Rio de Janeiro: ABES, 2009; 396p.: Il; Projeto PROSAB; ISBN: 978-85-7022-162-9

SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. **Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais.** Prefeitura Municipal de São José dos Campos. 2021.

SÃO PAULO (CIDADE). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Diretrizes de Projeto para Estudos Hidrológicos – Método de "I-PAI-WU".** São Paulo: SMDU, 1999.

SÃO PAULO (CIDADE). Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos; diretrizes para projetos.** São Paulo: SMDU, 2012. 128p. il. v.3.

SÃO PAULO (ESTADO). Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). **Sistema SEADE de Projeções Populacionais**. (2021). Disponível em: <http://produtos.seade.gov.br/produtos/projpop/index.php>. Acesso em: set., 2024.

SCHLICKMANN, R. L. e BACK, A. J. **Avaliação de métodos de estimativa de vazão máxima para dimensionamento de bueiros.** UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE, Criciúma, 2019.

SILVA, I. C. da. Estudo da capacidade de infiltração de água diante de diferentes usos do solo no município de Itapororoca/PB. Revista Geonorte, Edição Especial, Amazonas, v. 1, n. 4, p. 648 – 662, 2012.

SILVEIRA, A. L. L. da; GOLDENFUM, J. A. **Metodologia Generalizada para Pré-Dimensionamento de Dispositivos de Controle Pluvial na Fonte.** Rbrh — Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre - Rs, v. 12, n. 2, p. 157-168, Abr./Jun., 2007.

SILVEIRA, A. L. L. Trama verde-azul e drenagem urbana sustentável. In: LADWIG, Nilzo Ivo; SCHWALM, Hugo (Org.) **Planejamento e gestão territorial: a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos**. Criciúma, SC: EDIUNESC, 2018.

TEIXEIRA, L. B. IPTU: O que é? Como é calculado? Qual a forma de pagamento? Tire dúvidas (2020). Disponível em: <https://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2020/02/03/iptu-imposto-duvidas.htm>. Acesso em: jan. 2025.

TOMAZ, P. Curso de manejo de águas pluviais. **Capítulo 66 – Método de I-PAI-WU.** Cap. 66. 25 de jul. 2014.

TUCCI, C.E.M.; Porto, R.L.; Barros, M.T.L. (Orgs.). Drenagem urbana. Porto Alegre: Editora ABRH, 1995. 428p.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Gestão da drenagem urbana**. Brasília: Cepal; Ipea, 2012. (Texto para Discussão, n. 48).

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Preliminary data summary of urban storm water best management practices.** EPA/821/R-99/012. Washigton, DC: EPA, 1999. 184p.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, 1978.

WOODS-BALLARD, B. et al. **The SuDS Manual**. 5. ed. London: CIRIA, 2015.

SVMA/PMSP – Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura do Município de São Paulo. Estudos de viabilidade de Parques Lineares. Produto 6. Execução: Fundação para a Pesquisa Ambiental – FUPAM e LabHab FAUUSP, 2006. Disponível

em: <http://www.labhab.fau.usp.br/wp-content/uploads/2018/01/pesquisa_analise_viabparques01.pdf>.

ANEXOS

Anexo 1 – Relatório fotográfico das visitas de campo entre 03 e 20 de setembro de 2024, Birigui/SP.

Exemplo de boca coletora simples. Rua Projetada 12, Residencial Jacarandá.



Exemplo de boca coletora dupla. Rua Projetada 12, Residencial Jacarandá.



Exemplo de boca coletora dupla com grade. Rua Edimir Dias, Residencial Jacarandá.



Exemplo de boca coletora dupla. Rua Jorge Mariano Cury.



Exemplo de boca coletora tripla. Rua José Rulzato.



Exemplo de boca coletora quádrupla. Rua Elídio Pereira dos Santos.



Exemplo de boca coletora quíntupla. Rua João de Souza Silvano.



Exemplo de boca coletora de esquina (esta, com 12 aberturas). Rua Antônio Polizel x Rua Domingos Cacian.



Exemplo de boca coletora em grelha. Rua Padre Geraldo Gozeling.



Exemplo de boca coletora em grelha. Rua Bandeirantes.



Exemplo de boca coletora em grelha. Rua Ettore Roccato.



Exemplo de boca coletora em grelha. Rua Ettore Roccato.



Boca coletora com a presença de resíduos em seu interior. Rua João Castello.



Boca coletora com a presença de resíduos em seu interior. Rua João Castello.



Boca coletora com a presença de resíduos em volta e em seu interior. Rua José Moroso Neto



Boca coletora com a presença de resíduos em seu interior. Rua José Moroso Neto



Boca coletora com entupimento. Rua Victoriano Segove Almario.



Abertura de boca coletora. Rua Joana Pedi Siriane



Boca coletora com tampa danificada. Rua Waldemar Guidotti.



Boca coletora obstruída e com tampas fora do lugar. Rua Jorge Cavalheiro



Boca coletora com tampa danificada. Rua Doutor Durval Tanaka.



Boca coletora parcialmente coberta na Rua Nilo Peçanha.



Boca coletora obstruída/entupida com sedimento e folhas. Av. João Cernach.



Boca coletora com concentração de resíduos verdes (folhas). Rua Bento da Cruz.



Boca coletora com concentração de resíduos verdes (folhas). Rua Bento da Cruz.



Boca coletora obstruída/entupida com sedimento. Av. João Cernach.



Boca coletora entupida. Av. João Cernach.



Boca coletora obstruída/entupida com sedimento e folhas. Av. João Cernach.



Boca coletora com tampa danificada e presença de resíduos. Rua Fundadores.



Resíduos obstruíndo boca coletora direcionada para o Córrego da Piscina na Rua Bandeirantes.



Boca coletora com a presença de resíduos em seu entorno. Rua Quinze de Novembro.



Boca coletora sem tampa, coberta de forma irregular. Rotatória da Av. Augusto Marassi com a Rua Donato Perotti.



Boca coletora com tampas fora do lugar. Rua Calil Nakad para Córrego do Veadinho.



Boca coletora com tampa danificada. Avenida Manoel Alves Barbosa.



Boca coletora com entrada obstruída. Avenida Manoel Alves Barbosa.



Boca coletora com a presença de resíduos em seu interior. Rua Etelvino Moimaz.



Boca coletora obstruída com a presença de resíduos e sedimento em seu interior. Av. Paulo da Silva Nunes.



Boca coletora sem tampa e com a presença de ponto irregular de descarte de resíduos em seu entorno. Rua Waldemar Lot.



Boca coletora obstruída com a presença de resíduos em seu interior. Rua Francisco Nunes.



Boca coletora sem tampas. Rua Maria Galetana Marino.



Boca coletora com entrada obstruída. Rua Otelino Pereira.



Boca coletora com presença de vegetação rasteira densa, tampa danificada e entrada obstruída. Rua E, próximo a Rodovia Deputado Roberto Rollemberg



Boca coletora sem tampa, com presença de árvore em desenvolvimento. Av. Paulo da Silva Nunes



Boca coletora com tampa fora do lugar e presença de árvore em desenvolvimento. Rua João Paludetto



Boca coletora com tampa danificada e presença de resíduos. Avenida Inez Pizzo Coradazzi.



Boca coletora com tampa danificada e presença de árvore em desenvolvimento (goiabeira). Avenida Inez Pizzo Coradazzi



Boca coletora obstruída e com tampa danificada. Avenida Inez Pizzo Coradazzi



Boca coletora entupida. Avenida Inez Pizzo Coradazzi.



Boca coletora entupida. Avenida Inez Pizzo Coradazzi



Boca coletora com a presença de resíduos em volta e em seu interior. Av. Benjamin Lot.



Boca coletora com a presença de vegetação e resíduos (domiciliares e verdes). Rua Odair Teixeira.



Construção de sarjetão na Av. Vitória Régia.



Ponto de acúmulo de água na Rua Joaquim Marques Fagundes Dourado.



Ponto de acúmulo de água em sarjetão na Rua Mauro Fiorin.



Ponto de acúmulo de água na Av. Dionísio Baggio.



Boca coletora com a presença de resíduos em volta e em seu interior. Rua Guilherme Fani.



Ponto com asfalto afundado e rede destruída na Av. Macarini Albani.



Estrada Municipal Francisco Contel com a Rua Natal Masson.



Ponto com asfalto afundado na Rua Giovanni Luigi Del Piccolo.



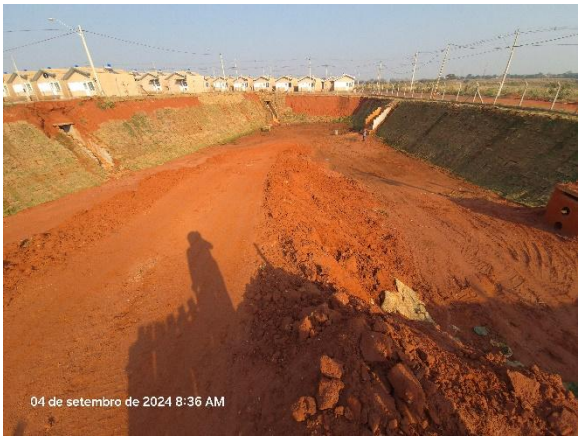
Ponto com asfalto afundado na Rua Assataro Tanaka.



Bacia de detenção, Residencial Jacarandá.



Bacia de detenção, Residencial Jacarandá.



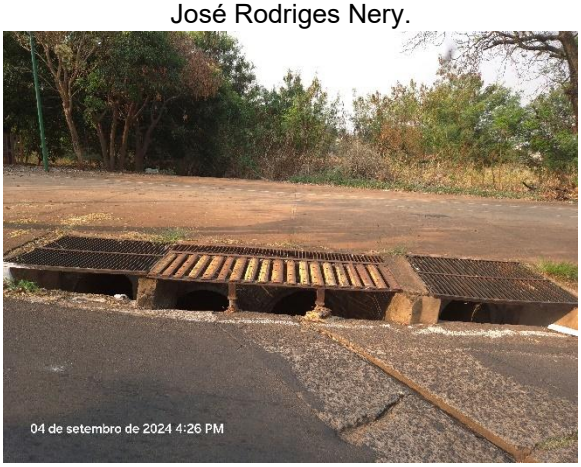
Ala de lançamento para a bacia de detenção, Residencial Jacarandá com escada dissipadora.



Saída da bacia de detenção, Residencial Jacarandá.



Entradas de boca coletora no Parque da Estação Professora Hebe Maroni Nunes, Rua José Rodriges Nery.



Tubulações de entrada da boca coletora para área do Parque da Estação Professora Hebe Maroni Nunes, Rua José Rodriges Nery.



Ala de lançamento para o Parque da Estação Professora Hebe Maroni Nunes, Rua José Rodriges Nery.



Canal do Córrego do Veadinho, Av. Waldomiro Gonçalves.



Ala de lançamento para o Córrego do Veadinho, Av. Waldomiro Gonçalves



Canal do Córrego do Veadinho, Rua Helena Ruic.



Canal do Córrego Parpinelli, Av. Professora Geracina de Menezes Sanches.



Ala de lançamento para o Córrego Parpinelli, Av. Professora Geracina de Menezes Sanches.



Canal do Córrego Biriguizinho no início da Av. João Cernach (trecho canalizado).



Canal do Córrego Biriguizinho próximo ao cruzamento da Av. João Cernach com a Nove de Julho.



Canal do Córrego Biriguizinho próximo ao cruzamento da Av. João Cernach com a Rua Tupi.



Talude do Córrego Biriguizinho com sinais de erosão e degradação estrutural (Av. João Cernach próximo à Rua Cândido Thomaz de Carvalho).



Talude do Córrego Biriguizinho com sinais de erosão e degradação estrutural (próximo ao cruzamento da Av. João Cernach com a Rua Tupi).

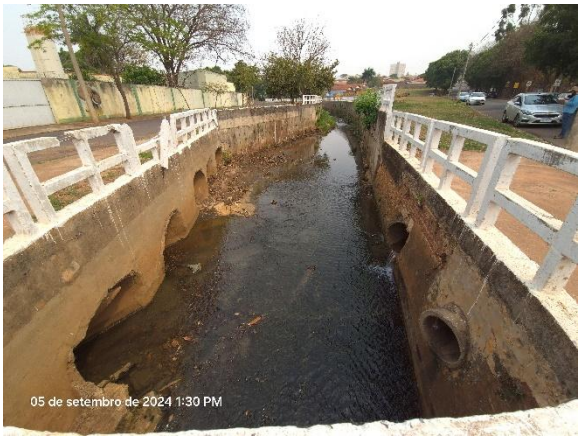


Ala de lançamento para o Córrego Biriguizinho na Av. João Cernach, próximo à Rua Gerônimo de Souza Santos.

Talude do Córrego Biriguizinho com sinais de erosão e degradação estrutural (Av. João Cernach próximo à Rua Barão do Rio Branco).



Canal do Córrego da Piscina, Rua Fundadores.



Tubulação de entrada da boca coletora para o Córrego da Piscina, Rua Bandeirantes.



Ala de lançamento para o Córrego da Piscina, Rua Fundadores. Presença de resíduos nas margens.



Escoamento de água direcionado para galeria subterrânea, Rua Manoel Domingues Ventura.



Escoamento de água direcionado para galeria subterrânea, Rua Manoel Domingues Ventura, com destaque para a escada dissipadora.





Trecho do Córrego da Piscina, Rua Quinze de Novembro.



Trecho do Córrego da Piscina, Rua Quinze de Novembro, com presença de resíduos no canal e na margem.



Trecho do Córrego da Piscina, Rua Quinze de Novembro, com presença de resíduos no canal e na margem, bem como indícios de queima.



Trecho do Córrego da Piscina, Rua Tamoio.



Ala de lançamento para o Córrego do Veadinho, Rua Calil Nakad.



