



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

WALTER ROBERTO DA SILVA SANTOS

**PLANEJAMENTO URBANÍSTICO E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO ARIRI-BOLONHA: Estudo Preliminar de uma Rede de Infraestrutura Verde.**

BELÉM
2025

WALTER ROBERTO DA SILVA SANTOS

**PLANEJAMENTO URBANÍSTICO E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO ARIRI-BOLONHA:** Estudo Preliminar de uma Rede de Infraestrutura Verde.

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade
Federal do Pará, como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte.

BELÉM
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

D111p Da Silva Santos, Walter Roberto.
Planejamento Urbanístico e Ambiental da Bacia Hidrográfica
do Rio Ariri-Bolonha : Estudo Preliminar de uma Rede de
Infraestrutura Verde / Walter Roberto Da Silva Santos. — 2025.
128 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Instituto de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e
Urbanismo, Belém, 2025.

1. Planejamento Urbano. 2. Infraestrutura Verde. 3. Bacia
Hidrográfica. I. Título.

CDD 711.40987

WALTER ROBERTO DA SILVA SANTOS

**PLANEJAMENTO URBANÍSTICO E AMBIENTAL DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO ARIRI-BOLONHA: Estudo Preliminar de uma Rede de Infraestrutura Verde.**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade
Federal do Pará, como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientador: Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte.

Data de aprovação: 16 / 09 / 2025

Conceito: Excelente

Banca Examinadora:

Orientador (a)

Dr. Juliano Pamplona Ximenes Ponte – UFPA

Examinador (a) Interno

Dra. Monique Bentes Machado Sardo Leão - UFPA

Examinador (a) Externo

Me. Ana Carolina de Miranda Tavares - UFMG

Aos meus pais pelo investimento constante na
minha educação e pela confiança no meu
potencial.

Agradeço aos meus familiares, sobretudo aos meus pais, por serem meus maiores incentivadores em todas as etapas da minha formação. Também à minha irmã, Ana Carolina, que, mesmo sem querer, parava para ouvir sobre os dilemas da graduação e sempre esteve presente; e ao meu irmão, Pedro, que, enquanto eu escrevia este TCC, vinha ao meu quarto para mostrar seus desenhos e novos lápis de cor.

Agradeço ao meu orientador, Juliano Ximenes, por ter me incentivado, desde a disciplina de Projeto IV, a desenvolver um olhar crítico sobre a cidade e o mundo. Sou grato também pela orientação nos dois ciclos de PIBIC, bem como pela disponibilidade e predisposição em ajudar-me nos mais diversos temas.

Registro meu agradecimento ao professor Raúl Ventura Neto, por ter sido meu primeiro contato com o urbanismo, ainda antes do início da graduação; e à professora Ana Cláudia Cardoso, cuja atuação nas aulas de Teoria de Análise Regional e Urbana foi profundamente inspiradora.

Agradeço a todos com quem tive a honra de trabalhar durante meus quase dois anos de estágio no Núcleo de Defesa da Moradia, especialmente às minhas chefes, Jessyca Patrícia e Ana Carolina Miranda, às minhas parceiras de estágio, Brenda Rodrigues e Tatiana Prata, também à Luciana Albuquerque, Silvia Noronha, Adriano Souto, Giovana Barbosa e Renata Brito.

Sou grato, especialmente, aos amigos que fiz ao longo da graduação, sobretudo aos meus grandes parceiros, Ana Beatriz, Eduardo Amorim e Vitor Pereira, que foram companhias para além das tardes de aula e inúmeros trabalhos compartilhados. Agradeço também à minha colega de sala e de PIBIC, Maria Elizabeth Quaresma, com quem publiquei dois trabalhos acadêmicos e que foi minha parceira em muitos momentos, inclusive durante a escrita deste TCC.

Agradeço à minha melhor amiga, Ana Paula, que, mesmo em outra cidade, sempre me nutriu com boas energias e boas conversas. Também ao meu grande amigo Victor Almeida, que me incentivou a participar do MOBIM para Arquitetura e segue me motivando em tudo o que me proponho a fazer.

Por fim, agradeço a Deus pela força e saúde ao longo desta jornada, e a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

“O ciclo d’água é uma dança eterna!”

— **A Chuva, Jaloo**

RESUMO

O avanço da urbanização de modo indiferente às questões ambientais sujeitou as cidades a conviver com alagamentos e inundações cada vez mais desproporcionais. Na Bacia Hidrográfica do Ariri-Bolonha, em Belém e em Ananindeua, a expansão das áreas impermeáveis sobre as várzeas, a supressão da vegetação e o déficit de infraestrutura comprometem o sistema hidrológico, aumentam os impactos das chuvas e sujeitam seus habitantes à vulnerabilidade socioambiental. Este trabalho objetiva desenvolver um estudo preliminar de um plano urbanístico-ambiental para a bacia, fundamentado na redução do escoamento superficial por meio de soluções de infraestrutura verde. A pesquisa envolveu análise histórica do processo de ocupação, caracterização urbanística, diagnóstico ambiental (topografia, declividade, pedologia, cobertura vegetal e balanço hídrico) como base para a proposição de uma rede de infraestrutura composta por biovaletas, jardins de chuva, canteiros e lagoas pluviais, com potencial de mitigar o escoamento superficial, contribuir para a recuperação do ciclo hidrológico e fortalecer a sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Infraestrutura Verde; Bacia Hidrográfica.

ABSTRACT

The advance of urbanization, carried out with little regard for environmental issues, has subjected cities to increasingly disproportionate floods and inundations. In the Ariri-Bolonha Watershed, located in Belém and Ananindeua, the expansion of impervious surfaces over floodplains, vegetation suppression, and infrastructure deficits compromise the hydrological system, intensify the impacts of rainfall, and expose residents to socio-environmental vulnerability. This study aims to develop a preliminary urban-environmental plan for the watershed, based on reducing surface runoff through green infrastructure solutions. The research involved a historical analysis of the occupation process, urban characterization, and environmental diagnosis (topography, slope, pedology, vegetation cover, and water balance) as a basis for proposing a network of infrastructures, including bioswales, rain gardens, green strips, and stormwater ponds, with the potential to mitigate surface runoff, restore the hydrological cycle, and strengthen urban sustainability.

Keywords: Urban planning; Green infrastructure; Watershed.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	3
2. O PLANEJAMENTO URBANO COMO ESTRATÉGIA DE RECUPERAÇÃO ECOSSISTÊMICA	4
3. PROCESSO DE FORMAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARIRI-BOLONHA (1960 - 1999).....	7
4. CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA CONTEMPORÂNEA (2000 - 2025).....	22
5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	56
6. REDE DE INFRAESTRUTURA VERDE	84
6.1. Lagoas Pluviais de Retenção.....	85
6.2. Biovaletas e Canteiro Pluviais	94
6.3. Jardins de Chuva	109
6.4. Novo Balanço Hídrico	113
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
REFERÊNCIAS.....	117
ANEXO - PRANCHAS DE DESENHO TÉCNICO	121

1. INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Ariri-Bolonha, situada nos municípios de Belém e Ananindeua, apresenta um território urbano marcado por processos históricos de ocupação periférica e expansão urbana informal. A análise do desenvolvimento histórico da região evidencia que a urbanização avançou de forma pouco planejada, resultando na ocupação de áreas de várzea, impermeabilização do solo, na fragmentação de espaços verdes, especulação imobiliária e na instalação de assentamentos precários, o que contribui para riscos significativos de alagamentos e degradação ambiental (Durans, 2016; Ribeiro, 2023; Spirn, 1995; Tucci, 2005). Esses processos históricos delineiam o contexto atual da bacia, no qual fatores sociais, urbanos e ambientais se encontram fortemente interligados, exigindo abordagens integradas para a gestão sustentável do território (Spirn, 1995; Pellegrino, 2017).

Diante desse cenário, o problema de pesquisa que norteia este estudo é compreender: como o planejamento urbanístico-ambiental pode contribuir para a recuperação do sistema hidrológico da Bacia do Ariri-Bolonha, considerando suas vulnerabilidades sociais, urbanísticas e ambientais?

O estudo se estrutura em quatro etapas principais. Primeiramente, realiza-se uma análise histórica e do processo de ocupação da bacia, permitindo compreender a gênese das vulnerabilidades atuais. Em seguida, desenvolve-se uma caracterização urbana do contexto contemporâneo, identificando padrões de ocupação, infraestrutura existente e áreas de vulnerabilidade social. A terceira etapa consiste em um diagnóstico ambiental detalhado, incluindo análise da topografia e declividade, pedologia, permeabilidade e cobertura vegetal, bem como avaliação da temperatura do solo. Um elemento central dessa etapa é o balanço hídrico, utilizado para estimar o volume de escoamento superficial (runoff) da bacia, fundamental para dimensionar adequadamente as soluções de manejo da água (Pellegrino, 2017; Araújo *et al.*, 2024).

Por fim, propõe-se uma rede de infraestrutura verde articulada, composta por lagoas pluviais, biovaletas, canteiros pluviais e jardins de chuva, visando manejar o escoamento superficial, aumentar a permeabilidade do solo e fortalecer a cobertura vegetal, considerando as características urbanísticas, paisagísticas e sociais da bacia (Pellegrino, 2017; Sandre *et al.*, 2024). Essa organização permite apresentar uma análise integrada entre o urbano e o ambiental, destacando a importância de soluções que considerem a complexidade social e a fragilidade ecológica do território – em detrimento de soluções de sistemas pluviais clássicas –,

contribuindo para a recuperação do ciclo hidrológico, a mitigação de riscos e o fortalecimento do ecossistema urbano da Bacia do Ariri-Bolonha.

2. O PLANEJAMENTO URBANO COMO ESTRATÉGIA DE RECUPERAÇÃO ECOSSISTÊMICA

A urbanização, ao longo dos séculos, tem provocado uma série de efeitos sobre o sítio em que se estabelece. Como destaca Spirn (1995), todas as cidades alteram o seu clima original e poluem o ar, devido aos processos de adensamento urbano. Nesse contexto, um dos recursos naturais afetados é a água, posto que “a profusão de ruas, das calçadas e dos estacionamentos pavimentados e os sistemas de água pluviais que drenam as cidades interrompem o ciclo hidrológico¹ e mudam as características dos cursos d’água e lagos” (Spirn, 1995, p. 29). Os sistemas de águas pluviais tradicionais, compostos por condutos impermeabilizados que guiam o escoamento superficial até os corpos d’água, agravam as enchentes e limitam a recarga dos lençóis freáticos. Isso ocorre pois além da redução da capacidade de infiltração do solo, a drenagem das águas torna-se mais rápida, criando vazões altas durante eventos de precipitação, e vazões baixas no intervalo entre chuvas (SPIRN, 1995).

Conforme as populações urbanas crescem, a carga de poluentes advindos das atividades humanas também cresce. Tais poluentes são escoados superficialmente junto às águas pluviais para os corpos d’água sem antes passar por um tratamento adequado, na maioria dos casos (Araújo; Almeida; Guerra, 2008). Diante desse cenário, Spirn (1995) afirma que mesmo cidades com clima úmido – como Belém – logo irão sofrer com a perda de água não-contaminada. Assim, as enchentes e a poluição das águas urbanas são produtos da atividade humana e sua localização, juntamente com a forma urbana e seus materiais (Spirn, 1995).

Os efeitos negativos do adensamento populacional são ainda mais evidentes em cidades que passaram por um processo de urbanização tardio e desordenado. No contexto da RMB - Região Metropolitana de Belém, a impermeabilização do solo e o adensamento construtivo, na maioria dos espaços, ocorreu sem o planejamento e a ordenação do uso do solo. Esse processo histórico, além de avançar desordenadamente sobre áreas permeáveis, impeliu as populações de baixa renda para áreas periféricas da capital – as chamadas “baixadas” –, localizadas

¹ “A chuva cai na terra, é absorvida pelo solo e pelas plantas que nele crescem e corre para os cursos d’água e oceanos, onde então se evapora, retornando uma vez mais para o ar.” (Spirn, 1995, p.161)

próximas a cursos d'água. Como resultado, áreas de várzeas² passaram a ser mais intensamente ocupadas, condição que, segundo Spirn (1995), associada ao clima local e ao padrão de chuvas, potencializa o risco de inundações naturais (Spirn, 1995).

Diante desses impactos, Tucci (2005) defende que as cidades necessitam de “diferentes ações preventivas de planejamento urbano e ambiental, visando minimizar os impactos e buscar o desenvolvimento sustentável” (Tucci, 2005, p. 15). O planejamento precisa considerar as variáveis ambientais em suas ações, entendendo que a cidade é composta por um ecossistema social e natural, que ambos moldam o seu ambiente físico e não podem ser compreendidos de forma isolada. Além dessa compreensão, é fundamental perceber a gestão da água da cidade com um elemento integrador.

Nesse sentido, os projetos abrangentes e individuais, a gestão de águas pluviais, o controle de enchentes, o abastecimento de água e o tratamento do lixo e esgoto precisam ser entendidos como parte de um sistema maior (Spirn, 1995). Em síntese, diante dos impactos da urbanização, o planejamento urbano precisa considerar todas as variáveis necessárias ao funcionamento sustentável do ecossistema urbano.

Para uma abordagem integrada às questões ambientais, a escala da bacia hídrica se mostra como uma unidade de planejamento adequada, visto que vários autores a consideram com um elemento análogo a um ecossistema ou uma unidade prática. Muitos estudos sobre bacias extrapolam o seu aspecto hidrológico e passam a considerar também questões relacionadas às mudanças de uso do solo e seus efeitos ambientais (Bormann & Likens, 1967; O'sullivan, 1979; Odum, 1985; 1993; Pollete, 1993; Lima, 1994; Pires & Santos, 1995; Rocha *et al.*, 2000).

Como as bacias “apresentam características biogeofísicas que denotam sistemas ecológicos e hidrológicos relativamente coesos” (Dasmann *et al.*, 1973, apud Pires; Santos; Del Prette, 2002, p. 18), a sua adoção como unidade de planejamento urbanístico-ambiental possibilita que ações voltadas à recuperação do ciclo hidrológico produzam efeitos dentro de seus próprios limites. Ou seja, as causas e as consequências das intervenções permanecem, em grande parte, contidas na bacia.

Associada ao planejamento na escala da bacia, estão as práticas de infraestrutura verde, (*green infrastructure*) que, de acordo com Pellegrino (2017), são ações de baixo impacto (LID³,

² “Uma área relativamente plana na qual o rio se movimenta, e na qual transborda regularmente quando acontecem inundações” (Spirn, 1995, p.147)

³ “O termo geral LID passou a ser usado para descrever um conjunto de princípios e de práticas desenvolvidas para melhor manter ou restaurar o regime hidrológico em uma bacia” (Pellegrino, 2017, p. 31).

low-impact development) e melhores práticas de manejo (BMP⁴, best management practices) “capaz de integrar a água com outros interesses de uso de uma área urbana, sempre dentro do entendimento de que se enfrentará o excessivo escoamento urbano onde ele se inicia, e não apenas onde se acumula” (Pellegrino, 2017, p. 26).

Com efeito, a infraestrutura verde representa uma alternativa aos sistemas de drenagem pluviais tradicionais, não se limitando apenas à coleta e à condução do escoamento superficial, mas exercendo um controle sobre o volume de água escoada combinado com a proteção dos cursos d’água e com as áreas permeáveis. Ademais, ela permite a associação dessas técnicas às conformações da paisagem, podendo ser integradas às vias, às edificações, aos parques, às praças, às áreas alagadas e aos maciços verdes, por meio de soluções baseadas na natureza – as SBNs –, como: Jardins de Chuva, Biovaletas, Canteiros e Lagoas Pluviais (Pellegrino, 2017; Sandre *et al.*, 2024).

Assim, o planejamento urbano na escala da bacia hidrográfica associado às ações de infraestrutura verde integradas à paisagem, mostra-se como uma ferramenta essencial para a gestão e o desenvolvimento sustentável das cidades. A partir dessa lógica e do contexto da RMB, o presente trabalho se propõe a realizar um estudo preliminar de um plano urbanístico-ambiental para a bacia hidrográfica do Ariri-Bolonha (localizada nos municípios de Belém e Ananindeua), objetivando a recuperação do sistema hidrológico da área, considerando suas condicionantes sociais e biogeofísicas. Conforme Pellegrino (2017), o estudo se dará, inicialmente, pela análise dos condicionantes urbanístico-ambientais do sítio, identificando suas restrições e oportunidades, para propor soluções adequadas de infraestrutura verde.

3. PROCESSO DE FORMAÇÃO E CONSOLIDAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ARIRI-BOLONHA (1960 - 1999)

A Bacia Hidrográfica do Ariri-Bolonha está localizada na Região Metropolitana de Belém (RMB), estendendo-se pelos municípios de Belém e Ananindeua. Trata-se de uma das maiores bacias urbanas da capital paraense, tanto em extensão territorial quanto em densidade populacional. Ela é composta pelos bairros: Cabanagem, Parque Verde, Tenoné, Coqueiro

⁴ Diretrizes que definem duas maneiras básicas de reduzir o escoamento e os poluentes gerados pelas áreas impermeabilizadas: a primeira sendo os elementos estruturais, que controlam o escoamento na fonte ou a jusante, por meio de soluções baseadas na natureza; e a segunda, as medidas não estruturais que lidam com o escoamento a partir de medidas preventivas de gestão e planejamento (Pellegrino, 2017).

(Belém), Coqueiro (Ananindeua), Quarenta Horas, Icuí-Guajará, Icuí-Laranjeira, Atalaia, Jaderlândia e Cidade Nova, todos caracterizados pela diversidade de tipologias de assentamentos (ver mapa 1).

A peculiaridade dessa bacia está justamente em sua conformação intermunicipal e na complexidade dos processos urbanos que nela se desenvolveram. A região insere-se na chamada Área de expansão da cidade de Belém, a qual ao longo das últimas décadas sofreu diversas transformações urbanas e ocupação precária que resultaram no adensamento da região, na concentração de territórios populares, na conurbação entre Belém e Ananindeua e em transformações ambientais. Essa realidade tem influenciado até a atual conjuntura nos parâmetros urbanísticos e ambientais da Bacia do Ariri-Bolonha.

A escolha desta área como objeto de estudo se justifica por sua relevância no cenário metropolitano atual, tanto pelo volume de população residente quanto pelos desafios urbanísticos e ambientais que enfrenta. Recentemente, a bacia passou a integrar projetos estratégicos de intervenção urbana, como a liberação de recursos da nova fase do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que destinou R\$ 200 milhões para obras de urbanização do canal Ariri-Bolonha (Agência Pará, 2024).

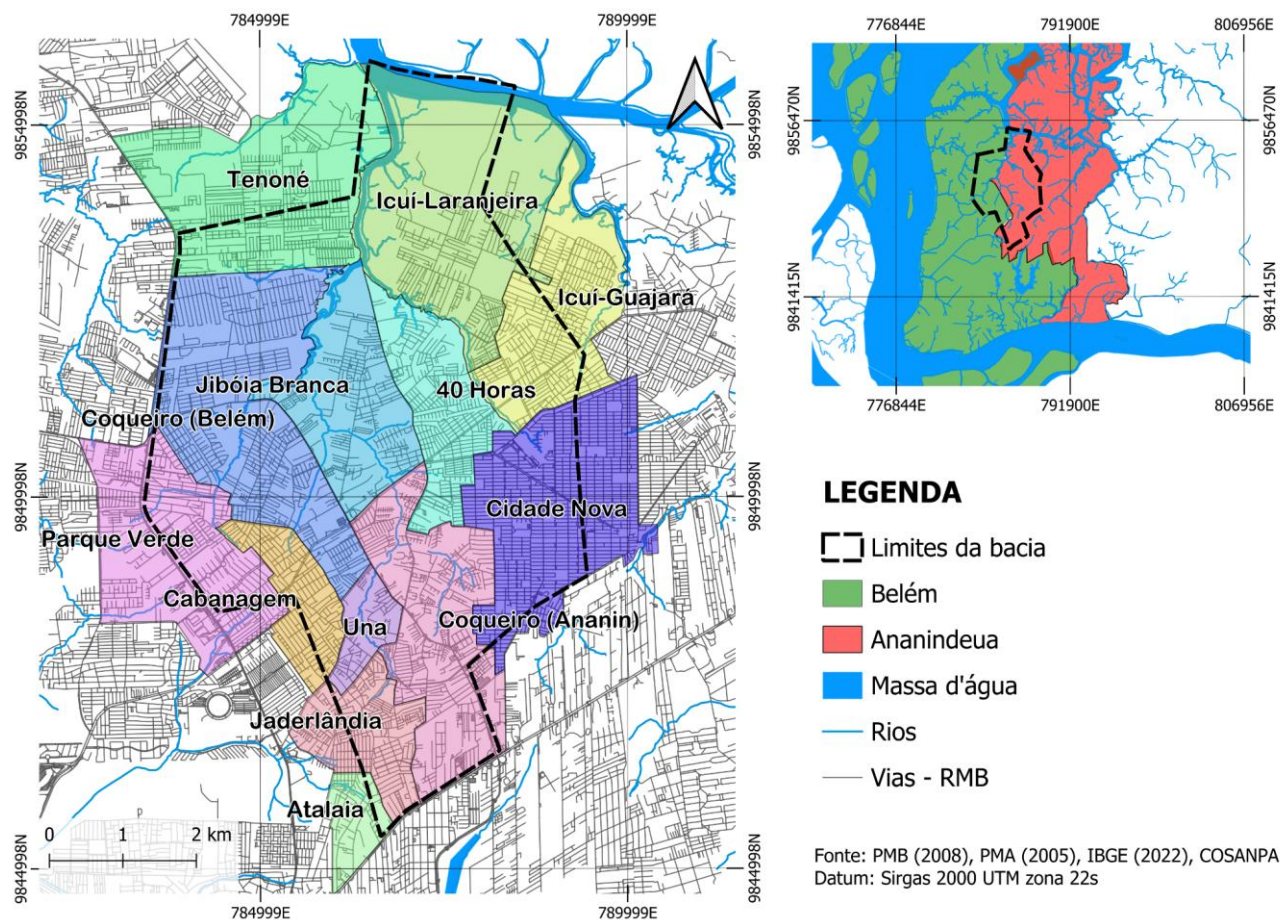
Tal investimento sinaliza não apenas o reconhecimento da importância estratégica da bacia do Ariri-Bolonha no contexto urbano e ambiental da RMB, mas também evidencia a necessidade de compreender seus processos históricos de ocupação, seus problemas estruturais e suas potencialidades. Ao mesmo tempo, ressalta-se a necessidade de apontar soluções sustentáveis que sejam adequadas à realidade territorial da bacia, respeitando suas especificidades sociais, físicas e institucionais.

O presente capítulo analisa o processo de ocupação da bacia, dividindo-o em períodos de ocupação, com base em levantamentos históricos, diagnósticos técnicos e literatura especializada. Essa análise busca revelar as dinâmicas que moldaram o território ao longo do tempo e contribuir para o debate sobre alternativas mais justas e sustentáveis de intervenção.

Ao explicar a evolução urbana da BH do Ariri-Bolonha, Ribeiro (2023) divide a região em três períodos, os quais evidenciam a ocorrência de diferentes intensidades e tipos de processos urbanos. O primeiro período data de 1960 a 1977; apesar das ocupações rurais e agrícolas já existirem na bacia desde meados da década de 1940, geralmente pertencentes a migrantes nordestinos ou japoneses, é a partir de 1960 que se intensificam as transformações de caráter urbano na região. Além de fazendas e granjas, tal período é caracterizado pela instalação de clubes e de chácaras para o lazer de classes médias e altas - especialmente no

bairro do Quarenta Horas. A região também passou a ser vista como alternativa de moradia mais barata em relação às áreas centrais de Belém (Ribeiro, 2023).

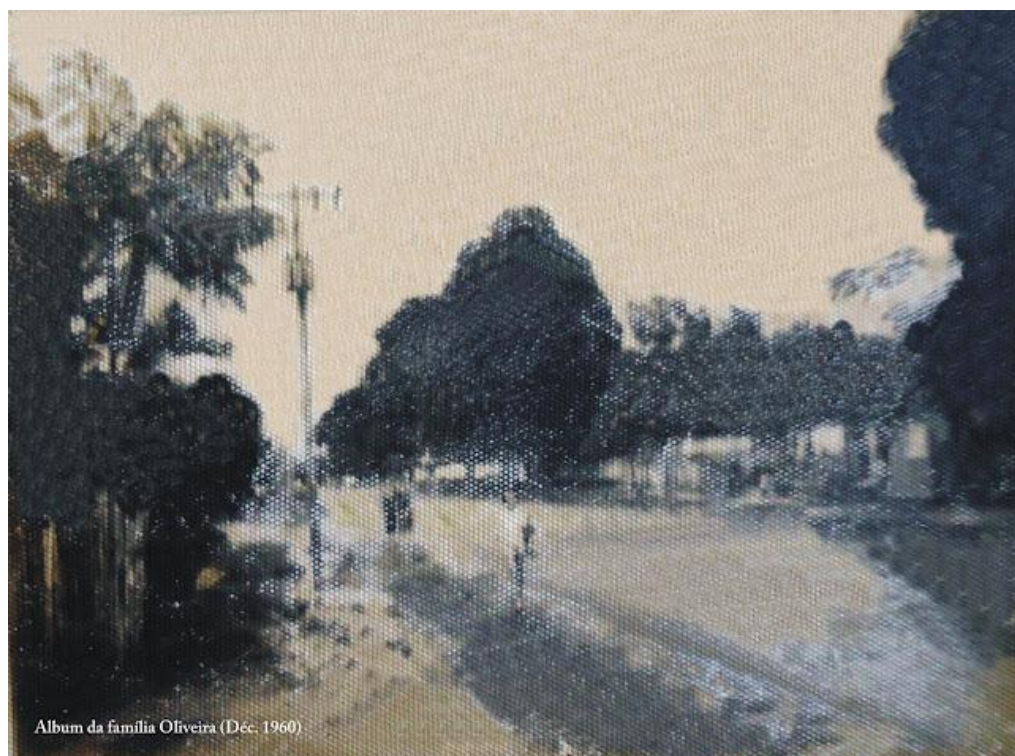
Mapa 1 - Bairros da bacia Ariri-Bolonha, base de faces de logradouros, hidrografia, limites da bacia Ariri-Bolonha e limites municipais de Belém e Ananindeua.



Fontes: IBGE (2022); ANA - MMA (2013); COSANPA; PMB (2008); PMA (2005).

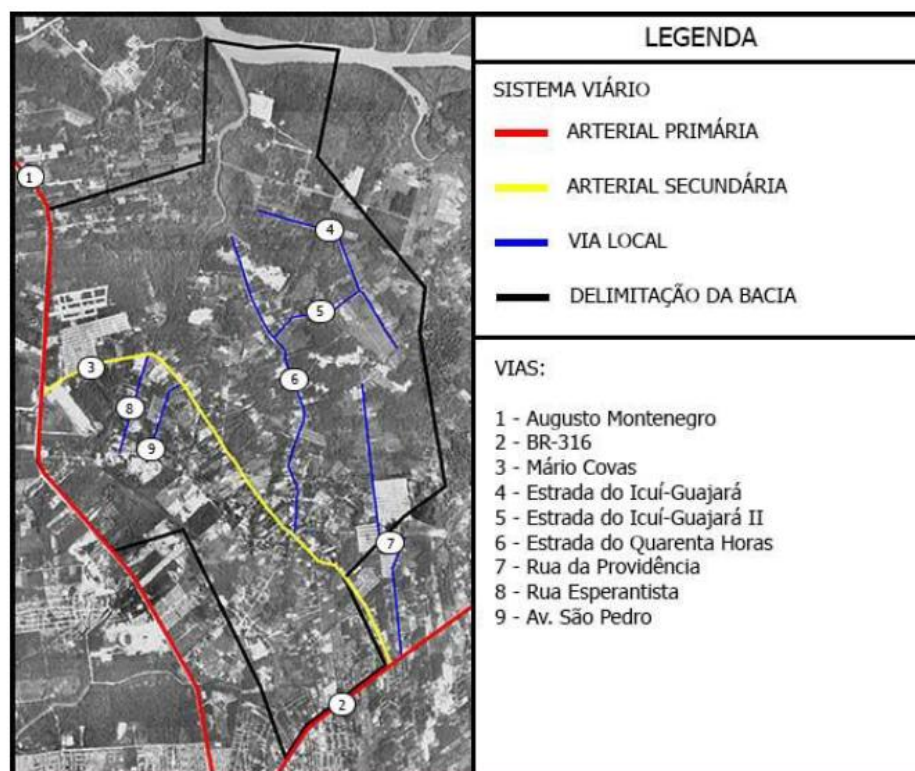
A área da bacia, situada na periferia de Belém, era um espaço de moradia para trabalhadores que se deslocavam diariamente ao centro da capital. Segundo Ribeiro (2023), Penteado (1968) já havia identificado a existência de diversos povoados na região, como o do Coqueiro (figura 1), que desempenhavam esse papel de "dormitório" para a população de baixa renda. Além disso, predominavam habitações modestas, e o sistema viário era limitado a algumas vias principais de acesso aos lotes, com poucas ruas transversais (figura 2). Tal configuração do espaço denota uma característica típica do processo de industrialização brasileiro, no qual as moradias autoconstruídas nas periferias são necessárias à manutenção de baixos salários (Maricato, 2002).

Figura 1 – Imagem do Povoado do Coqueiro, esquina com a estrada do 40 Horas, na década de 1960 (atual cruzamento entre a rodovia Mário Covas e a Avenida Hélio Gueiros).



Fonte: Furtado (2012).

Figura 2 – Bacia do Ariri, em 1977, e principais eixos viários existentes.



Fonte: Ribeiro (2023, p. 51), com base em CODEM (1977).

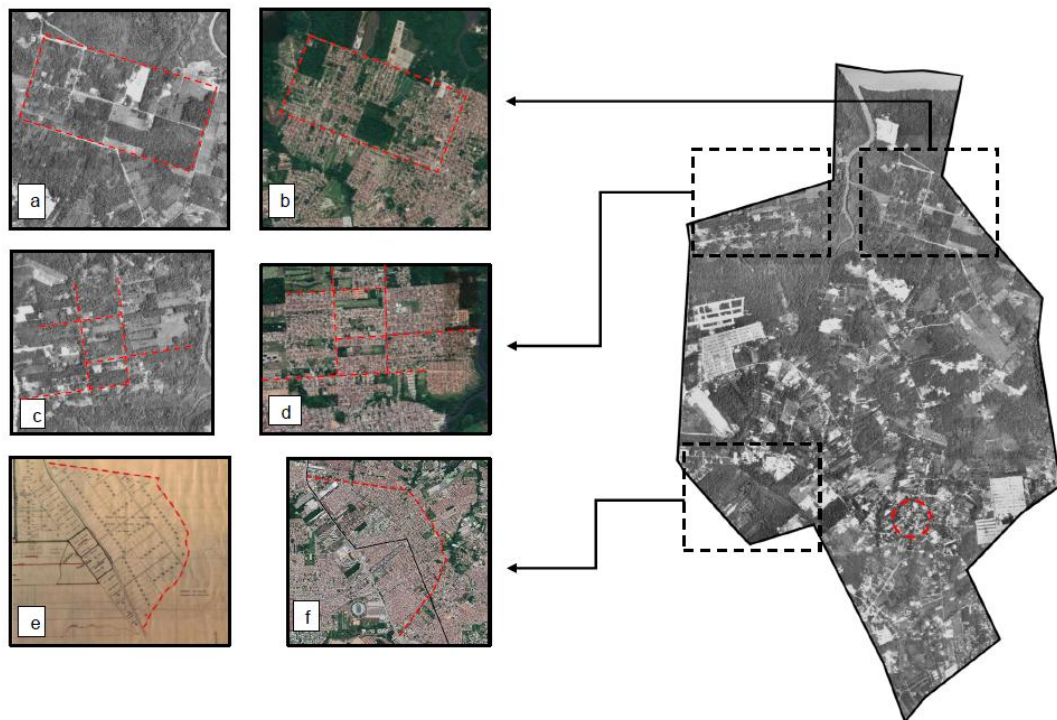
Nota: A figura mostra a configuração do sistema viário da bacia do Ariri até 1977, destacando vias arteriais primárias (vermelho), secundárias (amarelo) e locais (azul), além da delimitação da bacia. Os principais eixos – Augusto Montenegro, BR-316 e Mário Covas – já estavam parcialmente estruturados, enquanto as vias locais ainda eram rudimentares, refletindo a ocupação inicial da área. A imagem ilustra uma estrutura viária determinante para o desenvolvimento urbano posterior da região.

Nesse mesmo período, ocorreu o início da construção de empreendimentos habitacionais da iniciativa pública estadual, financiados pelo Banco Nacional da Habitação/Sistema Financeiro da Habitação (sistema BNH/SFH), mais especificamente o Conjunto Satélite (Belém) e as primeiras etapas do Complexo Cidade Nova (Ananindeua). A construção dos primeiros conjuntos da Cidade Nova atraiu famílias para as áreas do entorno, que iniciaram ocupações nas proximidades devido à oferta de infraestrutura básica. Isso ocorreu em decorrência da “instalação dos primeiros empreendimentos habitacionais na área, que foi responsável pelas primeiras obras de infraestrutura, que naquele momento estavam concentradas nas áreas ocupadas pelos conjuntos habitacionais” (Durans, 2016, p. 37).

O parcelamento desse período é majoritariamente guiado pelas fazendas e granjas presentes na bacia que antecedem a urbanização da região. Para Ribeiro (2023), a partir de Ventura Neto (2012), o parcelamento da fazenda Val-de-Cans influenciou a atual conformação de lotes da bacia que antes pertenciam a essa propriedade rural, especialmente nos

assentamentos precários⁵. Ademais, a partir de um levantamento aerofotogramétrico da CODEM – Companhia de Desenvolvimento e Administração da Área Metropolitana de Belém (1977), é possível verificar a existência de outras duas áreas da bacia do Ariri com parcelamentos agrícolas, uma que fica no bairro do Icuí (Ananindeua) e outra no bairro do Tenoné (Belém), os quais influenciam a formação dos traçados posteriores na bacia, como mostra a figura 3 (Ribeiro, 2023).

Figura 3 – Parcelamentos rurais da bacia do Ariri.



Fonte: Ribeiro (2023, p. 48), com base em CODEM (1977), Ventura Neto (2012, p. 97) e Google Maps (2020).)

Nota: As imagens a, c e e correspondem a registros aerofotogramétricos de 1977 (CODEM), evidenciando parcelamentos rurais com vias principais demarcadas e glebas voltadas ao uso agrícola. As imagens b, d e f revelam os mesmos trechos em 2020, obtidos via Google Maps, já densamente urbanizados. Nota-se que o traçado das antigas vias estruturou diretamente a malha urbana atual, evidenciando a continuidade das quadras e o adensamento ao longo das antigas rotas de circulação. A comparação demonstra a importância das estruturas pré-existentes na conformação morfológica da bacia do Ariri-Bolonha.

Esses parcelamentos podem ser definidos como determinantes da morfologia da Bacia do Ariri, seja no que tange aos assentamentos precários ou aos conjuntos habitacionais que

⁵ “A expressão “assentamentos precários” foi adotada pela nova Política Nacional de Habitação (PNH) de forma a englobar, numa categoria de abrangência nacional, o conjunto de assentamentos urbanos inadequados ocupados por moradores de baixa renda, incluindo as tipologias tradicionalmente utilizadas pelas políticas públicas de habitação, como cortiços, loteamentos irregulares de periferia, favelas e assemelhados, bem como os conjuntos habitacionais que se acham degradados”. (BRASIL, 2010, p. 9).

foram surgindo. No caso dos conjuntos, houve maior aproveitamento das áreas no que diz respeito à distribuição dos lotes e das vias; porém, nos assentamentos precários, devido à ausência de uma ordenação técnica do traçado, houve a criação de quadras desproporcionais, muito longas e estreitas, ausências de vias transversais e a existência de ruas sem saídas, dificultando a integração viária e a provisão de infraestrutura. (Ribeiro, 2023).

A partir da localização dos primeiros conjuntos habitacionais e das principais vias presentes na bacia, percebe-se que sua ocupação se intensifica inicialmente pelas bordas leste e oeste da região. Nesse primeiro momento, entretanto, apesar de haver algum nível de antropização do solo, devido à predominância de glebas agrícolas, como sítios, fazendas, chácaras, clubes de lazer e granjas, há grande preservação das áreas verdes e permeáveis. As alterações da paisagem natural decorrentes dos conjuntos habitacionais representam, nesse contexto, apenas 2,31% da área da bacia, e os condomínios ainda menos: apenas 0,63%. Ribeiro (2023), a partir do levantamento aerofotogramétrico da CODEM (1977), constata que 91% da região era permeável, indicando um nível ainda elevado de preservação ambiental. No que tange aos rios, as ocupações mantiveram uma distância adequada destes.

No período entre 1960 e 1977, o predominante aspecto rural da bacia contribuiu para a manutenção de seus maciços verdes e permeabilidade, apesar da incipiente descaracterização da bacia encabeçada pelos primeiros empreendimentos habitacionais. Afirmar-se, ainda, no que se refere ao cenário político, que esse contexto é marcado por duas estratégias políticas do governo da ditadura militar que ajudaram a consolidar a área de expansão de Belém: a implantação de novos eixos rodoviários e a criação de uma estrutura de incentivo e financiamento à produção habitacional, encabeçado pelo BNH e pelo SFH (Durans, 2016).

Já o segundo período da bacia do Ariri-Bolonha é definido entre os anos de 1977 e 2000 (Ribeiro, 2023). Nesse intervalo, o processo de ocupação se intensifica em função do crescimento urbano de Belém, impulsionado pela valorização da primeira légua patrimonial. Tal movimento provocou a migração de famílias de baixa renda para áreas mais afastadas do centro da capital, especialmente para os entornos da então Rodovia Augusto Montenegro e da BR-316, desde os anos 1960. De acordo com Ribeiro (2023), esse fenômeno contribuiu para o avanço da conurbação entre Belém e Ananindeua, conforme registrado em estudos anteriores de Silva (2016), que se baseia em dados do Plano Estratégico Metropolitano de 1992 (PEM, 1992).