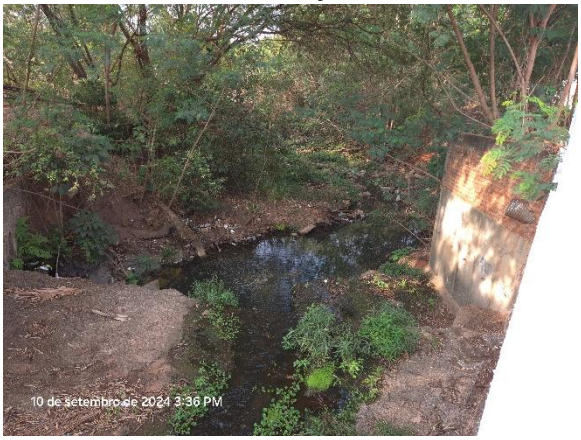
Canal do Córrego do Matadouro, Avenida Doutor Lino Nardin Filho com Rua Consolação.



Canal do Córrego do Matadouro, Avenida Doutor Lino Nardin Filho com Rua Consolação.



Canal do Córrego do Matadouro, Rua Consolação.



Ala de lançamento para o Córrego do Matadouro, Avenida José Agostinho Rossi, com estruturas danificadas e erosão.



Canal do Córrego do Matadouro, Avenida Doutor Lino Nardin Filho.



Canal do Córrego do Matadouro, Avenida Silvio Guanieri.



Canal do Córrego do Matadouro, Avenida Silvio Guanieri.



Canal do Córrego Biriguizinho, Rua Donato Perotti.



Ala de lançamento para o Córrego Biriguizinho, Rua Francisco Valera.



Presença de resíduos próximo à tubulações de saída para Córrego Biriguizinho, Rua Guarani.



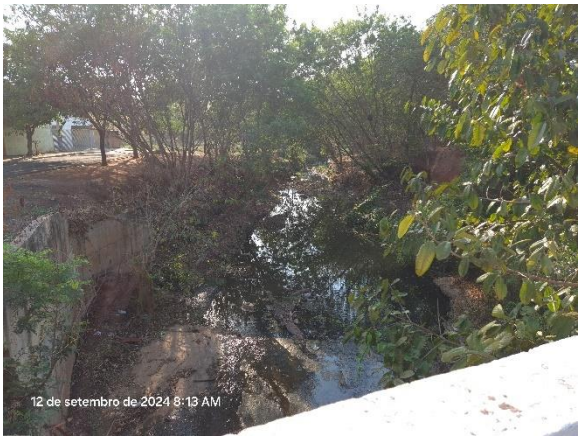
Ala de lançamento com dissipador para o Córrego Biriguizinho, Av. José Revagnani.



Canal do Córrego Biriguizinho, Av. Vitória Régia.



Canal do Córrego Jofer, Rua Ambrósio Frigério.



Canal do Córrego Jofer, Rua Ambrósio Frigério, com pequena erosão em talude.



Ala de lançamento para o Córrego Jofer, Rua Ambrósio Frigério.



Canal do Córrego Nunes, Av. Paulo da Silva Nunes.



Erosão em talude no canal do Córrego Nunes, Av. Paulo da Silva Nunes.



Erosão em talude no canal do Córrego Nunes, Av. Paulo da Silva Nunes



Canal do Córrego Moimaz, Av. Vitória Régia.



Canal dissipador de energia com necessidade de limpeza nas proximidades do Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato.



Canal dissipador de energia nas proximidades do Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato



Canal dissipador de energia nas proximidades do Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato



Final do Canal dissipador de energia nas proximidades do Conjunto Habitacional Vereador Natal Mazucato, onde há problemas de transbordamento.



Canal do Córrego Moimaz, Estrada Municipal Francisco Contel.



Canal do Córrego Moimaz, Estrada Municipal Francisco Contel.

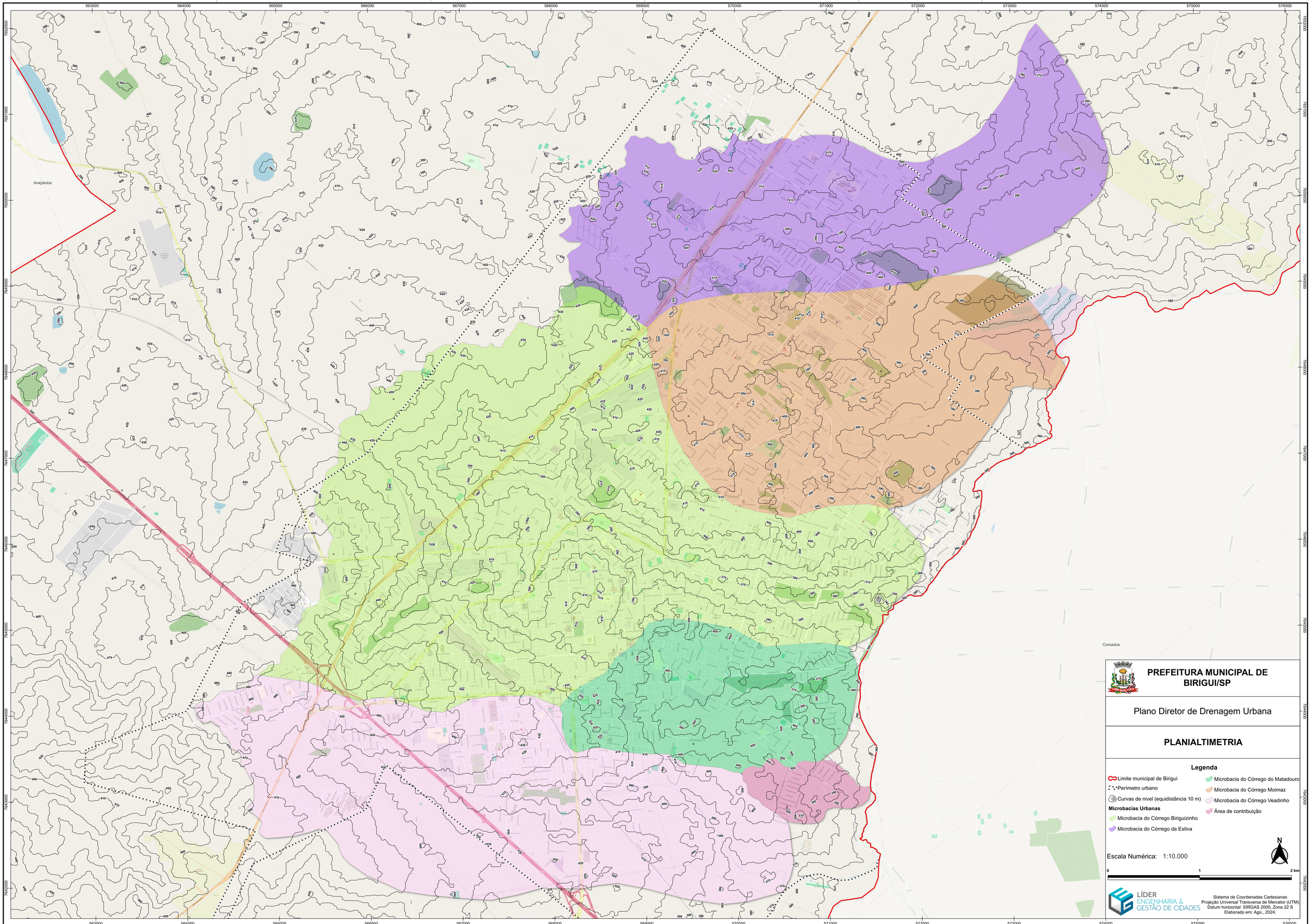


Caixa de ligação no trevo rodoviário entre Av. Paulo da Silva Nunes e Rua Geraldo Pachu.



Fonte: Líder Engenharia e Gestão de Cidades, 2024.

Anexo 2 – Levantamento Planialtimétrico – A0, Birigui/SP.



PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI/SP

Plano Diretor de Drenagem Urbana

PLANIALTIMETRIA

Legenda

- Limite municipal de Birigui
- Perímetro urbano
- Curvas de nivel (equidistância 10 m)

Microbacias Urbanas

- Microbacia do Córrego Birigüizinho
- Microbacia do Córrego da Estiva
- Microbacia do Córrego do Matadouro
- Microbacia do Córrego Moimaz
- Microbacia do Córrego Veadinho
- Área de contribuição

Escala Numérica: 1:10.000

N

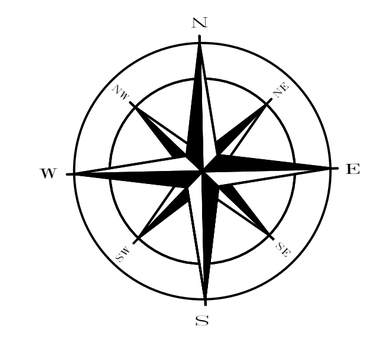
0 1 2 km

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

Sistema de Coordenadas Cartesianas
Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM)
Datum horizontal: SIRGAS 2000, Zona 22 S
Elaborado em: Ago., 2024.

Anexo 3 – Cadastramento da Rede de Drenagem Atual, Birigui/SP.





Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) **FOLHA: 01/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: PLANTA BAIXA GERAL

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

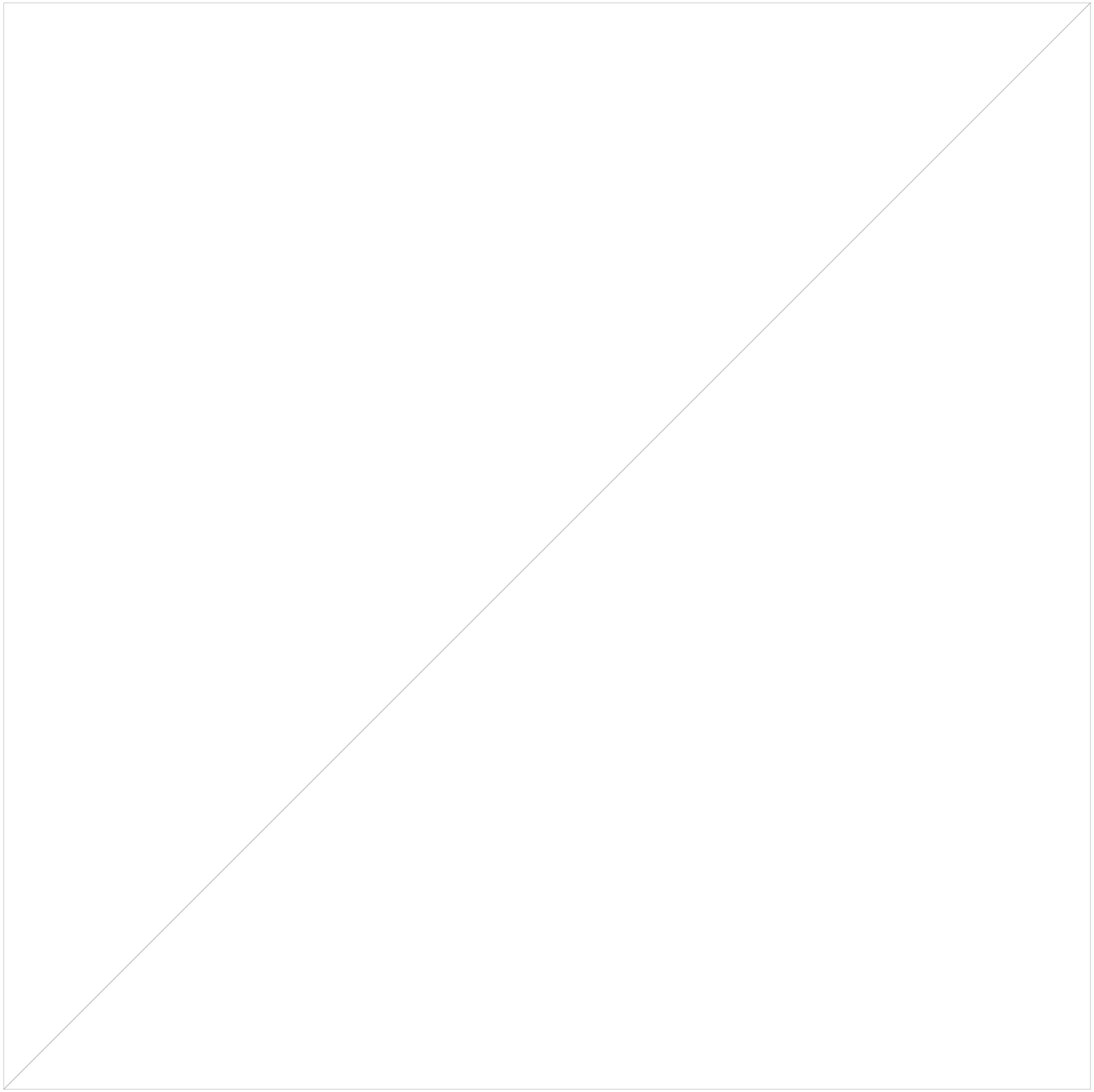
REPRESENTANTE LEGAL:	**RESP. TÉCNICO:**
PREFEITO MUNICIPAL	JULIANO MAURICIO DA SILVA Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:12500	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP





- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 02/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA A1

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP. Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 02/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA A2