Junto com a migração de pessoas do interior do Pará e de outros estados, esse processo de conurbação afetou consideravelmente o município de Ananindeua, visto que entre 1980 e 1990 sua população triplicou (PAT, 1980 apud Ribeiro, 2023). Ressalta-se que tal crescimento

não foi acompanhado por uma provisão de infraestrutura, pois havia alta demanda por habitação e a população era majoritariamente de baixa renda. Dessa forma, a região em questão pode ser configurada pelo que Maricato (2002) define como “não cidades”, situação em que a autoconstrução e a precariedade dos serviços básicos compõem uma paisagem urbana fragmentada e excludente, como se observa nas bordas da bacia durante esse período.

Devido ao déficit habitacional e à saturação de terras dentro da primeira légua patrimonial de Belém, a construção de conjuntos habitacionais iniciada no primeiro período tornou-se mais intensa - especialmente a partir da segunda metade dos anos 70 – na Rodovia Augusto Montenegro e no município de Ananindeua (Ribeiro, 2023).

Todavia, Ribeiro (2023) declara, a partir de Martins e Botelho (2007), que esses empreendimentos não tinham como objetivo a produção de moradia para famílias de baixa renda, mas sim financiar moradias sob a lógica capitalista. Isso pode ser constatado pelo fato de as políticas habitacionais do BNH não atenderem à faixa de renda de 0 a 3 salários mínimos, mesmo representando a maior demanda por moradia do período (Ribeiro, 2023). Nesse sentido, Maricato em seu texto “As ideias fora do lugar e o lugar fora das ideias” já denunciava esse tipo de atuação do sistema BNH/SFH:

Inúmeros estudos mostram como o mercado privado se apropriou da maior parcela do subsídio habitacional, favorecendo as classes médias urbanas e, até mesmo, participando de sua consolidação, a qual cumpriu papel fundamental como apoio político ao regime militar (Maricato, 2002, p. 162).

Tal atuação também é observada na distribuição dos conjuntos da bacia. Além de não atenderem à população mais necessitada de moradia, esses empreendimentos apresentam diferenças entre si determinadas pelo nível de renda, perceptíveis em algumas de suas características. Os conjuntos de renda média estão distribuídos, em geral, ao longo de vias importantes, como a Augusto Montenegro e a Mário Covas; situam-se em cotas mais altas; e, em alguns casos, como o conjunto Maguari (Coqueiro - Belém), possuem lotes amplos, espaços para equipamentos públicos e áreas livres.

Em contrapartida, os conjuntos destinados a faixas de renda mais baixas, normalmente estão localizados em áreas mais distantes dos principais eixos viários da bacia (geralmente próximos à estrada do Quarenta Horas e do Icuí-Guajará) e em cotas altimétricas mais baixas (entre 6 e 14 metros), a exemplo de alguns situados no bairro do Icuí-Guajará, Icuí Laranjeira e Quarenta Horas, como os conjuntos Grajaú, Tauari e Pérola (Ribeiro, 2023). Essa situação, além de dificultar a acessibilidade dos moradores, sujeita-os a maiores riscos de inundações.

Assim, seja por não atender à população mais necessitada de moradia ou por produzir espaços diferenciados conforme a renda, os empreendimentos habitacionais públicos dessa época ressaltam o teor do planejamento urbano brasileiro que, apesar de um discurso democrático, na prática é caracterizado por cooptação, favor, discriminação e desigualdade (Maricato, 2002).

Foram construídos pelo menos 24 conjuntos nesse segundo período da bacia, os quais concentraram-se nos bairros do Parque Verde, Tenoné, Icuí-Laranjeira, Icuí-Guajará e Quarenta Horas. A maior parte dos conjuntos Cidade Nova e de outras unidades habitacionais foi entregue durante esse contexto por meio da gestão estadual; e 17,36% da bacia era composta por esses empreendimentos (Ribeiro, 2023). Entretanto, alguns conjuntos não finalizaram suas obras e foram ocupados, como o Izabela Garden, Tauari, Mururé e Calil Hachem (Silca, 2016; Ventura Neto, 2012 apud Ribeiro, 2023).

Nessa conjuntura, o Estado foi o maior modificador do desenho urbano da bacia, pois tais empreendimentos, além de contribuírem para o adensamento da região, acabaram, em alguns casos, aproximando-se de cursos d'água (como nos conjuntos Maguari, Tenoné, Grajaú, Tauari e Orlando Lobato), em oposição ao período anterior (Ribeiro, 2023).

Como produto do processo de valorização das áreas centrais de Belém, especialmente as áreas de baixadas, e da expressividade da política habitacional sob a forma dos conjuntos, esse contexto também foi marcado pela ocorrência de ocupações coletivas na busca pelo direito à moradia, as quais intensificam-se partir da década de 1980 (Borges, 1992 apud Ribeiro, 2023).

Nacionalmente, esse foi um contexto delicado da política brasileira, posto que se caracterizou por reivindicações que resultaram no fim regime militar e pela consolidação de uma reestruturação produtiva⁶ que começa a se estabelecer a partir de 1970, a qual “acarretou a diminuição dos subsídios, fortalecendo o papel do mercado” (Maricato, 2002, p. 162). Dessa forma, as insuficientes políticas habitacionais tornam-se mais escassas e o mercado tende a consolidar o seu poder sobre o espaço urbano, reforçando a urbanização excludente.

As ocupações - sob o aval de forças políticas e econômicas locais - criaram um cenário propício a posterior especulação imobiliária, na medida em que a infraestrutura urbana chegava a essas localizações por meio das reivindicações dos ocupantes ao governo local. Por efeito, possibilitou-se que terrenos ociosos fossem vendidos por preços mais altos e que o custo de vida aumentasse na região, impelindo antigos moradores de baixa renda para áreas ainda mais periféricas (Singer, 1978 apud Ribeiro, 2023). Assim, em um cenário de fortalecimento do papel

⁶ A reestruturação produtiva, intensificada a partir da década de 1970, marcou a transição do modelo fordista para formas mais flexíveis de produção e trabalho, com uso de novas tecnologias, terceirização e precarização das relações laborais. No contexto urbano, contribuiu para o aprofundamento das desigualdades socioespaciais, com expansão periférica e precarização habitacional nas grandes cidades (Harvey, 1992; Antunes, 1999; Santos, 1996).

do mercado e o enfraquecimento de políticas habitacionais, já deficitárias, a ocupação de terras ocorre como parte intrínseca à urbanização brasileira, “a qual é estrutural e institucionalizada pelo mercado imobiliário excludente e pela ausência de políticas sociais. No entanto, a dimensão e os fatos são dissimulados sob notável ardil ideológico” (Maricato, 2002, p. 152).

A partir da segunda metade da década de 1980, com a chegada de governos populistas, as ocupações passam a ser um instrumento de legitimação política, criando uma relação clientelista entre o povo e os partidos políticos (Ribeiro, 2023), ou seja, há a promessa de segurança da posse em troca de apoio político. Um dos exemplos desse processo é o loteamento Jaderlândia I, localizado no Sul da bacia, o qual era um terreno ocioso privado, que, a partir da mobilização de um vereador da época, foi limpo e, posteriormente, ocupado por pessoas de Belém, majoritariamente, e de Ananindeua.

Outro exemplo desse clientelismo acontece com o processo de ocupação do atual bairro da Cabanagem, na região Sudoeste da bacia, a partir da ocupação da fazenda Santa Maria e com a desapropriação do terreno de uma empresa pela gestão do governador Hélio Gueiros. No que tange às questões físicas, Ribeiro (2023) explica que em algumas regiões da bacia, essas desapropriações ocorreram em terrenos destinados à remoção de areia e que a deformação topográfica resultante desta atividade sujeitou as áreas ao acúmulo de água. Entretanto, toda essa flexibilização na ocupação de terras não se traduz em direito à moradia, mas sim em uma tolerância das forças institucionais que, sujeitas aos ditames do mercado, permitem a ocupação dessas áreas desvalorizadas (Maricato, 2002).

Com relação às tipologias de assentamentos precários presentes na bacia nesse período, há tanto favelas, como loteamentos clandestinos ou irregulares juridicamente (Durans, 2016 apud Ribeiro, 2023). As favelas são assentamentos precários de terrenos públicos ou privados, geralmente localizadas em áreas consideradas fisicamente impróprias para moradia, com malha urbana orgânica ou levemente ortogonal, além de lotes e quadras despadronizados. Sua ocorrência está majoritariamente relacionada à falta de alternativas habitacionais formais (Bonduki, 1998; Maricato, 2002). Em geral, são caracterizadas por população de baixa renda, menos anos relativos de escolaridade formal e por altas taxas de dependência demográfica, isto é, poucas pessoas com renda no domicílio mantendo materialmente um número maior de pessoas sem renda.

Por outro lado, os loteamentos clandestinos são empreendimentos concebidos sem o conhecimento da administração municipal, há venda e compra de lotes por preços mais acessíveis – por um mercado imobiliário “informal” – e o seu traçado assemelha-se ao dos conjuntos habitacionais (Bueno, 2010; Gondim, 2010; apud Ribeiro, 2023), podendo ocorrer

também interrupção no processo de licenciamento do projeto de loteamento e de ocupação. Os assentamentos precários dessa época se deram próximo a conjuntos e a loteamentos mais antigos, como a ocupação atrás do conjunto Jardim América (Coqueiro, Ananindeua), que se estabeleceu em um terreno do governo do Estado (Ribeiro. 2023).

A população sem poder aquisitivo nem para obter moradia no mercado imobiliário formal e nem no informal acaba ocupando regiões que se desdobram em favelas. No caso da Bacia do Ariri, isso se traduz na ocupação das áreas mais baixas, geralmente próximas aos cursos d'água, resultando na supressão da mata ciliar e o consequente aumento de fenômenos adversos, como o assoreamento dos rios. No geral, conforme Ribeiro (2023), nesse segundo período, “as tipologias de ocupações irregulares correspondem a 10,21% do território, e ocupam cotas de 6 a 14 m ao norte da bacia, e entre 12 e 20 m ao sul” (Ribeiro, 2023, p. 87).

Apesar da chegada dos conjuntos habitacionais trazer consigo algum grau de infraestrutura para o contexto da bacia, a área de expansão de Belém como um todo apresentava carência de equipamentos públicos e espaços de uso coletivo além da rua, durante esse período. Tal processo pode ser definido como um produto da falta de um plano de ocupação para essa região, em oposição à realidade da primeira légua patrimonial da capital (Durans, 2016).

O loteamento Jaderlândia I (Ananindeua), por exemplo, é o único do período que possui espaço para equipamentos públicos. No loteamento Park Icuí (Ananindeua), no norte da bacia, a associação de moradores deixou alguns lotes reservados para a construção de uma praça e, desde então, buscam recursos junto ao governo municipal para construí-la. (Ribeiro. 2023).

Nesse contexto, normalmente, os lotes de loteamentos clandestinos com terrenos menores são ocupados quase em sua totalidade e não há reserva de áreas de uso comuns; diminui-se, dessa forma, a permeabilidade do solo e aumenta a suscetibilidade a eventos de inundação (Spirn, 1995; Pellegrino, 2017).

Do ponto de vista social, uma maior densidade construtiva representa maior quantidade de moradias por área para atender às famílias (Mascaró, 2005). Ribeiro (2023), ao ressaltar o contexto nacional de indiferença à real necessidade de moradia no país, defende a importância da conciliação entre ambos os pontos de vistas, por meio de ações que possam compensar a baixa permeabilidade desses espaços, como a construção de praças, de parques e de outras áreas capazes de absorver a água da chuva.

Na bacia, nesse período, identificam-se dois tipos de malha: a geométrica e a orgânica. A primeira está presente nos conjuntos habitacionais, nos condomínios e nos loteamentos clandestinos, sendo que, nestes últimos, observa-se maior adensamento. Já as malhas orgânicas predominam nas favelas (Ribeiro, 2023).

Uma característica marcante do traçado urbano do período é o desenho desarticulado: a maioria dos assentamentos apresenta apenas uma via principal, da qual partem vias secundárias, configurando a tipologia em espinha de peixe⁷ para acesso às áreas do entorno. Essa desarticulação é agravada pela ausência de conexão entre as diferentes tipologias urbanas, seja pela presença de barreiras naturais ou pela implantação de muros, sobretudo nos condomínios fechados, que fragmentam ainda mais a malha urbana. A exceção a essa realidade ocorre no complexo Cidade Nova e em algumas áreas do seu entorno, como os conjuntos Guajará I e II (Ribeiro, 2023).

Os condomínios horizontais e verticais, apesar de serem pouco presentes na bacia até então (1,41% da área), estão em regiões mais privilegiadas como as margens de vias importantes, especialmente a Rodovia Augusto Montenegro e a Br-316, e em áreas mais altas, com cotas entre 16 e 24 metros, comumente no sul da região. Nesse período, começam a surgir também os condomínios verticais, como o Residencial Royal Park e o Residencial Biarritz (Ribeiro, 2023). Os condomínios horizontais dessa época possuem uma malha geométrica aberta e consequentes maiores taxas de área permeável. São exemplos os empreendimentos Greenville I, no noroeste da bacia, e o Cypress Garden, no sul da Bacia, ambos com baixas taxas de ocupação (0,17 e 0,25, respectivamente) e grandes lotes.

Como é possível notar, diferente do que ocorre nos outros assentamentos, os empreendimentos condominiais, normalmente, dispõem de consideráveis espaços permeáveis em decorrência dos lotes maiores e de uma menor taxa de ocupação. Nisto, reafirma-se que “o espaço da cidade se constrói baseado na diferença de renda entre a população” (Ribeiro, 2023, p. 88).

Com relação aos eixos viários, há a consolidação de importantes vias, como a agora Avenida Augusto Montenegro, Rodovia Br-316 e Rodovia Mário Covas, esta última escoando o tráfego da bacia para as outras duas principais. Juntos, esses três eixos formam a malha principal da Bacia do Ariri, caracterizada por ser uma malha fechada⁸. Consolidam-se, ainda, outras vias que antes davam acesso às glebas rurais, porém que nesse contexto tornam-se coletoras, como a Estrada do Quarenta Horas (atual Avenida Governador Hélio Gueiros), Estrada do Icuí-Guajará, rua Esperantista e Av. São Pedro (ver figura 4). Devido à ligação entre essas vias e

⁷ Malha urbana aberta, caracterizada por uma via principal linear que serve como eixo estruturador, conectando de forma perpendicular ou oblíqua as vias secundárias, formando um padrão semelhante a uma espinha de peixe (Mascaró, 2005).

⁸ Malha urbana fechada é um padrão em que são formadas quadras contínuas (Mascaró, 2005).

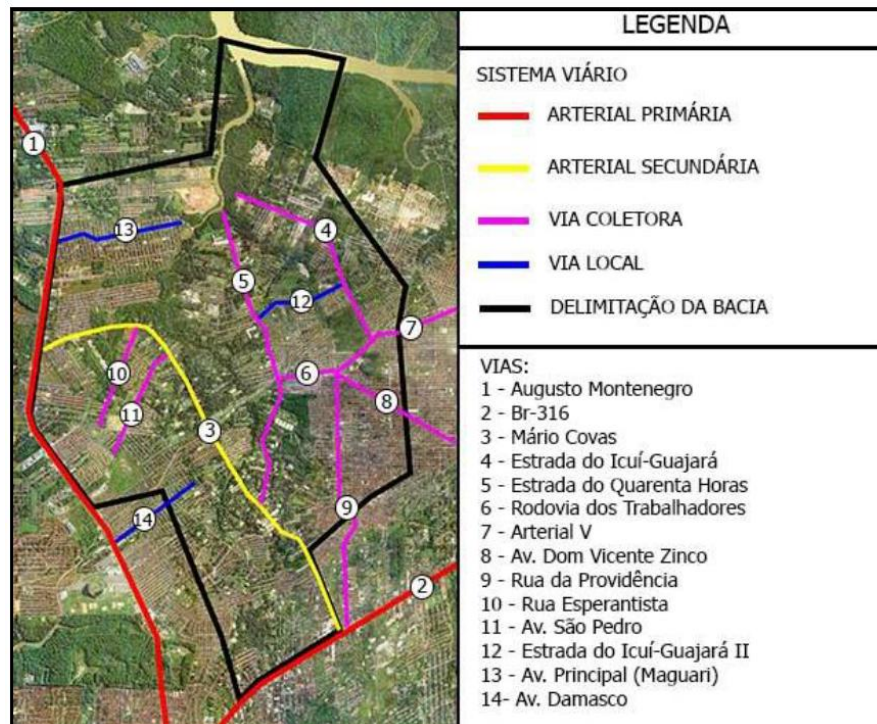
suas ruas locais formarem majoritariamente malhas abertas, elas concentram o fluxo de veículos (Ribeiro, 2023).

Outras vias coletoras desse período crucial para a integração local e para o acesso aos conjuntos são:

A Avenida Principal do conjunto Maguari (principal fluxo de entrada e saída do conjunto), Arterial V (interliga os conjuntos Cidade Nova, Icuí-Guajará, PAAR e Maguari), rodovia dos Trabalhadores (eixo viário que conecta os conjuntos Cidade Nova ao Quarenta Horas), Av. Dom Vicente Zico (interconexão local dos conjuntos Cidade Nova, recebendo fluxo de transporte coletivo de vários conjuntos e bairros adjacentes), Av. Brasil, Estrada do benjamim e rodovia Transcoqueiro que forma uma alça de ligação dos bairros do Coqueiro, Parque Verde, Cabanagem e Una até a Augusto Montenegro e, por fim, a Av. Damasco (via local que permite conectar a rodovia Mário Covas e Augusto Montenegro, atravessando o bairro da Cabanagem) (Ribeiro, 2023, p. 96).

Como destaca Ribeiro (2023), nesse contexto percebe-se maior integração na região leste da bacia por ela concentrar maior número de vias coletoras que se conectam formando malhas fechadas e possibilitando mais rotas alternativas, enquanto no oeste predomina a malha aberta; e o fluxo nas vias principais - isso pode ser percebido na figura 4. Algumas vias da bacia, por apresentarem importantes fluxos de passagem que contribuem para a dinamização do uso do solo, começam a concentrar estabelecimentos de comércios e serviços, como as ruas principais do Complexo Cidade Nova, a Avenida Principal do Conjunto Maguari e a Av. Damasco, onde surgiu a feira da Cabanagem (ver figura 5).

Figura 4 – Sistema Viário Principal no ano de 1988.



Fonte: Ribeiro (2023, p. 96), com base em CODEM (1988)

Figura 5 – Feira da Cabanagem na Av. Damasco.

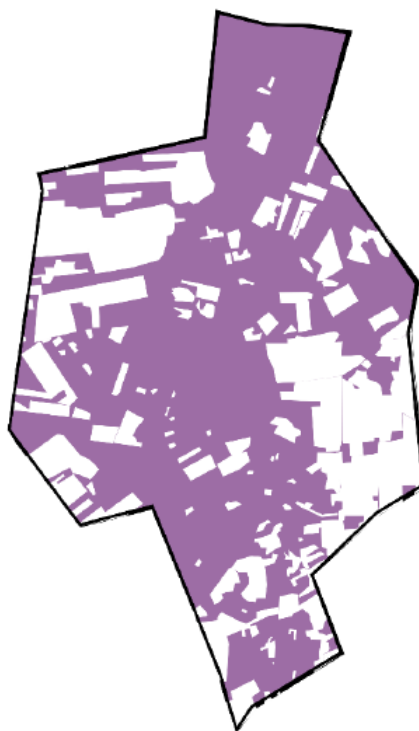


Fonte: Ribeiro (2023, p. 97), com base em Ary Souza (1989).

O crescimento horizontal da bacia decorrente da sua expansão urbana resultou no desmatamento de grandes áreas, principalmente nas regiões leste, oeste e sul. As áreas ao norte foram as menos afetadas por esse fenômeno e contam com regiões de mata ciliar. Nesse processo, a bacia passou de 91% de permeabilidade para 66% (Ribeiro, 2023), a qual se concentrava nas áreas ao norte e nas partes mais centrais (figura 5). Dentre os efeitos dessa perda de permeabilidade, estão a pressão sobre os cursos d'água e a consequente demanda por

drenagem urbana (Ribeiro, 2023). Assim, devido à sensibilidade da rede hídrica a processos de transformação urbana, essa pressão sobre os rios é preocupante e seus efeitos podem ser sentidos nas características do escoamento, como velocidade, vazão, transporte de sedimentos, entre outros (Baptista; Lara, 2010 apud Ribeiro, 2023). Consequentemente, tal conjuntura tende a aumentar os riscos de eventos que Tucci (1997) define como enchentes por efeito da urbanização, resultantes do avanço da impermeabilização sobre os espaços.

Figura 6 – Em roxo, as áreas permeáveis da bacia do Ariri no ano de 1988.



Fonte: Ribeiro (2023, p. 96), com base em CODEM (1988).

Por fim, esse período deixa claro que, a ocupação urbana da bacia do Ariri evoluiu de três formas: “por meio da pressão do crescimento da cidade em direção aos cursos d’água, das transformações físicas do território e do desmatamento de maciços verdes” (Ribeiro 2023, p 102).

Tal processo frequentemente desrespeita as matas ciliares e traz, como consequência, a vulnerabilidade a eventos de enchentes e alagamentos na cidade, cujos maiores prejudicados são as famílias de baixa renda. Em decorrência dos processos socioespaciais típicos da periferia do capitalismo e que caracterizaram a formação da área de expansão de Belém, essa população acaba impelida a viver em espaços que “sobram” e não são interessantes ao mercado (Maricato, 2002), próximos aos cursos d’água e em regiões à jusante da rede hídrica.

4. CARACTERIZAÇÃO URBANÍSTICA CONTEMPORÂNEA (2000 - 2025).

O terceiro período é definido por Ribeiro (2023) pelo intervalo entre os anos 2000 e 2019; todavia, o presente trabalho considera também as mudanças que se deram na bacia depois desse período, a partir de análise dos dados do Censo do IBGE 2022 e de outras informações mais atuais. A tendência de ocupação das bordas em direção ao interior continua nesse contexto; agora, todavia, em uma bacia urbanisticamente mais consolidada. Áreas antigas estão mais estabelecidas: houve mudanças no uso do solo, o mercado imobiliário passa a atuar de modo mais intenso com diversos empreendimentos, e há um aumento nos assentamentos precários. O resultado é um expressivo adensamento construtivo que incrementa a impermeabilização da região (Ribeiro, 2023).

Esse período é marcado pelo esvaziamento das políticas habitacionais a nível nacional, que teve início a partir da extinção do BNH, em 1986. Embora o sistema BNH/SFH financie moradias sob a lógica capitalista, ele representou a maior produção habitacional da história do país (Maricato, 2002; Bonduki, 2008 Apud Ribeiro, 2023). Assim, sua ausência representou uma lacuna na política habitacional do Brasil que só voltou a ser mais atuante a partir de 2009 com o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) e o Minha Casa, Minha Vida. Não obstante, a atuação do Estado ocorre mais por meio da infraestrutura dos loteamentos e conjuntos e da melhora da mobilidade urbana, do que pela produção de unidades habitacionais (Ribeiro, 2023).

São construídos 15 novos conjuntos nessa conjuntura, principalmente por ação do Minha Casa Minha Vida. Os novos empreendimentos ocorrem normalmente em áreas distantes e precárias; com isso, a bacia passa a ter grande parte de seus terrenos ocupados; assim, os novos empreendimentos da iniciativa pública comumente ocupam áreas menores e são verticalizados (Ribeiro, 2023). Uma parte relevante desses conjuntos situa-se nas proximidades de cursos d'água e em cotas altimétricas entre 14 e 18 m (médias para a realidade da bacia) ou entre 4 e 6 m, consideradas baixas e bastante propícias a inundações intensas. Essas tipologias possuem entre 4 e 5 pavimentos, contando com o térreo e taxas de ocupação mais altas, como os conjuntos Viver Tenoné, Viver Independência e o Residencial Ebenezer (Ver figuras 7, 8 e 9). Esses conjuntos também incrementam a impermeabilização do solo, todavia, de forma menos expressiva que os conjuntos horizontais, devido apresentarem taxas de ocupações menores e seus espaços livres serem compostos por áreas permeáveis e vias pavimentadas com piso intertravado.

Figura 7 – Conjunto Viver Tenoné, no bairro do Tenoné.



Fontes: Google Maps (2025).

Figura 8 – Conjunto Residencial Ebenezer, no bairro do Quarenta Horas.



Fonte: Google Maps (2025).

Figura 9 – Conjunto Viver Independência, no bairro do Coqueiro (Belém).



Fonte: Google Maps (2025).

Os conjuntos horizontais desse período mantêm algumas características morfológicas dos períodos anteriores, como a malha ortogonal fechada ou semiaberta, com quadras e lotes

de tamanho regular (Ribeiro, 2023). Agora, as quadras possuem frentes de lotes para todos os lados, que, de acordo com Mascaró (2005), encarece a infraestrutura. Destaca-se que em alguns conjuntos habitacionais ocorrem desarticulações viárias, seja pela existência de muros ou grades que limitam esses assentamentos, ou pela existência de assentamentos precários no entorno que impossibilitaram a continuação de vias (ver figura 10). Tais situações prejudicam a acessibilidade dos moradores que precisam percorrer maiores distância para acessar o transporte público.

No geral, os conjuntos habitacionais atualmente localizam-se próximos às bordas da bacia, principalmente em áreas a noroeste e a sudeste, perto de importantes eixos viários, e representam 23% da área da bacia.

Figura 10 – Entrada murada do Conjunto Antônio Queiroz, bairro do Quarenta Horas (Ananindeua).



Fonte: Google Maps (2025).

Os condomínios, por sua vez, passam a representar 14% da bacia. Esse aumento é muito expressivo em relação ao período anterior e pode ser definido como produto da criação de novos signos associados à área de expansão de Belém a partir dos anos 2000. As glebas ociosas e a ampliação da infraestrutura na região da avenida Augusto Montenegro (e proximidades), associadas à pouca disponibilidade de terras nas áreas centrais da capital, propiciaram a criação de uma nova frente de valorização imobiliária, a chamada “Nova Belém” (Ximenes, 2021; Lima, 2021). De acordo com Maricato, “é a valorização das propriedades fundiárias ou imobiliárias o motor que move e orienta a localização dos investimentos públicos, especialmente na circulação viária” (Maricato, 2002, p.157), assim, afirma-se que o avanço da infraestrutura para essa região almeja atender, sobretudo, os anseios do capital imobiliário local.

Apesar de a marca “Nova Belém” se referir mais propriamente à Av. Augusto Montenegro e suas regiões próximas, outras regiões da bacia do Ariri também passam processos semelhantes conforme o avanço da capital imobiliário na região. Dessa forma, na Augusto Montenegro é comum os condomínios destinados a rendas médias e altas concentrarem-se nos eixos principais da bacia, como a Rodovia Mário Covas, a Avenida Hélio Gueiros e a BR-316 (Ribeiro, 2023).

Em geral, essas tipologias, destinadas a maiores faixas de renda, tendem a localizar-se mais próximas às vias importantes da bacia, enquanto as destinadas a rendas menores são mais presentes em áreas com pouca acessibilidade. Foi possível perceber, também, que muitos desses empreendimentos localizam-se perto de cursos d’água e, muitas vezes, essa característica é incorporada ao empreendimento como um atrativo natural aos moradores.

Com relação aos assentamentos precários desse período, além das favelas e dos loteamentos clandestinos, alguns surgem em empreendimentos habitacionais da iniciativa pública que não chegaram a ser concluídos, como o conjunto Xapuri (Una) e o conjunto Porto Laranjeira (Tenoné). A partir do último censo do IBGE, verificou-se que a região tem aproximadamente 45% do seu território composto por Favelas e Comunidades Urbanas (FCU), onde situam-se os assentamentos precários, ou seja, a bacia é majoritariamente composta por essas tipologias.

Com isso, percebeu-se um contexto em que predomina a cidade “informal” ou a “não cidade” que traz consigo seus aspectos excludentes (Maricato, 2002). Além disso, essas ocupações continuam a concentrar-se, em grande medida, nas áreas mais centrais, ao norte e ao sul da bacia; próximo aos cursos d’água e cotas altimétricas mais baixas (ver figura 11); e em bairros menos consolidados, como o Icuí-Laranjeiras, o Icuí-Guajará e o Tenoné (norte da bacia). Todavia, há também a ocorrência de ocupações no bairro da Cabanagem, a essa altura mais consolidado (Ribeiro, 2023).

A partir do mapeamento das tipologias de assentamentos, foi verificado que 3% da bacia é composta, atualmente, por loteamentos regulares, os quais situam-se majoritariamente nas localidades mais ao sul. A figura 12 apresenta a espacialização das tipologias da bacia.

No geral, as principais características morfológicas dos conjuntos habitacionais da bacia são: dimensões de lotes, comumente entre 10x20m e 15x26m; quadras retangulares, com proporções entre 1:2 (50m x 95m) e 1:10 (336m x 33m), na maioria dos casos com testadas de lotes para todos os lados; e larguras de vias variando, conforme o tamanho do conjunto e sua hierarquia viária, entre 5,5 metros e 33 metros. No que se refere aos aspectos do traçado, os conjuntos da bacia predominantemente possuem malha fechada ortogonal, o que representa

menores custos e maior aproveitamento da gleba, além de permitir maiores conexões de fluxos no seu interior (Mascaró, 20005).

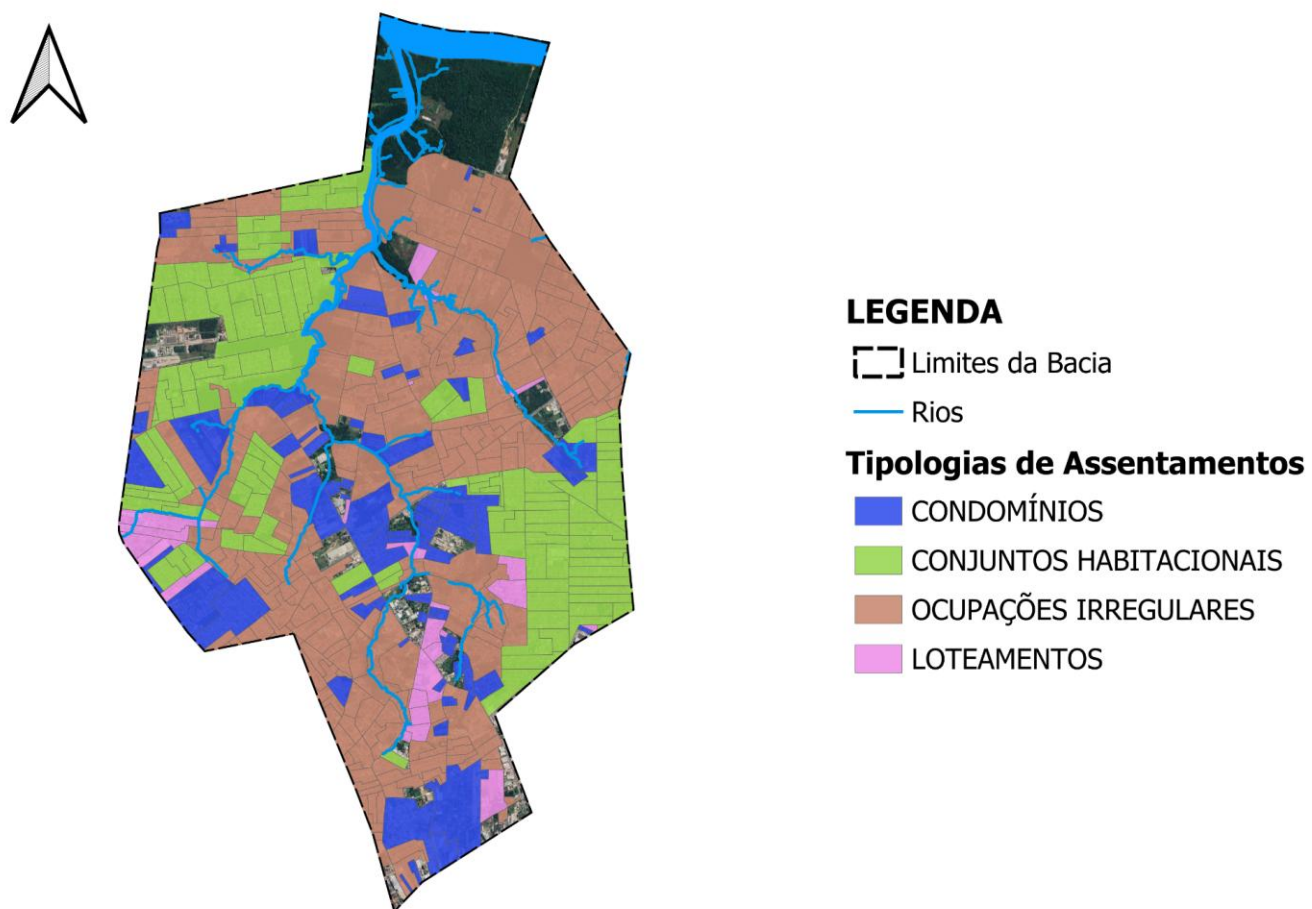
Abaixo, são apresentadas figuras dos traçados de dois conjuntos habitacionais presentes na bacia do Ariri (ver figura 13 e 14). Em ambas as imagens, observa-se o padrão de malha fechada ortogonal, e a existência de áreas livres permeáveis, onde localizam-se praças ou espaços esportivos. Na Cidade Nova (ver figura 12), há maior ocorrência de áreas livres (algumas impermeabilizadas); todavia, os seus lotes mostram-se quase totalmente edificadas, enquanto no Cj. Maguari (ver figura 13), ainda se nota que os miolos de suas quadras são menos adensados. A taxa de ocupação (área construída / área do terreno) dos conjuntos varia entre 0,30 e 0,42.

Figura 11 – Assentamento precário sobrepondo-se ao curso d'água na rua do Tubo, bairro da Cabanagem



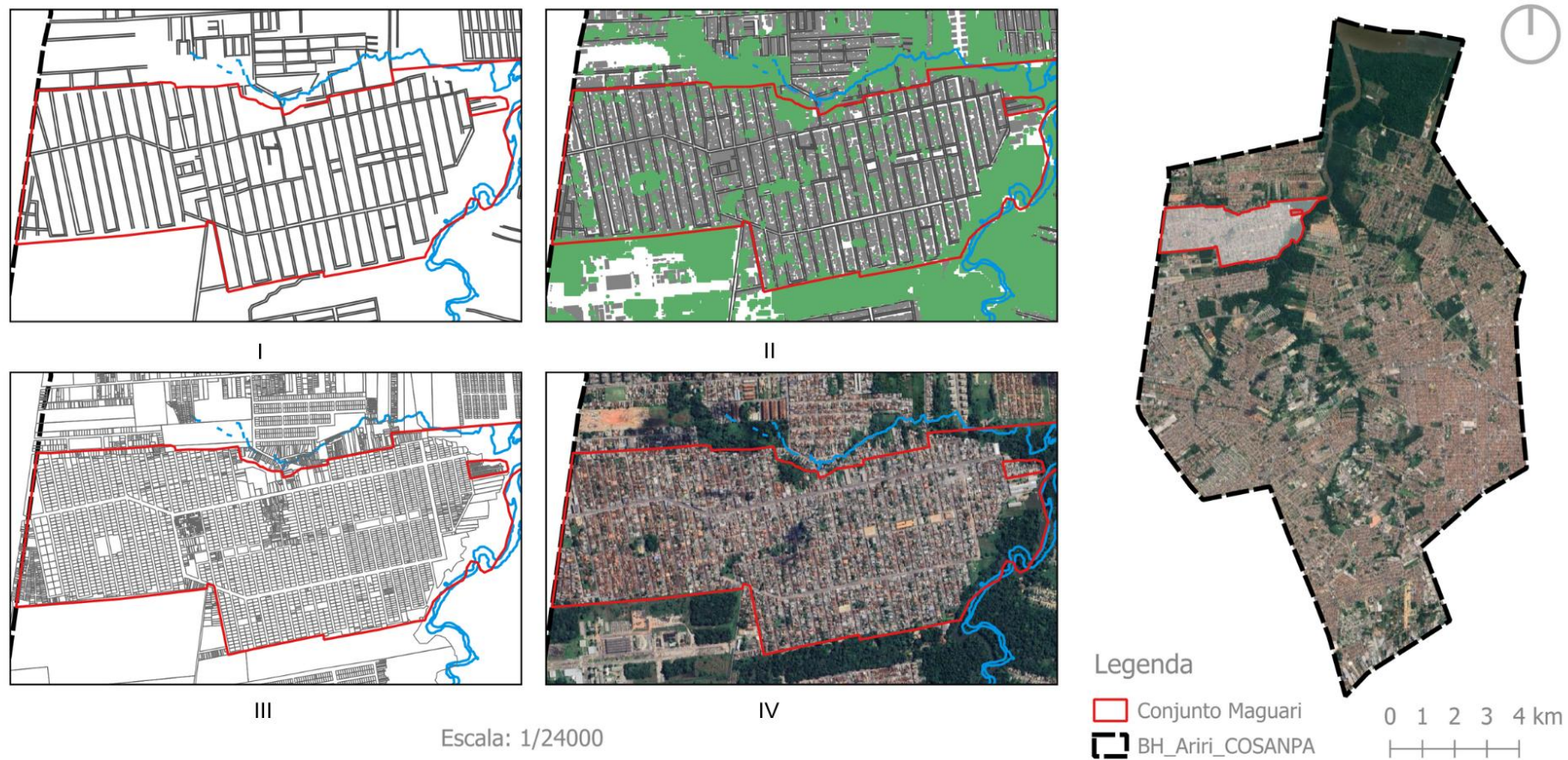
Fonte: Google Maps (2025).

Figura 12 – Tipologias de assentamentos; limites da bacia do Ariri; e rios.