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

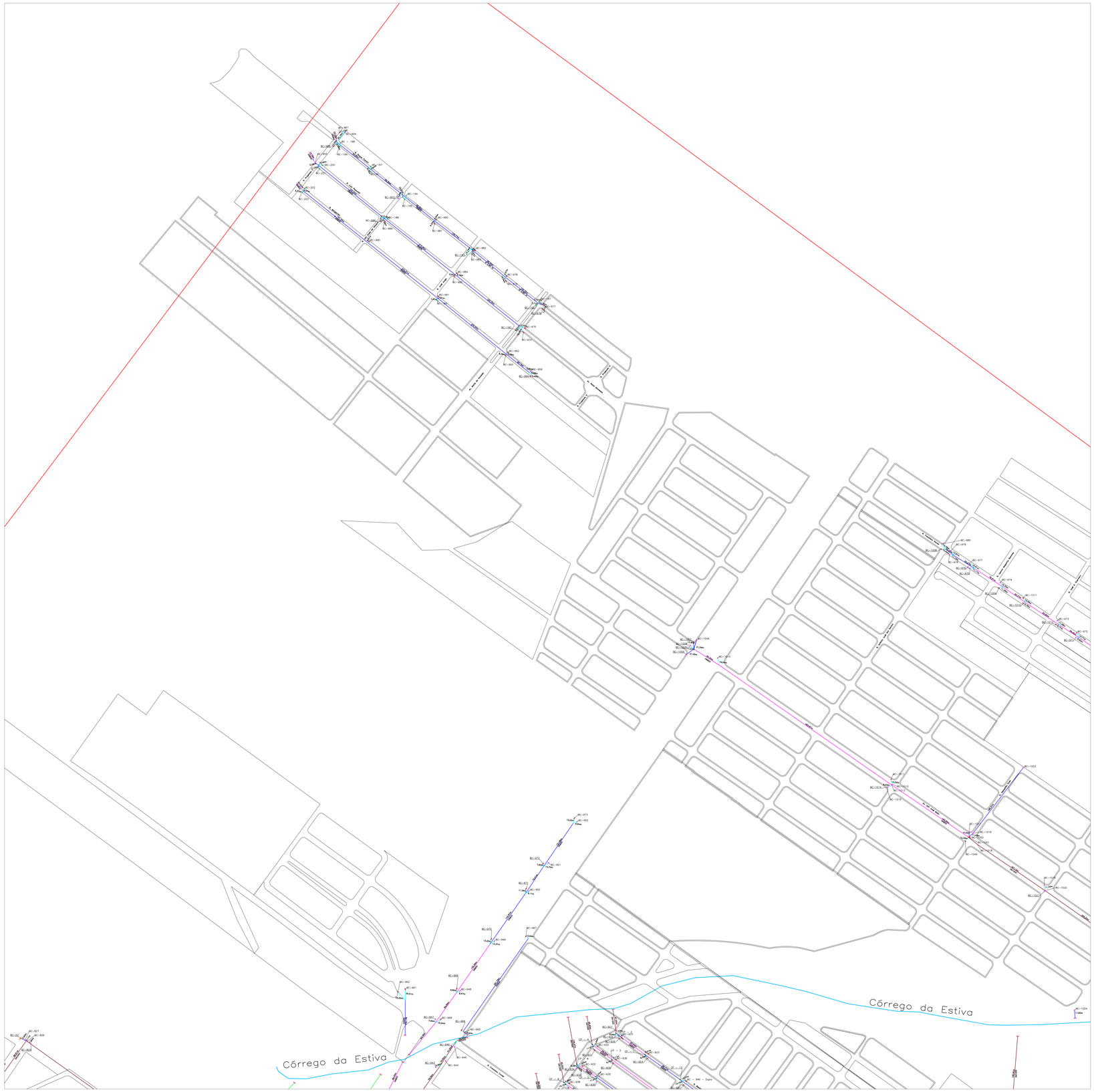
JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Dedemo Netto, nº 400 – sala 210
CEP 14.870-000 – Jardim Santa Paula/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.2dengenharia.eng.br
Contato: administrativo@2dengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP





- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano
- Tubulações sem DN informado, considerar DN400
- PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) — **FOLHA: 03/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA A3

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:2500	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 04/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA A4

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) — **FOLHA: 06/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA B1

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

DATUM HORIZONTAL SIRGAS 2000 / UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP. Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.lideresengenharia.eng.br
Contato: administrativo@lideresengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 07/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA B2

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP





- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) — **FOLHA: 08/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA B3

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:2500	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP. Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.lideengenharia.eng.br
Contato: administrativo@lideengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 09/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA B4

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

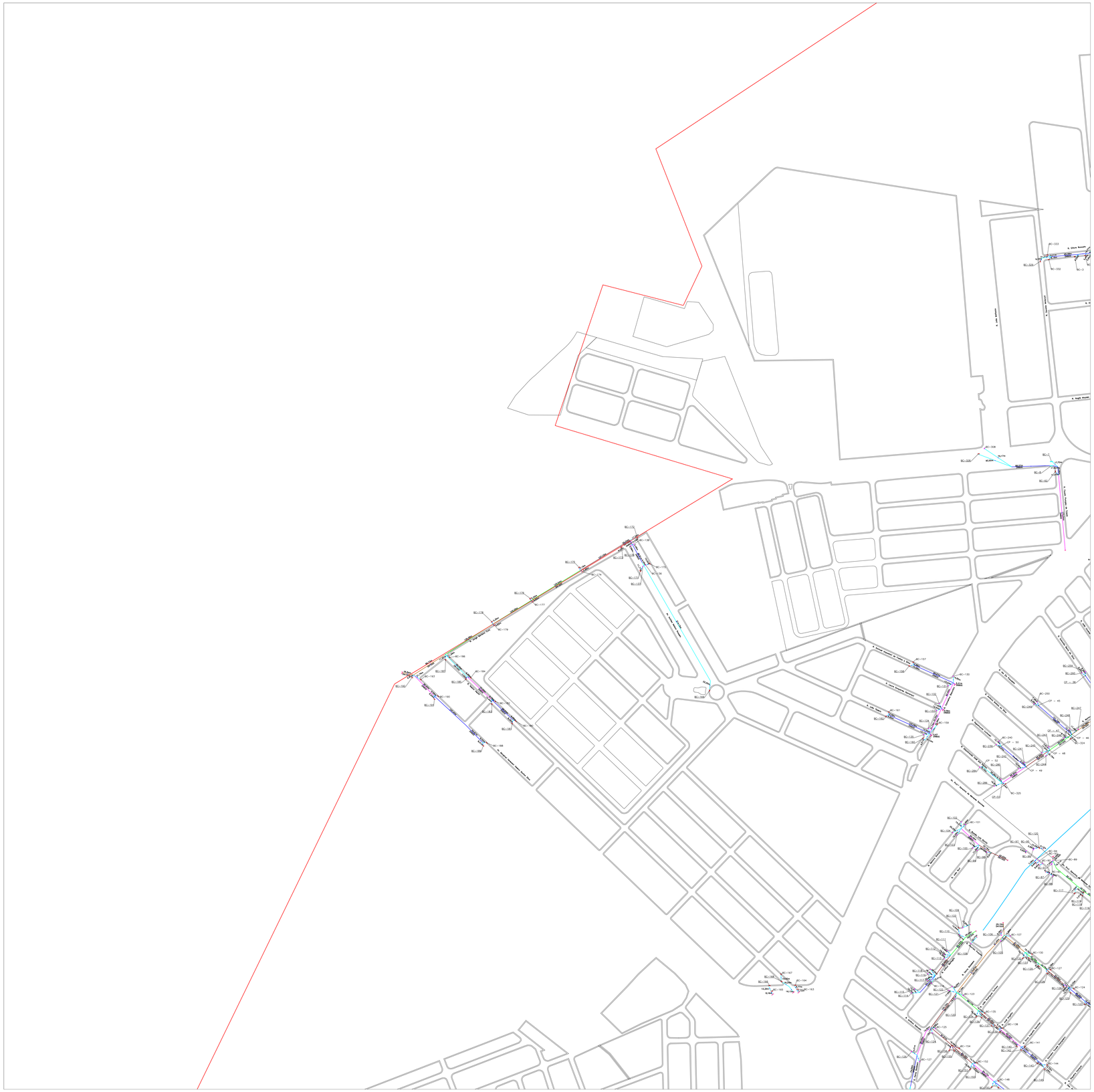
JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 10/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA C1

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

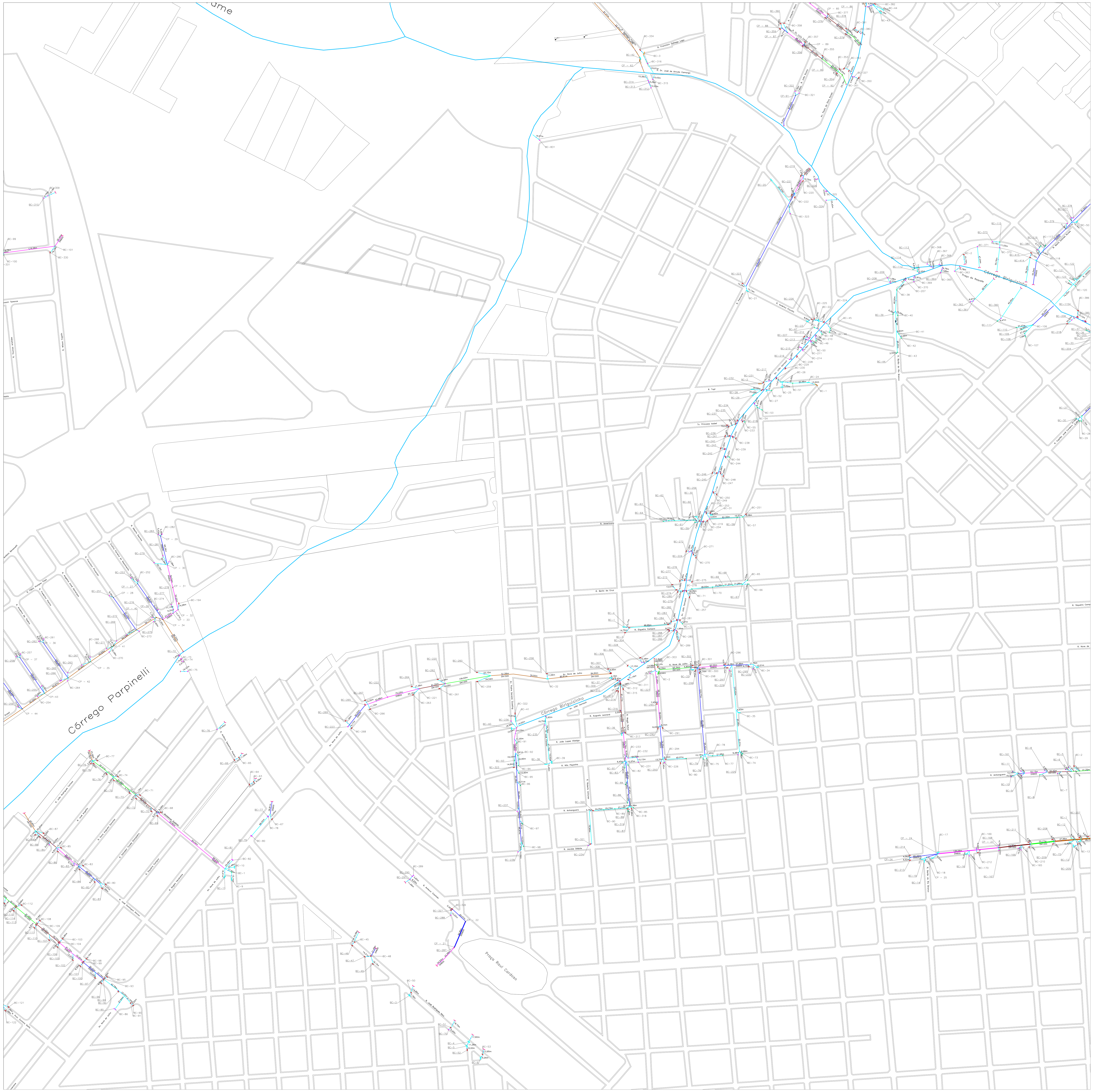
JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14.020-250 – Ribeirão Preto/SP - Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Site: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 11/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA C2

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 12/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA C3

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:2500 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES
LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) — **FOLHA: 13/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA C4

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS UTM - DATUM SIRGAS 2000 - ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP. Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.lideresengenharia.eng.br
Contato: administrativo@lideresengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) **FOLHA: 14/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA D1

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) **FOLHA: 15/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA D2

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000	DATA: 19/02/2025	ART:	DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



- Boca Coletora Simples
- Boca Coletora em Grelha
- Boca Coletora Simples + Grelha
- Boca Coletora Dupla
- Boca Coletora Dupla + Grelha
- Boca Coletora Tripla
- Boca Coletora Quádrupla
- Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
- Poço de Visita
- Caixa de Ligação
- Caixa de Passagem
- Ala de Lançamento
- Canal Dissipador
- Tubulações
- Córregos
- Perímetro Urbano

Tubulações sem DN informado, considerar DN400

PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM

DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 16/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA D3

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

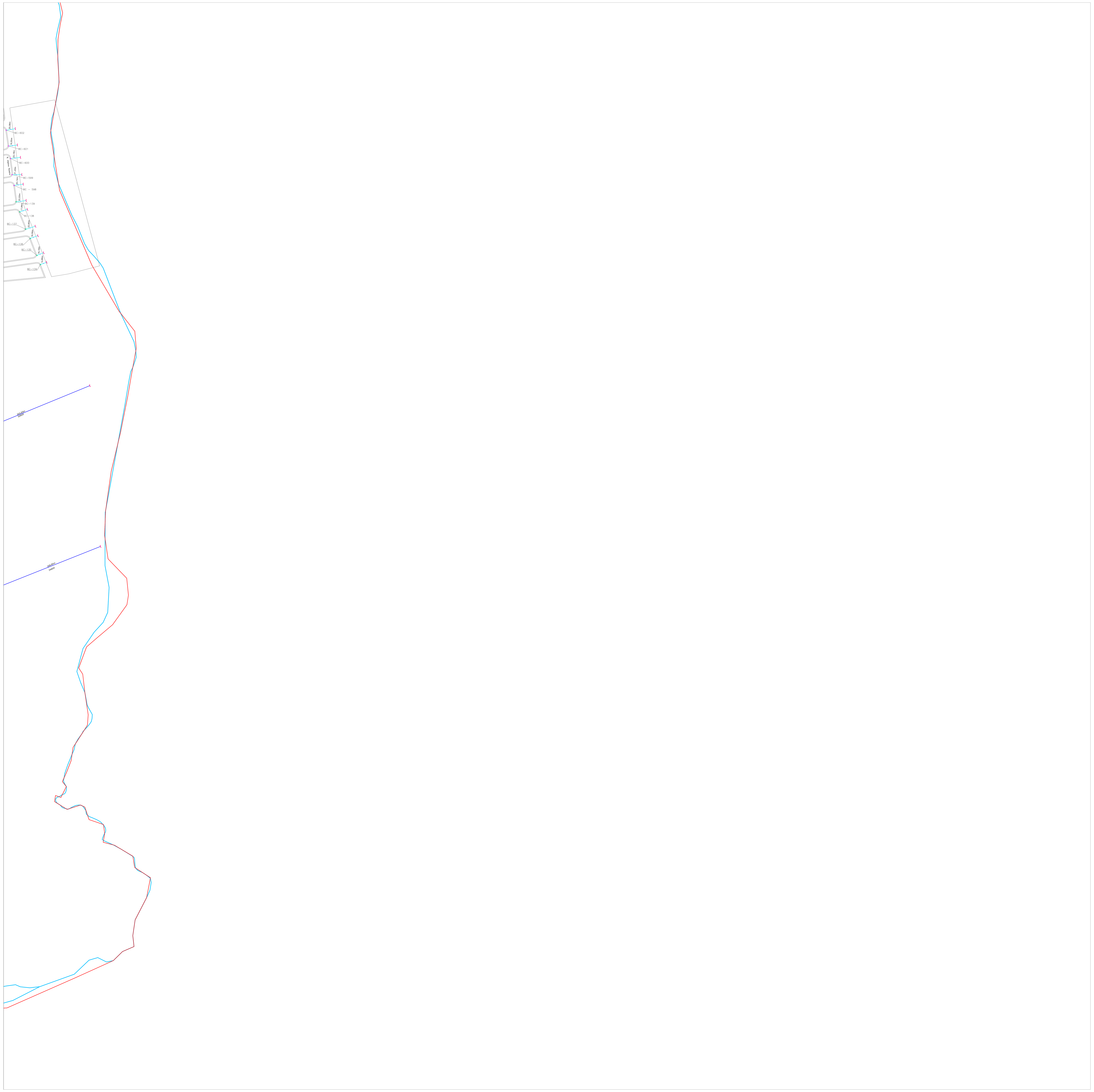
JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:2500 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP



Boca Coletora Simples
Boca Coletora em Grelha
Boca Coletora Simples + Grelha
Boca Coletora Dupla
Boca Coletora Dupla + Grelha
Boca Coletora Tripla
Boca Coletora Quádrupla
Boca Coletora com Múltiplas Entradas (mais de 4)
Poço de Visita
Caixa de Ligação
Caixa de Passagem
Ala de Lançamento
Canal Dissipador
Tubulações
Córregos
Perímetro Urbano
Tubulações sem DN informado, considerar DN400
PLOTAR AS PRANCHAS COLORIDAS

CONVENÇÕES DRENAGEM	
DESCRIÇÃO	INDICAÇÃO
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN400	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN600	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN800	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1000	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1200	
TUBULAÇÃO EXISTENTE - DN1500	

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA (PDDU) | **FOLHA: 17/17**

LOCAL: MUNICÍPIO DE BIRIGUI - SP

PROJETO: REDE DE DRENAGEM PLUVIAL URBANA

ASSUNTO: FOLHA D4

INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

SISTEMA DE COORDENADAS: DATUM SIRGAS 2000, UTM ZONA 22 S

REPRESENTANTE LEGAL:

PREFEITO MUNICIPAL

RESP. TÉCNICO:

JULIANO MAURICIO DA SILVA
Engenheiro Civil CREA/PR 117165-D

ESC.: 1:3000 | DATA: 19/02/2025 | ART: | DESENHO:

APROVAÇÕES:

LÍDER ENGENHARIA E GESTÃO DE CIDADES LTDA
CNPJ: 23.146.943/0001-22
Avenida Antônio Diederichsen, nº 400 – sala 210
CEP 14020-250 – Ribeirão Preto/SP Tel.: (43) 99631-6699 / (16) 3637-2105
Home: www.liderengenharia.eng.br
Contato: administrativo@liderengenharia.eng.br

PREFEITURA MUNICIPAL DE BIRIGUI - SP

Anexo 4 – Contribuições da Consulta Pública.

Espaço para sugestões e comentários Caso tenha sugestões de melhoria para o conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), pontos que precisam ser melhor explicados ou qualquer outra observação relevante para o plano, descreva abaixo:
tudo certo
Acredito que deve ser refeito o estudo do Parque do Povo, pois era um lago; e levar em consideração o asfaltamento nos bairros próximos a rodovial Dep. Roberto Rolemberg, toda caida de água da cidade é na Av Joao Cernach.
Sistema de Gabião nos rios canalizados, para diminuir a erosões e desgastes de estruturas. Ter legislação e fiscalização de impermeabilização de construções irregular, diminuindo o escoamento de águas fluviais para pontos específicos. Ter legislação e fiscalização para arborização urbana! Sim, se cada lote tiver árvores diminuí o escoamento de águas. Reflorestamento e manutenção dos leitos dos córregos e rios, ajudando a evitar deslizamentos e assoreamento, facilitando o escoamento de águas nas cheias. Em caso de alagamentos inevitáveis, ter legislação e plano de isolamento pela defesa civil e GCM de bloqueio e redirecionamento de tráfico pré determinado para evitar acidentes e até mortes.
Ola boa noite sou morador da rua liberdade vila roberto aqui também tem grade poblema de alagamento não só nesta rua na banderante e na anhaguera também tem poblema de alagamento na liberdade seria importante colocar uma galeria de agua fluvial para receber a água que vem com grande volume de água que vem da rua agosto Rossi e capital está água para o canal biriguizinho antes de cair na rua liberdade e alargar o canal para ter um escoamento de água melhor
a sugestão é de melhorias na drenagem no entorno do Parque do Povo
Sugiro, lagoas de contenção ao lado do ibiza2, fundo do santo antonio
1- Precisa ser melhorado as valetas da cidade; 2- Melhorar o escoamento de água pluvial, principalmente nos pontos próximos aos corregos; 3- canalização de corregos; 4 - melhoria das galerias de água pluvial; 5- estudo da implantação de um piscinao;
Fazer um reservatório próximo a capitação e limpeza do baixote
Sugiro seja restabelecido, tal como era, o antigo lago da raquete e também a construção de novos lagos cercados de área verde no município.
Alargamento do corrego parpinele e fazer desvio no entroncamento das águas joao cernak
No meu bairro não existe bueiros, vira um mar de água quando chove, moro em frente a uma área verde do bairro Moimas resta um caos, nem manutenção nas áreas vcs dão, minha garagem inundou devido a chuva pq caiu um galho e entupiu minha calha de saída de água, quem vai arcar com o prejuízo? Reveja os conceitos de arborização pq está feio e quem sempre paga a conta somos nós.
Acredito boc de lobos seria essencial para os bairros e a cidade
Melhorias na região do parque do povo
Muito bom isso calhas no biriguizsnho
Estacionamentos de uso publico (mercados, lojas, etc) deveriam ser todos de material permeavel!
Lago da raquete/rua bandeirantes/rua consolacao/rua 21 de abril/rua sao paulo/ avenida joao ceenack
Precisa melhorar o escoamento de agua nas avenidas isaura macarini albani e na , av joao cernak próximo ao lago da raqueti
Nas Canaletas para escoamento de água deveriam ser colocadas grades a fim de nivelá-las com a rua. Muito baque nos veículos. Obrigda.
Gostaria q o abastecimento aos finais de semana seja água forte como nos dias de semana
Vi na cidade de Itu e achei muito válido para Birigui, um espaço com o parque do povo foi criado uma cisterna, depois disso nunca mais alagou ao redor!
NADA DIGNO DE NOTA

Espaço para sugestões e comentários Caso tenha sugestões de melhoria para o conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), pontos que precisam ser melhor explicados ou qualquer outra observação relevante para o plano, descreva abaixo:
Com este plano haverá melhoria tanto na falta de água, quanto em locais que alagam quando chove? Parece ser um plano bom para cidade.
Planejamento de obras no parque do povo, e no seu entorno, para acabar com os transbordamentos.
Plano ficou perfeito , mas A empresa podeira dar uma estimativa das melhorias nas áreas que ocorre inundação (apenas limpando os entulhos e fazendo poda manual nos leitos) com o sistema que temos hoje.
Me preocupo com a mobilidade urbana, a manutenção é precária e uma das causas é a dificuldade da drenagem urbana, se vai melhorar e a prefeitura já sabe o que tem que arrumar, não há nada mais para acrescentar.
O quê precisa ser feito é a drenagem de água na rotatória do recanto verde perto da escola na rua leonoto fioroto toda vez quê chove ninguém consegue passar por lá alaga tudo é as bocas de lobos todas emtupidas .
Se faz necessário segundo estudo da própria prefeitura coordenado pelo Sr Lazila, a implementação de galeria na rua Anchieta na altura do Nr 189, onde nos dias de chuva recebe toda água da Av Euclides Miragaia desde o pontilhão, mas a águas da Rua José Troncoso, onde se junta com a Rua Anchieta! Provoca alagamento dentro das casas, arrasta carros e até mesmo caçamba de entulho devido ao enorme volume de água! Um verdadeiro absurdo o volume de água! Tenho vários vídeos caso se faça necessário para análise! Desde já, agradeço !
Em primeiro lugar,creio que a reciclagem de lixo é fundamental! Fazer caixas de gradinha metalica para por em boca de lobo, onde pudesse abrir para retirar a tampa,uma x por mês e retirar o lixo!! Eu acho que deveria fazer piscinões próximo a nascente do Rio , para que a água chegue na cidade menos intença! Acho que esse canaletao que crusa a cidade , deveria ser mudada, ser aproveitada ! Deveria ser aprofundada, e ser toda fechada com aduelas cimento bem grandes, quadradas , deixar ela como uma calçada, e fazer uso de caminhadas!!! Ciclismo! Plantar árvores em volta todinha!!! Água de chuva ,deveria ter tubulação e levar até o tratamento de água , e ser reutilizada!! Assim penso!!!
Moro no bairro 30 anos, e enfrentamos o mesmo problema com o Ribeirão Baixotes há décadas devido a pouca vazão do Ribeirão onde junta o corrego Biriguizinho e o desague do esgoto da cidade. No meu ver, precisamos reter a água nos bairros altos da cidade Ex, corrego que nasce no jardim do trevo e atravessa todo o toselar, bosque da saúde, jandaia e desagua no baixote Corrego que nasce no jandaia, junta nesse corrego atrás do recinto e desagua no baixote Corrego que nasce no santo Antônio e desagua no biriguizinho Corrego que nasce no vale do sol, passa pela residência do Assunção e junta nesse corrego Corrego que nasce no São Conrado e junta nesse corrego que por sua consequência desagua tudo no biriguizinjo que junta com o baixotes aqui na Tereza Maria barbieri Sem contar o corrego que passa pelo sesc.... Acredito que a cidade precisa fazer alguns boldoes para reter essa água e ir liberando aos poucos conforme o fluxo. O Parque do povo mesmo seria um lugar ideal para fazer um desses boldoes . Espero poder ter ajudado com mi há opinião
Urgente ruas como consolação e rua São Paulo ser mao única!!!amarra todo trânsito cidades grandes não tem condições de ter duas mãos nas ruas principais -Outra coisa rua Noroeste em frente do sessi Fazer mão única novamente Está péssima 1 quarteirão um sentido e o restante da rua outro sentido!!!
No bairro Margarete Vargas está precisando de uma drenagem urgente lá quando chove alaga tudo lá não tem boca de lobo não tem drenagem
Rua onde moro quando chove, fica uma lama pois não tem para onde a água escoar, uma rua boa bonita bairro bonito até chover, vira um caos, estou cansado de tirar lama e mato da esquina onde moro, rua Adelino Catarin altura do número 80, ali tem de fazer algo para escoar a água.

Espaço para sugestões e comentários Caso tenha sugestões de melhoria para o conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), pontos que precisam ser melhor explicados ou qualquer outra observação relevante para o plano, descreva abaixo:
Bom dia, achei muito bom todo o relatório e o que é proposto. Gostaria de colocar uma participação a ser analisada. Assim como a cidade de Rio Preto e São Paulo que implantou a obrigatoriedade da população adequar o seu calçadamento, acredito que seria uma ótima para Birigui também. Poderia iniciar com um prazo de 1 ano para áreas mais suscetíveis ao alagamento, os moradores e comércios modificarem seu calçadamento para tijolo intertravado, ou colocar uma faixa de no min 30 centímetros por 2 metros de vegetação (graminea) em suas calçadas rente a guia do asfalto. Para áreas com menos risco de alagamentos, mais tempo de prazo para se adequar, pode ser uns 3 anos, não sei. O importante é que seja obrigatório todas as casas e comercios de Birigui aderir. Outra questão é multar quem não tem uma arvore em sua calçada, isso tem que ser urgente e importante ser nativa, eliminar neem, leucena, espirradeira, sete copas, espatódea, e etc...árvores que fazem muito mal para a fauna e flora dos nossos biomas. E por fim, todos os trechos de rotatórias, áreas verdes(que estão peladas da prefeitura, como em frente a minha casa), meios de avenidas como euclides miragaia (gente, porque colocaram apenas palmeiras nesses canteiros?? árvores maiores iriam fazer muito mais absorção de água e sombreamento do asfalto reduzindo manutenção do mesmo) beiras de rodovias, plantar arvores nativas, tem que zerar o estoque de arvores do viveiro!! Bom é isso. Obrigada.
Embora o Plano tenha sido muito bem embasado e elaborado, o uso de soluções baseadas na natureza precisa ser promovido e incentivado. A criação de parques lineares em áreas de inundação, de bacias verdes de retenção, o uso de canais verdes e biovaletas, e a promoção de infraestrutura verde em propriedades privadas seriam boas alternativas a serem consideradas para a promoção do bem-estar econômico, ambiental e social.
Incentivo à campanhas sobre descarte correto de resíduos para redução de entupimentos, uso de canais de comunicação para melhor divulgação e parcerias com setor privado(empresas e escolas) para aumentar a conscientização da população. Educação ambiental nas escolas para formação de cidadãos conscientes, campanhas que abrangem escolas e os moradores, pois integrando a comunidade pode se conseguir maior alcance, com atividades práticas e ao ar livre.
Algumas sugestões para o PDDU seria: 1. clareza e organização, alguns resumos em algumas seções para ficar de fácil entendimento. 2. Definir quais métricas de desempenho como redução de alagamento e impactos das medidas adotadas. 3. Quais tecnologias poderá ser adotadas como sensores inteligente, GIS para monitoramento e planejamento eficiente. 4. Ampliar o uso de soluções ambientais, como jardins e parques. 5. Ter mecanismo com a população para utilizar dispositivos de retenção, como cisterna e telhados verdes, incentivando por meio de desconto de imposto..
Melhorar a drenagem da região do Parque do Povo, devido às enchentes.
Melhoria da água, pois a água ali no bairro está com uma água oleosa, parece que tem muito cloro nela dificultando o uso dela no dia dia como cozinhar, beber!
Gostaria de vim solicitar a melhoria do cuidado da nossa água, a mesma está muito com aspecto de oleosidade (você toma banho parece que não sai o sabão do corpo) até para beber o gosto é diferente, para levar a mão é oleosa, gostaria de solicitar essa melhoria, a parte essencial do dia é quando chegar em casa suados pois aqui faz um calor do diacho e queremos tomar um banho descente, mas com a água assim, nem parece que tomamos banho direito. Em casa tive que comprar filtro por que o gosto da água direto da pia é ruim! Não digo só da minha casa! Das minhas tias, dos outros tio! Todas as casas que já fui aqui, não dá para beber direto da torneira ! Vejo diversas pessoas indo com galão buscar água melhor nas nascentes espalhadas por Birigui para uma melhor água! E isso já deveria ter em nossas torneiras, pagamos por isso né
Alargamento do canal e implantação de tubulação nas vias para fazer drenagem subterrânea até o canal.
Rua Francisco G de Castro inunda toda chuva, Rua Bandeirante também. Melhorem o escoamento URGENTE
Av do Portal (Afif) está toda esburacada e a cada chuva, uma piora absurda.