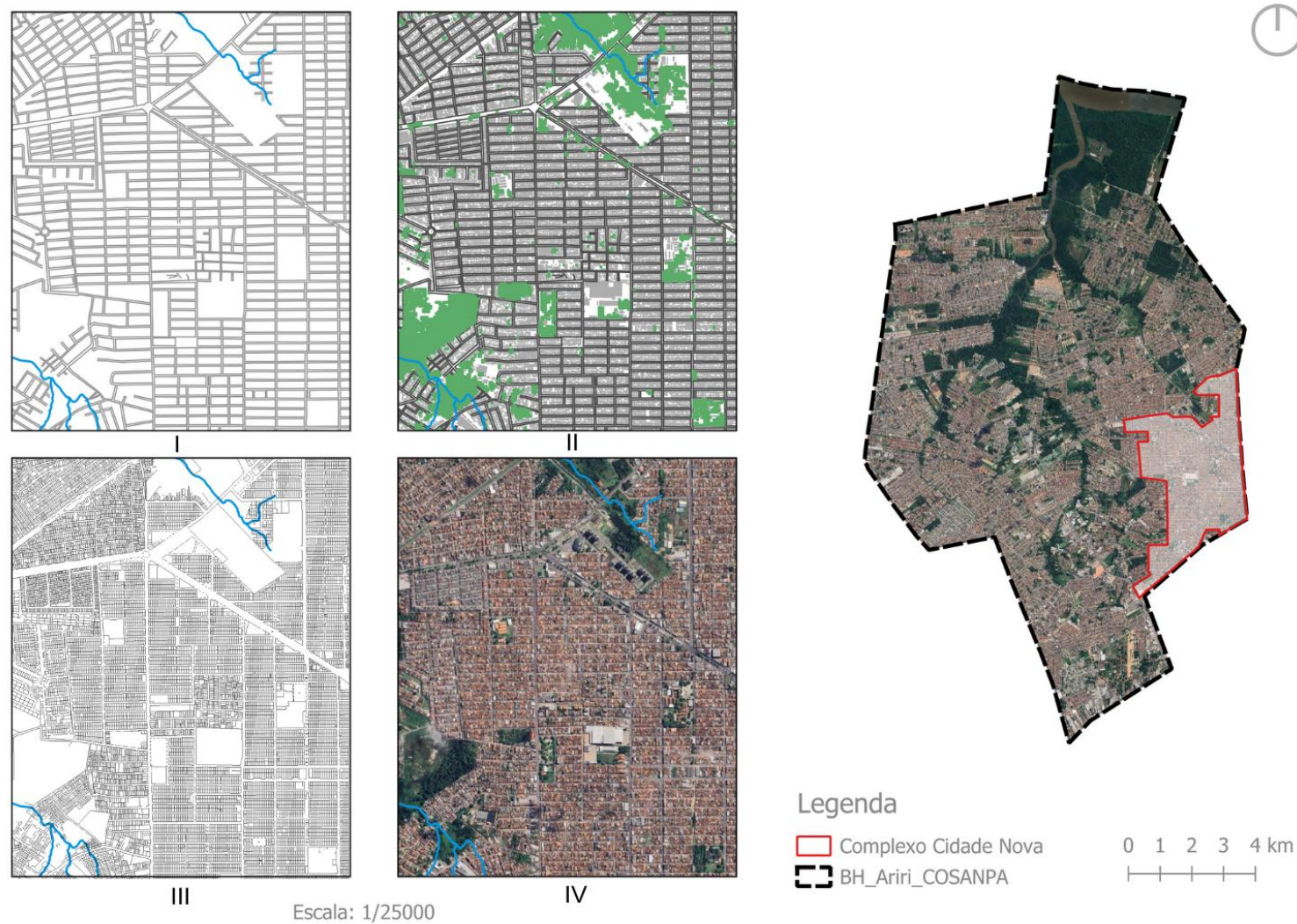
Fonte: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); RIBEIRO (2023); DURANS (2016); SILVA (2015).

Figura 13 – Morfologia do conjunto Maguari: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fontes: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); Ribeiro (2023).

Figura 14 – Morfologia do complexo Cidade Nova: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fontes: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); RIBEIRO (2023).

Os condomínios estão em grande parte nas vias principais dos bairros, especialmente na Augusto Montenegro, na Av. Hélio Gueiros, na Rodovia Mário Covas e na BR-316. Nesse período, há uma maior difusão das tipologias verticais, as quais apresentam entre 4 e 16 pavimentos, com os prédios acima de 10 andares situados principalmente na Augusto Montenegro (figura 15), e taxas de ocupação de até 1,29 (Ribeiro, 2023).

Figura 15 – Condomínio vertical Summer Total Life, Av. Augusto Montenegro (Belém).



Fonte: Google Maps (2025).

Na morfologia dos condomínios horizontais da bacia, predominam, em geral, as malhas abertas do tipo espinha de peixe com amplos lotes e quadras. As dimensões de seus lotes são comumente de 15x30 metros, ultrapassando as dos conjuntos, loteamentos e assentamentos precários e suas quadras são ortogonais com proporções que variam entre 1:1 (66m x 74m), no caso do condomínio Montenegro Boulevard; e 1:25 (22m x 540m), no condomínio Arbre. As larguras de caixas viárias estão geralmente entre de 6 e 10 metros; mas, em alguns casos, elas chegam a 34 metros (Montenegro Boulevard).

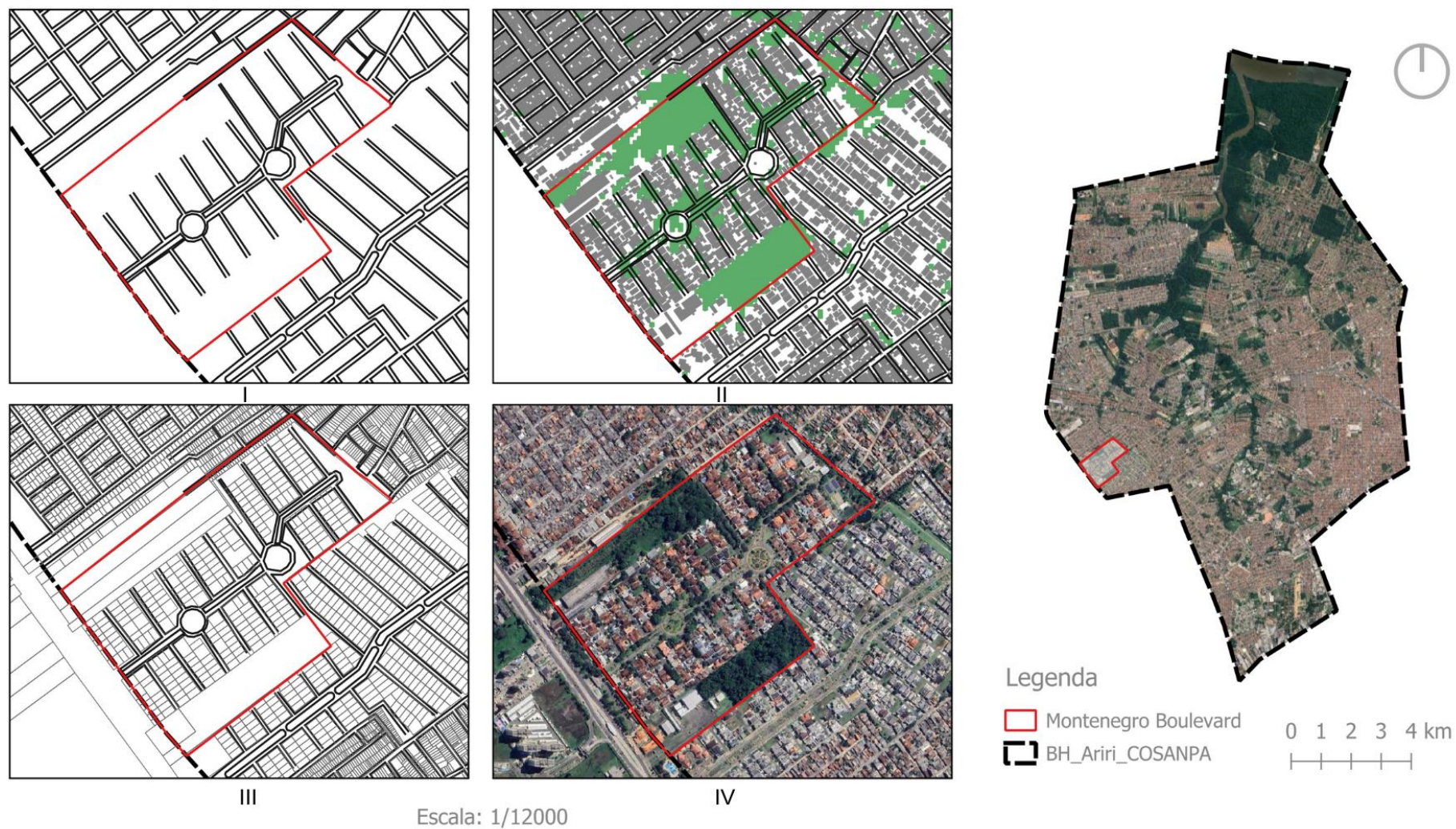
Dois exemplos dessa morfologia são apresentados nas figuras 16 e 17. Em ambas, observa-se o padrão de malha ortogonal aberta, a existência de espaços permeáveis de uso comum e áreas livres dentro dos lotes. Essas características justificam a existência de taxas de ocupação relativamente baixas nessas tipologias, que variam entre 0,17 e 0,25 (Ribeiro, 2023).

Figura 16 – Morfologia do condomínio Montenegro Boulevard: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fontes: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); Ribeiro (2023).

Figura 17 – Morfologia do condomínio Greenville I: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fonte: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); Ribeiro (2023).

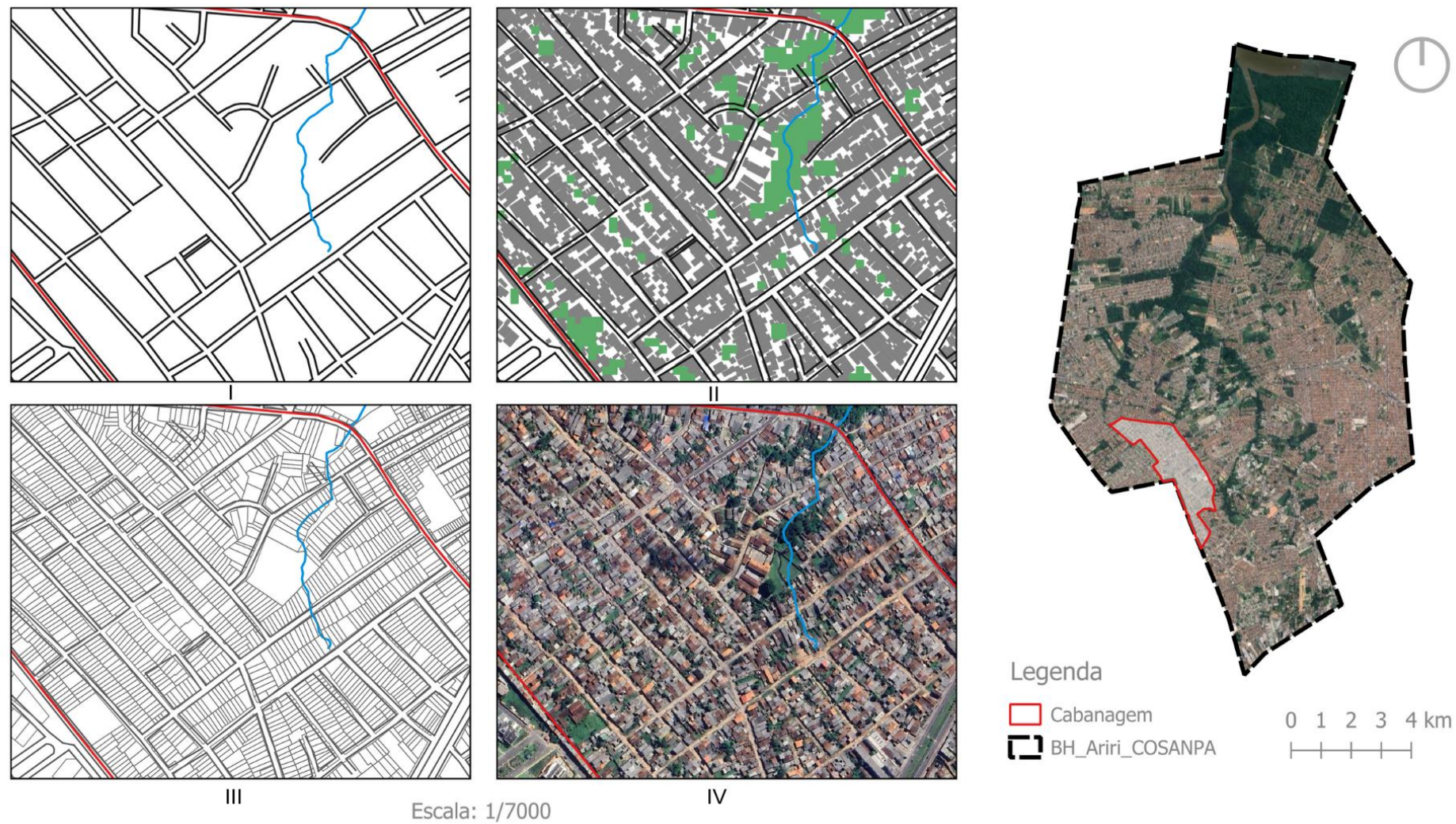
Com relação aos assentamentos precários, os principais desse período são a favela “Buraco Fundo”, no bairro do Quarenta Horas, e algumas novas ocupações no bairro da Cabanagem, ambas com malhas fechadas e quadras orgânicas.

No geral, tanto nas favelas desse período como nas dos outros períodos da bacia há a predominância da malha orgânica, com dimensões e proporções variáveis (à exceção das ocorridas em empreendimentos não finalizados, como o Xapuri) que estão entre 1:1 (43m x 64m) e 1:5 (43m x 244m). Seus lotes são pequenos, estando entre 5x13 metros e 8x19 metros; suas vias são estreitas, entre 3 e 6 metros de caixa; e as taxas de ocupação são em geral baixas, ficando entre 0,3 e 0,35. Foram verificados traçados aberto, semiaberto e fechado – as duas primeiras situações são mais comuns devido à maioria dessas ocupações serem limitadas por cursos d’água (Ribeiro, 2023). Esse padrão morfológico pode ser verificado na figura 18.

Por outro lado, no que se refere aos loteamentos irregulares da bacia, estes normalmente apresentam um traçado semelhante ao dos conjuntos habitacionais, todavia com quadras mais compridas, lotes menores e sem áreas permeáveis de uso comum. As dimensões dos lotes estão entre 6x20 metros e 10x20 metros; as proporções das quadras estão entre 1:2 (98m x 44m) e 1:9 (41m x 390m); e a caixa de via varia entre 5 e 8 metros. Por essas tipologias possuírem lotes pequenos, estes são quase sempre totalmente edificadas; assim, a taxa de ocupação está entre 0,41 e 0,55. Na figura 19, é apresentado um exemplo dessa tipologia.

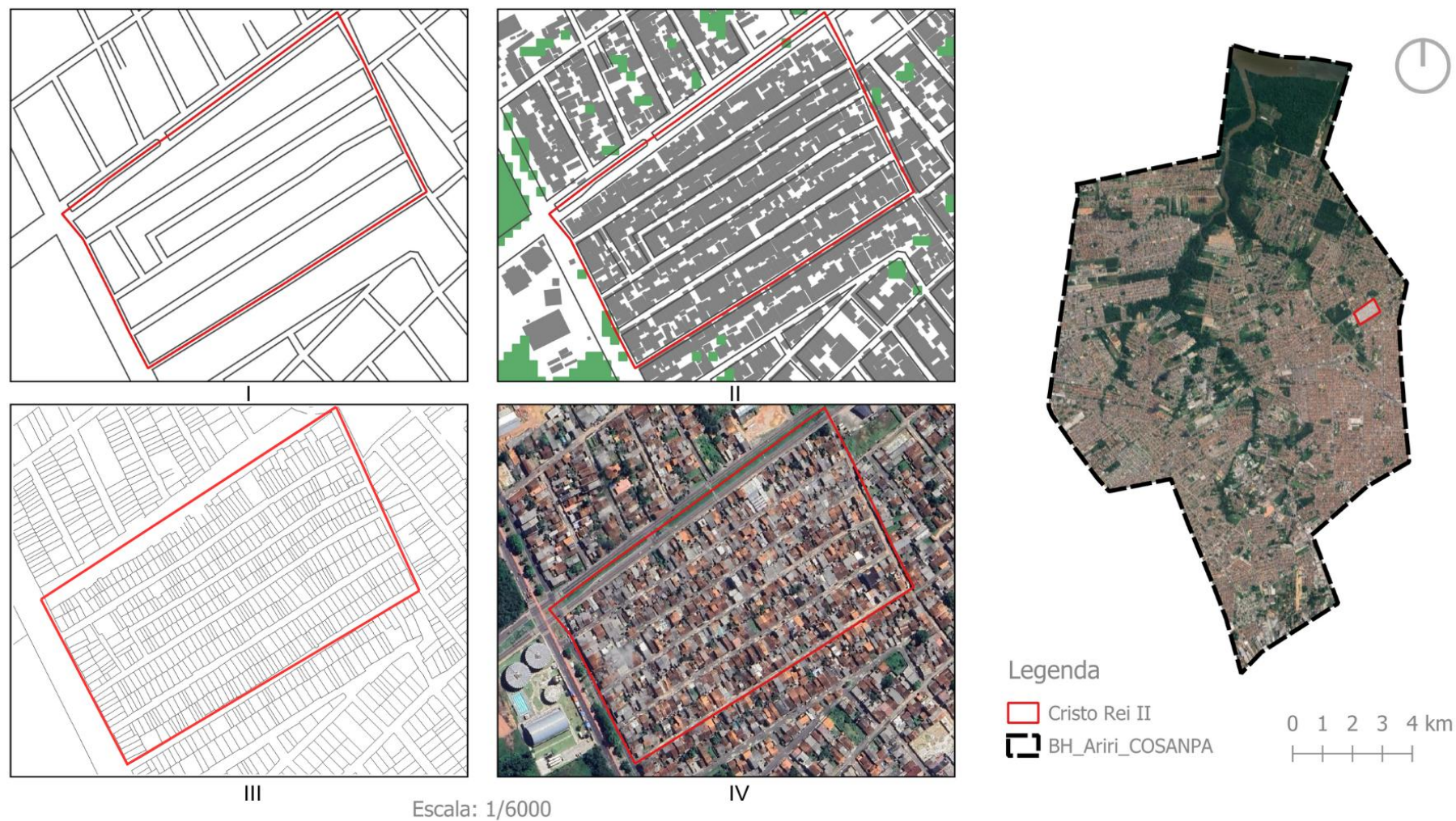
O processo de ocupação nesse período provocou um aumento mais expressivo da impermeabilidade da bacia (redução de 25% das áreas permeáveis), o que faz o escoamento superficial triplicar, de acordo com Ribeiro (2023). Além disso, pela evolução histórica da região, percebe-se uma tendência de crescimento de sua área construída em direção às áreas verdes e permeáveis restantes, que nessa conjuntura representam algumas áreas centrais e ao norte da bacia (ver figura 20). Com a falta de planejamento da ocupação e a necessidade de moradia da população de baixa renda, há a propensão dessas áreas serem ocupadas sem infraestrutura adequada, vulnerabilizando ambientalmente tais regiões ainda vegetadas. Por isso, faz-se crucial o uso de estratégias para conter esse avanço, ou torná-lo menos predatório.

Figura 18 – Morfologia de ocupação no bairro da Cabanagem: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fontes: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); Ribeiro (2023).

Figura 19 – Morfologia do loteamento clandestino Cristo Rei II: I – Malha Viária, II – Edificações, III – Lotes, IV – Imagem de Satélite.



Fontes: Google Maps (2025); Google Open Building (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); Ribeiro (2023).

Figura 20 – Assentamento precário próximo a maciços verdes, na rua Paulo Assunção, no bairro Icuí-Laranjeira.



Fonte: Google Maps (2025).

A tabela 1 resume algumas informações complementares sobre a morfologia dos assentamentos supracitados e da bacia como um todo. Sobre a densidade construtiva – correspondente a área construída per capita (m^2/hab) – percebe-se que os valores estão todos acima da recomendação padrão da ACNUR⁹ de 45m^2 , mesmo nas áreas de FCU (bairro da Cabanagem e loteamento Cristo Rei II).

A capilaridade viária geral da bacia pode ser considerada baixa à média, significando a existência de alguns problemas de integração e desarticulação entre seus os assentamentos, comprometendo a acessibilidade geral da região (Dupuy, 2008; Mascaró, 2008; Ximenes, 2021). Quando se analisa as principais tipologias já descritas, percebe-se que a capilaridade tem maiores índices nas FCUs e Conjuntos Habitacionais – todas acima de $0,17 \text{ km/ha}$ – por ocasião de lotes e quadras menores, enquanto nos condomínios horizontais, as tipologias espinhas de peixe mantêm valores baixos.

Tabela 1 – Densidade Construtiva e Capilaridade Viária de assentamentos urbanos da bacia do Ariri.

Assentamento Urbano	Área construída (m^2)	Projeção média	Nº de habitantes	Densidade Construtiva (m^2/hab)	Capilaridade Viária (km/ha)
Bacia do Ariri	12.259.400	1,5	306.292	60	0,14
Cj. Maguari	756.930	1,5	13019	87	0,17
Complexo Cidade Nova	1.967.190	1,5	39238	75	0,23

⁹ De acordo com os princípios da ACNUR (Agência da ONU para Refugiados) para assentamentos, recomenda-se uma área mínima de 30 m^2 por habitante, sendo 45 m^2 o ideal para incluir infraestrutura urbana e serviços básicos, enquanto 15 m^2 podem ser destinados a áreas de cultivo no entorno residencial (UNHCR, s.d.).

Greenville I	84.555	1,5	1005	126	0,13
Montenegro Boulevard	85.455,7	1,5	1.264	101	0,18
Cabanagem	654.529	1,5	17.984	55	0,21
Cristo Rei II	70.493,1	1,5	1.626	65	0,26

Fonte: Elaborado pelo autor com base em face de logradouros do IBGE (2022).

Em sua conformação atual, algumas importantes estradas rurais – como a do Icuí-Guajará e a do Quarenta Horas – se transformaram em vias arteriais e coletoras extremamente relevantes para o escoamento do fluxo na região. Devido ao seu processo de ocupação, no qual as tipologias de assentamentos comumente se estabeleceram sem conexão viárias diretas entre si, a bacia do Ariri concentra seus fluxos em algumas vias arteriais e coletoras, ou seja, não há tantas rotas alternativas na região. Apesar da malha principal da bacia ser considerada uma malha fechada – Avenida Augusto Montenegro, Br-316 e Rodovia Mário Covas – (Ribeiro, 2023), essas vias, à exceção do Complexo Cidade Nova, formam com as vias de acesso aos assentamentos uma configuração semelhante ao tipo “espinha de peixe”, a qual contribui para concentrar o fluxo em seu eixo dorsal (Mascaró, 2005).

Ademais, em decorrência da concentração dos fluxos nas vias principais, há uma maior dinâmica comercial em alguns desses eixos, especialmente na Avenida Augusto Montenegro, Br-316, Mário Covas, Avenida Três Corações, Avenida Dom Vicente Zico e Rodovia dos Trabalhadores (Figura 21).

Figura 21 – Algumas das principais vias com atividade comercial na bacia do Ariri: (a) Av. Dom Vicente Zico (Cidade Nova); (b) Rodovia Mário Covas (Coqueiro); (c) Av. Augusto Montenegro (Parque Verde); e (d) Av. Três Corações (Cidade Nova).





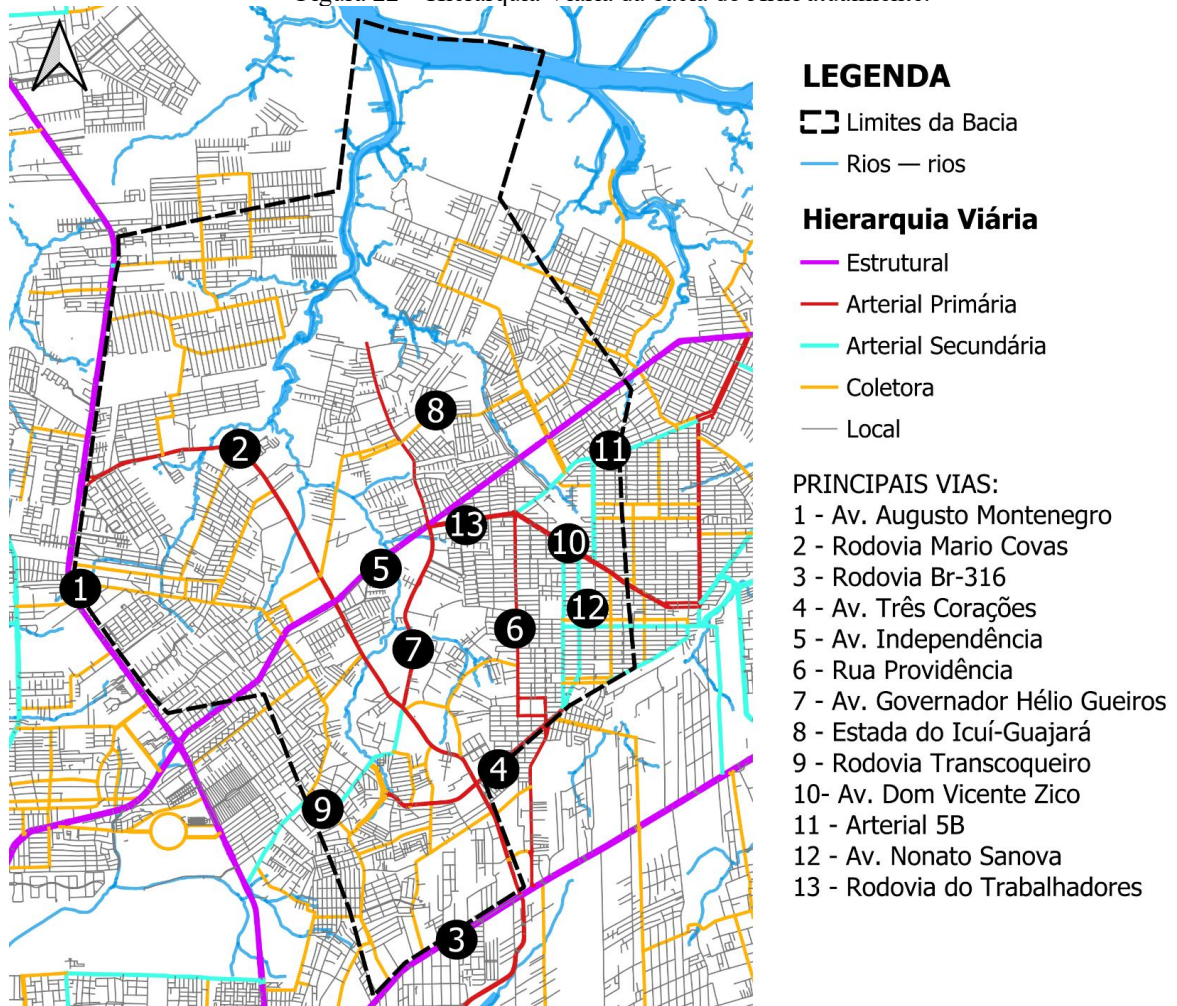
(c)

(d)

Fontes: Google Maps (2025).

Um resumo das principais vias da bacia é apresentado na figura 22. Em geral, os principais eixos da região funcionam como a interface entre os assentamentos, o que contribui para a concentração do tráfego nessas vias.

Figura 22 – Hierarquia Viária da bacia do Ariri atualmente.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); PMB (2008) ; PMA(2005); Open Street Map (2025); Ribeiro (2023).

A fim de entender melhor a dinâmica socioespacial da bacia do Ariri, foram analisados alguns de seus indicadores sociais com base nos dados do IBGE. Com relação ao acesso a serviços básicos de esgoto e água, a partir das informações do censo de 2022, verificou-se que esses serviços apresentam uma cobertura bastante desigual na área da bacia. As figuras 23 e 24 resumem a situação do acesso às redes de esgoto e água na região. Foi observado que os setores censitários que possuem acima de 80% de suas residências ligadas à rede geral de esgoto representam, em sua maioria, os condomínios e alguns conjuntos habitacionais mais próximos às bordas da bacia.

Por outro lado, nas áreas mais centrais e ao Norte, onde predominam as FCU, na denominação do Censo Demográfico 2022 do IBGE, o percentual de acesso encontra-se majoritariamente entre 0 e 15%. Ademais, o acesso à rede geral de esgoto só ocorre em aproximadamente 38% dos domicílios da bacia do Ariri. Essa situação revela-se preocupante, tendo em vista que a falta um local adequado ao descarte do esgoto doméstico, muitas vezes, pode representar o seu despejo *in-natura* em fossas rudimentares, nos cursos d'água ou na rede de drenagem, o que se traduz em um fator de desequilíbrio ecológico para a bacia.

O acesso à água apesar de também se mostrar espacialmente desigual, possui uma maior cobertura na bacia em relação ao esgoto, 42% dos domicílios. Pela figura 24 é possível perceber que os setores censitários que concentram maiores faixas de acesso à rede geral de água localizam-se mais próximo às bordas da bacia, onde os condomínios e os conjuntos habitacionais estão mais presentes. No entanto, novamente, nas regiões centrais e ao Norte há menores percentuais de domicílios ligados à rede. Essa configuração do acesso a essas redes básicas é decorrente, dentre outros fatores, do processo de ocupação que iniciou e se mostra atualmente mais consolidado nas áreas mais próximas da borda da bacia, em oposição às áreas mais centrais e ao norte, cujo povoamento é mais recente, algumas áreas ainda não são habitadas e a infraestrutura é mais rarefeita.

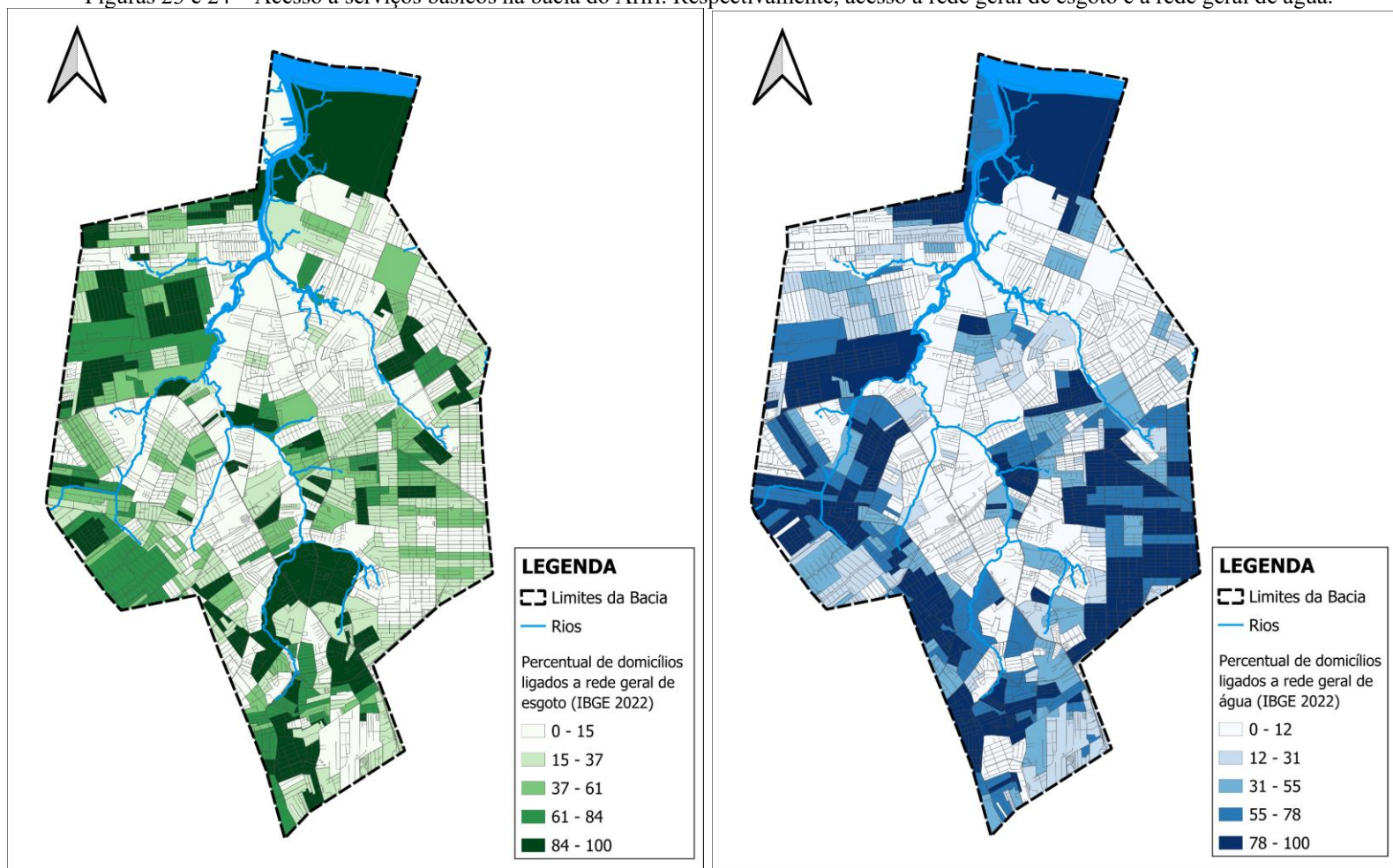
Outro indicador analisado foi a densidade populacional. Apesar de baixas densidades normalmente estarem associadas à qualidade de vida, maiores taxas tendem a reduzir os custos habitacionais com serviços urbanos, como água, esgoto e eletricidade, pois é diminuído o comprimento da rede por unidade habitacional a ser atendida e porque aumenta o número de consumidores (Mascaró, 1987; Acioly e Davidson, 1998). Todavia, em regiões com déficit de infraestrutura básica, altas densidades podem significar a intensificação de precariedades já existentes, como a falta de conforto habitacional e a proliferação de endemias (Acioly e Davidson, 1998).

No caso da bacia do Ariri, sua densidade é de 82 hab/ha, a qual a partir da análise de Mascaró (1987) pode ser considerada uma faixa com relativa queda dos custos dos serviços urbanos e infraestrutura por habitação (figura 25). Nos termos atuais de Belém, por exemplo, seria uma densidade média-baixa, inferior à de bairros mais centrais e consolidados da cidade. Contudo, faz-se necessária a análise de como a densidade populacional se distribui pela bacia, especialmente em suas comunidades urbanas e favelas devido representarem áreas mais precarizadas.

Utilizando os setores censitários como unidade de análise, observa-se que a densidade populacional da bacia varia entre 0 e 510 habitantes/ha (Ver figura 26). A faixa mais densa, entre 337 e 510 hab./ha, refere-se majoritariamente às tipologias habitacionais verticais, enquanto as outras faixas referem-se às tipologias horizontais. Além disso, a densidade tende a aumentar nas regiões mais próximas da borda da bacia por serem localidades mais consolidadas. Por outro lado, 70% da bacia é composta por setores entre 0 e 73 hab./há; essa faixa é comum principalmente nas áreas mais centrais, no extremo norte e no extremo sul da bacia. Nesse sentido, predominam as baixas e médias densidades na região.

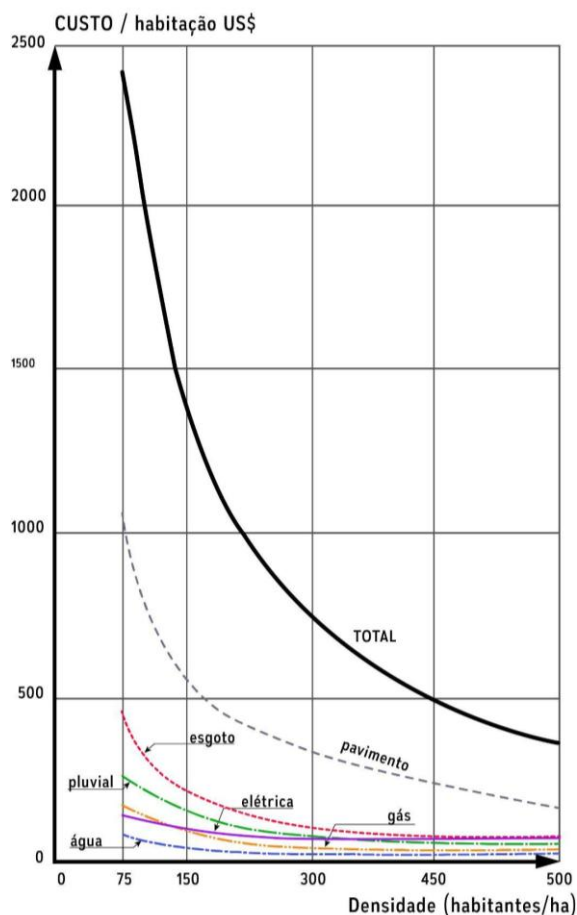
Entretanto, atendo-se às comunidades urbanas e favelas, altas densidades podem ser preocupantes, visto que essas regiões possuem menor provisão de serviços urbanos e infraestrutura básica. Na bacia do Ariri-Bolonha, como é possível verificar na figura 27, em algumas áreas no sul e no leste da bacia – especificamente nos bairros do Jaderlândia, Cabanagem, Quarenta Horas e Icuí-Guajará – há maior ocorrência de assentamento precários com densidades mais altas, entre 73 e 337 hab/ha. Dessa forma, tais regiões demandam maior atenção e ações específicas no que diz respeito a sua urbanização.

Figuras 23 e 24 – Acesso a serviços básicos na bacia do Ariri. Respectivamente, acesso à rede geral de esgoto e à rede geral de água.



Fontes: CTM CODEM (2000); IBGE (2022); PMB (2008); PMA (2005); COSANPA; Ana (2012).