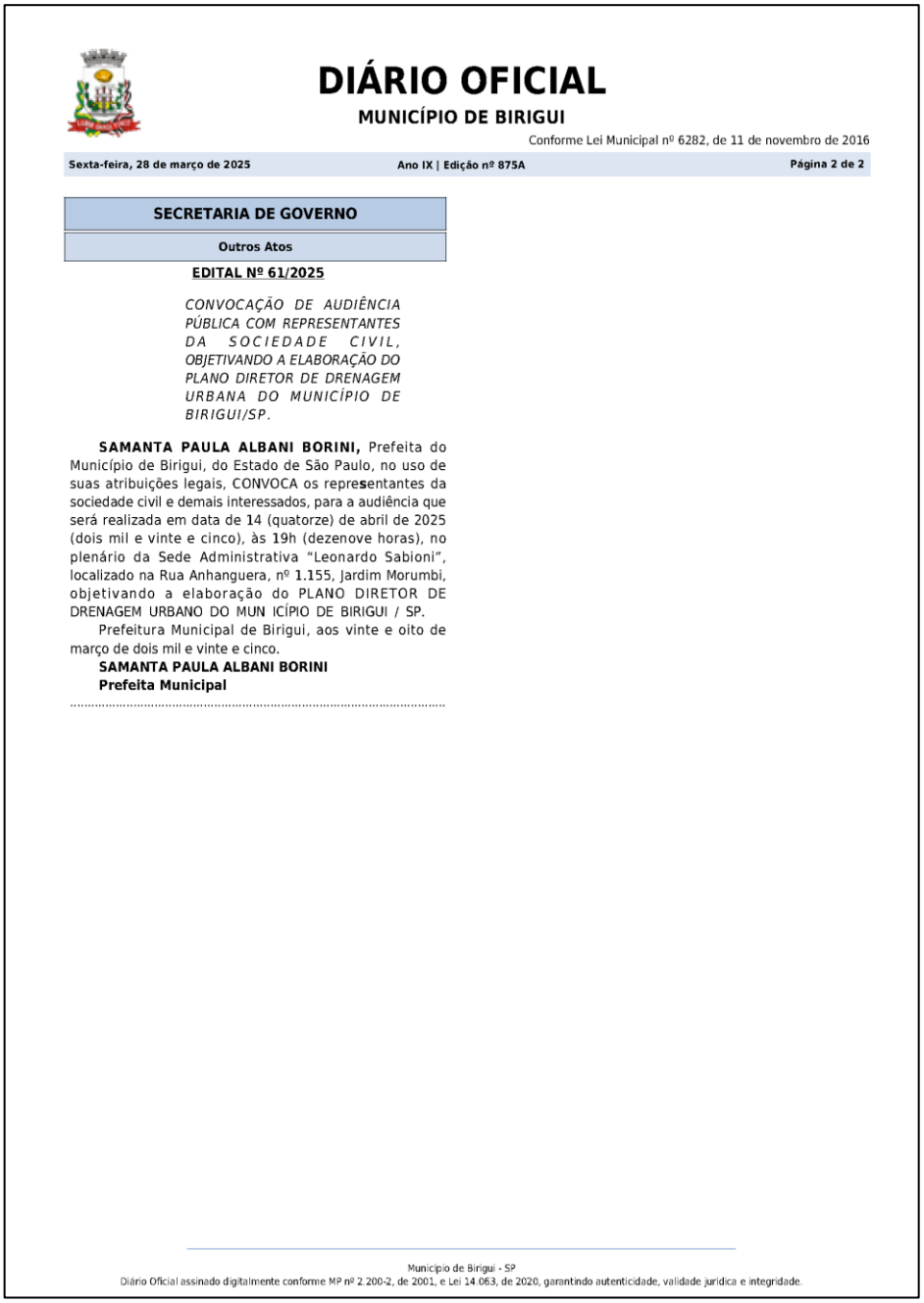
Espaço para sugestões e comentários Caso tenha sugestões de melhoria para o conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), pontos que precisam ser melhor explicados ou qualquer outra observação relevante para o plano, descreva abaixo:
Na faculdade, desenvolvi um projeto para o Lago da Raquete, o projeto é 80% focado na drenagem do local, que sofre com inúmeros alagamentos. Me coloco a disposição para apresentar as ideias e ceder o projeto, podendo ser alterado conforme necessidade do município. Att, Arquiteta Lais P********* (18) 99643-****
É preciso prever remoção do assoreamento do córrego "biriguizinho" para que não sature a região do supermercado Amigão em dias de chuva forte. Além de aprofundar mais a lagoa da Praça Do Povo, assim ela funcionará como um bolsão de ajuda para os canais locais. Ou tra questão que trago são o despejo do esgotamento sanitário que está caindo no córrego biriguizinho e outras bacias locais. Gostaria de receber um laudo com a porcentagem de esgoto que é tratado atualmente na cidade de Birigui, além dos mapas com nomes dos córregos que cortam a cidade. Como cidadã, acredito que cabe ao meu entendimento receber essa documentação sem maiores burocracias. Podem me enviar por email ou disponibilizar quais canais de informações consigo tais informações? Obrigada!
Melhorar a arborização em torno do Rio Baixotes e limpeza da área ou até mesmo colocando cercas para que a população não jogue lixo ou faça queima irregular na área, melhorar a preservação da mata.
Urgente verificar a drenagem no córrego que corta as ruas Abraão Antônio e Mantura Antônio. A rua está cedendo. Já existe uma cratera.
No Quemil nosso problema é com a agua parada na sarjeta pois não tem caída para a agua descer, trazendo mal cheiro e um ambiente desagradável
arrumar e tirar a terra da canaleta que passa na avenida do Ibiza, é onde escoa a água e terra e congestiona a João Cernack
Vejo falta de planejamento em bairros novos, acredito ser essencial um plano de escoamento da água pluvial no projeto aprovado pela prefeitura. Também acredito que quando as pessoas alimentam totalmente seus terrenos a água só pode escoar pela rua dificultando a drenagem do excesso de água.
Usar guias de calçadas de materiais permeáveis
Criar bolsões de contenção de águas, principalmente no córrego parpinelli. Essa água não irá estourar na Avenida João Cernack. Manter canaleta Biriguizinho sempre limpa em toda sua extensão.
URGE UM ESTUDO DE MACRODRENAGEM URBANA PARA BIRIGUI, COM A IMPLEMENTAÇÃO DE INFRA ESTRUTURA VERDE E A OBRIGATORIEDADE DE TAXA DE PERMEABILIDADE, INCLUSIVE NAS VIAS PÚBLICAS. ALÉM DISSO, AS CISTERNAS DE REUSO DE ÁGUAS PLUVIAIS CONTRIBUIRIAM GRANDEMENTE COM A DIMINUIÇÃO DOS ALAGAMENTOS. TAMBÉM SE FAZ NECESSÁRIA A REVISÃO DOS DUTOS DE ÁGUAS PLUVIAIS, AUMENTANDO SEU DIÂMETRO E TAMBÉM DESAFOGANDO TRECHOS QUE ACABAM SOBRECARREGADOS, COMO A RUA FRANCISCO GALINDO DE CASTRO, QUE COLETA E CONDUZ SUPERFICIALMENTE AO CÓRREGO DA PISCINA AS ENCHURRADAS DAS RUAS SAUDADES, SANTOS DUMONT, RIBEIRO DE BARROS E JOÃO GALO. A TUBULAÇÃO É INSUFICIENTE EM SUA DIMENSÃO E AS POUCAS BOCAS COLETORAS NÃO COMPORTAM A ÁGUA DEVIDO SEU VOLUME E VELOCIDADE.
Birigui precisa de um estudo de macrodrenagem, onde soluções a longo prazo sejam pensadas e aplicadas. Existem bibliografias que defendem a implantação de infraestrutura verde, a atualização do sistema de dutos (ampliando sua vasão e distribuição) e inserção de pontos de captação e de contenção das águas pluviais, Os pontos mais críticos são os encontros do Córrego Biriguizinho e outros córregos e a nascente do Córrego da Piscina (em especial no trecho da Rua Francisco Galindo de Castro que começa na Rua Saudades e finda na Rua Bandeirantes, onde as águas das demais ruas se reunem nesta área e não encontram vasão necessária, o que já colocou em risco e causou danos às pessoas, animais, veículos e demais perdas materiais).

Espaço para sugestões e comentários Caso tenha sugestões de melhoria para o conteúdo do Plano Diretor de Drenagem Urbana (PDDU), pontos que precisam ser melhor explicados ou qualquer outra observação relevante para o plano, descreva abaixo:
SE FAZ NECESSÁRIA A IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DOS SITEMAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, COM REVISÃO E AMPLIAÇÃO DOS DUTOS QUE LEVAM AS ÁGUAS PARA OS CURSOS HÍDRICOS, O PLANEJAMENTO DE DISPOSITIVOS QUE NÃO SOBRECARREGUEM AS ÁREAS SUSCETÍVEIS AO ALAGAMENTO (COMO É O CASO DA RUA FRANCISCO GALINDO DE CASTRO NA ALTURA DA RUA SAUDADES ATÉ A RUA BANDEIRANTES, ONDE PESSOAS E VEÍCULOS JÁ SOFRERAM AVARIAS E CORRERAM RISCO DE VIDA) E A BUSCA DE SOLUÇÕES PARA A IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO.
Mediante os dados da página 188, que indica que as "áreas de drenagem do Córrego da Piscina e do Alto Córrego da Piscina apresentam os coeficientes volumétricos de escoamentos mais elevados, ambos com valores de 0,90" e que "intervenções estruturais nessas regiões são urgentes e indispensáveis para o controle de enchentes". Não há no presente PDDU a definição de metas específicas para essas áreas de drenagem, o que se mostra uma grande omissão do poder público municipal, visto que carros já foram arrastados na Rua Francisco Galindo de Castro, imóveis invadidos por enxurradas, visto a ineficácia do sistema de drenagem ali existente, demostrando o risco iminente à integridade física e patrimonial dos moradores.

Anexo 5 – Documentos da Audiência Pública.

A) Divulgação da Audiência Pública

A divulgação ocorreu por meio dos canais oficiais da Prefeitura, como o diário oficial (por meio do Edital nº 61/2025, publicado no Diário Oficial do Município de Birigui em 28 de março de 2025), site institucional, além do apoio da equipe técnica de comunicação, com publicações em redes sociais e circulação de material digital.



DIÁRIO OFICIAL
MUNICÍPIO DE BIRIGUI
Conforme Lei Municipal nº 6282, de 11 de novembro de 2016

Sexta-feira, 28 de março de 2025 | Ano IX | Edição nº 875A | Página 2 de 2

SECRETARIA DE GOVERNO

Outros Atos

EDITAL Nº 61/2025

CONVOCAÇÃO DE AUDIÊNCIA PÚBLICA COM REPRESENTANTES DA SOCIEDADE CIVIL, OBJETIVANDO A ELABORAÇÃO DO PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA DO MUNICÍPIO DE BIRIGUI/SP.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI, Prefeita do Município de Birigui, do Estado de São Paulo, no uso de suas atribuições legais, CONVOCA os representantes da sociedade civil e demais interessados, para a audiência que será realizada em data de 14 (quatorze) de abril de 2025 (dois mil e vinte e cinco), às 19h (dezenove horas), no plenário da Sede Administrativa "Leonardo Sabioni", localizado na Rua Anhanguera, nº 1.155, Jardim Morumbi, objetivando a elaboração do PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANO DO MUN ICÍPIO DE BIRIGUI / SP.

Prefeitura Municipal de Birigui, aos vinte e oito de março de dois mil e vinte e cinco.

SAMANTA PAULA ALBANI BORINI
Prefeita Municipal

Município de Birigui - SP
Diário Oficial assinado digitalmente conforme MP nº 2.200-2, de 2001, e Lei 14.063, de 2020, garantindo autenticidade, validade jurídica e integridade.



HOME | EQUIPE | NOTÍCIAS | AVISOS E ALERTAS | TRANSPARÊNCIA | LICITAÇÕES | CIDADE | CONCURSOS | LEGISLAÇÃO | CONTATO

Notícias

28/03/2025

Prefeitura de Birigui fará audiência pública sobre plano diretor de drenagem urbana

A Prefeitura de Birigui, por meio da Secretaria de Obras, realizará no dia 14 de abril, audiência pública sobre plano diretor de drenagem urbana do município. A sessão aberta para a participação popular, será a partir das 19h, no auditório do Centro administrativo da Prefeitura, rua Anhanguera, 1.155, bairro Jardim Morumbi.

A realização da audiência pública é uma das condicionalidades do processo de elaboração do Plano Diretor de Drenagem Urbana do Município de Birigui.

Até o dia 31 de abril, a população também poderá participar dando sua opinião na consulta pública online, em formulário específico no site da Prefeitura de Birigui (www.birigui.sp.gov.br).