Figura 24 – Custo por família em dólares dos serviços urbanos em relação à densidade (habitantes/ha)



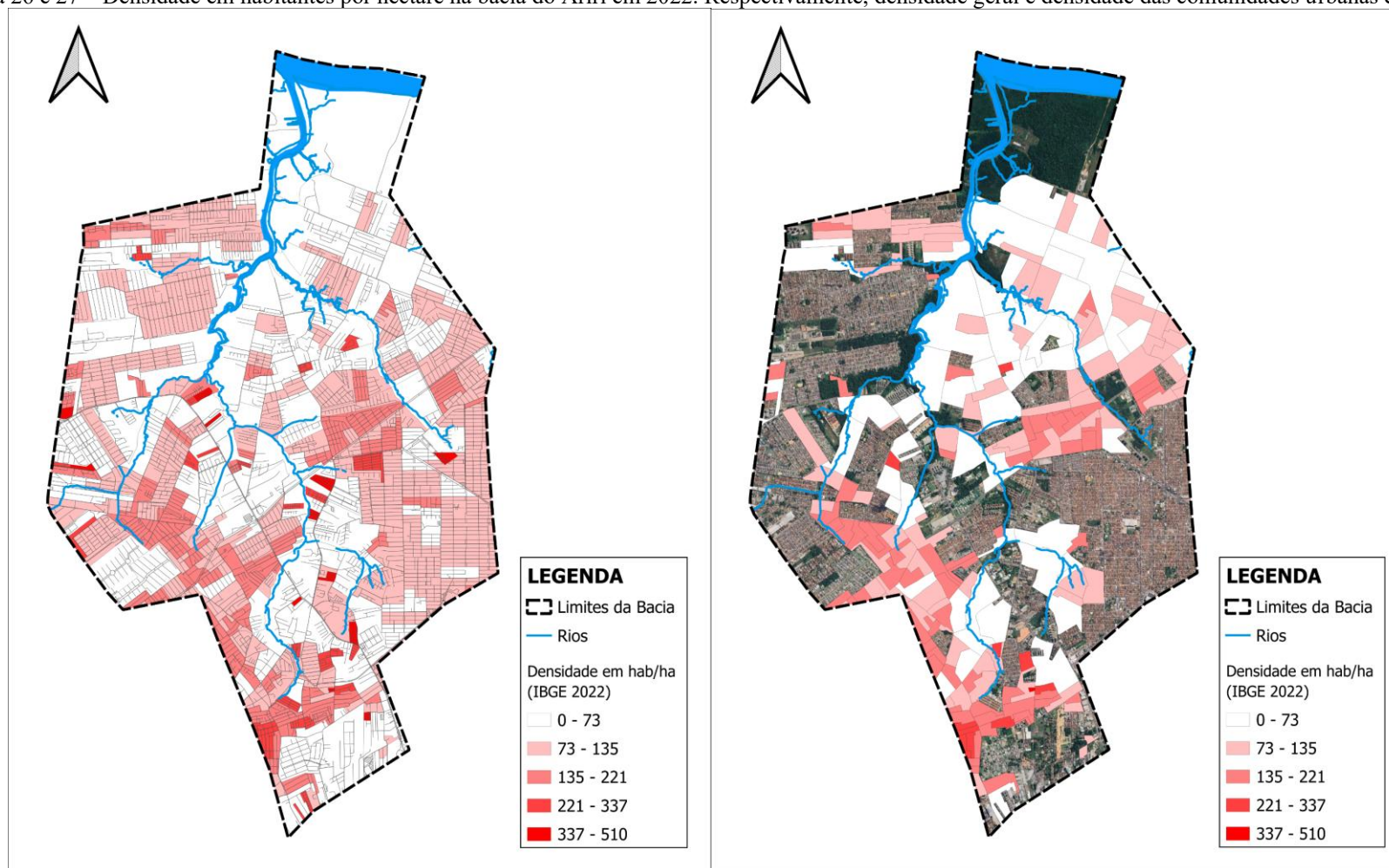
Custo por família em dólares (janeiro de 1977) dos serviços urbanos em relação à densidade.

Fonte: Mascaró (1987).

Devido aos dados sobre renda do censo 2022 do IBGE não terem sido divulgados até a finalização desse trabalho, para a análise da renda da população da bacia do Ariri foram utilizados os números do censo 2010. A partir da figura 28, verifica-se que predominam na região de estudo os ganhos de até R\$ 1118,00 por pessoa. Nisto, levando em consideração o salário mínimo desse período de R\$ 510,00, revela-se que a maior parte da população – em termos percentuais 66,5% das pessoas – recebia até pouco mais de 2 salários mínimos.

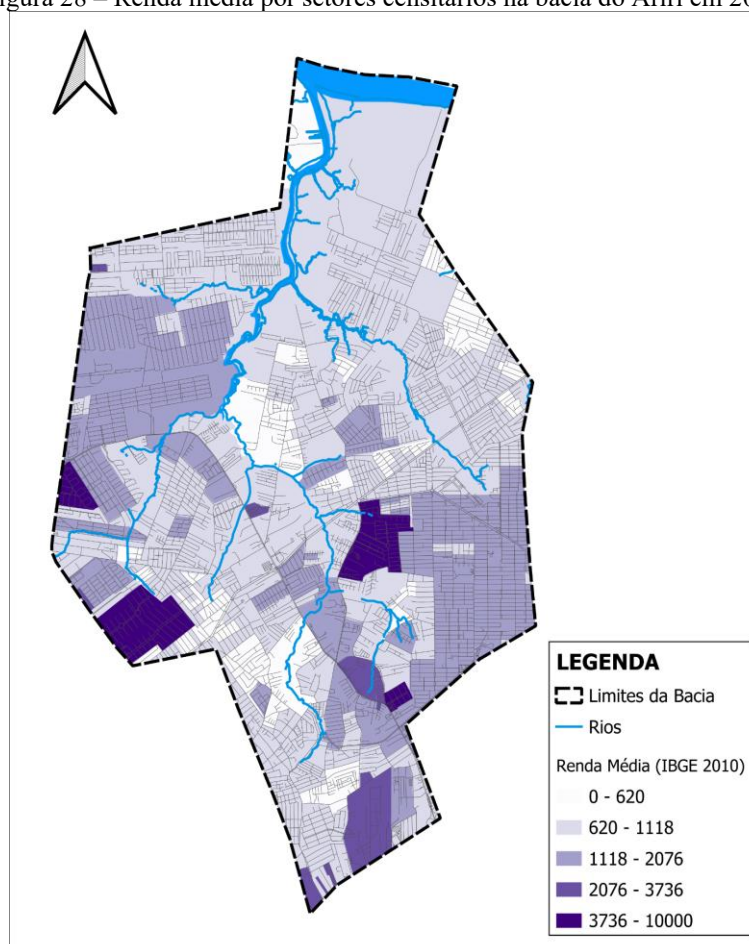
Dessa forma, a maior parte dos habitantes da bacia figurava nas faixas de classes sociais mais baixas (D e E), de acordo com a classificação da FGV Social, IPEA e Cetelem (2010). Além disso, 32,1% da população estava nas faixas entre 2 e 7 salários mínimos, e apenas 1,4% recebia acima de 7 (classes A e B). O que se percebe é a predominância de rendas baixas e a concentração de renda na bacia, um processo característico da periferia do capitalismo que se agrava ainda mais devido ao processo de ocupação da região, o qual não foi adequadamente acompanhado por políticas públicas.

Figura 26 e 27 – Densidade em habitantes por hectare na bacia do Ariri em 2022. Respectivamente, densidade geral e densidade das comunidades urbanas e favelas.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; ANA (2012).

Figura 28 – Renda média por setores censitários na bacia do Ariri em 2010.



Fontes: CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; Ana (2012).

Ao comparar outros dados do censo 2010 com o censo 2022 (ver tabela 2), percebe-se algumas alterações na bacia do Ariri. A região seguiu a tendência da RMB, em relação à população, a qual diminuiu no último censo. Nesse sentido, a bacia passou a contar com menos 8.337 habitantes, o que em termos percentuais é uma queda de 2,7 % da sua população. Seguindo esse padrão, também houve diminuição na densidade populacional e na população de FCU, apesar de estas ainda representarem mais de 51% dos habitantes da bacia. Em oposição a essa tendência, houve um aumento de 43% no número de domicílios, algo que, dentre outros fatores, relaciona-se à expansão imobiliária e de infraestrutura e serviços que caracterizou a área de expansão de Belém nas últimas décadas (Durans, 2016).

Tabela 2 – Dados dos censos 2010 e 2022 referentes à bacia do Ariri.

Indicador	2010	2022
População	314.669,00	306.292,00
Número de Domicílios	85.176,00	121.530,00
Densidade (hab/ha)	84,41	82,17
Pop FCU	168.755,00	156.527,00

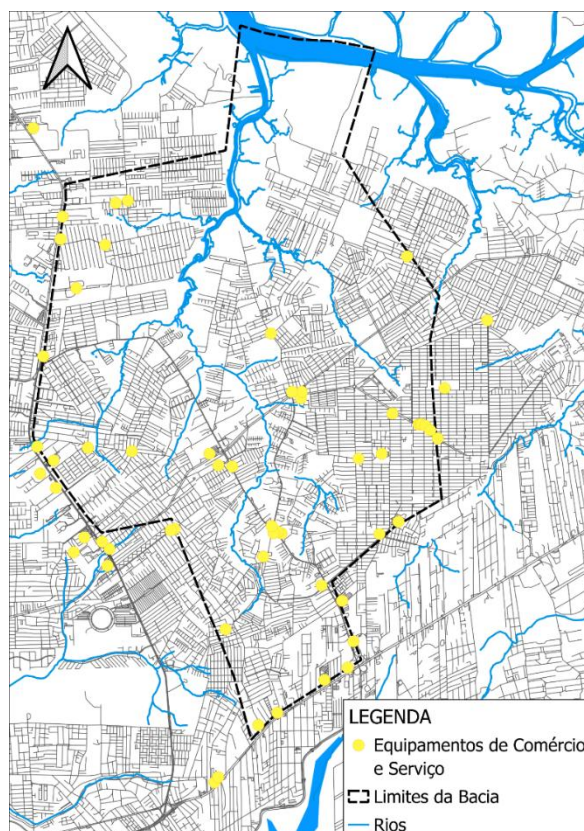
Renda média	632,29	-
Pessoas Brancas	81.145,00	76.184,00
Pessoas Negras	230.434,00	227.124,00.

Fontes: IBGE (2010); IBGE (2022);

Esse crescimento também se refletiu na oferta de equipamentos urbanos na região. Assim, a bacia do Ariri, que entre os anos de 60 e 90 era considerada uma região dormitório e composta majoritariamente por glebas rurais, passa a dispor de pontos de centralidade essenciais à dinâmica urbana da RMB. Há uma expansão de equipamentos urbanos para a região, todavia, em alguns casos, de forma concentrada nessas centralidades.

No caso dos equipamentos de comércio e serviço (ver figura 29), estão mais presentes nas bordas da bacia e em suas vias mais movimentadas que correspondem à Av. Augusto Montenegro, mais especificamente no bairro do Parque Verde, que dispõe de um shopping center, alguns hipermercados e outros pontos comerciais; e no bairro da Cidade Nova, no qual seus principais eixos arteriais – como a Av. 3 Corações, Av. Dom Vicente Zico e Rua da Providência – concentram hipermercados e grandes comércios varejistas, conforme foi apresentado na figura 21.

Figura 29 – Principais equipamentos de Comércio e Serviço da bacia do Ariri.

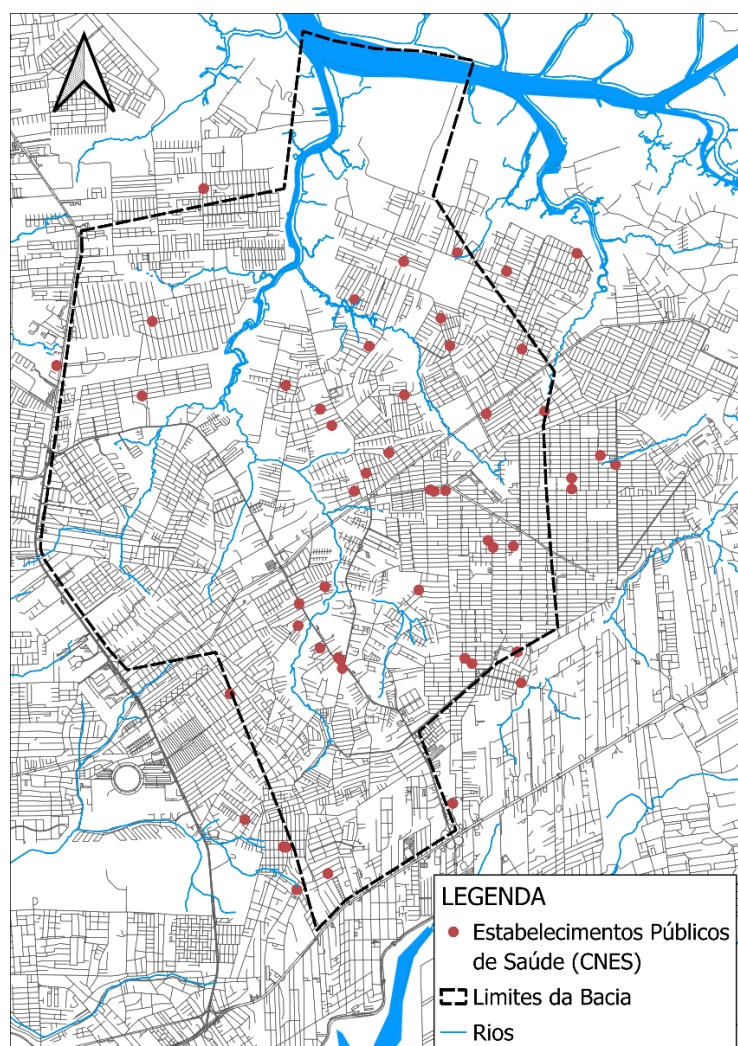


Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; Ana (2012).

Com relação aos equipamentos públicos, percebem-se outros padrões de distribuição. Dados coletados a partir do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES) indicam que as UPAs, hospitais e UBSs da bacia estão mais presentes em bairros de Ananindeua do que de Belém. Destaca-se o bairro da Cabanagem, que a despeito de ser quase todo composto por comunidades e favelas, possui apenas um estabelecimento público de saúde (a UBS da Cabanagem); e os bairros Coqueiro (Belém) e o Parque Verde, que não dispõem de estabelecimentos público de saúde.

Ao ater-se apenas às UBSs, seu raio de abrangência recomendado – 300 m, de acordo com Guimarães (2004) – não é satisfeito em grande parte dos bairros da bacia, havendo falta de cobertura desse equipamento essencial (figura 30). As escolas públicas, por outro lado, mostraram-se bem distribuídas pelos bairros da bacia, tanto as de ensino fundamental quanto as de ensino médio (figura 31).

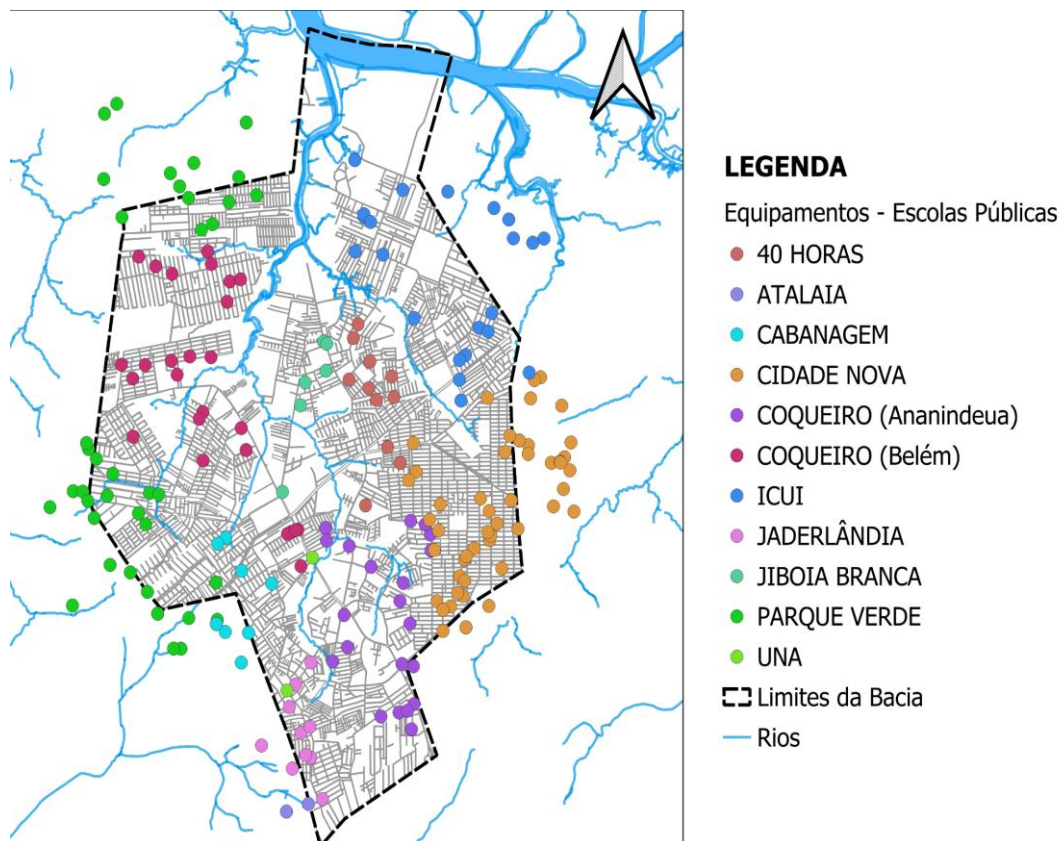
Figura 30 – Estabelecimentos Públicos de Saúde da bacia do Ariri.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; ANA (2012); CNES – DATASUS (2025).

Com relação às praças e a outros espaços públicos de convivência, eles estão mais presentes nos conjuntos habitacionais feitos pela COHAB/BNH, com destaque para a Cidade Nova, como o aproveitamento de vários miolos de quadras para servir de praças e de arenas poliesportivas; o conjunto Pedro Teixeira, que possui esses espaços no início, meio e fim de sua gleba; e o conjunto Orlando Lobato, cujas praças e espaços de convívio são amplos e permeáveis (figuras 32 e 33). Além disso, quando se trata dos grandes equipamentos de esporte, lazer e cultura – como teatros, bibliotecas, ginásio e “multiequipamentos” – a bacia do Ariri revela grandes carências. Foram mapeados apenas 4, sendo um deles em Belém (a Usina da Paz da cabanagem) e os outros 3 em Ananindeua (figura 34).

Figura 31 – Escolas públicas de ensino fundamental e médio da bacia do Ariri.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; Ana (2012).

Figura 32 – Praças e outros espaços de convivência da bacia do Ariri. Da esquerda para a direita e de cima para baixo, Praça da Bíblia (Cidade Nova), campo de futebol do Cj Orlando Lobato, campo e praça do Cj Pedro Teixeira e Complexo do 8 (Cidade Nova)



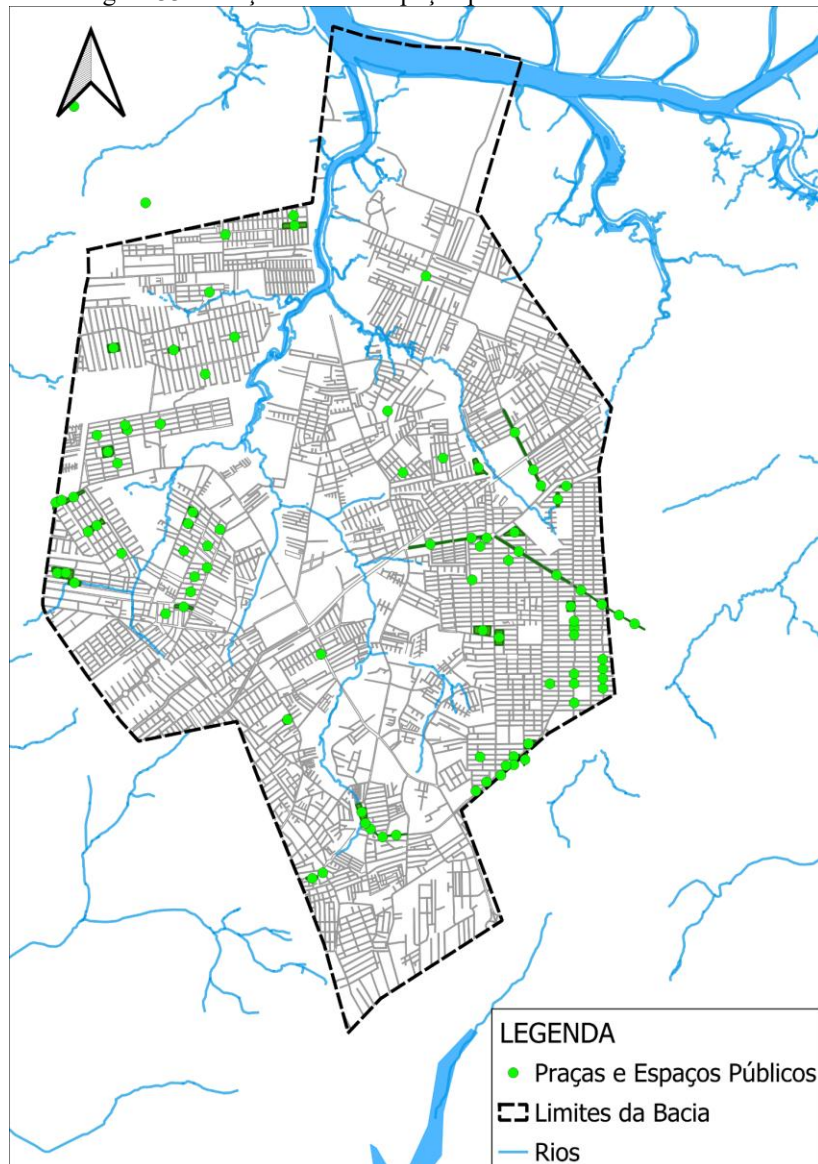
Fontes: Google Maps (2025); G1 Pará (2023).

A concentração de espaços públicos de convivência em conjuntos habitacionais construídos no fim século passado e a presença tímida de equipamentos de cultura, esporte e lazer na região em que se insere a bacia do Ariri-Bolonha podem ser explicados pelos processos urbanos que, nos últimos anos, têm moldado a ocupação da bacia. Junto com o avanço imobiliário que valorizou a área de expansão de Belém a partir dos anos 2000 (Durans, 2016), houve a supervalorização do espaço privado em detrimento do público.

Além de potencializar a convivência e a apropriação do espaço urbano, muitos desses espaços poderiam servir para aumentar a taxa de permeabilidade da bacia que vem diminuindo; todavia, eles estão cada vez mais sendo impermeabilizados. Em alguns conjuntos, como o Tenoné I e o Sabiá (Quarenta Horas), ainda existem expressivas áreas livres permeáveis destinadas à construção de praças, e em espaços de equipamentos públicos, as quais são importantes de serem mantidas visando a manutenção da permeabilidade do solo, sobretudo no vale da bacia.

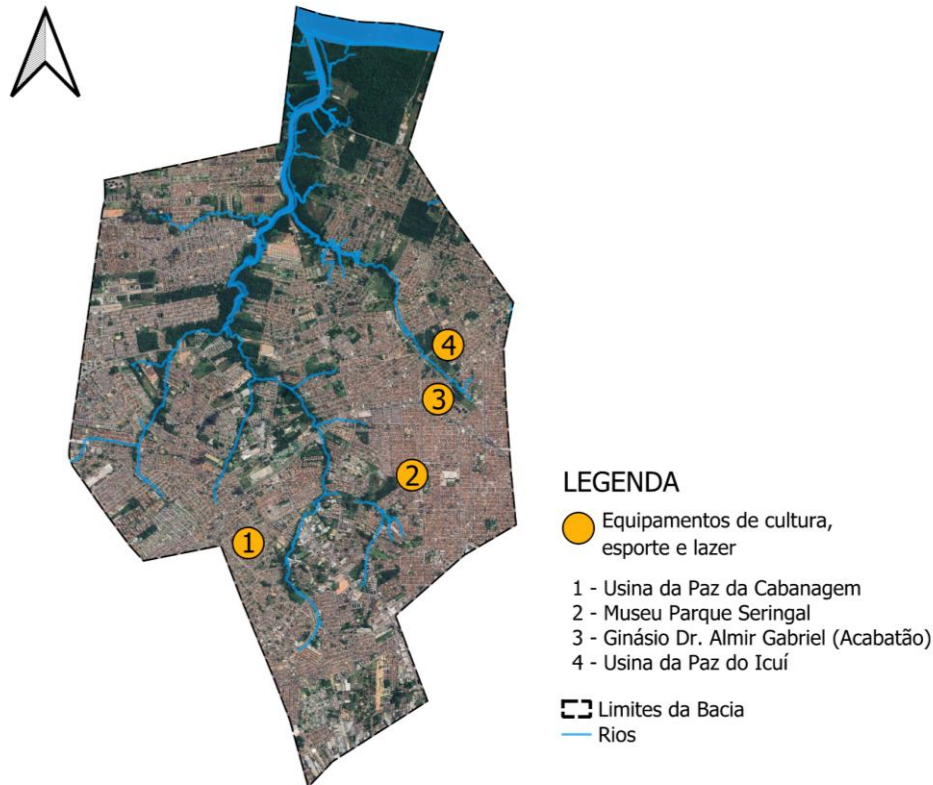
Há também a presença de maciços verdes no fim desses conjuntos próximos a cursos d'água, chamados de “bosques” (Ribeiro, 2023). No extremo sul da bacia, as áreas vegetadas correspondem a lotes condominiais não vendidos, ou seja, a propensão é que esses espaços diminuam. Nessa região não existem espaços públicos que possam exercer a manutenção da permeabilidade do solo. Essa situação é preocupante, visto que a impermeabilização de áreas a montante – nesse caso as áreas mais ao sul da bacia – tende a aumentar inundações a jusante, isto é, nas áreas mais ao norte (Ribeiro, 2023).

Figura 33 – Praças e outros espaços públicos da bacia do Ariri.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; Ana(2012).

Figura 34 – Equipamentos de cultura, esporte e lazer presentes na bacia do Ariri.



Fontes: Google Maps (2025); CTM CODEM (2000); IBGE (2022); COSANPA; ANA (2012)

Com relação às questões legislativas incidentes sobre o território em questão, destacam-se os planos diretores dos municípios em que a bacia se localiza (Mapa 2). Em Belém, o plano diretor organiza a cidade em Zonas do Ambiente Urbano (ZAU). No caso da bacia do Ariri, estão presentes a ZAU 4 e a ZAU 6; a ZAU 4 corresponde às áreas em processo de consolidação da ocupação, caracterizada pelo uso residencial predominante, infraestrutura não consolidada, ocorrência de terrenos subutilizados e grandes áreas ociosas.

Entre os principais objetivos, destacam-se a complementação da infraestrutura básica, a promoção da habitação de interesse social, a regularização fundiária de áreas precárias e a contenção da ocupação nas áreas próximas a igarapés e canais de drenagem (BELÉM, 2008). Entretanto, a situação atual da bacia mostra um quadro distante dessas metas: faltam serviços de infraestrutura, a habitação de interesse social é incipiente, mostra-se pouco efetivo e as margens dos cursos d'água sofrem pressão tanto de ocupações precárias quanto de condomínios fechados.

A ZAU 6, no setor IV, abrange parte consolidada da área de expansão de Belém, ao longo da Avenida Augusto Montenegro. Seu uso é predominantemente residencial, mas com

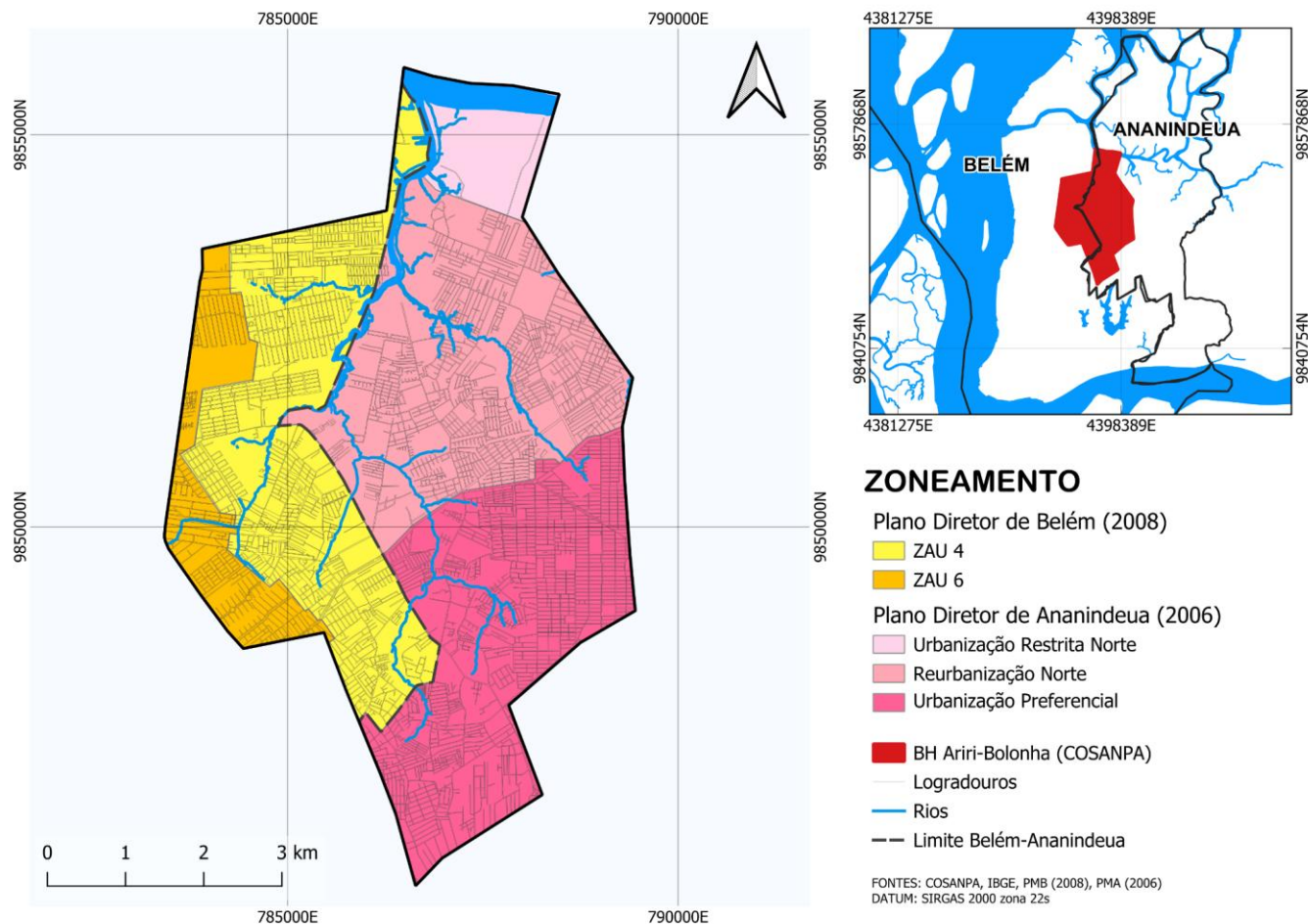
forte presença de atividades comerciais de médio porte, além de uma tendência à verticalização. Seus objetivos e diretrizes incluem a melhoria da infraestrutura e da malha viária, bem como o estímulo às atividades de comércio e de serviço (Belém, 2008). Essa região recebeu investimentos em infraestrutura e comércio nos últimos anos, acompanhados por crescimento imobiliário e verticalização. Contudo, tais processos aumentaram a impermeabilização do solo e reduziram a cobertura vegetal, gerando impactos sobre o escoamento superficial e aumentando a vulnerabilidade de áreas mais baixas da bacia (Ribeiro, 2023; Spirn, 1995).

Em Ananindeua, o plano diretor divide o território em três macrozonas urbanas: Reurbanização, Urbanização Preferencial e Urbanização Restrita. De acordo com o artigo 10, “as macrozonas urbanas são as ocupadas ou já comprometidas com a ocupação urbana pela existência de parcelamentos implantados ou em execução e a sua caracterização deverá levar em consideração o seu adensamento” (Ananindeua, 2006, p. 3-4).

As macrozonas de reurbanização correspondem às áreas que necessitam de projetos de melhoria urbana; as de urbanização preferencial, a regiões com incentivo à ocupação de terrenos subutilizados e à implantação de equipamentos urbanos; e as de urbanização restrita, a áreas com restrição de ocupação para preservação ambiental (Prefeitura Municipal de Ananindeua, 2006). No território da bacia, a macrozona restrita corresponde à região da foz do rio Ariri, ao norte; no entanto, o zoneamento de Ananindeua apresenta caráter genérico, sem diretrizes específicas para a proteção de cursos d’água, várzeas e maciços verdes fora dessa macrozona. Tampouco, incentiva a urbanização de interesse social ou a reurbanização voltada para assentamentos precários de forma mais direcionada.

Assim, observa-se que, embora os planos diretores reconheçam a necessidade de habitação, de infraestrutura, de regularização fundiária e de preservação ambiental, a situação da bacia do Ariri permanece marcada pela ausência de políticas urbanas efetivas, expressa na carência de serviços básicos, na fragilidade de programas de habitação social e no avanço das ocupações sobre áreas ambientalmente sensíveis.

Mapa 2 – Zoneamento urbano na bacia do Ariri-Bolonha, base de faces de logradouros, hidrografia, limites da bacia Ariri-Bolonha e limites municipais de Belém e Ananindeua.



Fontes: IBGE (2022); ANA - MMA (2013); COSANPA; PMB (2008); PMA (2006).

Em linhas gerais, a bacia do Ariri caracteriza-se por ter um traçado urbano pouco articulado entre seus assentamentos, pela concentração de fluxo, de serviços e de infraestrutura em algumas regiões, especialmente nas bordas da bacia; também, pela expressiva presença de populações vulneráveis que tendem a ocupar as regiões ambientalmente mais sensíveis e por uma impermeabilização cada vez mais rápida em direção aos seus cursos d'água e maciços verdes restantes.

O método de ocupação da bacia tem aproximado cada vez mais os assentamentos urbanos dos rios – sejam estes condomínios, loteamentos ou favelas – o que, em conjunto com a precariedade de infraestrutura, tem provocado assoreamento, poluição e diminuição da capacidade de armazenamento desses cursos d'água. Ademais, a diminuição da cobertura vegetal e da permeabilidade do solo têm prejudicado a retenção e o armazenamento de água da chuva.

Essa realidade aumenta a probabilidade de ocorrer alagamentos na bacia, especialmente nas áreas com cotas mais baixas, geralmente ocupadas por populações socialmente vulneráveis (Ribeiro, 2023; Pelegrino, 2007). Diante dessa problemática, levando em consideração os indicadores sociais apresentados, o presente trabalho apresenta um diagnóstico ambiental da bacia a fim de destacar suas áreas mais ambientalmente sensíveis e, em seguida, propor soluções sustentáveis para lidar com suas problemáticas, principalmente atenuar os riscos de alagamentos.

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Uma bacia hidrográfica (BH) pode ser definida como “um conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes, também representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes” (Pires; Santos; Del Prette, 2002, p.17). Como esse conjunto apresenta características biogeofísicas semelhantes, ele tem sido cada vez mais utilizado para estudos que envolvam planejamento e gerenciamento ambiental (Dasmann *et al.*, 1973, apud Pires; Santos; Del Prette, 2002). A BH mostra-se como um recorte espacial adequado aos objetivos de um plano urbanístico-ambiental, que busca, sobretudo, o equilíbrio entre a ocupação do solo e a preservação do ecossistema local.

Dentre os benefícios do uso da bacia como unidade de planejamento, está a possibilidade da utilização de métodos que empregam os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), os quais são flexíveis e amplamente disponibilizados (Pires; Santos; Del Prette, 2002). Assim, para

as diversas análises ambientais da BH do Ariri-Bolonha, que serão apresentadas ao longo desse capítulo, foi utilizado o SIG QGIS (Quantum GIS), que possui código aberto e é gratuito.

O diagnóstico ambiental inicia pela análise da hipsometria¹⁰ (ou topografia) da BH. Esse parâmetro é importante, pois influencia, dentre outros fatores, a velocidade de escoamento superficial da água, a capacidade de armazenamento da água no solo, a declividade do sítio, além de ser utilizado para verificar regiões com concentração de sedimentos, especialmente as áreas assoreadas (Lorandi; Cançado; Calasans; Levy; Moreau, 2002).

Para espacializar os padrões hiposométricos da BH, utilizou-se um Modelo Digital de Elevação (MDE), que é a representação em uma imagem *raster* do relevo de terreno. Uma imagem *raster* consiste em uma definição espacial a partir de uma matriz de células organizadas em linhas e colunas, composta por uma ou múltiplas bandas do espectro eletromagnético, na qual cada célula contém um valor de atributo e coordenadas. No caso do MDE, esse atributo é a altimetria em determinada área do terreno. Esses modelos são úteis para o armazenamento de dados que variam constantemente, como as imagens de satélite (Hoel, 2008). O MDE escolhido possui resolução espacial de 30 metros e é proveniente do projeto *Topodata*, o qual disponibiliza esse modelo ajustado e de cobertura nacional a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), fornecido pelo USGS (*United States Geological Survey*) na rede mundial de computadores.

A partir de imagem *raster*, verificou-se que a BH analisada se caracteriza pela ausência de grandes variações altimétricas, que em geral é comum à região amazônica. Suas cotas, de acordo com o MDE utilizado, variam de -1 metro a 44 metros. Todavia, levando em consideração que os níveis acima de 22 metros (copas de árvores e prédios) não correspondem aos reais níveis hipsométricos da bacia, considera-se que a variação topográfica vai de -1 a 22 metros. O Mapa 3 apresenta a variação topográfica da bacia do Ariri-Bolonha, no qual as áreas mais baixas estão ao norte, enquanto as mais altas estão ao sul. Além disso, o intervalo altimétrico entre 10 e 16 metros é o mais predominante na BH, cobrindo 41,07% da área.