O Plano Diretor de Drenagem Urbana é de fundamental importância para o planejamento urbano e tem como objetivo estabelecer diretrizes e ações para a gestão eficiente da drenagem das águas pluviais, contribuindo para a prevenção de alagamentos, enchentes e para a melhoria da qualidade de vida no município.

Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Recorte da publicação no site institucional. Disponível em: http://www.birigui.sp.gov.br/birigui/noticias/noticias_detalhes.php?id_noticia=10618.



Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Publicação no Instagram institucional. Disponível em: https://www.instagram.com/prefeituradebirigui.



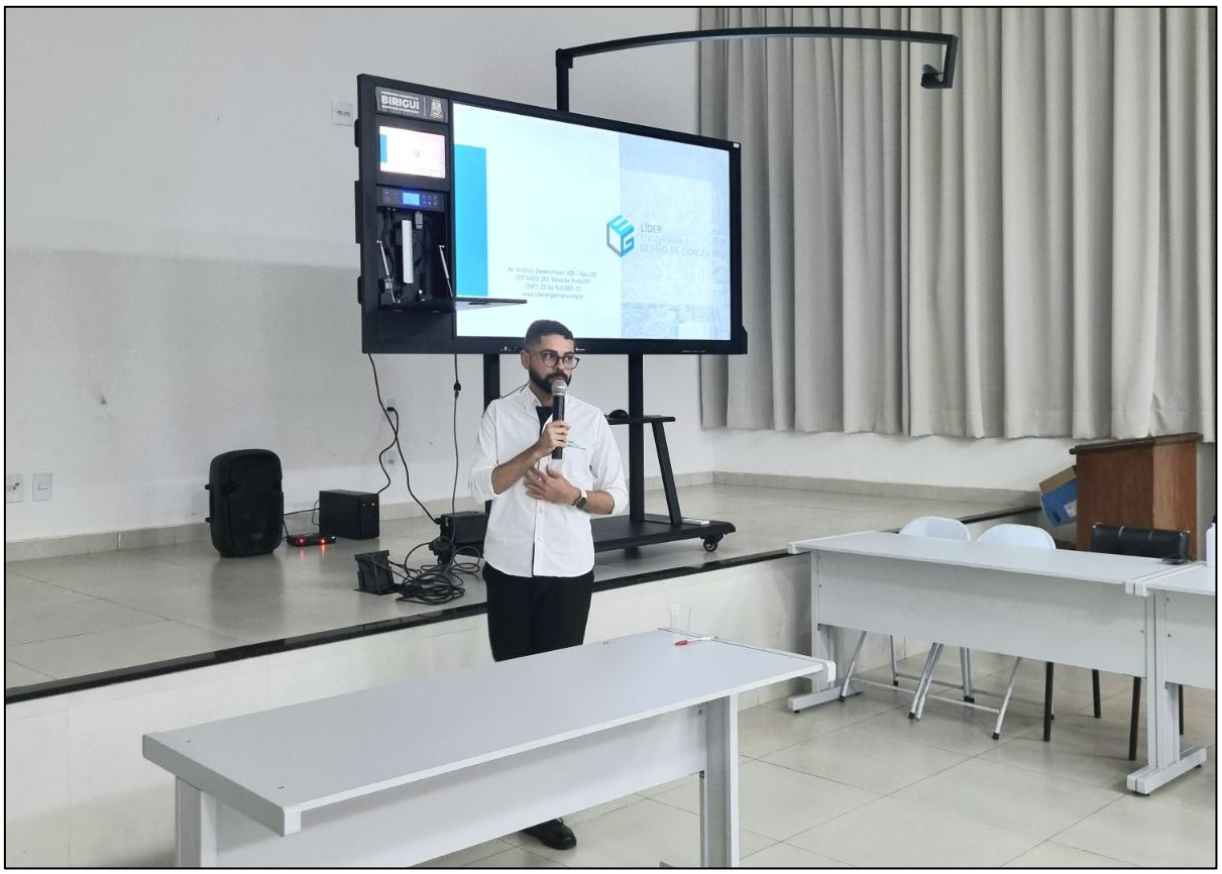
Fonte: Prefeitura Municipal de Birigui. Publicação no Instagram institucional. Disponível em: https://www.instagram.com/prefeituradebirigui.

B) Relatório Fotográfico da Audiência Pública

O relatório a seguir é composto por registros fotográficos cedidos pela equipe de comunicação da Prefeitura Municipal de Birigui/SP, que fez a cobertura da Audiência Pública para apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana.






BIRIGUI


BIRIGUI
EQUIPE TÉCNICA
DE CONSULTORIA






Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Planejamento urbano voltado a drenagem sustentável
Revisão da legislação urbana e ambiental
Restrição a áreas impermeáveis em novos empreendimentos
Educação ambiental e campanhas públicas
Fiscalização de ligações irregulares de esgoto
Programas de manutenção preventiva (varrição, limpeza de dispositivos)
Gestão do uso do solo e ocupação urbana
Incentivo à urbanização de baixo impacto (telhados verdes, pisos permeáveis e incentivo ao reuso de água da chuva)
Controle de resíduos sólidos e sedimentos oriundos de obras


AUDIÊNCIA PÚBLICA



C) Lista de Presença da Audiência Pública

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
Município de Birigui - SP
LISTA DE PRESENÇA

EVENTO: Audiência Pública de apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana - Birigui-SP

LOCAL: Plenário da sede administrativa "Bernardo Saltoni" DATA: 14 / 04 / 2025.

NOME	TELEFONE	E-MAIL	INSTITUIÇÃO/SEGMENTO
Rogerio Clemente C Fernandes	18 997415168		Sec Obras
Fernanda Fenerelli de Almeida	18 99600-5405	fscarbovelli.dealmeida@gmail.com	Sec. Obras
Reginaldo T. Ferreira	(18) 99846303		Comara municipal
EDSON DE ALMEIDA	18 997113012		CAMARA MUNICIPAL
EVERALDO BRAZ Santos	18 99749 9091	EVERALDOSantos1468@Hotmail	Camara municipal
CESAR RICARDO Jr.	18 997221999	[illegible]	municipe
Kaye Cesar Bento	18-99139-1545	kaye_cbb@hotmail.com	munícipe
Julike Aiko Takehara Rocha	18-997012-8700	julikaiko@hotmail.com	CBH-BT
Gabriela de Santos Cardoso	18 996541360	gabrielasantos@gmail.com	Sec. Obras
Amanda de Souza Cassiano	18 99629-9284	amandacassiano.arq@gmail.com	Sec. Obras
Rondelo Caminha	18 996527758	arquiteto.rc@hotmail.com	Sec. obras
Jaqueline P. Del Duca	18 997261436	jaquetarico@gmail.com	
Daniel Nazaro Hazeski	18 99640-9122	dhazeski.engcivil@gmail.com	Sec. Obras
VIVIANE M. SANCHES BARBOSA	18 997818302	juridicobirigui@outlook.com.br	Sjuridico PMB
Viviane Franzoi	(18) 99600-6598	vivilegislativo@gmail.com	Câmara Municipal
Wagner Lopes	18 997835778		Sec. Sec Pob. Mun.
Paulo Batista de Souza	18 998004848	Paulobatista@Hotmail.com	Gabinete
GUILHERME HENRIQUE SCHIAVINO	18 99174 - 5541	GUILHERMEGSCHIAVINO@GMAIL.COM	ENGº CIVIL SEC. MUN. DE EDUCAÇÃO BIRIGUI

LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES

PLANO DIRETOR DE DRENAGEM URBANA
Município de Birigui - SP
LISTA DE PRESENÇA

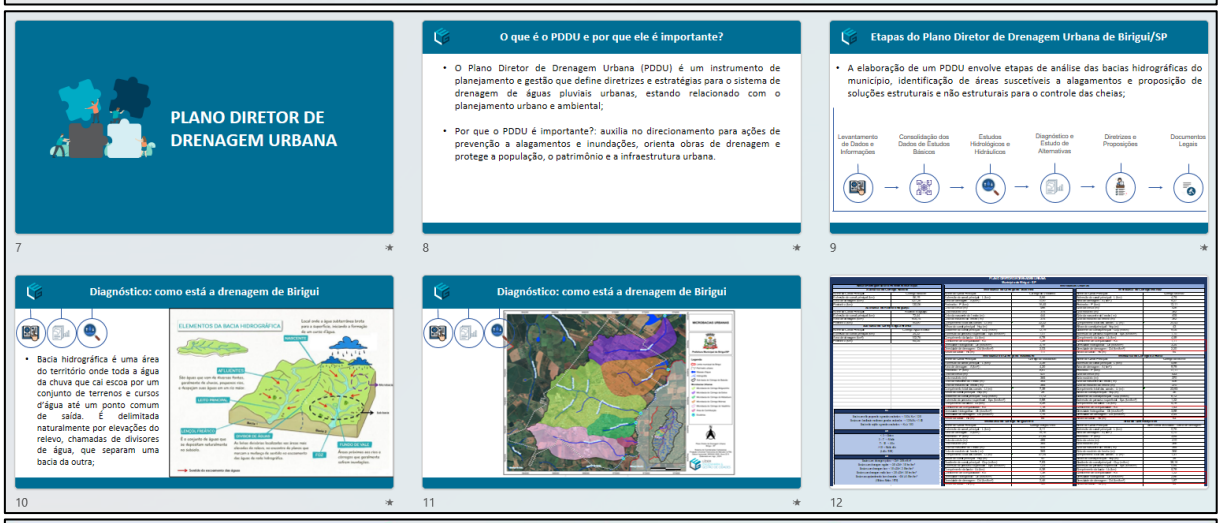
EVENTO: Audiência Pública de apresentação do Plano Diretor de Drenagem Urbana - Birigui-SP

LOCAL: Plenário da sede administrativa "Bernardo Saltoni" DATA: 14 / 04 / 2025.

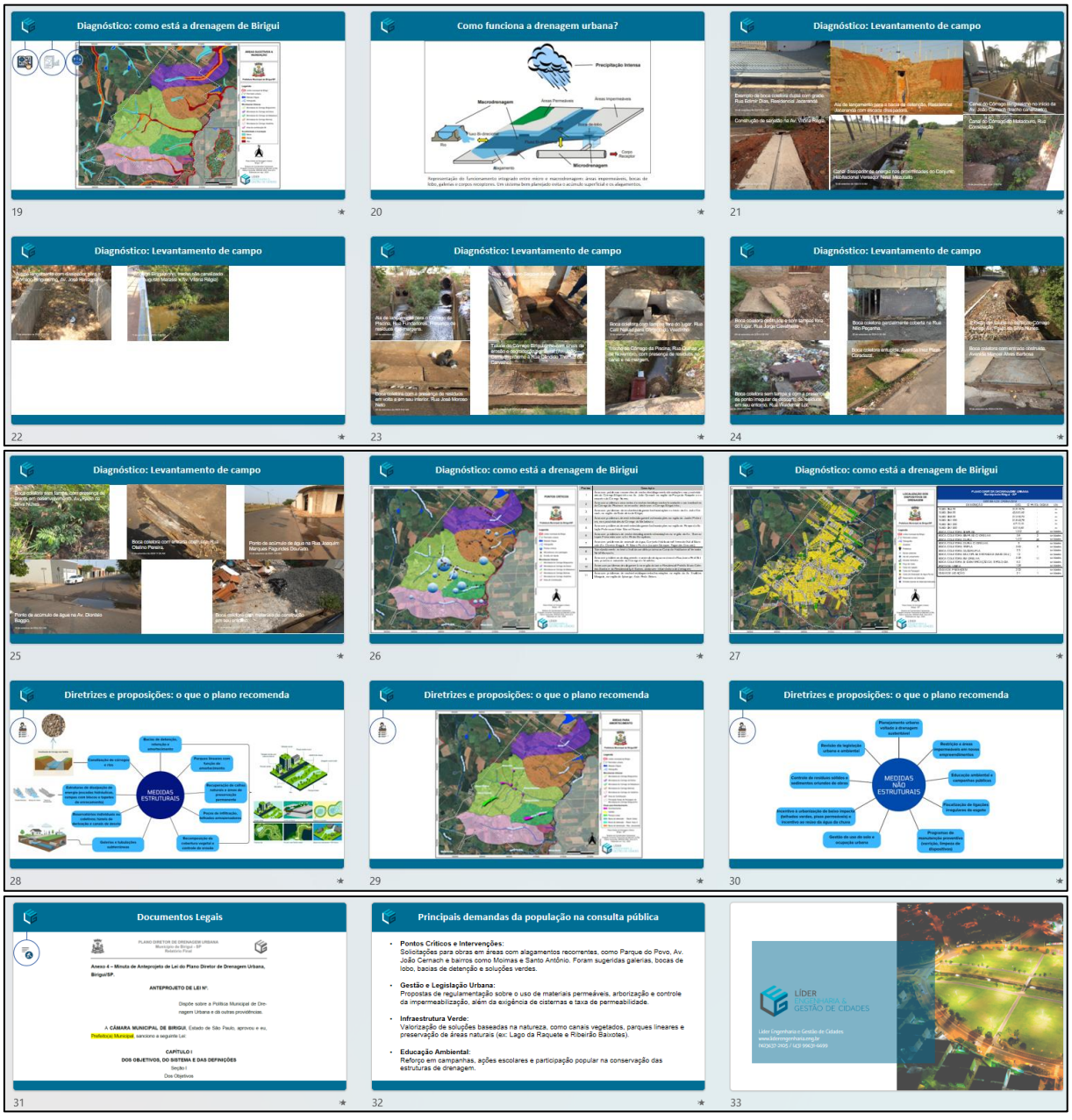
NOME	TELEFONE	E-MAIL	INSTITUIÇÃO/SEGMENTO
Fulgencio Antonio	11 99637 9956	engfulgencio@ud.com.br	SP Águas
Paulo Marcos Prado da Silva	18 997249729	[illegible]@Hotmail.com	Secretário Meio Ambiental
Augustino Marques Silva Fernandes	18 99789-7152		Secretário Adj. Governo
Fernando Yamasaki	18 99646-4810	vihz@OUTLOOK.com	Secretaria de Governo
Caricia Zanardelli das Neves	18 981610511	caricia.correes@gmail.com	Secret. de Meio Ambiente
Tayane Contel Malheiros	18 997992425	TAYANECONTEL@GMAIL.COM	Câmara Municipal
Sidnei Marcio Rodrigues	18 981330199		
EVANDRO CANASSA	18 99786-7781	evandro.canassa@gmail.com	SDE
Lucilene Telles de Faria	(18)991507443	lucitelles@hotmail.com	munícipe
Luiz Otavio Marque	18 997082526	marque33@uol.com.br	CBH-BT
ANDRÉ LUIZ BRANCO	99783653 8		ASSENAB - CREA-SP.
Robert Caetano	(16) 994641634	ROBERT@LIDERENGENHARIA.ENGBR	Líder Engenharia
Rafael Prestes Menezes	16 98209 9835	Rafael@rpmengenharia.com.br	rpm

D) Apresentação de Slides da Audiência Pública








Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
19
Como funciona a drenagem urbana?
Precipitação Intensa
Macrodrenagem
Áreas Permeáveis
Áreas Impermeáveis
Rio
Reservatório
Microdrenagem
Corpo Receptor
20
Diagnóstico: Levantamento de campo
21
Diagnóstico: Levantamento de campo
22
Diagnóstico: Levantamento de campo
23
Diagnóstico: Levantamento de campo
24
Diagnóstico: Levantamento de campo
25
Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
26
Diagnóstico: como está a drenagem de Birigui
27
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
MEDIDAS ESTRUTURAIS
28
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
29
Diretrizes e proposições: o que o plano recomenda
MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
30
Documentos Legais
ANTEPROJETO DE LEI Nº.
31
Principais demandas da população na consulta pública
Pontos Críticos e Intervenções:
Solicitações para obras em áreas com alagamentos recorrentes, como Parque do Povo, Av. João Cernach e bairros como Moimas e Santo Antônio. Foram sugeridas galerias, bocas de lobo, bacias de detenção e soluções verdes.
Gestão e Legislação Urbana:
Propostas de regulamentação sobre o uso de materiais permeáveis, arborização e controle da impermeabilização, além da exigência de cisternas e taxa de permeabilidade.
Infraestrutura Verde:
Valorização de soluções baseadas na natureza, como canais vegetados, parques lineares e preservação de áreas naturais (ex: Lago da Raquete e Ribeirão Baixotes).
Educação Ambiental:
Reforço em campanhas, ações escolares e participação popular na conservação das estruturas de drenagem.
32
LÍDER ENGENHARIA & GESTÃO DE CIDADES
33

Anexo 6 – Minuta de Anteprojeto de Lei do Plano Diretor de Drenagem Urbana, Birigui/SP.

ANTEPROJETO DE LEI Nº.

Dispõe sobre a Política Municipal de Drenagem Urbana e dá outras providências.

A **CÂMARA MUNICIPAL DE BIRIGUI**, Estado de São Paulo, aprovou e eu, Prefeito(a) Municipal, sanciono a seguinte Lei:

CAPÍTULO I
DOS OBJETIVOS, DO SISTEMA E DAS DEFINIÇÕES
Seção I
Dos Objetivos

Art. 1º. Esta Lei dispõe sobre normas para o Manejo das Águas Pluviais no Município de Birigui, com o objetivo principal de promover a retenção e infiltração das águas superficiais, visando à preservação do hidrograma natural, à recarga do lençol freático e à disponibilização de água para reuso, adotando de maneira sustentável estruturas de drenagem alternativas ou compensatórias.

Art. 2º. As disposições desta Lei aplicam-se ao parcelamento do solo, às formas de ocupação do solo e à instalação de atividades residenciais e não residenciais que impliquem alterações nas características do solo, seja pela implantação de estruturas ou superestruturas, seja pela instalação de usos ou atividades, com ou sem edificação, que resultem em impermeabilização do solo ou aumento da contribuição de água ao sistema de drenagem urbana.

Art. 3º. Os projetos e tipologias de ocupação mencionados no artigo anterior deverão prever sistemas de retenção, detenção e/ou infiltração de águas pluviais, projetados conforme os critérios estabelecidos nesta Lei, de modo a garantir a recarga dos aquíferos e minimizar os impactos sobre a malha viária e os fundos de vale.

Parágrafo único. Soluções técnicas alternativas poderão ser apresentadas, desde que avaliadas pela Divisão de Drenagem e Águas Pluviais, vinculada à Diretoria de Infraestrutura Urbana da Secretaria Municipal de Obras de Birigui - SP.

Seção II
Do Sistema de Manejo de Água Pluvial e Drenagem Urbana

Art. 4º. O sistema de controle de águas pluviais e drenagem urbana do Município de Birigui compreende um conjunto integrado de galerias, canais, obras e dispositivos projetados para o adequado escoamento e manejo do deflúvio superficial até seu destino final, estruturando-se em dois níveis: macro e microdrenagem.

Seção III
Das Definições

Art. 5º. Para os fins desta Lei, consideram-se as seguintes definições:

I. **Bacia de Acumulação** – estrutura projetada para regular temporariamente o nível de oscilação dos corpos d'água em macrobacias, com o objetivo de controlar enchentes e inundações;

II. **Bacia de Detenção** – estrutura impermeabilizada que retém temporariamente a água, liberando-a gradualmente para regular os picos de vazão. Pode incluir dispositivos de fuga para pequenas vazões destinadas à infiltração ou à rede pública de drenagem pluvial;

III. **Bacia Hidrográfica** – região hidrográfica sobre a terra onde o escoamento superficial converge para um único ponto fixo, chamado exutório;

IV. **Bacia de Retenção** – estrutura permanente destinada a reduzir o escoamento superficial, acumulando e infiltrando as águas pluviais. Quando seca, pode ser usada para lazer urbano;

V. **Boca de Lobo/Coletora** – abertura construída, geralmente junto a meios-fios e sarjetas, para captar e conduzir águas pluviais aos poços de visita das galerias;

VI. **Bueiro** – estrutura que permite a passagem das águas sob vias, garantindo a continuidade do escoamento natural;

VII. **Canal Pluvial** – estrutura destinada a conduzir as águas pluviais, evitando danos como erosão e desmoronamento de taludes;

VIII. **Caixa de Retenção** – reservatório para armazenamento de águas pluviais coletadas de telhados e de superfícies impermeabilizadas, podendo ser destinadas ao reuso para fins não potáveis, em unidades residenciais ou não residenciais, conforme a NBR 15.527/2007, que trata do aproveitamento de águas pluviais;

IX. **Coeficiente de Escoamento Superficial** – parâmetro determinado com base em tabelas que consideram dados pluviométricos do município;

X. **Deflúvio Superficial Direto** – volume de água que escoa da superfície de uma determinada área devido à ocorrência de uma chuva torrencial sobre aquela área;

XI. **Descarga em Fundos de Vale** – volume de água proveniente de sistemas pluviais que deságuam em fundos de vale;

XII. **Eixo Estruturante** – eixo natural formado pelos corpos d'água que atravessam a malha urbana, configurando uma macrobacia;

XIII. **Exutório** – ponto fixo para onde convergem as águas de uma bacia hidrográfica;

XIV. **Galeria de Águas Pluviais** – condutos abertos ou fechados que transportam, por gravidade, águas captadas até corpos receptores ou fundos de vale;

XV. **Greide** – linha correspondente ao perfil longitudinal de uma via pública ou terreno natural;

XVI. **Hidrograma Natural** – representação gráfica da relação vazão x tempo do escoamento natural de uma bacia hidrográfica;

XVII. **Índice de Impermeabilidade** – índice de não infiltração de água para o subsolo de, no máximo, 90% (noventa por cento);

XVIII. **Índice de Permeabilidade** – índice de infiltração de água para o subsolo de, no mínimo, 10% (dez por cento);

XIX. **Intensidade Pluviométrica** – medição da intensidade de uma chuva em determinado período de tempo;

XX. **Inundação** – transbordamento do leito de um corpo d'água, natural ou artificial, associado à impermeabilização da sua área de captação de água;

XXI. **Loteamento** – modalidade de parcelamento de solo que resulta na abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação dos existentes;

XXII. **Macrodrenagem** – sistema permanente de condução e acumulação de águas naturais;

XXIII. **Meio-fio** – elemento pré-moldado em concreto destinado a separar a faixa de pavimentação da faixa de serviço da calçada;

XXIV. **Microdrenagem** – sistemas que coletam e conduzem as águas pluviais até a macrodrenagem, compostos por sarjetas, bocas-de-lobo, reservatório de amortecimento, poços de visita e rede de distribuição;

XXV. **Microbacia Hidrográfica** – pequena área de drenagem que alimenta tributários do curso principal de água;

XXVI. **Obra** – realização de trabalho em imóvel que implique na modificação do perfil do terreno, desde sua preparação, seu início e até sua conclusão ou, ainda, qualquer intervenção cujo resultado altere seu estado físico para área já parcelada;

XXVII. **Parcelamento do solo** – fracionamento do solo, em qualquer de suas modalidades, resultando em novas unidades imobiliárias, observados os requisitos técnicos estabelecidos em lei;

XXVIII. **Pavimento Drenante** – sistema construtivo de pavimentação assentado sobre superfícies permeáveis e que permitem a infiltração de água, podendo ser conjugado com poços e trincheiras de infiltração;

XXIX. **Percolação** – movimento subterrâneo da água através do solo, especialmente nos solos não saturados ou próximos da saturação;

XXX. **Período de Retorno ou Período de Recorrência** – intervalo de tempo estimado de ocorrência de um determinado evento de precipitação pluviométrica mais expressivo;

XXXI. **Poço de Visita** – sistema de controle da velocidade da água, mudança de direção e regulação de declividade da galeria, possibilitando sua inspeção e manutenção periódica;

XXXII. **Poço de Infiltração** – estrutura pontual, usualmente cilíndrica, revestida com manta geotêxtil e revestimento para estabilização das paredes do poço, que funciona como filtro de retenção de partículas para infiltração, com profundidade e diâmetro que depende das características do solo e do volume de água a ser infiltrada proveniente das áreas pavimentadas e/ou ocupadas;

XXXIII. **Projeto de Edificação** – projeto de arquitetura apto a obter Licença e Alvará de Construção, destinado a receber quaisquer atividades humanas, materiais, equipamentos ou instalações diferenciadas e cujo detalhamento resultará em projetos executivos, que atenda aos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação específica;

XXXIV. **Projeto Urbanístico** – aquele que apresenta intervenções no território, associado ou não a edificações, promovendo a urbanização dos espaços e atendendo aos requisitos técnicos estabelecidos pela legislação específica;

XXXV. **Rede Mestra** – rede que interliga sistemas de micro e macrodrenagem;

XXXVI. **Sarjeta** – estrutura acoplada ao meio-fio formando canais triangulares longitudinais destinados a coletar e conduzir as águas superficiais da via pública, passeio e lotes aos dispositivos de drenagem, conjuntamente com as vias, funcionando como canais;

XXXVII. **Sistema de Controle de Água Pluvial** – conjunto de galerias e canais, obras e dispositivos necessários ao adequado escoamento e condicionamento do deflúvio superficial até seu destino final;

XXXVIII. **Sistema de Dissipação de Energia** – estrutura que visa diminuir a velocidade do escoamento das águas nas saídas de galerias de águas pluviais, principalmente, em situações de chuvas intensas, visando minimizar o desgaste e evitar a instalação de processos erosivos em canais naturais ou artificiais;

XXXIX. **Sub-bacia Hidrográfica** – área de drenagem natural relativa aos tributários do curso d'água principal;

XL. **Talvegue** – linha sinuosa e de maior profundidade de um fundo de vale, formando um canal pelo qual correm as águas;

XLI. **Trincheira de Infiltração** – estrutura linear pouco profunda, preenchida, total ou parcialmente, com material granular como brita e seixos, e revestida com manta geotêxtil, que funciona como filtro de retenção de partículas para infiltração de águas provenientes das áreas pavimentadas e/ou ocupadas, podendo ser implantada em áreas junto a pátios de estacionamentos, logradouros públicos e ao longo de ruas e avenidas, dentre outros;

XLII. **Uso e Ocupação do Solo** – controle das atividades residenciais e não residenciais no território, respeitados os parâmetros urbanísticos e ambientais, segundo peculiaridades de cada Macrozona;

XLIII. **Vala de Infiltração** – estrutura linear pouco profunda, vegetada ou não, preenchida com britas ou não, que permite o armazenamento temporário de águas pluviais, favorecendo a infiltração no solo, podendo ser implantada ao longo de rodovias, estacionamentos, parques, logradouros públicos e áreas verdes, dentre outros;

XLIV. **Vazão de Descarga** – quantidade ou volume de água por uma unidade de tempo de um conduto d'água natural ou artificial;

XLV. **Vertedouro** – é um canal artificial executado com a finalidade de conduzir seguramente a água por meio de uma barreira, que geralmente é uma barragem, ou destinado a auxiliar na medição da vazão de um dado fluxo de água.

CAPÍTULO II
DAS NORMAS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS ESTRUTURAS

Seção I
Das Normas para Loteamento e Projetos Urbanísticos

Art. 6º. Os projetos de loteamentos, os projetos urbanísticos e de novos empreendimentos, a serem aprovados pelos órgãos da administração pública municipal, deverão apresentar projeto complementar de drenagem pluvial, sendo que as descargas em fundos de vale devem conter sistemas de dissipação de energia de águas pluviais ou sistemas de múltiplos lançamentos que evite a concentração dos fluxos de água no corpo hídrico, a fim de reduzir os impactos sobre essas áreas, em conformidade com o disposto nesta Lei e demais legislações pertinentes.

Art. 7º. Fica obrigatória a implementação de dispositivos de controle na fonte em todos os novos empreendimentos, lotes e loteamentos aprovados no município, principalmente nas áreas classificadas como suscetíveis a alagamentos, com o objetivo de minimizar o impacto do escoamento superficial sobre o sistema de drenagem urbana.

§1º Para os fins desta lei, consideram-se dispositivos de controle na fonte:

I. pavimentos permeáveis;
II. bacias de detenção e retenção;
III. telhados verdes;
IV. sistemas de captação e reutilização de águas pluviais;
V. valas de infiltração e outros sistemas equivalentes.