Como o presente trabalho objetiva lidar com as águas urbanas a fim de atenuar eventos de inundação ou alagamento, utilizou-se um arquivo vetorizado do gradiente de inundação de Belém, desenvolvido pelo SGB - Serviço Geológico do Brasil, que espacializa o potencial de transbordamento natural de um curso d'água, dividindo-o em três classes: baixa, média e alta. Assim, sobrepondo esse gradiente à hipsometria da BH, relaciona-se inundação e altimetria.

¹⁰Segundo Oliveira (1993), hipsometria é a arte por meio da qual se determinam, seja qual for o método, as altitudes da Terra, referidas ao nível do mar.

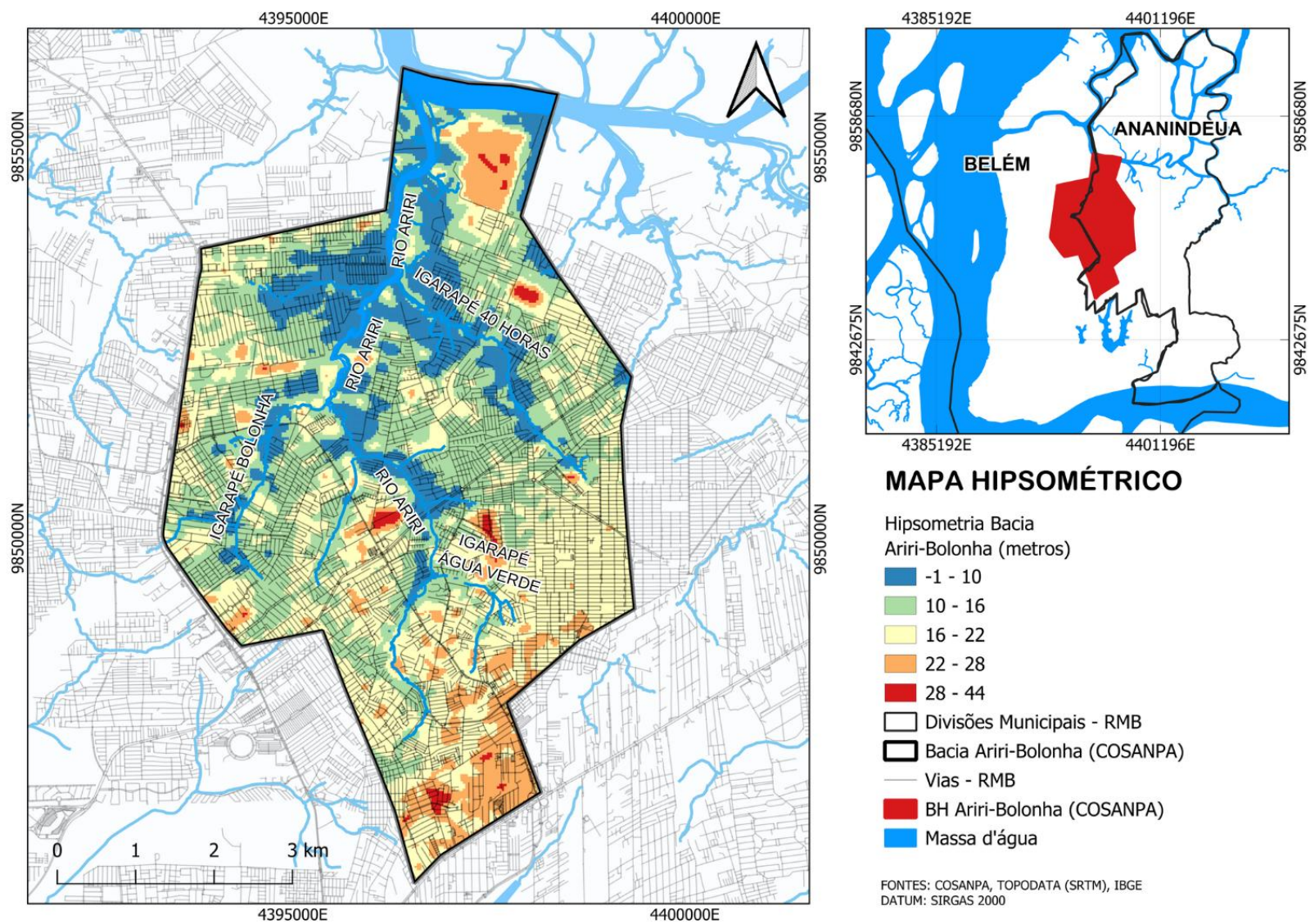
Como se verifica no Mapa 4, os três níveis de inundação cobrem todo o intervalo altimétrico entre -1 e 10 metros e algumas regiões com cotas até 22 metros.

Todavia, atendo-se aos níveis mais críticos de inundação - as classes média e baixa - verificou-se que a mancha de alagamento se estende por uma área de 826,63 ha (ou 22,2% da bacia). A cota média, tanto nas áreas com alta probabilidade de inundação quanto nas áreas médias, é de 12 metros (tabela 3). Logo, as regiões com nível altimétrico igual ou abaixo desse valor, até uma distância de, aproximadamente, 400 metros do leito de um curso d'água (distância máxima até onde se estende a mancha de inundação de classe alta e média na bacia do Ariri), são mais propícias a eventos de inundação.

Utilizando os setores censitário do último censo do IBGE para estimar as populações e os domicílios inseridos ou próximos às áreas de alto e médio grau de inundação, verificou-se que 82.980 habitantes e 33.491 domicílios estão nas proximidades ou dentro dessas áreas, o que representa 27% da população da BH do Ariri. Além disso, ressalta-se que as regiões próximas aos cursos d'água tendem a concentrar as populações residentes em assentamentos precários, por ocasião da falta de alternativas habitacionais formais (Bonduki, 1998; Maricato, 2002). Assim, foram analisados os parâmetros de inundação e hiposometria especificamente para o caso dos setores censitários de Favelas e Comunidades Urbanas da Bacia do Ariri.

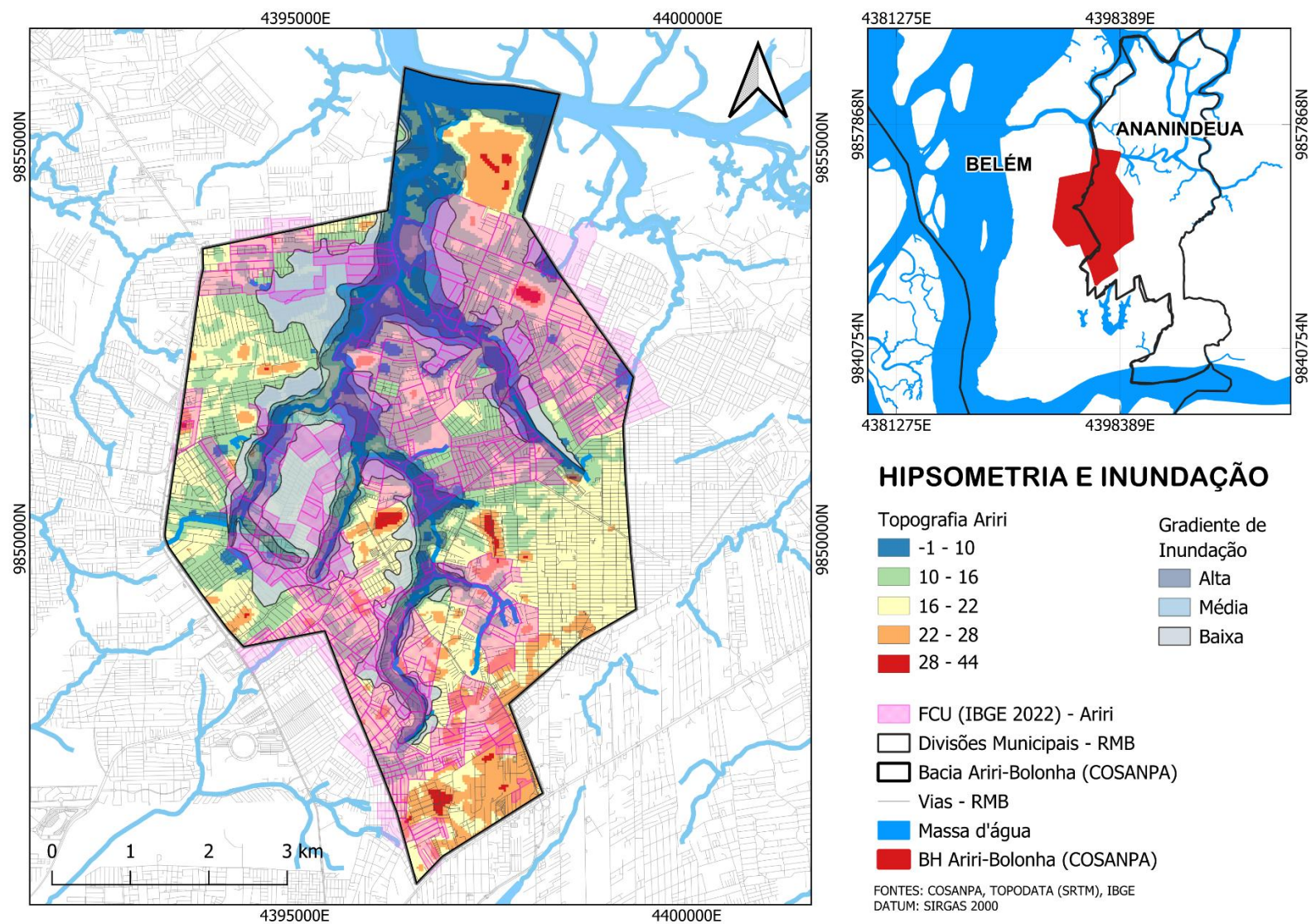
Constatou-se, com isso, que 19% da população da bacia está em FCUs inseridas em áreas com alta e média chance de inundação (tabela 4). Isso representa que cerca de 70% da população sujeita à inundação é de FCUs. Com relação aos domicílios, são cerca de 23.128 próximos ou inseridos nessas regiões inundáveis, com uma densidade habitacional de 26 domicílios/ha. Pode-se definir essas regiões como as mais críticas com relação ao transbordamento dos rios da bacia do Ariri por efeitos da maré ou da chuva.

Mapa 3 - Hipsometria, base de faces de logradouros, hidrografia e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2010); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); TOPODATA (2013); COSANPA.

Mapa 4 - Hipsometria, base de faces de logradouros, hidrografia, gradiente de inunda  o, FCU (IBGE 2022) e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); TOPODATA (2013); CPRM - SGB (2013); COSANPA.

Tabela 3 – Categorias de inundação por área, percentual, cota média e cota moda na bacia do Ariri-Bolonha.

Categoria de Inundação	Área (m²)	Área (ha)	Percentual (%)	Cota Média	Cota Moda (m)
Alto	5.969.520	596,95	16,01%	12	9
Médio	2.296.810	229,68	6,16%	12	12
Baixo	5.052.610	505,26	13,55%	13	12

Fonte: IBGE (2022), TOPODATA (2013), SGB (2013).

Tabela 4 – Categorias de inundação em FCUs por área, percentual, cota média e cota moda na bacia do Ariri-Bolonha.

Inundação em FCU	Área (ha)	Área (%)	Nº habitantes	Habitantes (%)	Densidade (hab./ha)	Nº domicílios	Dens (dom./ha)
alta e média	897,044	24,06%	58.077	19%	65	23.128	26

Fonte: IBGE (2022), TOPODATA (2013), SGB (2013).

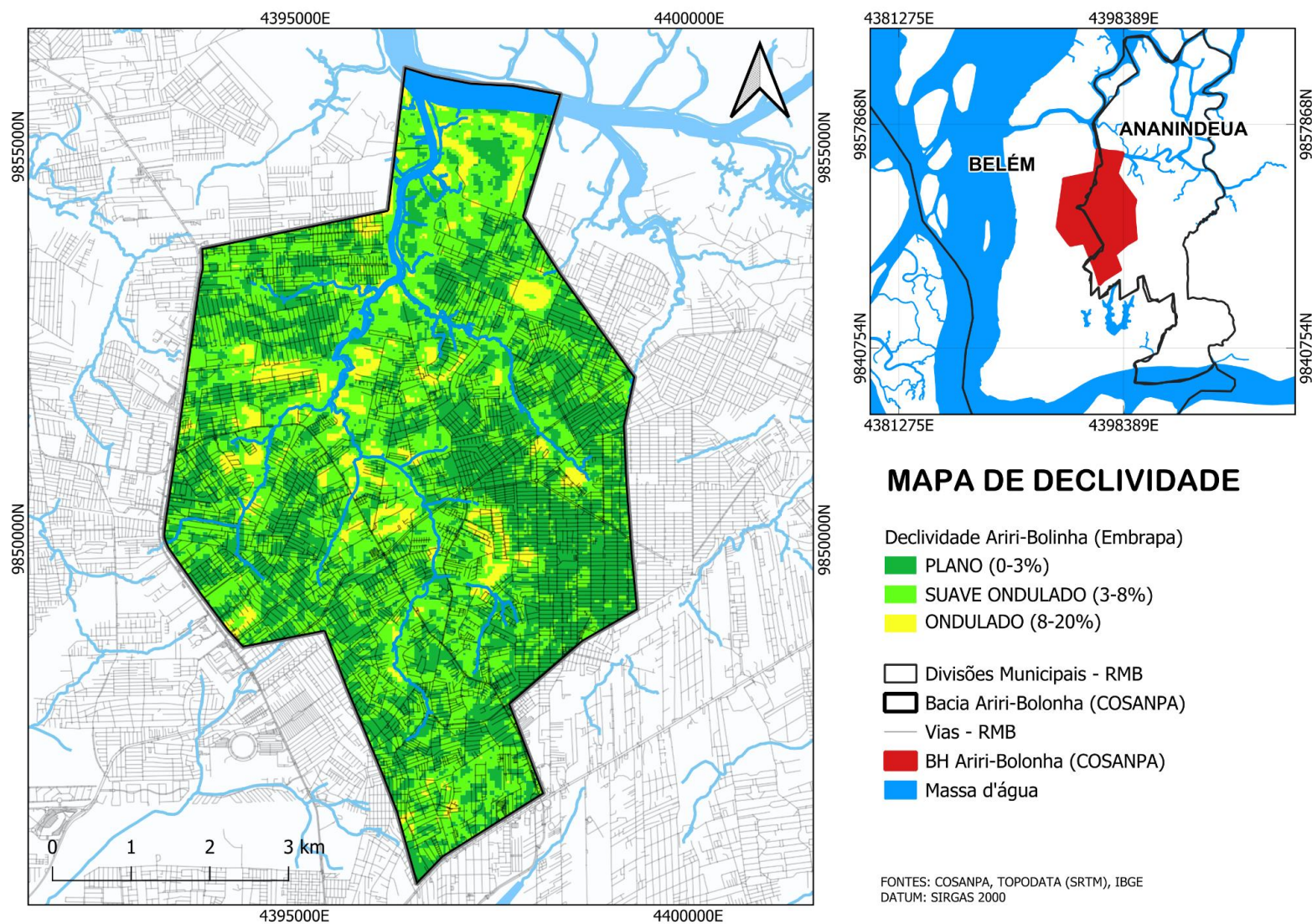
Partindo do MDE, foi gerado também um mapa com as declividades da BH do Ariri-Bolonha (Mapa 5). Essa característica indica o nível de inclinação do sítio e é medida em porcentagem. Sua importância para este trabalho consiste na influência que exerce sobre o escoamento superficial da água da chuva, posto que, se um declive é muito pequeno, o terreno tende a alargar facilmente; se for muito grande, a água que escoar, ganha velocidade e provoca erosão (Mascaró, 2008). Para a classificação dos intervalos de declividade, utilizou-se o modelo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), que é dividido em 5 classes percentuais: plana (0 a 3%), suave ondulado (3 a 8%), ondulado (8 a 20%), forte ondulado (20 a 45%), montanhoso (45 a 75%) e escarpado (> 75%) (EMBRAPA, 1979).

Como se verifica no mapa, a bacia possui as classes plana, suave ondulada e ondulada. Dentre elas, as classes plana e suave ondulada são as predominantes, 41% e 51% da área da BH, respectivamente (tabela 5). As regiões com declividade plana, por representarem a categoria de menor declive, apresentam maiores dificuldades para escoar a água da chuva; no caso da bacia do Ariri, essas regiões possuem cotas altimétricas entre 2 e 31 metros, uma cota média de 15 metros, e uma cota moda de 17 metros (Mascaró, 2008).

Considerando as áreas baixas da bacia como aquelas com maior suscetibilidade à inundação, ou seja, com nível altimétrico igual ou menor à 12 metros, a classe plana de declividade na BH predomina nas áreas mais altas do sítio. As áreas mais altas, por sua vez, estão mais próximas às bordas da BH, por onde se iniciou o processo de ocupação e onde ele é mais consolidado. Assim, essas áreas caracterizam-se por intensa impermeabilização do solo e

baixa cobertura vegetal - como será detalhado mais adiante - o que, somado à predominância de declividades planas, potencializa ainda mais eventos de alagamento, pois além da dificuldade natural para o escoamento superficial, essas áreas passam também a ter dificuldade para percolar e infiltrar a água da chuva.

Mapa 5 - Declividade, base de faces de logradouros, hidrografia, e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); NAA - MMA (2013); TOPODATA (2025); CPRM - SGB (2013); COSANPA.

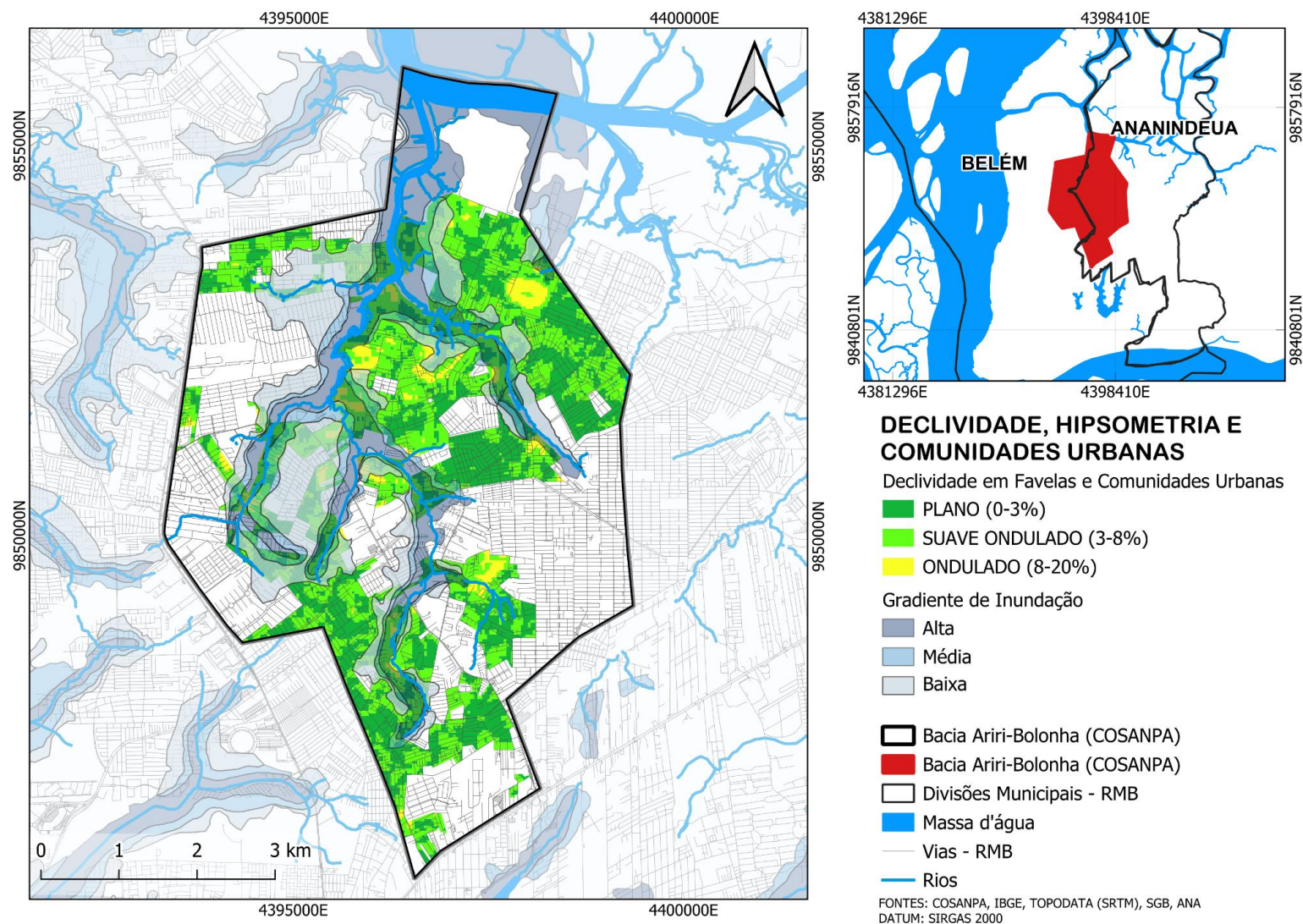
Por outro lado, as regiões com declividades na faixa suave ondulada estão presentes em áreas com altimetria entre 7 e 33 metros e sua cota média e moda são de 17 metros. Apesar dessa classe também predominar em altimetrias acima da cota de inundação da bacia, ela é bastante recorrente dentro dos níveis alto e médio do gradiente de inundação, ou seja, em áreas mais baixas. Nesse sentido, sobrepondo a mancha de inundação sobre arquivo *shapefile* de declividade da bacia, verificou-se que 61% das áreas inundáveis (considerando as faixas médias e altas) possuem declividade suave ondulada, enquanto 27% têm declividade plana e 12% ondulada (tabela 5).

Além disso, considerando que Mascaró (2008) define que declividades entre 2% e 7% são ideais para o escoamento superficial por gravidade; esses 61% das áreas inundáveis possuem, em tese, condições adequadas para o escoamento superficial. Todavia, tais condições também são influenciadas pelas circunstâncias de ocupação da BH do Ariri-Bolonha. Como grande parte das áreas baixas da bacia estão ocupadas por assentamentos precários, não possuem plano de ocupação ou estão impermeabilizadas; mesmo com uma declividade adequada, a falta de infraestrutura e de ordenamento do uso do solo dificultam o escoamento superficial. Já as áreas na faixa de declividade ondulada, representam 12% da bacia e estão espalhadas entre as áreas planas e suave onduladas, mas predominam nas áreas baixas da bacia.

Considerando as declividades apenas das FCU, verifica-se que mais de 42% de sua área possui declividade plana, cerca de 53% suave ondulada e somente 4,35% é ondulada (tabela 5). Grande parte desses assentamentos estão em áreas naturalmente difíceis para o escoamento superficial e, apesar da maioria dessas ocupações situar-se em regiões com declividade ditas adequadas (suave ondulada), outras condições do sítio também precisam ser levadas em consideração. No caso das FCU, essas condições são comumente desfavoráveis pela forma de ocupação e de ausência de infraestrutura. Além da declividade, outras variáveis serão analisadas para verificar as reais circunstâncias para o escoamento superficial nessas localidades.

No geral, a declividade média da bacia é de 0,32%, com um sentido de inclinação do Sul para o Norte. Nesse sentido, a BH é bastante plana, o que torna o escoamento superficial mais lento. Além disso, as áreas ao Norte (à jusante) são as que mais tendem a sofrer com os impactos provenientes do escoamento superficial, como o acúmulo de sedimentos, assoreamentos dos cursos d'água e eventos de alagamentos (Araujo *et al.*, 2008; Spirn, 1995; Pellegrino, 2017).

Mapa 6 - Declividade, vias, hidrografia, gradiente de inundação, Favelas e Comunidades Urbanas e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); TOPODATA (2025); CPRM - SGB (2013); COSANPA.

Tabela 5 - Distribuição das Classes de Declividade na Bacia do Ariri-Bolonha.

Categoria de relevo	Declividade (%)	Área (m ²)	Área (ha)	Percentual da área	Cota média (m)	Áreas Inundáveis (média e alta)	FCU (ha)	FCU (%)
1- Plano	0 - 3	15.442.900	1.544,29	41%	15	27%	708,06	42,35%
2- Suave Ondulado	3 - 8	18.924.000	1.892,40	51%	17	61%	891,22	53,30%
3- Ondulado	8 - 20	2.864.200	286,42	8%	16	12%	72,72	4,35%
Total	-	37.231.100	3.723,11	100,00%	16	-	1.672,01	-

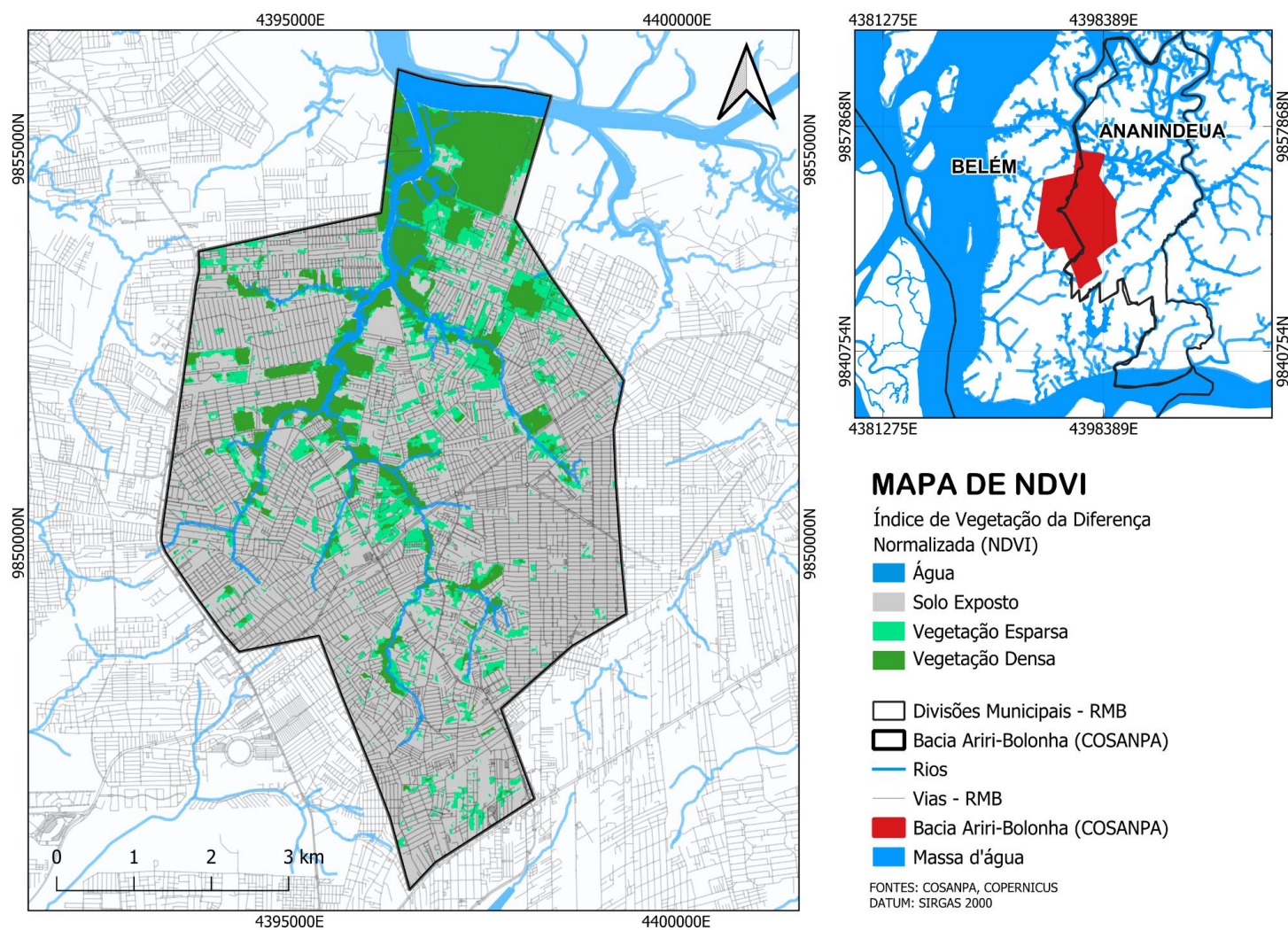
Fonte: IBGE (2022), TOPODATA (2013).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) é um indicador resultante da combinação das bandas do espectro eletromagnético vermelho e infravermelho-próximo (NIR), que se mostrou, ao longo dos anos, como um mecanismo essencial para a quantificação da qualidade da cobertura vegetal e da biomassa de uma região específica (EMBRAPA, 2024). A ferramenta utiliza valores entre -1 a 1 para qualificar a massa vegetal, a partir de imagens *raster* de satélite.

No presente trabalho, as imagens do satélite Sentinel-2 do programa *Copernicus* da Agência Espacial Europeia (ESA) foram utilizadas para a análise dos índices de vegetação na BH do Ariri-Bolonha. Valores próximos de -1 indicam a ausência de vegetação, como corpos d'água ou áreas desnudas, enquanto valores próximos de 1 representam áreas com vegetação densa. Esse índice é eficaz na classificação de vegetação, pois considera a refletância da luz nas bandas do infravermelho próximo e vermelho.

Para fins deste trabalho e a partir das características da bacia do Ariri, as classes de NDVI foram adaptadas da seguinte forma: valores de -1 a -0,1 correspondem a corpos d'água, de -0,1 a 0,26 indicam solo exposto, de 0,26 a 0,49 representam vegetação esparsa, e valores acima de 0,49 indicam vegetação densa (mapa 7). A realidade da BH é clara: a área de solo exposto supera significativamente as áreas vegetadas, sejam elas esparsas ou densas. O *raster* de NDVI indica que apenas 31% da bacia apresenta algum tipo de vegetação, enquanto 66% está coberta por solo exposto (tabela 6). Além disso, as áreas vegetadas estão mais presentes nas áreas centrais e ao norte da bacia, um reflexo do processo de ocupação da região que se deu das bordas sul, leste e oeste em direção às áreas centrais e ao norte.

Mapa 7 – NDVI, base de faces de logradouros, hidrografia, e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COPERNICUS (2025); COSANPA.

Tabela 6 - Distribuição das classes de NDVI por área, percentual, declividade predominante e cota média na Bacia do Ariri-Bolonha.

NDVI	Área da bacia (ha)	Percentual na bacia	Declividade predominante	Cota Média
Água	89,89	2,41%	Suave Ondulada	12
Solo Exposto	2.467,11	66,26%	Suave Ondulada	16
Vegetação Esparsa	639,28	17,17%	Suave Ondulada	16
Vegetação Densa	526,83	14,15%	Suave Ondulada	15

Fonte: IBGE (2022), COPERNICUS (2025), TOPODATA (2013).

Como apresentado na análise topográfica, as partes mais altas do sítio estão mais próximas da borda da BH, e essas também são as regiões em que predomina o solo exposto. Assim, essa categoria de NDVI concentra-se nas partes mais altas da bacia, com uma cota média de 16 metros. Por outro lado, áreas como solo exposto tendem a sofrer com a compactação do solo, tornando-o menos permeável, e quando essas áreas se localizam nas partes altas de uma bacia, ausência de vegetação e compactação do solo, aumentam a velocidade do escoamento superficial da água da chuva, sobrecarregando as regiões à jusante da BH, transportando sedimentos e maior volume de água. Tal situação agrava-se ainda mais devido essas regiões também estarem urbanisticamente mais consolidadas, como alta densidade construtiva e impermeabilização do solo (Brasil, 2016; Araujo *et al.*, 2008; Pellegrino, 2017).

Esse processo é mais provável de ocorrer nas áreas suavemente onduladas do que nas áreas planas, em razão da maior declividade. Já as áreas planas, muito presentes nas regiões de solo exposto da bacia hidrográfica, tendem a acumular a água do escoamento superficial em função da compactação e impermeabilização do solo, o que eleva a possibilidade de ocorrência de alagamentos após as chuvas.

Com a análise do NDVI e a imagem de satélite publicada pelo Google, foi possível identificar as áreas permeáveis e impermeáveis da bacia (mapa 8). O resultado é que a bacia apresenta 32% da área composta por superfícies permeáveis - mais presentes nas partes centrais e ao norte - enquanto cerca de 68% está impermeabilizada. No mapa, há as partes próximas da borda da bacia - consolidadas e mais altas – e são majoritariamente impermeáveis; os efeitos descritos em decorrência da existência de solo exposto tendem a ser muito mais intensos nessas áreas.

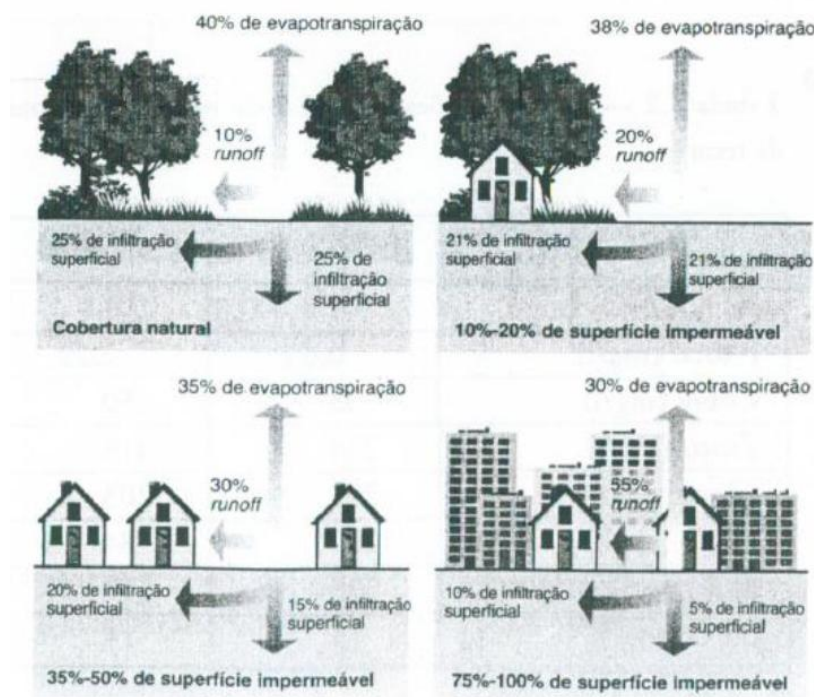
Além disso, os percentuais de permeabilidade da bacia foram interpretados a partir do Diagrama de Thomas Schueler (figura 35), que se refere a um modelo conceitual utilizado no planejamento urbanístico e ambiental para demonstrar como a urbanização afeta os recursos

hídricos, especialmente no que diz respeito à qualidade da água, ao escoamento superficial e aos impactos ambientais em bacias hidrográficas (Schueler, 1995 *apud* Araujo; Almeida; Guerra, 2008).

O diagrama é dividido em quatro estágios de urbanização, os quais, conforme há o aumento no nível de impermeabilização do solo, apresentam diferentes percentuais de evapotranspiração, escoamento superficial (*runoff*) e infiltração superficial. Assim, quanto maior o percentual de solo impermeabilizado, menor é a recarga do lençol freático e maior é o *runoff*. Isso pode resultar, ainda, na desregulação do regime e na intensidade das chuvas, também na degradação da qualidade da água e da biodiversidade. (Araujo; Almeida; Guerra, 2008).

Pelo diagrama, a BH do Ariri estaria mais próxima do quarto (e mais crítico) estágio, ou seja, entre 75% e 100% de superfície impermeável e um *runoff* de 55%. Dessa forma, há uma necessidade urgente de estratégias para mitigar os efeitos da urbanização da bacia que tende a se expandir de maneira desordenada para as áreas permeáveis e ainda vegetadas.

Figura 35 – Diagrama de Schueler.



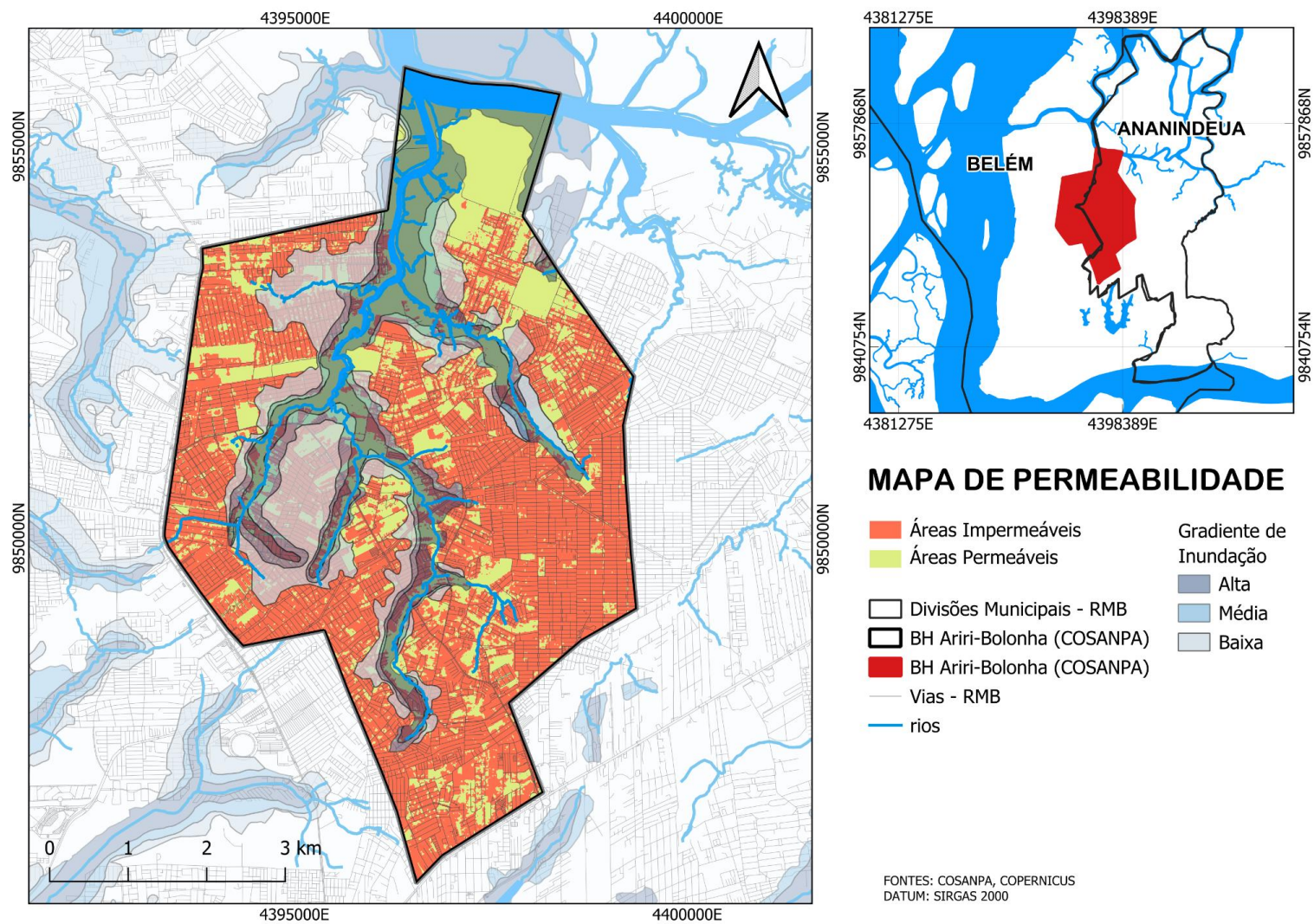
Fontes: Araújo; Almeida; Guerra (2008).

Esses níveis de solo impermeável impactam diretamente a drenagem pluvial, uma vez que a urbanização agrava as cheias decorrentes de temporais. Assim, as inundações dos cursos d'água tornam-se cada vez mais intensas, excedendo a capacidade de armazenamentos temporários e escoamento dos leitos dos rios, cujas várzeas estão ocupadas e comprimidas entre

as edificações da cidade (Spirn, 1995). Inclusive, no mapa 8 é possível perceber que a mancha de inundação nos níveis médio e alto ainda se estende majoritariamente por áreas permeáveis. Todavia, como o processo de ocupação da bacia tende a aproximar-se cada vez mais das áreas de várzeas, tanto pela falta de amplo acesso à moradia, quanto pela instalação de condomínios próximos às margens dos rios, essas regiões têm a sofrer cada vez mais com a compressão descrita por Spirn (1995).

Uma bacia com taxa de permeabilidade adequada - conforme argumenta Pellegrino (2017) com base em Ferguson (2002) - por meio da percolação, acumulação e armazenamento da água da chuva, contribui para a manutenção de uma vazão constante dos rios e para os processos de evapotranspiração, garantindo o equilíbrio ecológico da bacia. Pellegrino (2017) ainda complementa afirmando: “As bacias apresentam essa capacidade mesmo em áreas urbanas, se respeitados ou recuperados os processos hídricos naturais” (Pellegrino 2017, p. 27). Nesse sentido, a preservação das áreas permeáveis ainda existentes na Bacia do Ariri, configura-se como um pressuposto fundamental à consolidação de um plano urbanístico-ambiental comprometido com a ecologia urbana e a sustentabilidade hídrica da região.

Mapa 8 - Permeabilidade do solo, base de faces de logradouros, hidrografia, gradiente de inundação e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COPERNICUS (2025); CPRM - SGB (2013); COSANPA.

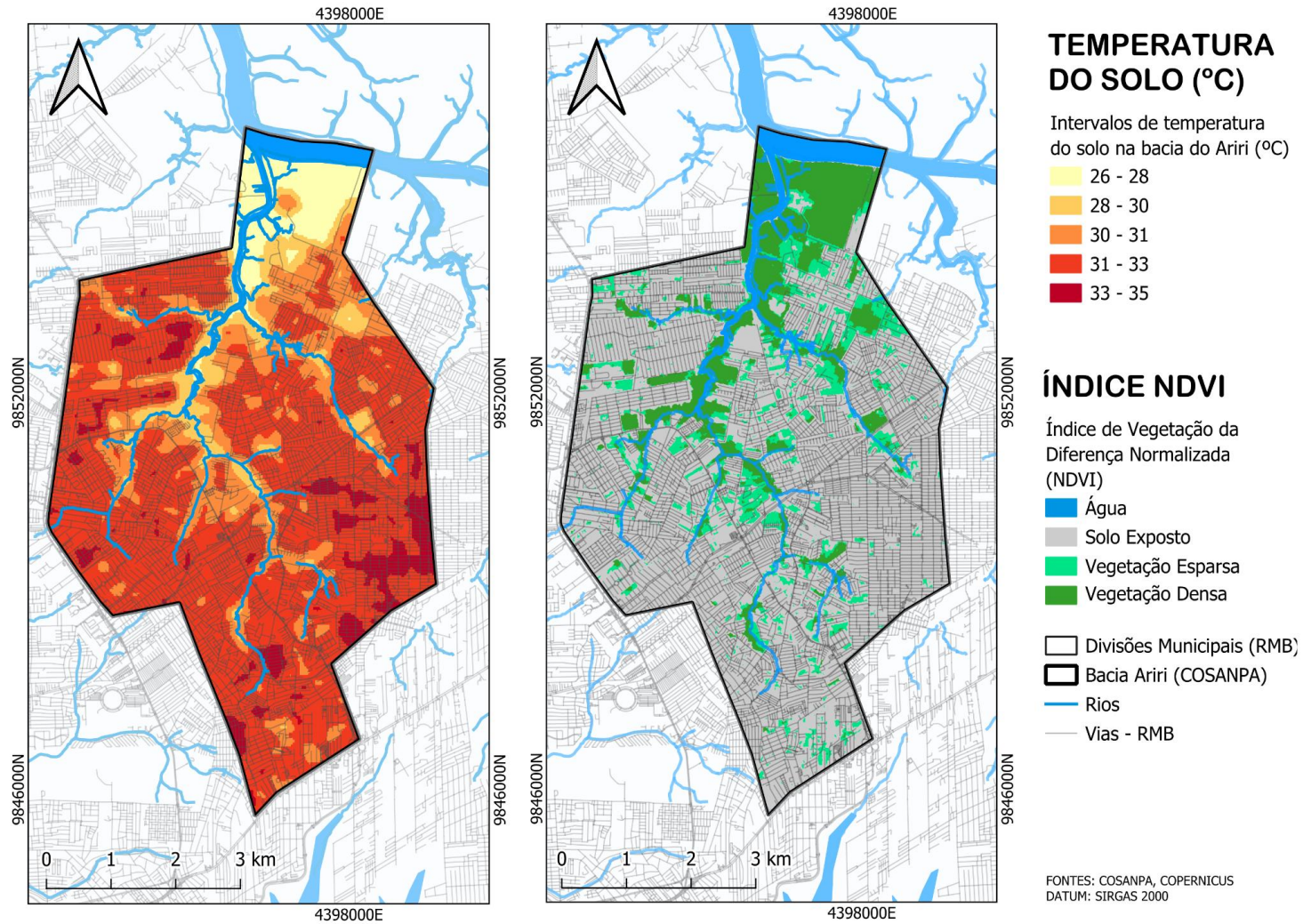
O respeito aos processos hídricos da bacia inclui a preservação de áreas não permeáveis, mas também arborizadas, especialmente as várzeas. Na BH do Ariri-Bolonha, as áreas verdes, juntando as esparsas e densas, somam apenas 31% do total, de acordo com o raster do NDVI (tabela 6). Esse percentual se reduz ainda mais ao considerar apenas a vegetação densa, que corresponde aos maciços verdes e às grandes regiões com vegetação arbórea, representando somente 14% da bacia. Essas formações vegetais concentram-se, em sua maioria, nas regiões próximas aos cursos d'água - especialmente nas margens do rio Ariri - e na porção norte da bacia. De acordo com Pelegrino (2007), a cobertura vegetal é o fator mais crítico para o equilíbrio hidrológico. O autor argumenta:

A vegetação provê seis maiores benefícios: reduz o impacto das gotas de chuva, reduz a velocidade do escoamento superficial, assegura a integridade estrutural do solo com as raízes, filtra os poluentes químicos e os sedimentos trazidos pelo escoamento, aumenta a infiltração da água no solo e aumenta a evapotranspiração ou o movimento vertical da água no ar. (Pellegrino, 2017, p. 36)

É inegável a necessidade de preservar as áreas verdes remanescentes da bacia, bem como ampliar sua cobertura vegetal, desde espécies rasteiras até arbóreas. Esse incremento é ainda mais importante nos leitos de cursos d'água com solo exposto e em processo de assoreamento.

Outro reflexo da situação da vegetação na bacia do Ariri diz respeito à variação da temperatura radiante do solo. O mapa 9, produzido com base em dados do Sentinel-3 do *Copernicus*, evidencia a influência da vegetação sobre a temperatura. As faixas mais amenas coincidem com as áreas vegetadas, enquanto as regiões mais quentes estão associadas ao solo exposto - sobretudo nas áreas impermeabilizadas. O aumento da temperatura do solo acarreta uma série de impactos, como o desconforto térmico e o aquecimento das águas do escoamento superficial (Pellegrino, 2017). Dessa forma, a ampliação da cobertura vegetal da bacia, além de trazer impactos positivos para o escoamento superficial e proteção dos cursos d'água e evapotranspiração, contribui para a regulação do microclima da região.

Mapa 9- Temperatura do solo, NDVI, base de faces de logradouros, hidrografia, e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COPERNICUS (2025); COSANPA.

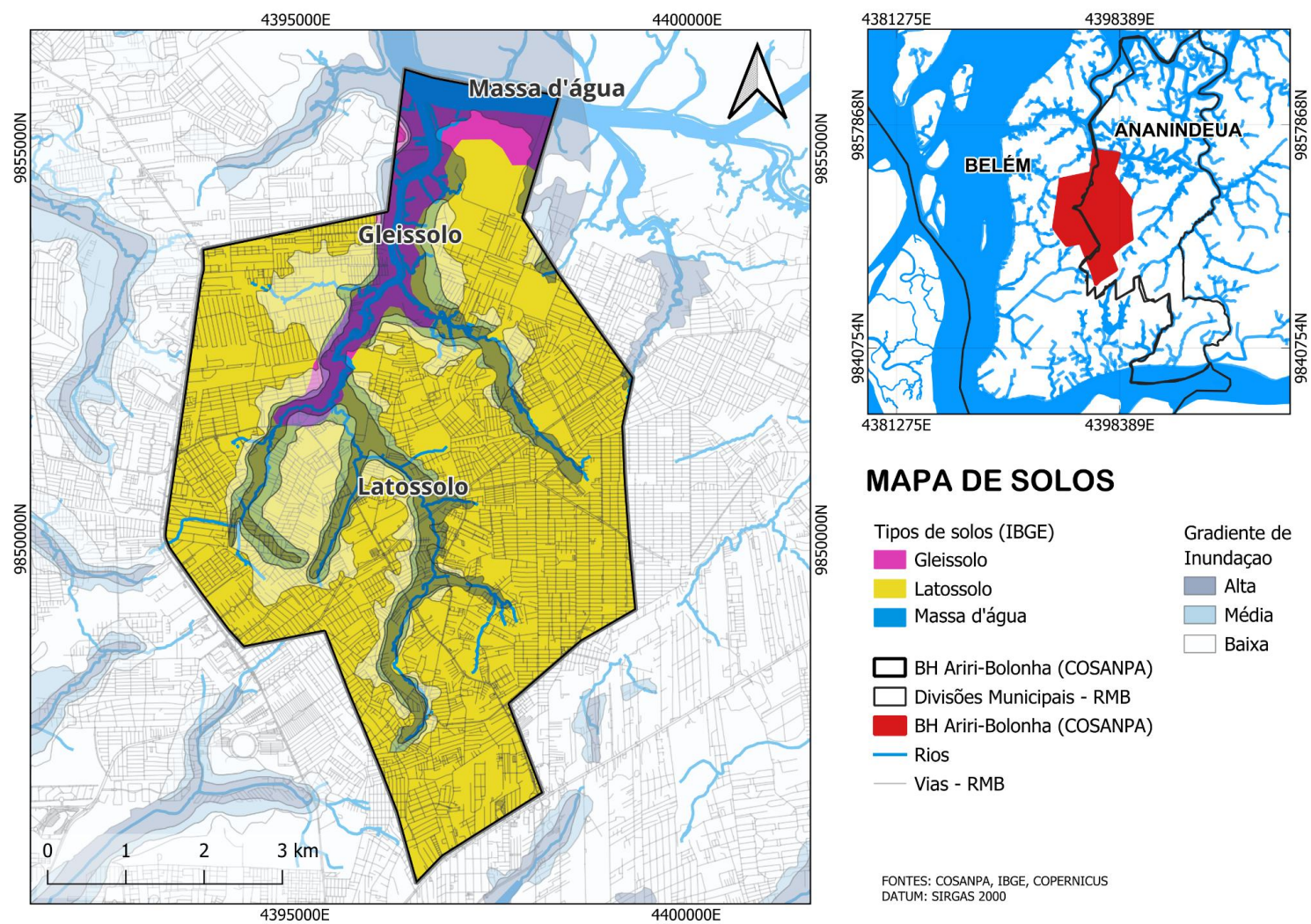
Para avaliar a capacidade de absorção da bacia do Ariri-bolonha, foram analisados os tipos de solo presentes na região com base na classificação pedológica (IBGE, 2001; EMBRAPA, 2018) e nos arquivos *shapefile* disponibilizados pelo IBGE. Foram identificados dois tipos de solo na bacia (mapa 10): o Gleissolo háplico e o Latossolo Amarelo. O Gleissolo ocorre predominantemente nas áreas próximas aos cursos d'água, apresenta textura argilosa e saturação - ou capacidade de campo (cc%) - de 42%. Já o Latossolo Amarelo é mais comum na bacia, tem textura média e capacidade de campo de 28% (Mascaró, 2008; Molina Jr, 2017) (tabela 7).

O grau de saturação é uma das características pedológicas que está diretamente relacionada à taxa de infiltração do solo. Quanto mais argilosa for a textura do solo, maior é sua capacidade de reter água; por outro lado, quanto mais arenosa, maior é a taxa de infiltração (Mascaró, 2008). Portanto, a saturação é um dado fundamental para estimar a capacidade de infiltração efetiva da bacia.

Foram sobrepostos os dados geográficos no SIG sobre os tipos de solo da bacia do Ariri e as áreas permeáveis, com o objetivo de estimar sua taxa de infiltração. Os dados resultantes estão dispostos na tabela 7. Nela, percebe-se que as regiões de Latossolo Amarelo, por apresentarem textura menos argilosa, retêm 28% da água que chega ao solo e infiltram 72%. Como apenas 25% desse tipo está em áreas permeáveis da BH, ele dota a região com 18% de taxa de infiltração. Já as áreas permeáveis de Gleissolo Háplico, são menores (7% da bacia) e mais saturadas, retraindo 42% da água e infiltrando 58%, contribuindo com 4% de infiltração.

Portanto, somando ambos os valores, estima-se que a bacia do Ariri apresenta uma taxa total de infiltração média estimada equivalente a 22%, ou seja, apenas 22% da água que chega ao solo da BH consegue infiltrar. Esse percentual será utilizado nos cálculos do balanço hídrico, detalhados posteriormente.

Mapa 10 - Tipos de solo, base de faces de logradouros, hidrografia, gradiente de inundação e limites da Bacia do Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); CPRM - SGB (2013); COSANPA.

Tabela 7: Tipo de solo, saturação, textura, percentual, área, área permeável, percentual de área permeável e taxa de infiltração na bacia do Ariri-Bolonha.

Tipo de solo	Saturação (cc%)	Textura	Percentual na bacia	Área na bacia (m ²)	Área permeável	Área permeável (%)	Taxa de infiltração
Latossolo amarelo distrófico típico	28%	Média	89%	33.345.673,6 2	9.459.597,36	25%	18%
Gleissolo Háptico Tb Distrófico	42%	Argilosa	9%	3.226.577,24	2.638.033,80	7%	4%
Massa d'água	-	-	2%	705.121,58	-	-	-
Total	-	Média - Argilosa	100%	37.277.372,4 3	12.097.631,15	32%	22%

Fonte: IBGE (2022), COPERNICUS (2025).

O *balanço hídrico* de uma bacia corresponde à relação entre a entrada e a saída de água nesse sistema, no qual a entrada é caracterizada pela precipitação e a saída pela evapotranspiração e escoamento. Para tal processo, Tucci (2001) define que a seguinte equação precisa ser satisfeita:

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = P - E - Q$$

Nisto,

ΔV é a variação do volume de água armazenado na bacia (m^3);

Δt é a variação do tempo considerado (s);

P é a precipitação ($m^3.s^{-1}$);

E é a evapotranspiração ($m^3.s^{-1}$);

Q é o escoamento ($m^3.s^{-1}$).

A lógica do *balanço hídrico* foi utilizada como método de quantificação da vulnerabilidade bacia do Ariri por ocasião do excesso de *runoff*. Dessa forma, a tabela 8 resume

os parâmetros que foram medidos e calculados para mensurar o volume e o tempo necessários para o escoamento superficial na BH. Inicialmente foi utilizado como referência o método de *Schueler*. Todavia, com o objetivo de tornar mais preciso o cálculo do *runoff* na bacia, foram considerados os níveis de saturação do solo nas áreas permeáveis para estimar com maior precisão a taxa de infiltração. Os valores utilizados no balanço hídrico da bacia correspondem à taxa de infiltração total de 22%, calculados a partir dos tipos de solos, seus percentuais de infiltração e os percentuais de áreas permeáveis na bacia, descritos anteriormente.

Tabela 8: Parâmetros utilizados para o cálculo do balanço hídrico da Bacia do Ariri-Bolonha.

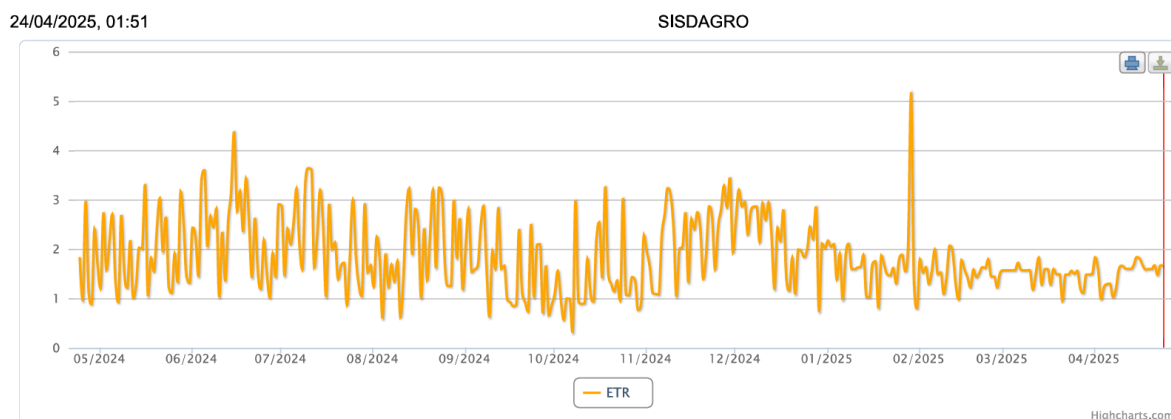
Bacia Hidrográfica	Ariri-Bolonha
Área (ha)	3.727,7
Área total (m ²)	37.277.372,4
Área permeável	12.097.631,2
Pluviometria (m)	0,20
Contribuição (m ³)	7.455.474,5
Diagrama de <i>Schueler</i>	4
Declividade média (%)	0,32
Taxa de impermeabilidade (%)	65
Taxa de evapotranspiração (%)	22
Taxa de infiltração (%)	22
Escoamento ou <i>Runoff</i> (%)	56
<i>Runoff</i> (m ³)	4.147.076
Comprimento do rio (m)	26.692
Largura média dos rios (m)	33
Profundidade média dos rios (m)	4
Cubagem (m ³)	3.552.216
Ciclos	1,17
Velocidade admissível em canais (m/s)	0,91
Tempo de drenagem por ciclo (s)	29.332
Tempo de drenagem por ciclo (h)	8,15
Tempo total de drenagem (h)	9,51

Fonte: Elaborado pelo autor

Para a taxa de evapotranspiração, utilizaram-se dados dos últimos 12 meses disponíveis no site do Sistema de Suporte à Decisão Agropecuária (SISDAGRO – INMET), referentes à Belém (figura 36). A comparação entre os 676,78 mm de evapotranspiração e os

3123,60 mm de precipitação registrados entre abril de 2024 e abril de 2025 resultou em uma taxa aproximada de 22%.

Figura 36 – Variação da evapotranspiração real (ETR) em Belém entre maio de 2024 e abril de 2025.



Fonte: SISDAGRO (2025).

Com base nas taxas de evapotranspiração e infiltração e considerando, a partir do método de Schueler, que a água da precipitação que não infiltra ou evapotranspira, converte-se em escoamento superficial, o percentual restante de água de 56%, representa a taxa de *runoff*. Esse valor é 1% maior do que o estimado por Schueler para o quarto estágio do seu método. O passo seguinte no *balanço hídrico* consiste em verificar se os cursos d'água da bacia possuem capacidade para comportar esse volume de escoamento, tanto em termos de quantidade quanto em relação ao tempo de drenagem. Para isso, foi necessário verificar o índice pluviométrico da região a partir de uma estação meteorológica.

Utilizou-se os dados da estação do INMET da Embrapa, localizada em Belém. Foram selecionados dados da precipitação diária captada pela estação de desde 1992; dentre eles, foi selecionado o maior valor medido: 200,8 mm. Essa escolha justifica-se pela necessidade de estimar o escoamento superficial da bacia para situações mais extremas de volume de chuva. Para facilitar as estimativas do balanço hídrico, o índice pluviométrico foi arredondado para 200 mm, ou 0,20 m.

Tendo conhecimento da pluviometria da bacia e de sua área de quase 3.728 ha, multiplicando esses valores, chegou-se a uma contribuição do volume de precipitação para a bacia de 7.455.474,5 m³. Todo esse volume representa o que chega de água para toda BH em uma chuva de 0,20 metros. Esse valor vai se dividir em evapotranspiração, infiltração e *runoff*. Como o *runoff* representa 56% desse volume de água, o que corresponde a 4.147.076 m³, essa seria a quantidade de água a ser captada pelos cursos d'água e drenada.

Todavia, para a conjuntura altamente impermeabilizada da bacia é necessário, verificar a capacidade dos rios de drenar toda essa água. Para tal, foi calculada a cubagem, que corresponde à multiplicação de largura, profundidade e comprimento dos cursos d'água sem considerar o seu volume de água já existente antes de eventos de chuva, para o cálculo; foi utilizada a base cartográfica disponível e a interpolação dos dados altimétricos do MDE da bacia e chegou-se a uma cubagem de 3.552.216 m³. Como o volume de *runoff* produzido é de 4.147.076 m³, verifica-se um excedente de 594.860,28 m³ que ultrapassa a capacidade dos cursos d'água - esse excedente representa aproximadamente 17% da cubagem da bacia. Nesse sentido, já se percebe que a bacia necessita de estratégias para lidar com esse volume de água, porém a variável do tempo também precisa ser considerada para se entender a real situação.

Nesse sentido, para a estimativa do tempo necessário à drenagem de todo volume de escoamento superficial, calculou-se a razão entre o volume de *runoff* dividido pela cubagem dos rios, obtendo-se o número de ciclos de escoamento necessários:

$$Ciclos = \frac{runoff (m^3)}{cubagem (m^3)} = \frac{4.147.076}{3.552.216} \approx 1,17$$

Ou seja, são necessários 1,17 ciclos para que todo o escoamento superficial seja completamente drenado pela rede hidrográfica da BH. Multiplicando esse valor pelo tempo estimado de um ciclo completo na bacia - 8,13 horas, considerando uma velocidade média admissível para canais com sedimentos não coloidais e textura argilosa siltosa de 0,91 m/s (YANG, 1996, apud Baptista; Coelho, 2010) — obtém-se um tempo total de drenagem de 9,51 horas (ou 9 horas e 31 minutos). Contudo, esse tempo está acima do intervalo recomendado, entre 2 e 8 horas (Baptista; Coelho, 2010), tornando a bacia suscetível a alagamentos e inundações. Diante disso, é necessária a adoção de soluções para reduzir o tempo total de drenagem para menos de 8 horas. Com isso, o presente trabalho se utiliza de algumas soluções de infraestrutura verde com o objetivo de reter, conter e drenar o volume excedente de *runoff*, ao mesmo tempo em que busca mitigar impactos ambientais causados à bacia do Ariri-Bolonha ao longo do seu processo de ocupação.

6. REDE DE INFRAESTRUTURA VERDE

Associada ao planejamento na escala da bacia, estão as práticas de infraestrutura verde (*green infrastructure*) que, de acordo com Pellegrino (2017), são ações de baixo impacto (LID,

low-impact development) e melhores práticas de manejo (BMP, *best management practices*) “capaz de integrar a água com outros interesses de uso de uma área urbana, sempre dentro do entendimento de que se enfrentará o excessivo escoamento urbano onde ele se inicia, e não apenas onde se acumula” (Pellegrino, 2017, p. 26).

A infraestrutura verde representa uma alternativa aos sistemas de drenagem pluviais tradicionais, não se limitando apenas à coleta e à condução do escoamento superficial, mas exercendo um controle sobre o volume de água escoada combinado com a proteção dos cursos d’água e áreas permeáveis. Além disso, ela permite a associação dessas técnicas às conformações da paisagem, podendo ser integradas às vias, às edificações, aos parques, às praças, às áreas alagadas e aos maciços verdes, por meio de soluções baseadas na natureza – as SBNs –, como: Jardins de Chuva, Biovaletas, Canteiros e Lagoas Pluviais (Pellegrino, 2017; Sandre *et al.*, 2024).

Um dos requisitos para a criação de um sistema de infraestrutura verde é a integração. Spirn (1995) afirma que cada projeto individual de uma cidade precisa ser projetado pensando no todo urbano, “como uma pequena peça do ecossistema metropolitano” (Spirn, 1995, p. 217). Esse pensamento é consoante à ideia de Pellegrino (2017), que defende que as ações de infraestrutura verde sejam integradas e distribuídas para tratar, reter, deter e infiltrar o escoamento superficial de modo a restaurar as condições naturais de um determinado lugar. A adoção de práticas integradas que combinem retenção, filtração e infiltração – e que atravessam a paisagem nas suas diversas escalas formando uma malha de espaços permeáveis e vegetados – contribui para o aumento da biodiversidade e a melhora de aspectos do metabolismo urbano.

Baseado em Coffman (2002), Pellegrino (2017) também afirma que tais técnicas podem reduzir os custos dos sistemas pluviais de águas urbanas em até 30% quando comparado a sistemas pluviais convencionais. Consoante a essas ideias, para a bacia do Ariri, propõe-se um sistema interligado de dispositivos de infraestrutura verde que possam drenar adequadamente o seu *runoff* excedente ao mesmo tempo em que contribuem para a recuperação do seu ecossistema.

Conforme a altimetria da BH diminui, aumenta a suscetibilidade a inundações, alagamentos e assoreamento de cursos d’água. Por isso, essas localidades demandam dispositivos capazes de reter e filtrar o escoamento superficial, a fim de evitar a contaminação das águas subterrâneas e dos rios, além de acomodar o *runoff* de grandes chuvas; foram dispostos de forma integrada biovaletas, canteiros pluviais, jardins de chuva e lagoas pluviais de retenção. Para tal disposição, utilizou-se das condições morfológicas, paisagísticas e urbanas da bacia, como vias, espaços vegetados livres, praças, miolos de quadras, além de terrenos

inutilizados e institucionais, entendendo cada elemento como parte de uma paisagem multifuncional (Pellegrino, 2017). Nesse processo, levou-se em consideração, ainda, as características presentes no diagnóstico ambiental da bacia, como a declividade, a topografia, a pedologia, a permeabilidade, áreas vegetadas e o balanço hídrico.

6.1 Lagoas Pluviais de Retenção

As lagoas pluviais atuam como bacias de retenção, recebendo o escoamento superficial por meio de drenagens naturais ou convencionais. Uma de suas particularidades é que parte da água captada permanece armazenada entre os diferentes episódios de chuva. Por essa razão, tais estruturas se configuram como áreas alagadas artificiais, sem, contudo, terem a finalidade de receber efluentes domésticos ou industriais (Pellegrino, 2008).

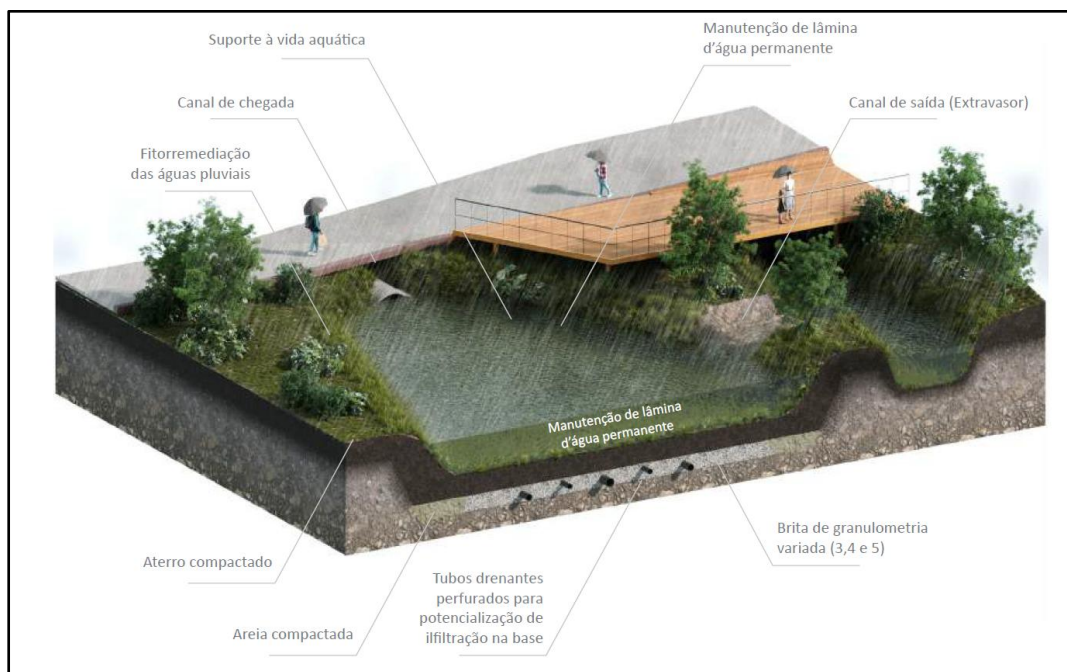
O volume de armazenamento corresponde ao espaço existente entre o nível permanente da lâmina d'água e o ponto de extravasamento previsto para os eventos de maior intensidade. Embora demandem áreas mais amplas em comparação a outras soluções de drenagem, as lagoas pluviais possuem a vantagem de comportar grandes quantidades de água. Esses dispositivos podem ser compostos juntos com projetos paisagísticos que criam ambientes úmidos, favorecem habitats, contribuem para a melhoria da qualidade da água e ainda oferecem potencial de uso recreativo e de lazer, agregando valor ao espaço urbano ao seu redor. A água, nas lagoas pluviais, fica armazenada por longos intervalos, possibilitando a decantação de partículas sólidas e, por efeito, a redução de cargas poluentes por meio de processos biológicos e sedimentação. (Pellegrino, 2008; Sandre *et al.*, 2024, apud UACDC, 2010).

A bacia de retenção geralmente possui um tubo vertedor responsável por manter a vazão de base (escoamento permanente da lagoa) e um extravasor destinado a escoar os volumes que ultrapassam a capacidade da estrutura. O armazenamento de água ocorre na elevação do nível do lago entre a lâmina d'água permanente – controlada pelo vertedor de nível normal – e o nível máximo, regulado pelo extravasor. A lâmina permanente, geralmente em torno de 1 metro de profundidade, deve ser projetada de modo a assegurar a conservação da vida aquática, contribuir para a diminuição da poluição difusa e disponibilizar volume adicional para o controle de enchentes (Sandre *et al.*, 2024).

As lagoas pluviais são dispositivos de médio e de grande porte capazes de armazenar temporariamente grandes volumes de precipitação com tempo de retorno acima de 10 anos. A retenção deve ocorrer em um intervalo de tempo relativamente curto, devido à necessidade da lagoa ser esvaziada em até 24h, a fim de estar pronta para receber os volumes excedentes da

próxima chuva intensa. Essas infraestruturas têm capacidade de amortecer os picos das cheias, reduzir os volumes de *runoff* e podem ser implantadas em áreas suscetíveis a inundações e a alagamentos, além de que podem ser construídas no leito do rio, nesse caso sendo definidas como *online*; ou fora do leito, mas em regiões ainda topograficamente baixas, quando são descritas como *offline* (Pellegrino, 2008; Sandre *et al.*, 2024).

Figura 37 – Desenho esquemático de uma lagoa pluvial de retenção.



Fonte: Sandre *et al.* (2024) apud Guajava (2023).

No caso da bacia do Ariri, as lagoas foram dispostas em áreas topograficamente mais baixas, a jusante e em terrenos ociosos com pouca vegetação. Ao todo, foram escolhidas 6 localidades para receber essa infraestrutura.

Na figura 38, há a localização dessas lagoas e as curvas de nível dos locais escolhidos. As lagoas 1, 2, 3 e 4 estão mais ao norte da bacia – em regiões com curvas que variam entre 4 e 10 metros –, são *offlines* e, por suas localizações mais próximas ao vale da bacia, tendem a receber um maior volume de *runoff*. As lagoas 5 e 6 estão em áreas com intervalo altimétrico entre 10 e 16 m – mais ao sul da bacia –, são *onlines* e servem como um dispositivo de retenção intermediária, que armazena uma parte do *runoff* como estratégia para não sobrecarregar regiões mais a jusante da bacia, por isso seus volumes são menores (ver tabela 9).

Dentre as soluções escolhidas, as lagoas pluviais são as mais relevantes quanto à capacidade de retenção de água, justamente pela possibilidade de possuírem grandes

dimensões. Buscou-se dimensionar lagoas que pudessem, no total, armazenar pelo menos a quantidade de *runoff* produzida pela bacia.

Assim, utilizando as curvas de níveis geradas pela análise hipsométrica da bacia, foram mapeadas as localidades mais adequadas para receber as lagoas. Calculou-se, então, as áreas de cada uma dessas localidades e o resultado foi multiplicado pela profundidade desejada para cada dispositivo (que seria de 3 metros). Com isso, foi possível chegar a uma quantidade de 6 lagoas pluviais de retenção, com 3 metros de profundidade, que juntas possuem um volume total de mais de 733 mil metros cúbicos. Esse valor já seria mais do que suficiente para armazenar o excedente de escoamento da bacia (594.860,28 m³) em situações extremas de precipitação para a qual esse estudo foi dimensionado (0,20 m, com um tempo de retorno de 20 anos).

Entretanto, como a adoção de infraestruturas verdes ao longo de uma bacia demandam uma solução em rede, apenas lagoas não são suficientes para tal objetivo (Pellegrino, 2017; Spirn, 1995). Os outros dispositivos são necessários ao pleno funcionamento dessas bacias de retenção.

Tabela 9 – Lagoas pluviais para bacia do Ariri e seus respectivos bairros e medidas.

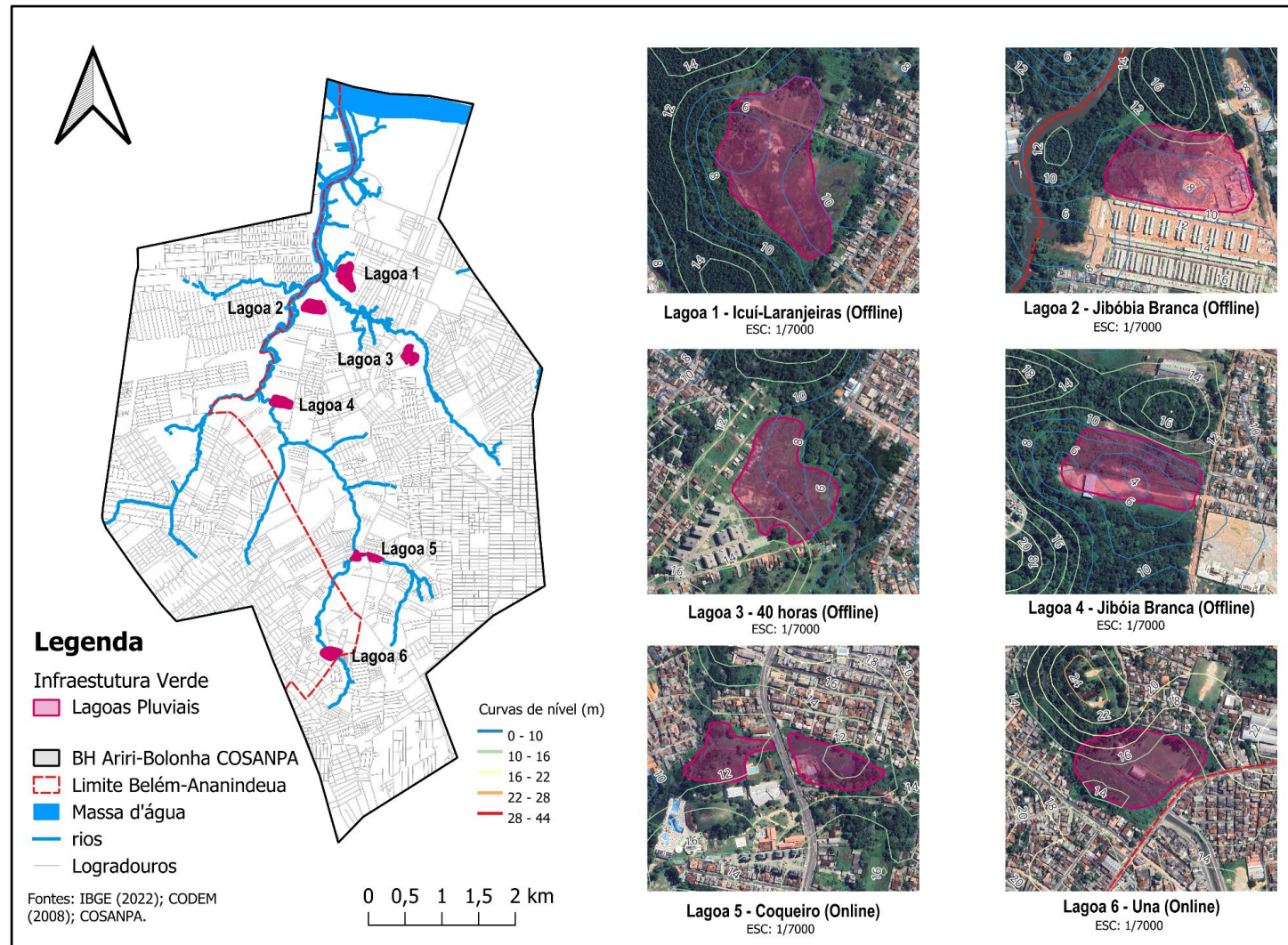
Lagoas Pluviais	Bairro	Área (m ²)	Profundidade (m)	Volume (m ³)
Lagoa 1	Icuí-Laranjeiras	68.238	3	204.714
Lagoa 2	Jiboia Branca	47.124	3	141.373
Lagoa 3	40 Horas	37.977	3	113.932
Lagoa 4	Jiboia Branca	37.335	3	112.006
Lagoa 5	Coqueiro	28.923	3	86.769
Lagoa 6	Una	24.775	3	74.325
Total	-	244.373	-	733.119

Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens de satélite mensuradas no QGIS.