§2º Os projetos de novos empreendimentos deverão conter, obrigatoriamente, os cálculos de dimensionamento dos dispositivos de controle na fonte definidos no §1º, acompanhados de memorial descritivo técnico, ambos elaborados com base na capacidade de retenção necessária para atender às exigências técnicas previstas pelo Plano Diretor de Drenagem Urbana.

§3º A aprovação de projetos de novos empreendimentos ficará condicionada à apresentação de estudo técnico que demonstre a viabilidade e a eficiência dos dispositivos de controle na fonte.

Art. 8º. Os projetos de parcelamento do solo e os projetos urbanísticos deverão garantir a condição sustentável de descarga pluvial de sua respectiva área por meio da implantação de estruturas de retenção e/ou detenção e infiltração, mantendo-a o mais próximo possível da vazão de pico natural nos corpos hídricos receptores, de acordo com estudo específico.

Parágrafo único. As estruturas implantadas para garantir a descarga pluvial sustentável deverão priorizar soluções baseadas na natureza, como bacias vegetadas, áreas de infiltração e sistemas descentralizados de retenção, observadas as condições do terreno e a viabilidade técnica.

Art. 9º. Será permitida a formação de parcerias entre a iniciativa privada com a interveniência do Poder Público, na qualidade de parceiro ou não, para execução das obras de drenagem pluvial nos casos em que houver influência externa ao empreendimento, seja à montante ou à jusante.

§ 1º As parcerias que se refere o *caput* desse artigo terão a gestão do Poder Público Municipal.

§ 2º Em casos de servidão para passagem dos dutos ou instalação de estruturas de retenção e/ou detenção, a área será desapropriada pelo Município.

§ 3º Os interessados e beneficiados ratearão os custos da implantação da obra, inclusive a indenização decorrente da desapropriação e o ressarcimento ao município será por meio de contribuição de melhoria.

Art. 10. A manutenção das estruturas de retenção, detenção e/ou infiltração implantadas ficará a cargo: (i) dos possuidores, a qualquer título, e dos condôminos dos respectivos imóveis, quando estiverem localizadas intralotes; (ii) ao Poder Público Municipal, quando estiverem localizadas nas Áreas Públicas Municipais (APMs).

Art. 11. A manutenção dos condutos que formam o sistema de galerias pluviais ficará a cargo do Poder Público.

Art. 12. Todo projeto urbanístico que resulte em modificação das condições naturais de permeabilidade superficial do terreno deverá promover o controle de vazão de pico do hidrograma natural relativa às águas pluviais para a macrodrenagem adotando os seguintes critérios:

I. controle da vazão por meio de reservatório de detenção e/ou retenção, desde que haja área para tal;
II. o reservatório de retenção deverá permitir, sempre que viável, a infiltração da água armazenada, funcionando também como caixa de recarga do lençol freático.

Parágrafo único. A infiltração será considerada viável quando não causar um dano ambiental, quando as características dos solos permitirem e quando não colocarem em risco as estruturas pré-existentes.

Art. 13. Ao Município caberá fornecer ao usuário o estudo hidrológico das microbacias urbanas dos córregos Biriguizinho, da Estiva, do Matadouro, Moimaz, Veadinho e da Área de Contribuição, conforme apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana.

§ 1º Nos casos em que o Município não dispõe do estudo hidrológico referido no *caput* deste artigo, será facultado ao empreendedor desenvolvê-lo.

§ 2º O estudo hidrológico específico da microbacia hidrográfica onde o projeto estiver inserido estará sujeito à aprovação pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura e Órgão Municipal do Meio Ambiente.

Art. 14. Os sistemas caracterizados como bacias de detenção e/ou retenção e infiltração de águas pluviais poderão ser implantados dentro de Áreas Públicas Municipais (APMs), desde que demonstrada a viabilidade técnica e ambiental por meio de estudos técnicos hidrológicos e ambientais específicos, a ser avaliados pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura em conjunto com o Órgão Municipal do Meio Ambiente.

Art. 15. Os sistemas caracterizados como bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais poderão ser implantados dentro de Áreas de Preservação Permanente (APPs), desde que demonstrado seu caráter de utilidade pública, de interesse social e de baixo impacto ambiental, bem como demonstrada a viabilidade técnica e ambiental por meio de estudos hidrológicos e ambientais específicos, a serem avaliados pelo Órgão Municipal de Planejamento e Infraestrutura em conjunto com o Órgão Municipal do Meio Ambiente.

§ 1º As bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais tratadas no *caput* deste artigo deverão respeitar a distância mínima correspondente a 60% (sessenta por cento) da faixa de APP, a partir da margem do curso d'água.

§ 2º Será permitida a flexibilização da distância mínima determinada no §1º deste artigo, desde que demonstrada a necessidade amparada em estudos técnicos.

§ 3º Será permitida a implantação de lagos de regulação nos talvegues de corpo d'água natural visando à melhoria ambiental local e a regulação de vazão de pico, desde que demonstrada a necessidade amparada em estudos técnicos específicos.

§ 4º Não será admitida a construção de bacias de detenção e/ou retenção das águas pluviais em áreas brejosas, com lençol freático aflorante, caracterizadas como veredas ou nascentes.

§ 5º O ponto de descarga das bacias de detenção e/ou retenção de águas pluviais tratadas no *caput* deste artigo deverá respeitar o raio de 50 m (cinquenta metros) de proteção das nascentes, conforme a Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 – Lei de Proteção da Vegetação Nativa (conhecida como novo Código Florestal).

Art. 16. Os projetos de controle de águas pluviais e drenagem urbana, a serem aprovados pelos Órgãos da Administração Pública Municipal, deverão adotar os seguintes parâmetros para cálculos do Sistema de Drenagem:

I. para uma microdrenagem com área menor que 1.000.000,00 m^2 (um milhão de metros quadrados), o período de retorno a ser utilizado como parâmetro de projeto, deverá adotar as seguintes informações:

PERÍODO DE RETORNO (T) PARA TIPO DE ESTRUTURA PLUVIAL

a) Galerias – T = 2 Anos
b) Bueiros – T = 10 anos
c) Pontes – T = 25 anos
d) Canal Pluvial – T = 10 anos
e) Vertedouro/Extravasor – T = 10 anos

II. para utilização do cálculo de galerias de água pluvial de novos projetos urbanísticos, deverá ser utilizado o coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) de 0,50 (zero vírgula cinquenta) e, no caso de cálculo de projetos de galerias em áreas já urbanizadas e adensadas, dentro do perímetro urbano, deverá ser utilizado o coeficiente de

escoamento superficial de 0,70 (zero vírgula setenta);

III. para o cálculo da Intensidade, Duração, Frequência (I.D.F), deverá ser seguida equação de comprovada eficiência, acompanhada de estudo específico;

IV. para o cálculo de intensidade pluviométrica do Município de Birigui deverá ser seguida a equação de acordo com o estudo apresentado no Plano Diretor de Drenagem Urbana;

V. os projetos de controle de águas pluviais e drenagem urbana, acompanhados de memorial de cálculo, considerando os possíveis impactos externos na região afetada, provenientes de chuvas não previstas em seu dimensionamento, a ser aprovados pelos Órgãos da Administração Pública Municipal, deverão adotar parâmetros para cálculos de bacias de detenção ou retenção, de acordo com:

a) Coeficiente de escoamento superficial (*runoff*) de pré-desenvolvimento, cujo valor, de acordo com tabela seguinte, onde t é igual ao tempo de concentração da microbacia em minutos:

CRITÉRIO VALOR
t ≤ 5min -> 0,20
t > 5min -> 0,15

Art. 17. Nos novos lotes e empreendimentos imobiliários aprovados no município, deverá ser obrigatoriamente mantido um percentual mínimo de área permeável, com o objetivo de promover a infiltração da água no solo e reduzir a velocidade de escoamento superficial.

§1º O percentual mínimo de área permeável será estabelecido conforme a zona de uso e ocupação do solo, da seguinte forma:

I - Zonas residenciais: mínimo de 20% (vinte por cento) de área permeável;
II - Zonas comerciais: mínimo de 15% (quinze por cento) de área permeável;
III - Zonas industriais: mínimo de 10% (dez por cento) de área permeável.

§2º A área permeável deverá ser composta por vegetação, sistemas de infiltração, pavimentos permeáveis ou outros dispositivos que garantam a absorção de água pelo solo.

§3º Os projetos de estacionamentos, calçadas e áreas comuns impermeabilizadas superiores a 150 m², deverá ser adotado, no mínimo, 40% de superfície com material permeável ou sistema equivalente de infiltração, como pavimentos intertravados com base granular, faixas vegetadas ou revestimentos que permitam a absorção da água pelo solo.

§4º O não cumprimento do percentual mínimo de permeabilidade acarretará a aplicação de multa e a exigência de adequação do imóvel ou empreendimento no prazo estabelecido pelo órgão competente.

§5º Empreendimentos e imóveis já existentes que não atendam ao percentual mínimo de permeabilidade deverão adotar medidas compensatórias, como a implementação de sistemas de controle na fonte.

Seção II
Das Normas para as Edificações

Art. 18. Os projetos arquitetônicos e complementares de edificações deverão contemplar medidas de controle da drenagem pluvial no próprio lote, com o objetivo de promover a infiltração da água no solo e reduzir o escoamento superficial.

§1º Essas medidas deverão incorporar, de forma individual ou combinada, os dispositivos de controle na fonte definidos no §1º do Art. 7º.

§2º Os projetos de edificação deverão apresentar, em seus memoriais técnicos, a taxa de permeabilidade da área, os dispositivos propostos para controle da vazão e os métodos de infiltração/retenção adotados, acompanhados de detalhamento técnico.

§3º Nos casos de edificações residenciais multifamiliares, comerciais ou institucionais com cobertura impermeável superior a 300 m², será exigida a instalação de sistema de retenção e infiltração de águas pluviais, dimensionado tecnicamente de acordo com a legislação vigente.

§4º As calçadas implantadas junto às edificações deverão, sempre que tecnicamente viável, prever faixa vegetada contínua com largura mínima de 30 cm junto à guia, exceto em áreas com exigência de acessibilidade ou alta circulação de pedestres que inviabilizem sua adoção.

Art. 19. O rebaixamento do lençol freático indicado nos projetos de edificações, a serem aprovados pelos Órgãos Municipais de Planejamento e Urbanismo, de Meio Ambiente e de Obras e Infraestrutura, deverá seguir as condições subsequentes:

I. em caráter provisório, somente no período de fundação da obra e obras correlatas, desde que não ultrapasse 180 (cento e oitenta) dias, a drenagem da água poderá ser lançada diretamente em galerias pluviais e, em casos excepcionais, buscar outra alternativa, conforme orientações técnicas dos Órgãos Municipais de Meio Ambiente e de Obras e Infraestrutura;

II. em caráter permanente desde que condicionado a:

a) Projeto de Drenagem comprovando a viabilidade técnica de recirculação adequada da água na mesma microbacia hidrográfica, de forma a mitigar o impacto através da infiltração da água resultante da drenagem do lençol, em estruturas como poços de recarga ou vala de infiltração, situados, prioritariamente, a montante, observando-se a direção e sentido do escoamento do manancial, de uma nascente e ou áreas verdes públicas, para conservação e renovação da lâmina dos espelhos d'água e manutenção da qualidade da água;

b) Laudo Técnico de Sondagem a ser realizado preferencialmente no final da estação de maior precipitação pluviométrica ou em qualquer época, desde que comprovada tecnicamente a oscilação do lençol freático;

III. somente será permitido o rebaixamento permanente do lençol freático, para aqueles empreendimentos que apresentarem subsolo com índice de ocupação máximo de 90% (noventa por cento);

IV. fica proibido o lançamento de qualquer água resultante de drenagem permanente do lençol na estrutura pluvial urbana e diretamente no corpo d'água natural, bem como não será admitido sua utilização para outros fins que não a infiltração de acordo com análise técnica da situação ou condição da infiltração, exceto a vazão ocorrida no extravasor como mecanismo de segurança;

Seção III
Das Normas para a Manutenção de Dispositivos Existentes

Art. 20. Fica instituída a obrigatoriedade da manutenção periódica de dispositivos de drenagem urbana existentes, tanto públicos quanto privados, visando garantir a eficiência do sistema de escoamento pluvial e prevenir problemas de alagamento e enchentes.

§1º A manutenção de dispositivos públicos, como bocas de lobo, galerias, canais e bacias de retenção, será de responsabilidade do Poder Executivo Municipal, devendo ser realizada conforme cronograma estabelecido por órgão competente.

§2º Os proprietários de imóveis e empreendimentos com dispositivos privados de drenagem, como caixas de retenção, telhados verdes e sistemas de captação de águas pluviais, ficam responsáveis pela manutenção e limpeza periódica desses equipamentos, garantindo sua funcionalidade.

§3º A fiscalização das condições de manutenção dos dispositivos públicos e privados será realizada pelo órgão competente, que poderá aplicar advertências, multas ou outras penalidades em caso de descumprimento.

CAPÍTULO III
DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 21. Fica criado o Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui-SP, de caráter consultivo, vinculado e coordenado pela Divisão de Drenagem e Águas Pluviais, vinculada à Diretoria de Infraestrutura Urbana da Secretaria Municipal de Obras, com a finalidade de dirimir dúvidas em relação aos Sistemas de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana do Município, acompanhar a implantação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, bem como a sua regulamentação e eventuais inovações tecnológicas decorrentes da aplicação do mesmo.

§ 1º O Comitê do Município de Birigui será composto por técnicos dos Órgãos Municipais de Planejamento e Urbanismo, de Obras e Infraestrutura e de Meio Ambiente, da Prestadora dos Serviços de Água e Esgoto, das Universidades e afins e de entidades representativas do setor imobiliário, a serem designados por ato do Chefe do Poder Executivo.

§ 2º A critério do Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui poderão ser convidados técnicos especialistas para participar, eventualmente, do mesmo.

§ 3º A participação dos membros no Comitê de Drenagem Urbana do Município de Birigui será considerada função relevante, não remunerada.

Birigui - SP, _____ de _____de 202__.

_____

Prefeito(a) Municipal