Para proporcionar limpeza da água e fortalecimento do ecossistema da BH, são dispostas nas lagoas vegetações específicas que seguem as recomendações paisagísticas e ecossistêmicas dentro do contexto amazônico e das condições estruturais do dispositivo. Nisto, as plantas foram dispostas em zonas: as zonas mais externas são compostas por grama e capim-vetiver, como forma de controle da erosão e estabilidade do solo; em seguida, na zona ripária – próxima à margem do lago –, são dispostas plantas herbáceas (biri e papiro-brasileiro), para a ornamentação paisagística e atração da fauna local; e a região com água permanente recebe dois

tipos de plantas aquáticas, Ninféia – com a função de controle de algas – e Taboa – que realiza a filtração da água (Sandre *et al.*, 2024).

Figura 38 - Tipos de solo, base de faces de logradouros, hidrografia, gradiente de inundação e limites da bacia Ariri-Bolonha.



Fontes: IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COSANPA; CODEM (2008).

Ressalta-se que o talude do intervalo entre a lâmina permanente d’água e o nível máximo, por sua condição de inclinação (3:1), recebe apenas uma camada composta por gabião¹¹ e gramíneas para controle da erosão. A tabela 10 mostra as características de cada uma dessas vegetações - todas elas também são indicadas nas pranchas de desenho técnico ao final deste trabalho (anexo).

Tabela 10 – Espécies vegetais a serem implantadas nas lagoas pluviais da bacia do Ariri, suas características e fotografias.

Nome Popular	Nome Científico	Localização na lagoa	Tipo de Planta	Função Principal	Imagem
Grama Esmeralda	Zoysia japonica	Zona seca e talude seco	Gramado	Revestimento de solo e tráfego	
Capim-Vetiver	Chrysopogon zizanioides	Borda do lago permanente	Gramínea de contenção	Contenção de erosão e estabilização	
Biri (em vaso)	Canna indica	Zona Ripária (transição úmida)	Herbácea ornamental	Ponto de cor e textura	
Papiro-Brasileiro	Cyperus giganteus	Zona Ripária (solo úmido)	Herbácea marginal	Elemento ornamental vertical	
Ninféia	Nymphaea spp.	Lago permanente (vaso no fundo)	Planta aquática flutuante	Sombreamento e controle de algas	
Taboa (em vaso)	Typha domingensis	Lago permanente (vaso no fundo)	Planta aquática invasiva	Filtragem pesada (controlada)	

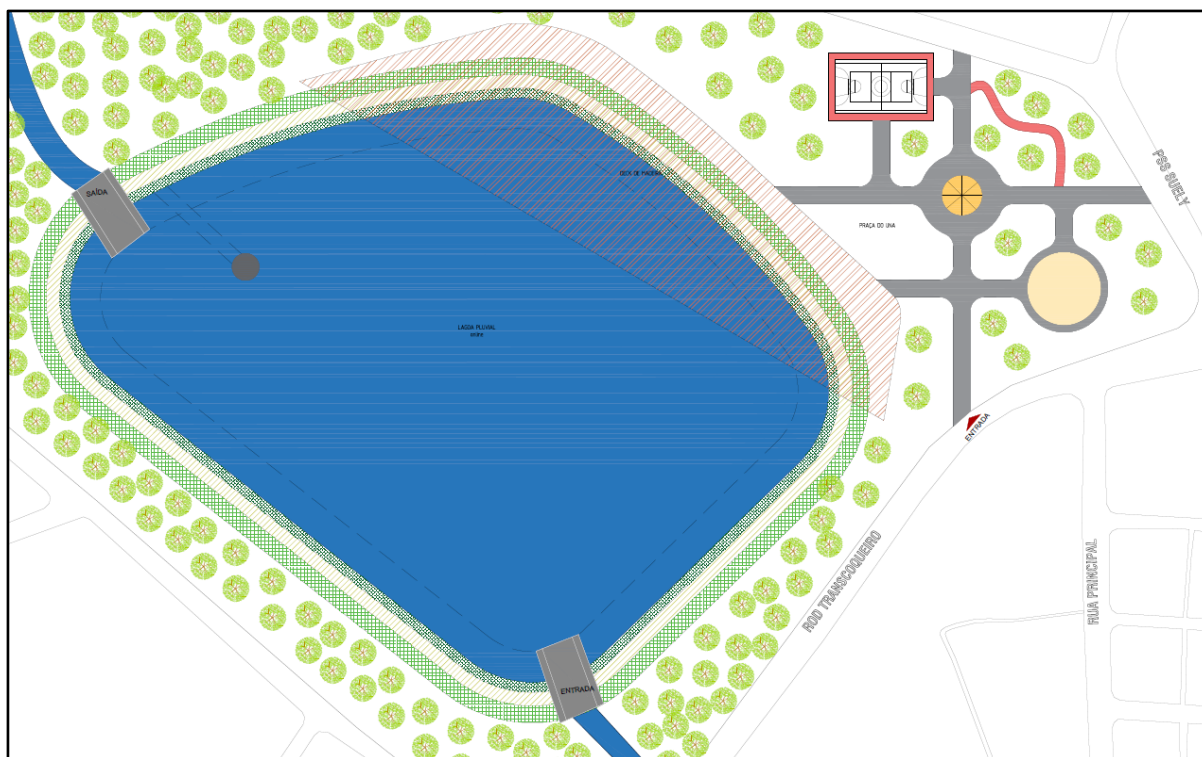
Fontes: Elaborado pelo autor com base em Sandre *et al.* (2024), Cabanas Portal da Serra (2025), Revista Casa e Jardim (2025) e Jardim Cor (2025).

¹¹ Gabião é uma estrutura de contenção composta por cestos de malha metálica preenchidos com pedras, usada para proteção contra erosão e estabilização de taludes (Araújo *et al.*, 2008).

A título de um estudo preliminar, foram feitos desenhos técnicos para demonstrar as características das lagoas a serem implantadas na bacia (anexo). Assim, foram representadas duas lagoas, cujas características podem ser replicadas com algumas adaptações para as outras. Uma delas foi a Lagoa 6, localizada no bairro do Una (Belém). Tanto esta quanto a Lagoa 5 (Coqueiro-Ananindeua), além de serem *onlines*, são menores em comparação às outras e situam-se em regiões mais populosas da bacia.

Devido a essas características e a ausência de grandes equipamentos urbanos de lazer e convivência nesses bairros – como demonstrado no capítulo sobre caracterização urbana da bacia –, pensou-se na integração dessas lagoas com praças no seu entorno. Nesse sentido, foi feita uma proposta para Lagoa 6, que integra essa infraestrutura verde a uma praça e um deck de madeira para contemplação do lago e usufruto de um espaço público pelos moradores do entorno, como é possível verificar na figura 39. As pranchas técnicas da lagoa encontram-se no Anexo deste trabalho.

Figura 39 – Planta de locação proposta para a “Lagoa 6”, com praça no entorno e deck de madeira.



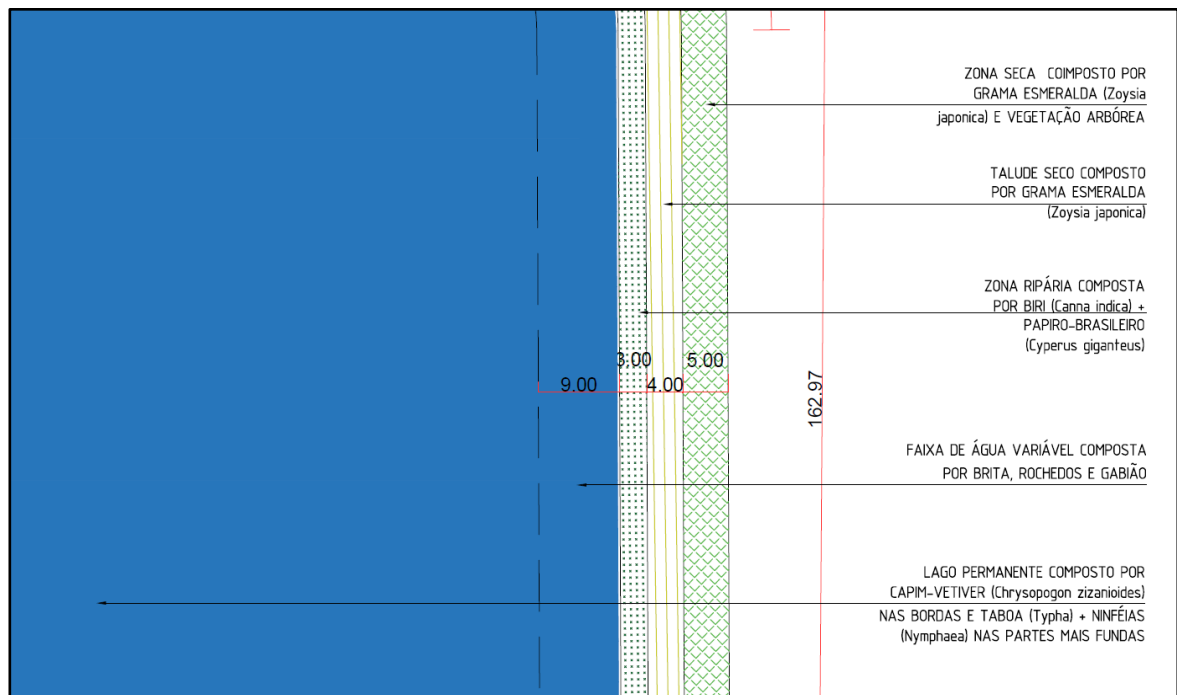
Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Para detalhar um pouco as características dessa lagoa, também foi feita uma planta baixa e um corte do dispositivo (Anexo). Na figura 40, verifica-se um recorte dessa planta baixa indicando as regiões da lagoa, com suas características e espessuras. Nessa imagem, é possível

verificar que foram definidos níveis para o dispositivo. O nível mais alto é a Zona Seca, na qual serão implementadas vegetações arbóreas e grama esmeralda, seguido por um talude gramado; depois, a Zona Ripária, que representa a transição entra a parte seca e a parte úmida da lagoa; em seguida, há a Faixa de Água Variável, com talude composto por estruturas de contenção; e por fim, tem-se o Lago Permanente com espécies aquáticas filtrantes.

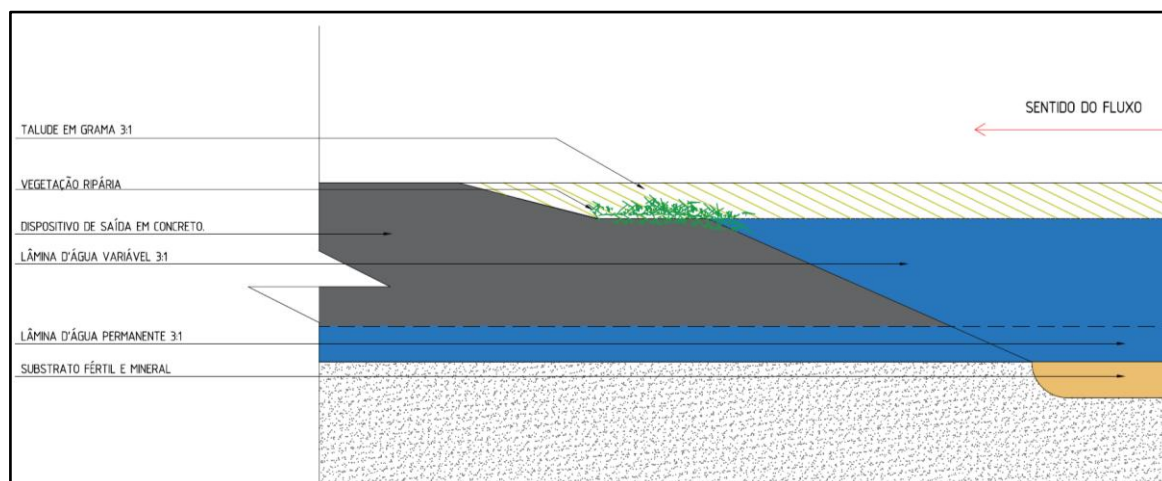
Já a figura 41 apresenta uma parte do corte transversal, destacando também as camadas da lagoa, além do seu dispositivo de saída. Percebe-se que a faixa permanente da lagoa *online* segue o fluxo e o nível do rio. Tanto o dispositivo de entrada quanto o de saída são feitos de concreto e funcionam como uma calha aberta, no nível da lâmina permanente, que serve para controlar a vazão de chegada e de saída da lagoa.

Figura 40 – Recorte da planta baixa da proposta para a “Lagoa 6”.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Figura 41 – Recorte da seção transversal da proposta para a “Lagoa 6”.

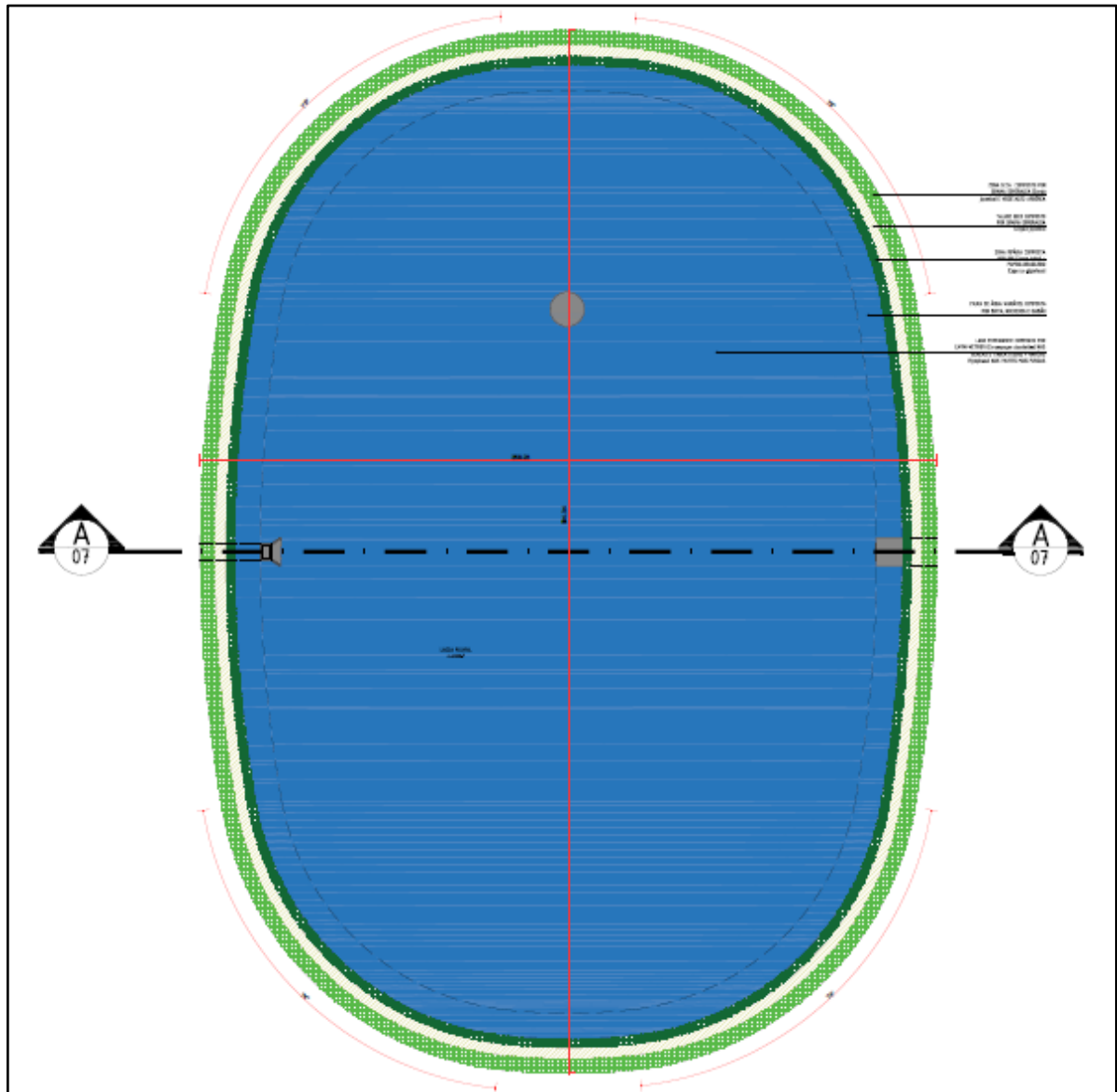


Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

A outra bacia de retenção representada por meio de desenho técnico foi a Lagoa 1 (Icuí-Laranjeiras). Esta é *offline* e serve de parâmetro para as outras lagoas *offlines* da BH. A figura 42 apresenta a planta baixa, cujas camadas e espessuras são as mesmas apresentadas no desenho da lagoa online.

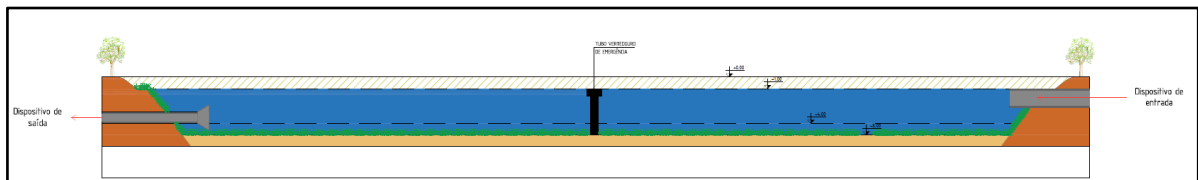
A diferença do caso *online* se dá pela composição dos dispositivos de entrada e de, além da adição de um tubo vertedor. No caso do tubo de entrada, ele é posicionado próximo ao nível máximo da lâmina de água variável, enquanto o tubo de saída é posicionado no limite da lâmina d' água permanente; essa é uma estratégia de controle do nível da lagoa. Ademais, para casos extremos, a fim de evitar o transbordamento dos dispositivos, é adicionado ao centro da lagoa um tudo vertedor, que funciona com um “ladrão” que direciona o excesso d' água para fora da bacia de retenção, seja para o sistema de drenagem ou para o próprio rio adjacente (figura 43).

Figura 42 – Planta baixa da proposta para a “Lagoa 1”.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Figura 43 – Corte da proposta para a “Lagoa 1”.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

6.2 Biovaletas e Canteiro Pluviais

As biovaletas, ou valetas de biorretenção vegetadas, são depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e demais elementos filtrantes, que ajudam a limpar a água da chuva, enquanto aumentam seu tempo de escoamento, dirigindo este para elementos de que detém ou retém o *runoff*, como jardins de chuva, bacias de retenção ou detenção e, até mesmo, os próprios rios. A biovaleta filtra os poluentes trazidos pelo escoamento superficial ao longo de seu substrato e da vegetação implantada. Com a luz do sol, o ar e os microrganismos, os poluentes que ficam retidos na vegetação são decompostos. Esses dispositivos são, geralmente, uma alternativa para tratar o *runoff* de ruas e de estacionamentos (Cormier; Pellegrino, 2008).

As valetas de biorretenção são ligadas em série a fim de que seu extravasamento se dê em sequência seguindo a declividade do próprio terreno – se esta for adequada – ou uma inclinação incluída no projeto. As localizações estratégicas podem ser canteiros centrais, estacionamentos ou áreas estreitas; a declividade do terreno adequada para sua instalação está no intervalo entre 2% e 5%; e esse dispositivo se adequa com maior eficácia em solos com baixo potencial de escoamento e alta taxa de infiltração (Cormier; Pellegrino, 2008; Sandre, 2024).

Como no caso da bacia do Ariri, sua pedologia é média-argilosa; com um médio potencial de escoamento, será necessário que suas biovaletas sejam compostas com dutos condutores para evitar a saturação do solo. Além disso, devido à declividade do terreno em muitas regiões da bacia ser plana, será necessário um incremento na inclinação desses drenos.

Com relação à composição, as biovaletas apresentam algumas camadas de solo para a filtração, infiltração e condução da água. Essas camadas são divididas em: calha de infiltração, substrato fértil, filtro, (composto por brita fina), geotêxtil, reservatório (composto por brita grossa) e, nesse reservatório, um dreno perfurado com 10 cm de diâmetro. Na tabela 11 é apresentada a função de cada uma dessas camadas e as medidas que serão utilizadas para o caso da bacia do Ariri (Cormier; Pellegrino, 2008; Sandre *et al.*, 2024).

Tabela 11 – Camada que compõe a biovaleta, suas funções e espessura a ser utilizada no caso da bacia do Ariri.

Camadas da biovaleta	Função	Espessura utilizada
Calha de Infiltração	Recebe a água do escoamento	0,50 m
Substrato fértil	Solo para plantas e árvores	0,80 – 1,20 m (dependendo do porte da árvore)
Brita fina (filtro)	Impede que partículas do solo entupam a brita grossa	0,15 m

Geotêxtil	Separação/filtragem	Camada única envolvendo o dreno e brita
Brita grossa (reservatório)	Armazenamento de água e drenagem	0,50 m
Dreno perfurado	Condução do excesso de água	Diâmetro 75–100 mm; inclinação mínima 1%

Fontes: Elaborado pelo autor com base em Sandre *et al.* (2024), Pellegrino (2008); Costa; Gimenes Rios (2023).

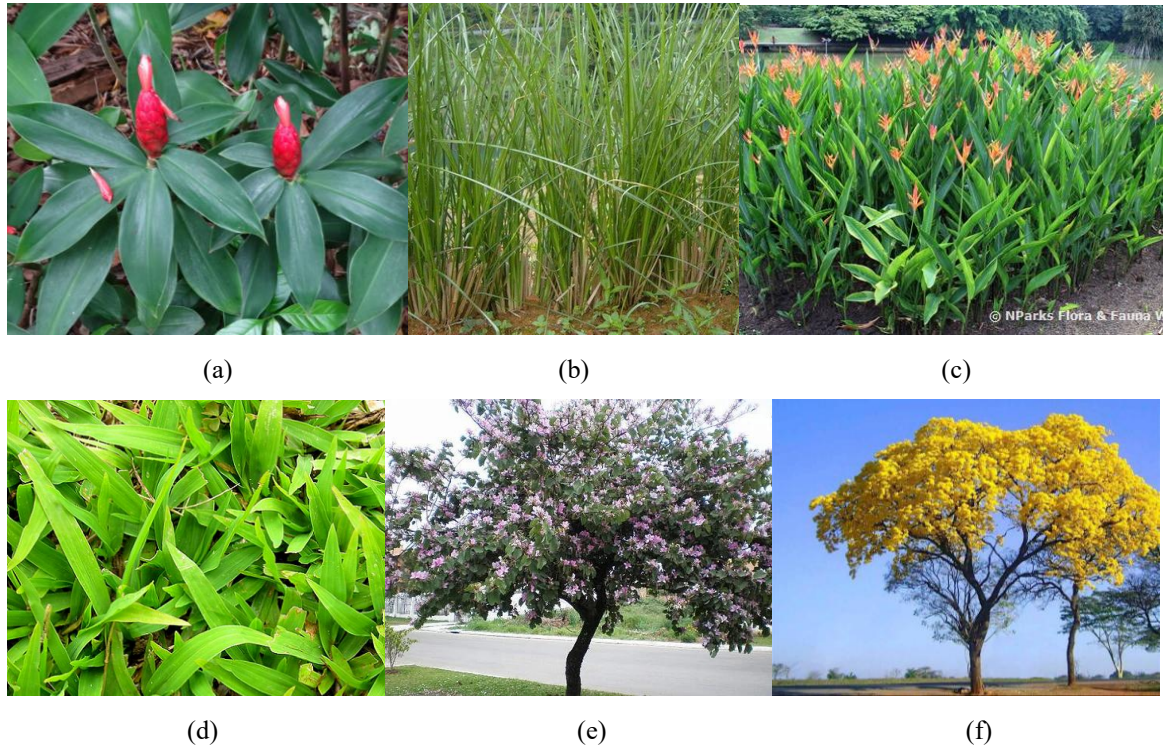
A superfície vegetada desse dispositivo tem como função a limpeza e a diminuição da velocidade do escoamento da água. Faz-se necessária a adoção de espécies específicas que sejam tolerantes à presença duradoura de água, que possam atuar na fitorremediação¹² e, no caso específico da bacia do Ariri, sejam adaptadas às condições climáticas e pedológicas amazônicas.

A disposição dessa vegetação se dá em três camadas: duas nas laterais e uma na área central da biovaleta. As camadas laterais são compostas pelas mesmas espécies: *Costus spiralis* (cana-branca), uma herbácea com ação potencial de biorretenção de óleos e matéria orgânicas; e *Vetiveria zizanioides* (capim-vetiver), uma herbácea com ação potencial de fitorremediação e metais, pesticidas e explosivos. A camada central possui as seguintes plantas: *Heliconia psittacorum* (helicônia-papagaio); uma herbácea também com ação potencial de biorretenção de óleos e matéria orgânicas; e *Axonopus compressus* (grama missioneira), outra herbácea, mas esta com poder de remediar compostos orgânicos derivados do petróleo (figuras 44 e 45).

Ainda, optou-se por compor as valetas com árvores de pequeno e médio porte dentro dos padrões necessários desses dispositivos e seguindo as orientações do Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém (Belém, 2013). Assim, a espécie pequena escolhida foi a *Bauhinia variegata* L. (Pata-de-vaca) e a média foi a *Handroanthus serratifolius* (Vahl.) G. (Ipê amarelo). Ambas foram dispostas nas áreas centrais das biovaletas isoladas das camadas minerais e conforme sua adequação aos limites técnicos recomendados pelo manual (figura 45). Na Figura 46, essas informações são apresentadas em um desenho técnico da seção transversal típica das biovaletas da bacia (anexo).

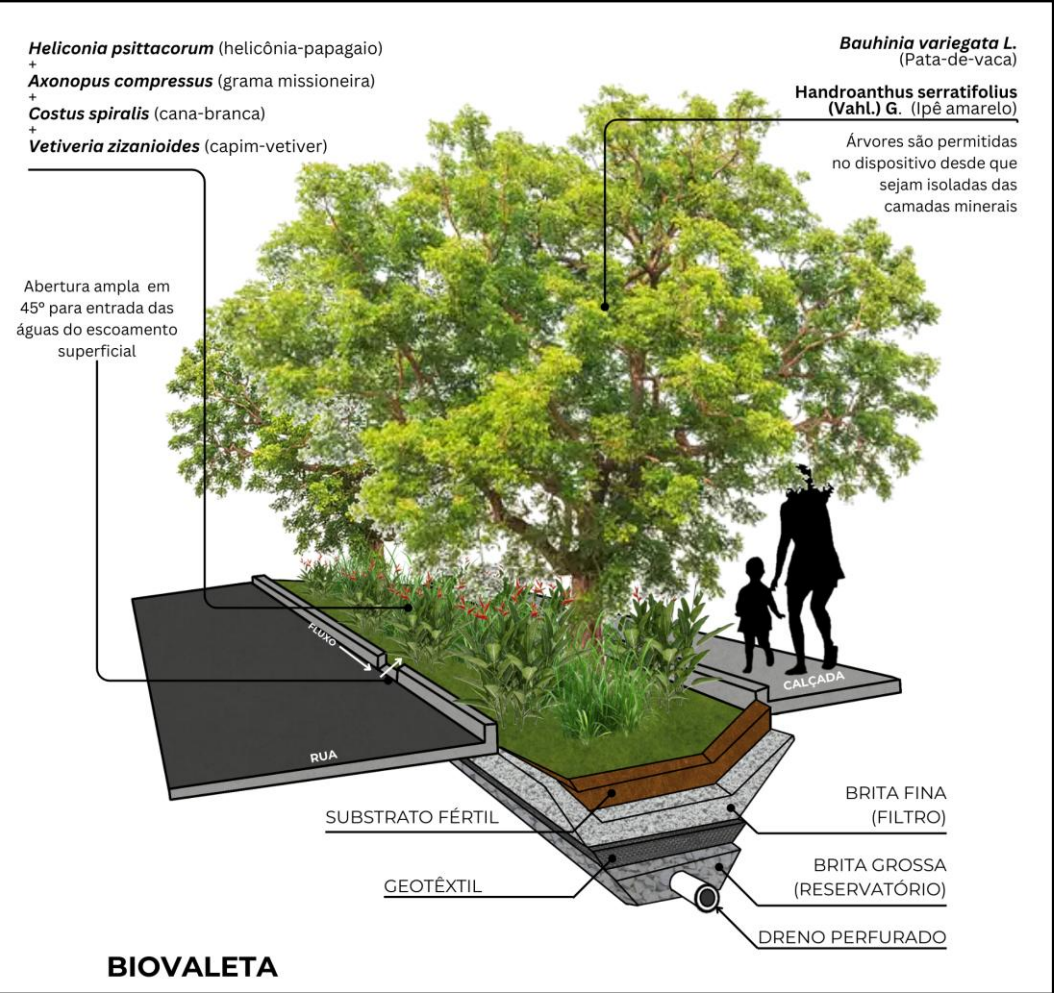
¹² A fitorremediação é uma técnica de remediação ambiental que utiliza plantas (e microrganismos associados a elas, como fungos e bactérias da rizosfera) para remover, degradar, estabilizar ou imobilizar contaminantes presentes no solo, na água ou no ar. (EMBRAPA, 2025).

Figura 44 – Espécies vegetais para biovaletas, canteiros pluviais e jardins de chuva: (a) Cana-branca; (b) Capim-vetiver; (c) Heliconia; (d) Grama-missioneira; (e) Pata-da-vaca; (f) Ipê-amarelo.



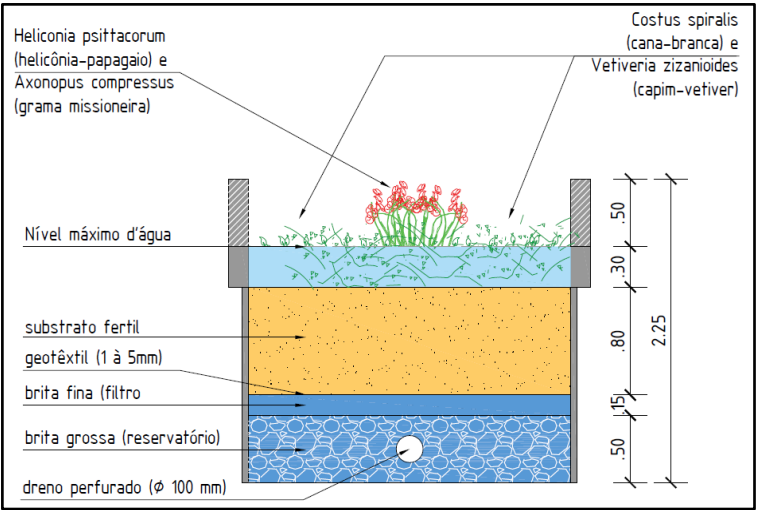
Fontes: (a) PlantaSonya, 2021; (b) Jardim Cor, 2025; (c) National Parks Board, 2025; (d) Arquiflora.rio, 2021; (e) Garden Oficina da Terra, 2025; (f) Folhas e Folhagens, 2018.

Figura 45 – Desenho esquemático de biovaleta com indicação das espécies e camadas de subsolo.



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de Portal da Inovação e Qualidade (2024), Guajava (2023) e Sandre (2024).

Figura 46 – Corte de uma das tipologias de biovaleta proposta para bacia do Ariri.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Para o dimensionamento das biovaletas, foram levadas em consideração as larguras de vias, a topografia, a declividade e a localização na bacia. Como esses dispositivos funcionam

como os principais auxiliares dos rios no trabalho de condução do escoamento das águas até o exutório da bacia, optou-se por instalá-los em ruas com maiores caixas de via ou canteiros centrais largos.

Nesse processo, foram dimensionadas biovaletas com larguras que variam entre 1,80 m e 2,90 m, conforme a situação da via; com profundidade livre, para o armazenamento de água, de 0,50 m; e – apesar da recomendação mínima de 0,25 m de substrato vegetal –, como esses dispositivos irão ser compostos com árvores também, optou por um substrato com profundidade de 0,80 m para as biovaletas com árvores de pequeno porte e 1,20 m para biovaletas com árvores de médio porte (Sandre et al, 2024; Manual de Arborização de Belém, 2013).

Ao todo, foram definidas 13 tipologias viárias pela bacia, sendo locais, coletoras ou arteriais, dispostas na tabela 13. No total, esses dispositivos se estendem por aproximadamente 54 km de vias, que cobrem uma área de 134.804 m² e conseguem armazenar temporariamente 67.402 m³ de escoamento superficial, apesar de sua principal função ser a condução e limpeza do *runoff*.

A condução direciona o escoamento superficial aos cursos d'água e as lagoas pluviais de retenção, na figura 49. Buscou-se, também, dispor as biovaletas em ruas com declividade suave-ondulada; entretanto, por ocasião da forte presença da declividade plana bacia, nem sempre isso foi possível. Todavia, no geral, as biovaletas tendem a ir de altimetrias maiores para altimetrias menores.

Além das biovaletas, a condução do *runoff* na bacia é complementada pelos canteiros pluviais. Estes dispositivos são depressões no terreno, naturais ou modificadas, projetadas para captar o escoamento da água superficial proveniente de calçadas, vias, estacionamentos e demais áreas impermeáveis próximas. São dispositivos com capacidades de coleta e de absorção menores que as biovaletas e jardins de chuva; no entanto, são essenciais em espaços limitados que necessitam da drenagem de águas superficiais (Cormier; Pellegrino, 2008).

Segundo Sandre *et al.* (2024), os canteiros pluviais podem conter uma vedação e, se necessário, um extravasor (que auxilia em situações de transbordamento) e um duto de conexão com a drenagem convencional existente (para direcionamento do excedente de água captada). No caso específico dos canteiros pensados para a bacia do Ariri, eles são propostos como auxiliares das biovaletas na condução do escoamento superficial em vias mais estreitas, especialmente em Favelas e Comunidade Urbanas (FCU). Para tal objetivo, eles serão dispostos em série, intercalados com pisos drenantes, e com dreno perfurado que fará a conexão com as biovaletas para a condução das águas pluviais coletadas até os rios ou lagoas pluviais.

Assim como as valetas de biorretenção, os canteiros pluviais também apresentam camadas de solo para a filtração, infiltração e condução da água, como a diferença de que a calha de infiltração possui menor profundidade e largura. Na tabela 12, é apresentada a função de cada uma dessas camadas e as medidas que serão utilizadas para o caso da bacia do Ariri (Cormier; Pellegrino, 2008; Sandre, 2024).

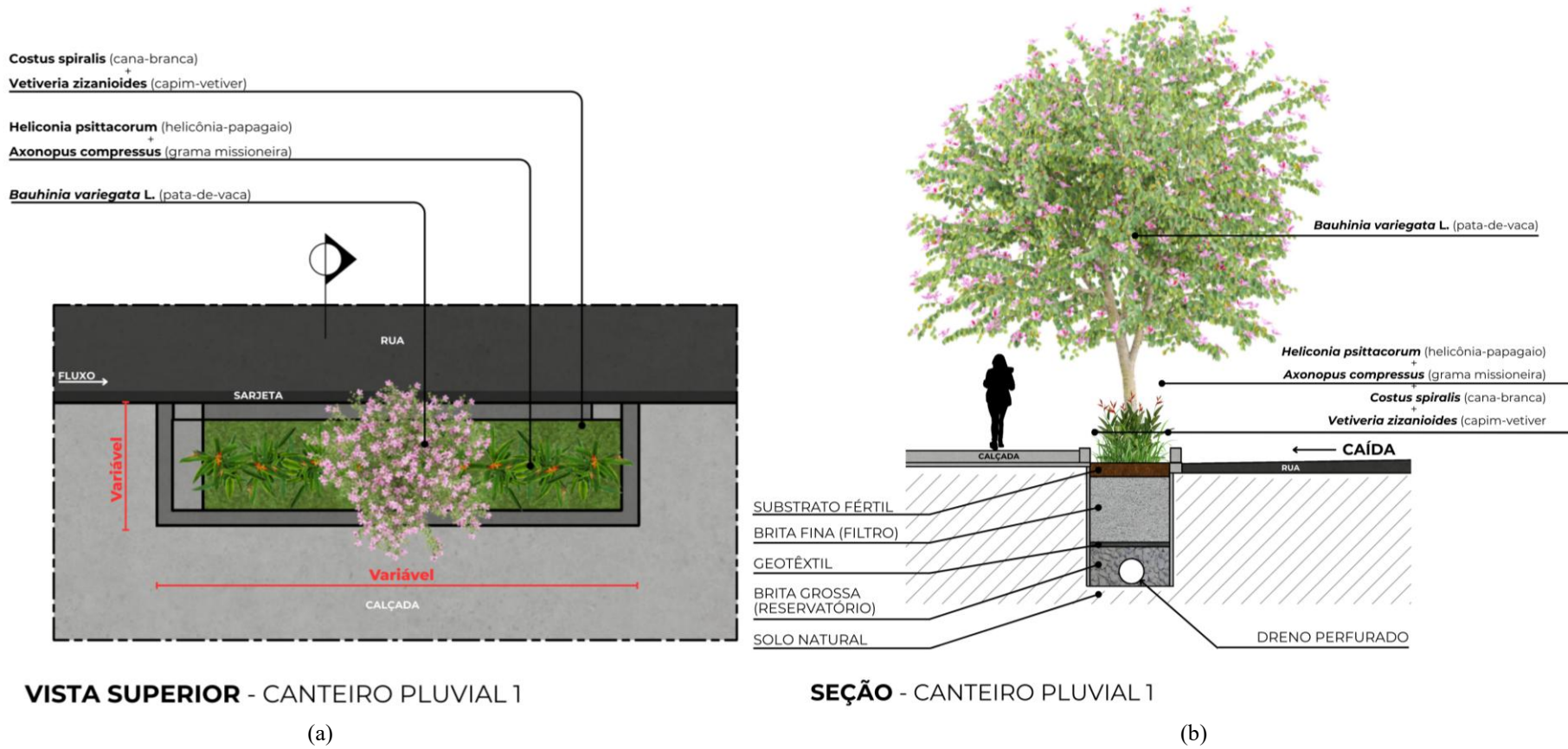
Tabela 12 – Camada que compõe um canteiro pluvial, suas funções e espessuras utilizadas no caso da bacia do Ariri.

Camadas do Canteiro Pluvial	Função	Espessura utilizada
Calha de infiltração	Recebe a água do escoamento	0,30 m
Substrato fértil	Solo para plantas e árvores	0,04 – 0,80 m
Brita fina (filtro)	Impede que partículas do solo entupam a brita grossa	0,15 m
Geotêxtil	Separação/filtragem	Camada única envolvendo o dreno e brita
Brita grossa (reservatório)	Armazenamento de água e drenagem	0,50 m
Dreno perfurado	Condução do excesso de água	Diâmetro 75–100 mm; inclinação mínima 1%

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Sandre *et al.* (2024), Pellegrino (2008); Costa; Gimenes Rios (2023).

A camada vegetada desse dispositivo tem, também, as mesmas disposições e funções das camadas de uma biovaleta. A única diferença é que, por ocasião dos canteiros pluviais serem instalados em vias locais e coletoras com seção transversal e calçadas menores, optou-se por propor a instalação deles de duas maneiras: sem árvores ou com árvores de pequeno porte; neste caso, com as *Bauhinia variegata* L (Pata-de-vaca). A figura 47 apresenta duas imagens esquemáticas em seção transversal e em vista superior desses dispositivos, suas camadas e vegetações a serem utilizadas.

Figura 47 – Desenho esquemático de canteiro pluvial com indicação das espécies e camadas de subsolo em planta (a) e em seção transversal (b).

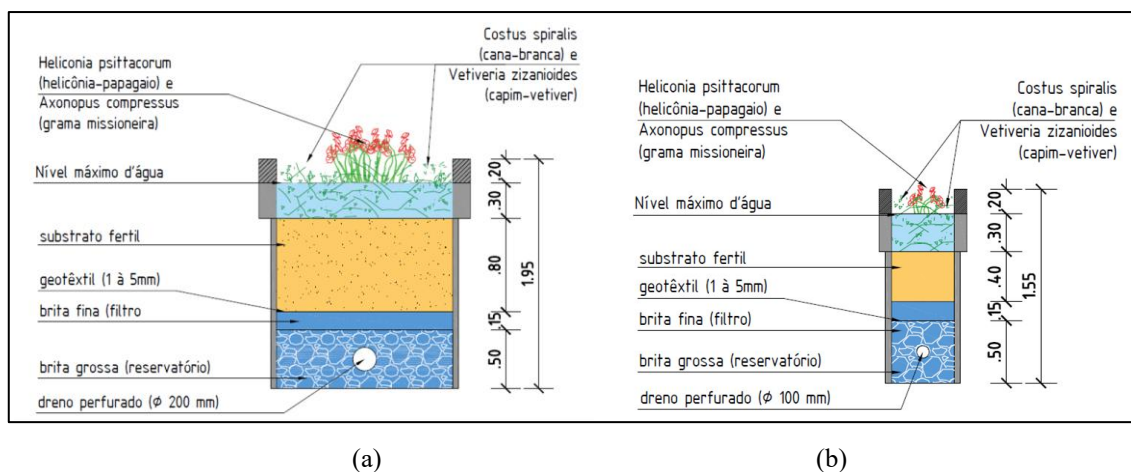


Fonte: elaboração própria a partir de Portal da Inovação e Qualidade (2024), Guajava (2023) e Sandre *et al.* (2024).

Para a disposição dos canteiros pluviais, também foi levado em consideração as larguras de vias, a topografia, a declividade e a localização na bacia. Esses dispositivos, apesar de possuírem semelhança quanto à função e à composição em relação às biovaletas, possuem dimensões e capacidade de condução e de armazenamento menores. Em decorrência disso, foram propostos para serem instalados junto às calçadas de algumas vias locais e coletoras para escoamento do *runoff* até as biovaletas ou até pequenos corpos d'águas (figura 49).

Nesse processo, dimensionaram-se canteiros pluviais com larguras que variam entre 0,70 m e 1,80 m, conforme a situação da via; com profundidade livre, para o armazenamento de água; de 0,30 m, para canteiros sem árvores; com profundidade de 0,80 m para canteiros com árvores de pequeno porte (figura 48) (Sandre *et al.*, 2024; Manual de Arborização de Belém, 2013). Ao todo, foram definidas 5 tipologias viárias a receberem canteiros pluviais, sendo duas delas específicas para vias menores de FCU. No total, esses dispositivos se estendem por, aproximadamente, 109 km de via, cobrem uma área com cerca de 134.666 m² e conseguem fazer o armazenamento temporário de cerca de 39.516 m³ de escoamento superficial (tabela 14).

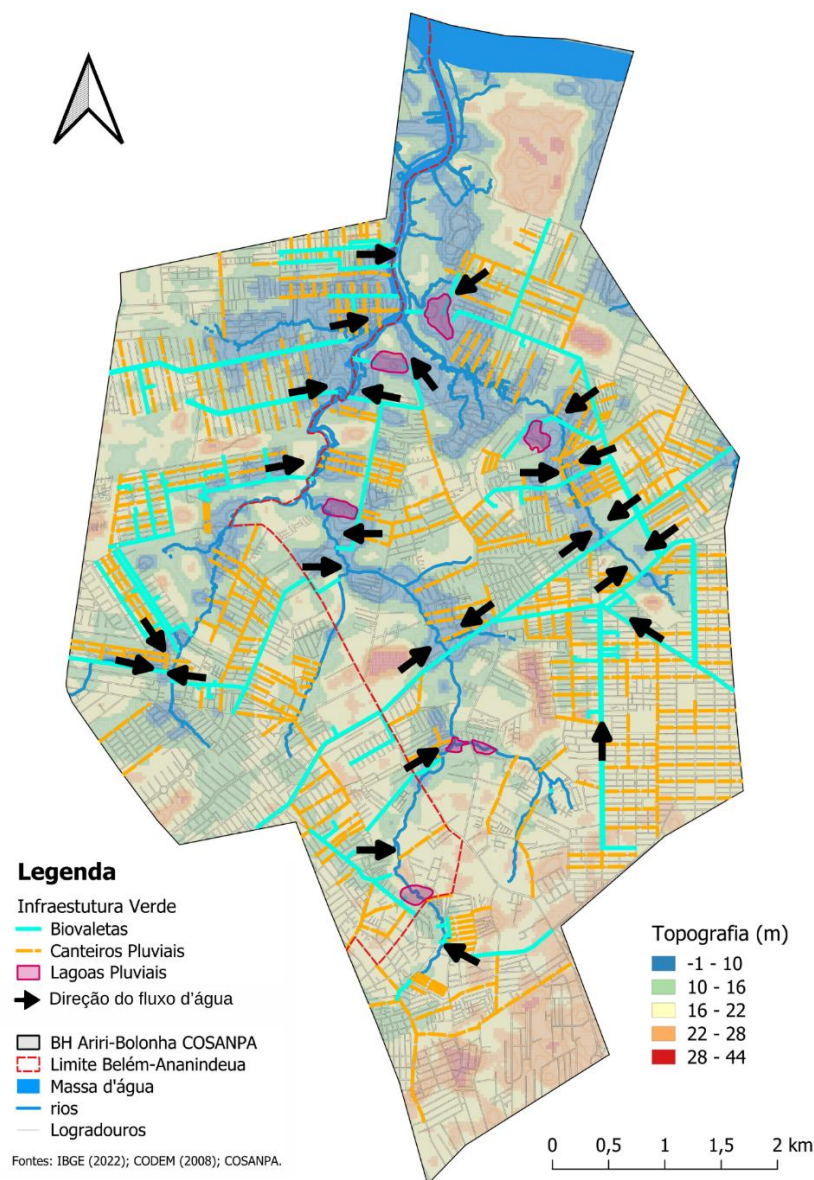
Figura 48 Cortes tipo elaborados para os canteiros pluviais propostos na bacia do Ariri: (a) com árvore; (b) sem árvore.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

A figura 49 resume a disposição dos canteiros pluviais junto às biovaletas e às lagoas de retenção; nele, é possível verificar os caminhos formados por esses dispositivos e a conectividade entre eles. Além disso, ele mostra que os canteiros tendem a ir de áreas mais elevadas para áreas mais baixas topograficamente; todavia, por ocasião do caráter plano da BH e extensão dos canteiros, esses dispositivos estendem-se majoritariamente por localidades com baixa declividade, demandando que seus dutos e valetas tenham uma inclinação entre 0,5% e 2%, adequada ao escoamento até as biovaletas e cursos d'água (Pellegrino, 2012; Sandre, 2024).

Figura 49- Biovaletas, canteiros e lagoas pluviais, base de faces de logradouros, hidrografia, topografia e limite Belém-Ananindeua, nos limites da bacia do Ariri.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COSANPA; CODEM (2008); TOPODATA (2013).

Tabela 13 – Tipologias viárias com biovaletas e canteiros pluviais na bacia do Ariri.

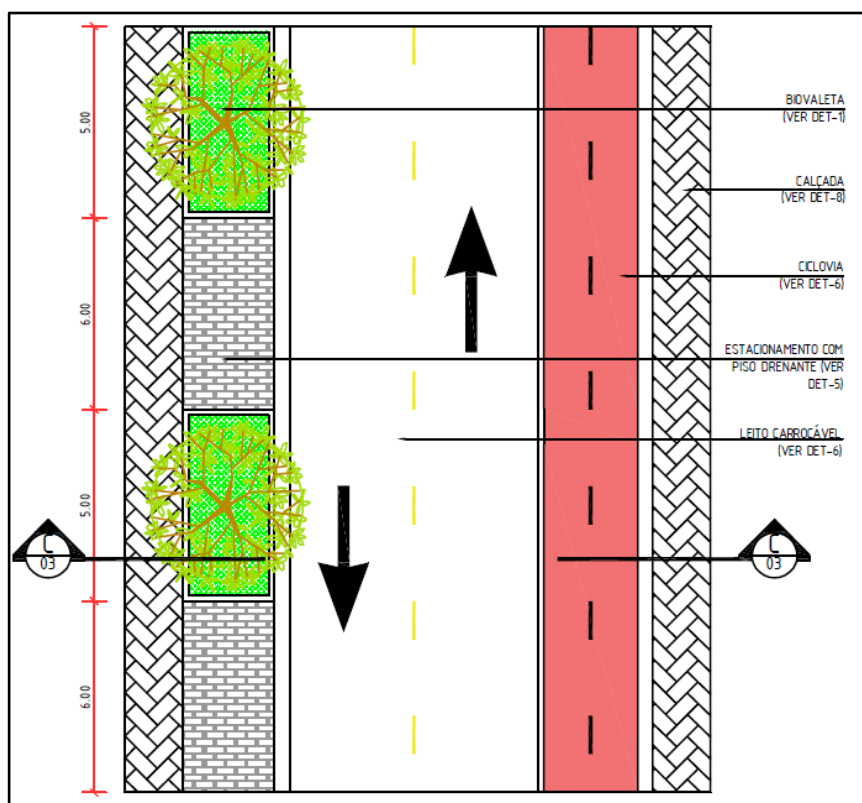
Tipologias viárias	Vias a serem aplicadas	Hierarquia	Infraestrutura verde
Tipologia 1	Rodovia do Trabalhadores (Cidade Nova)	Arterial	Biovaleta
Tipologia 2	Av. Dom Vicente Zico (Cidade Nova)	Arterial	Biovaleta
Tipologia 3	Rua 2 (Cj. Pedro Teixeira); Rua Alacid Nunes (Tenoné); Av. 3 Corações (Coqueiro)	Local e Arterial	Biovaleta
Tipologia 4	Av. Independência	Arterial	Biovaleta
Tipologia 5	Estrada do Icuí-Guajará	Arterial	Biovaleta
Tipologia 6	Passagem do Comercário (Una); Rua 8 de Outubro (Tenoné); Est. do Icuí-Guajará II; Parte da Est. do Icuí-Guajará	Coletora e Arterial	Biovaleta
Tipologia 7	Travessa We 2 (Tenoné)	Local	Biovaleta
Tipologia 8	Rua A (Cj Pedro Teixeira)	Local	Biovaleta
Tipologia 9	Av. Arterial 5A (Cidade Nova); Rua da Providência (Cidade Nova)	Arterial	Biovaleta
Tipologia 10	Rua do Fio (Una)	Coletora	Biovaleta
Tipologia 11	Travessas Sn 2,3,4,7,9 e We-7 do Cj Satélite; Avenida São Pedro (Cj Sideral); Av. Portugal (Cj Jardim Europa)	Local e Coletora	Biovaleta
Tipologia 12	Av Principal (Cj Maguari); Av Secundária (Cj Maguari); Rua Coletora (Cidade Nova); SN-24 (Cidade Nova).	Coletora	Biovaleta
Tipologia 13	Rua Astronauta (Cj Orlando Lobato)	Local	Biovaleta
Tipologia 14	Vias locais com faixa de domínio de 13 m	Local	Canteiro Pluvial
Tipologia 15	Vias locais com faixa de domínio de 11 m	Local	Canteiro Pluvial
Tipologia 16	Vias de pedestres específicas para áreas de FCU na bacia	Local	Canteiro Pluvial
Tipologia 17	Vias locais específicas para áreas de FCU na bacia	Local	Canteiro Pluvial

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todas as tipologias foram representadas em desenhos técnicos, contendo planta baixa, corte e detalhes de pavimentação, apresentados em anexo neste trabalho. A título de explicação das principais características das vias e da disposição de biovaletas e canteiros pluviais são apresentados alguns desses desenhos.

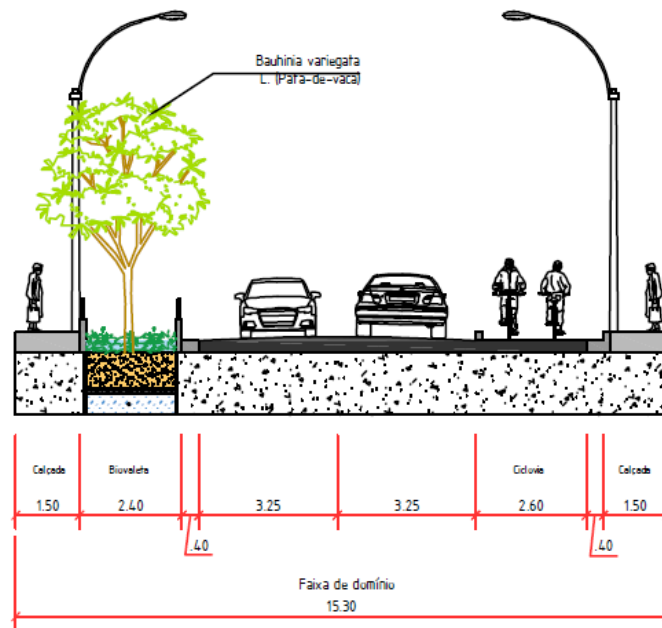
As biovaletas e os canteiros pluviais são dispostos nas vias da bacia de duas formas: ou junto às calçadas, alternados por pisos drenantes, ou no canteiro central de forma contínua. As figuras 50 e 51 apresentam, por meio da planta baixa e corte, respectivamente, tipologia 9, com biovaleta junto a caçada esquerda da via. Pelos desenhos, verifica-se que esses dispositivos têm extensão de 5m e são intercaladas com estacionamentos de 6m; tais estacionamentos são compostos pelos pisos drenantes, cujo substrato mantém as mesmas camadas da biovaleta (figura 52). Essa é uma estratégia adotada neste estudo preliminar para vias com intenso trânsito e comércio, como forma de não obstruir o acesso entre o leito carroçável e calçada sem interromper o fluxo do dispositivo de infraestrutura verde.

Figura 50 – Planta baixa da tipologia viária 9.



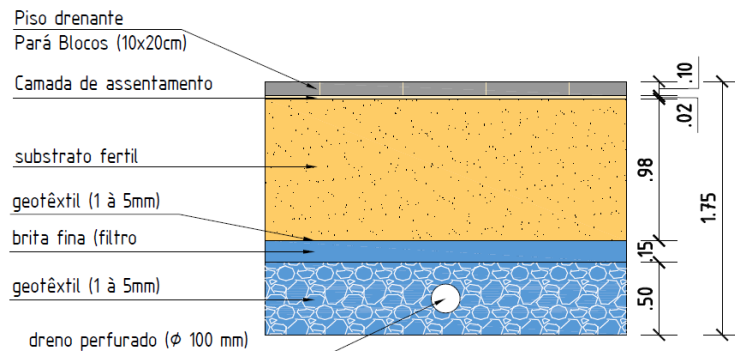
Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Figura 51 – Corte da tipologia viária 9.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Figura 52 – Corte do piso drenante com as especificações de suas camadas.

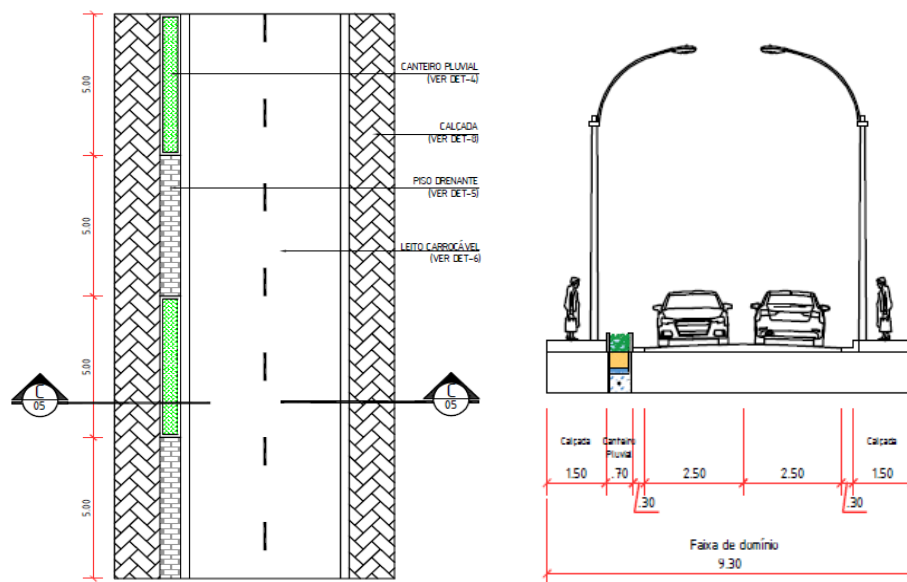


Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

Já a figura 53 e 54 apresentam, respectivamente, a planta e o corte da tipologia 3, destinada a algumas vias locais amplas de conjuntos habitacionais e parte da Av. Três Corações. Essa tipologia mostra a segunda forma de dispor uma biovaleta (ou canteiro pluvial) nas vias; nesse caso, no canteiro central. Assim, o dispositivo segue ininterrupto, sem a necessidade da alternância com o piso drenante, e ladeado por duas faixas de ciclovias.

de 2,5 m cada; valor abaixo da largura mínima por faixa definida pela Lei de Controle Urbanístico de Belém de 3m (Lei Complementar Nº 2/1999). Com essas condições, é possível instalar canteiros pluviais com 0,70 m de largura por 5 m de comprimento, intercalados por pisos drenantes também de 0,7 m x 5 m, em um dos lados da via.

Figura 55 – Planta baixa e Corte da tipologia viária 17.

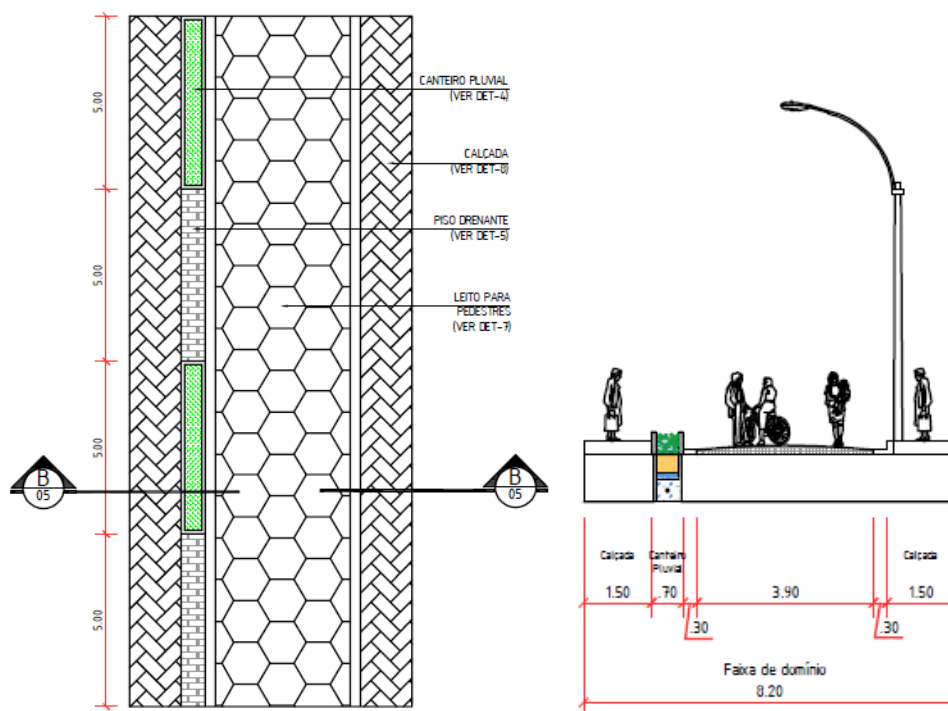


Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

A outra tipologia para FCU é menos recorrente, mas mostrou-se necessária em algumas vias bastante estreitas da bacia. Essa é a tipologia 16, composta por canteiros pluviais intercalados com pisos drenantes, em um dos lados da via, de 0,70 m x 5 m. No lugar do leito carroçável, utiliza-se um leito para pedestres, composto por piso do tipo Paver Hexagonal de concreto (piso intertravado) com largura de 3,90 m (figura 56).

Ressalta-se que todos os desenhos viários foram realizados de acordo com o Manual de Arborização da Cidade de Belém (2013), às diretrizes do Plano Diretor de Belém (2008) e a LEI COMPLEMENTAR Nº 2/1999 (Lei Complementar de Controle Urbanístico de Belém).

Figura 56 – Planta baixa e corte da tipologia viária 16.



Fonte: Elaborado pelo autor (Anexo).

6.3 Jardins de chuva

Os jardins de chuva são depressões no terreno, naturais ou modificadas, projetados para captar o escoamento da água superficial proveniente de telhados, calçadas e demais áreas impermeáveis próximas. O solo, composto por camadas e insumos que aumentam sua porosidade, absorve a água, ao mesmo tempo que microrganismos e bactérias no solo removem os poluentes difusos trazidos pelo escoamento superficial. A presença de plantas aumenta a evapotranspiração e a remoção dos poluentes. Ainda, há um sistema bem próximo dos outros dispositivos já descritos; porém, assim como as lagoas pluviais, os jardins de chuva têm como função principal a retenção e não a condução das águas (Cormier; Pellegrino, 2008; Sandre, 2024).

Um jardim projetado adequadamente deve infiltrar toda água poucas horas depois de um evento de precipitação para evitar água parada e a proliferação de insetos. Nesse caso, em locais onde o solo não possui alta capacidade de absorção, como na situação da bacia do Arri, essa água pode ser encaminhada para outros dispositivos de condução, como as biovaletas e os canteiros pluviais, ou o sistema de drenagem convencional (Cormier; Pellegrino, 2008; Sandre, 2024).

Tais dispositivos podem ser vistos como estratégias de captação do *runoff* mais pontuais, sendo instalados em espaços como: miolos de quadra, praças, lotes urbanos e prédios comerciais

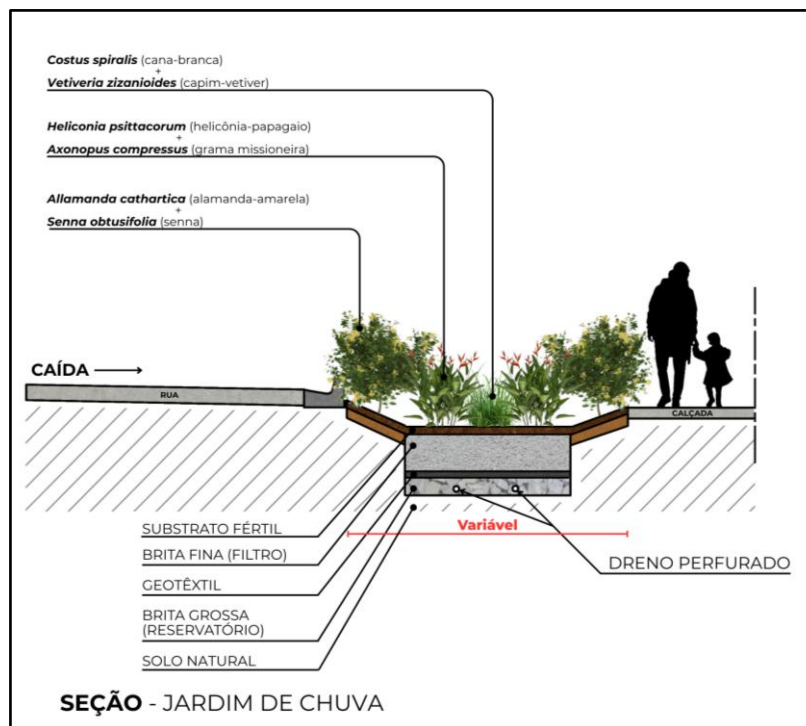
e institucionais. Para o caso da bacia do Ariri, sua vegetação e suas camadas de solo são possuem as mesmas espessuras e características dos canteiros pluviais, mudando apenas a área do jardim e sua forma. Além disso, devido à escala desse estudo preliminar e as particularidades de cada terreno mapeado para a instalação desses dispositivos, não foram feitos desenhos arquitetônicos com suas medidas específicas; contudo, a figura 57 e 58 apresentam em desenho esquemático de vista superior e seção transversal, respectivamente, um modelo de Jardim de Chuva para a BH.

Figura 57 – Desenho esquemático de jardim de chuva com indicação das espécies e camadas de subsolo em vista superior.



Fonte: elaboração própria a partir de Portal da Inovação e Qualidade (2024), Guajava (2023) e Sandre et al. (2024).

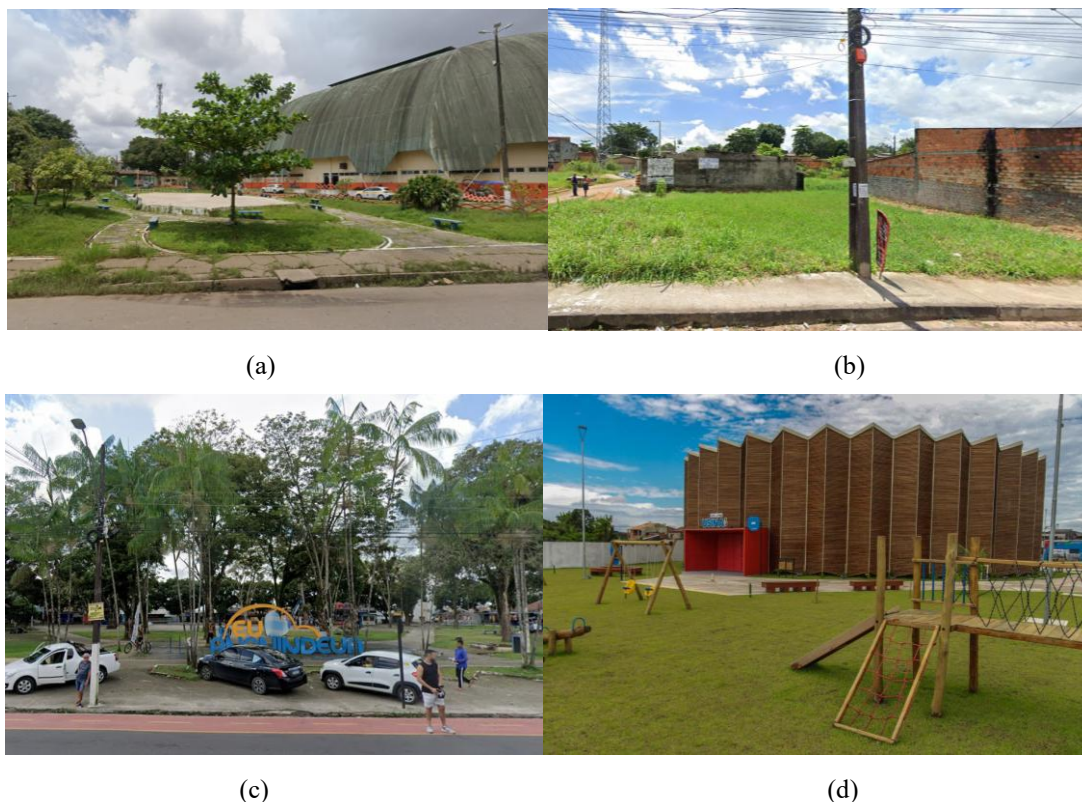
Figura 58 – Desenho esquemático de jardim de chuva com indicação das espécies e camadas de subsolo em seção transversal.



Fonte: elaboração própria a partir de Portal da Inovação e Qualidade (2024), Guajava (2023) e Sandre *et al.* (2024).

Na bacia, foram mapeados vários pontos no sítio com possibilidade de receber os jardins de chuva. Esses pontos referem-se a miolos de quadra, terrenos ociosos e institucionais, além de praças (figura 59). No total foram mapeadas 217 localizações possíveis de receber esses dispositivos. Assim, estimando que cada jardim teria em média uma área de 30 m² e profundidade para armazenamento de água de 0,30 m, esses dispositivos seriam responsáveis pela retenção de 1.953 m³ de *runoff* (tabela 14). Esse volume, apesar de pequeno se comparado à quantidade de excedente de escoamento da bacia, pode representar um importante auxílio à retenção e à drenagem de água em escalas menores no sítio ou em chuvas menos intensas. Além disso, sua possibilidade de composição junto aos projetos paisagísticos de praças e de miolos de quadra representam uma forma oportuna de aliar o paisagismo à drenagem.

Figura 59: Quatro tipos de terrenos adequados para receber jardins de chuva na bacia do Ariri. (a) Entorno do ginásio Abacatão (Cidade Nova); (b) terreno na Av. Alacid Nunes (Tenoné); (c) Praça Complexo do 8 (Cidade Nova); e (d) Usina da Paz da Cabanagem.

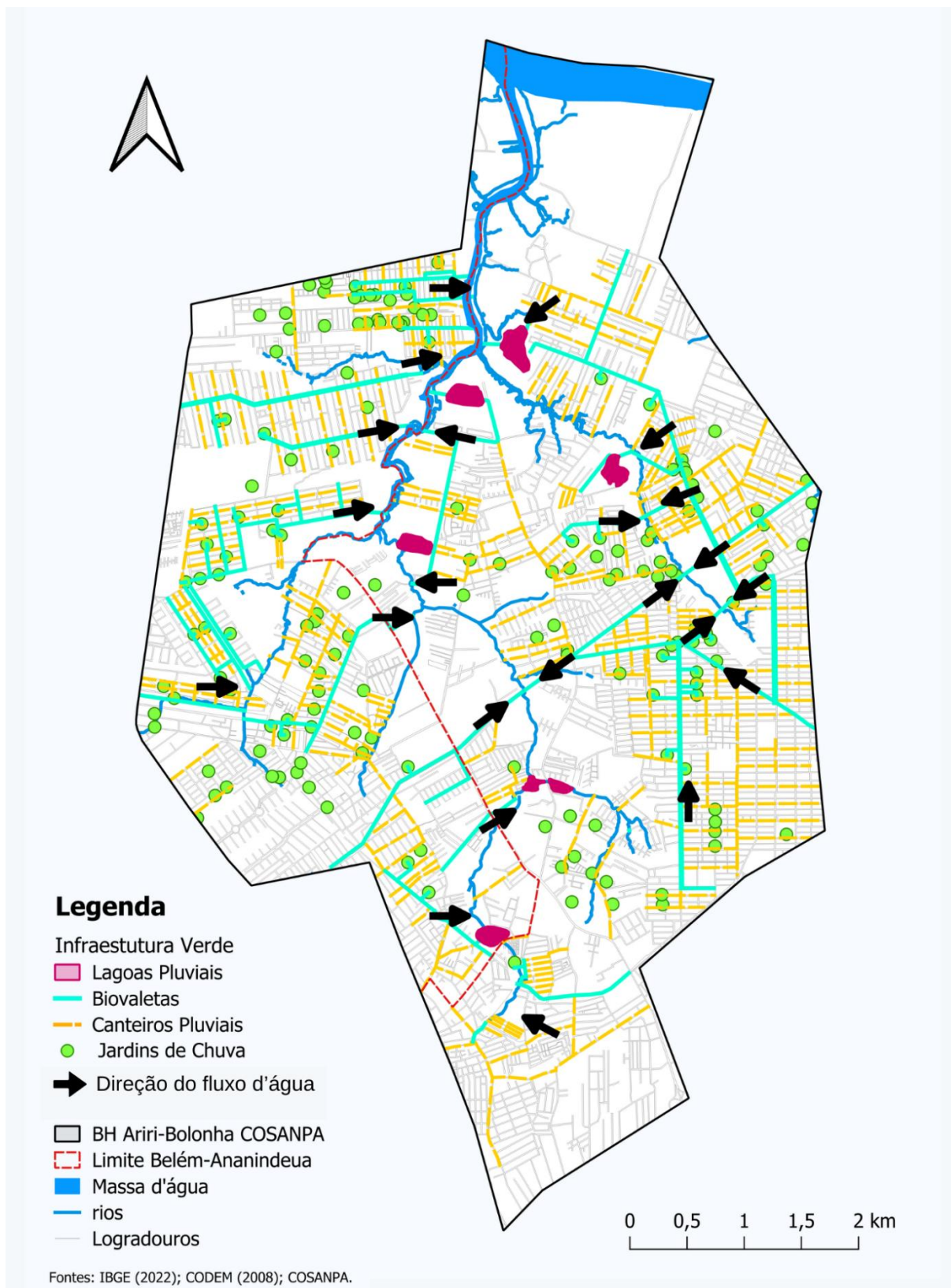


Fontes: Google Maps (2025), Pará (2022).

Assim como as outras soluções, os jardins de chuva também foram pensados para conectarem-se ao resto da rede de infraestrutura verde. Nesse caso, eles são conectados por dutos subterrâneos aos canteiros pluviais ou as biovaletas para a condução do *runoff* que eles não infiltram, fazendo com que não excedam a capacidade de saturação do solo. Na figura 30, estão dispostas todas as soluções de infraestrutura verde juntas; assim, é possível verificar onde essas soluções se concentram se conectam. Buscou-se dispor todas as soluções na maior quantidade possível de vias, terrenos e praças como braços auxiliares dos corpos d'água.

Cada um dos dispositivos conecta-se ao outro por meios de drenos subterrâneos que filtram o escoamento superficial e o conduzem ao próximo dispositivo, ou ao rio. Nesse sentido, os jardins de chuva direcionam seus volumes de *runoff* para os canteiros pluviais, que por sua vez direcionam às biovaletas, que por sua vez direcionam suas águas para as lagoas pluviais ou aos cursos d'água. Forma-se, então, uma rede conectada que complementa tanto a capacidade do sistema convencional de drenagem urbana quando a capacidade de armazenamento do rios da bacia.

Figura 60 - Rede de infraestrutura verde, base de faces de logradouros, hidrografia, topografia e limite Belém-Ananindeua, nos limites da bacia do Ariri.



Fontes: Elaborado pelo autor a partir de IBGE (2022); LABCAM (2019); ANA - MMA (2013); COSANPA; CODEM (2008); TOPODATA (2013).

6.4 Novo Balanço Hídrico

Somando todos os dispositivos distribuídos pela bacia, chega-se a um volume ou uma capacidade de armazenamento de *runoff* de 841.275 m³. Considerando que a bacia do Ariri Bolonha tem um excedente de *runoff* de 594.860,28 m³, a rede de infraestrutura verde mostra-se mais do que suficiente para o armazenamento desse volume. Somando esse volume com a cubagem atual da bacia, chega-se a uma nova cubagem de 4.393.491 m³, que resulta em um ciclo de drenagem de 0,94 e um tempo de drenagem de 7,7 horas - ou 7 horas e 42 minutos - (abaixo do valor máximo recomendado de 8 horas). A tabela 15 mostra os valores atualizados do balanço hídrico com os dispositivos de infraestrutura verde.

Tabela 14 – Dimensões dos dispositivos da Rede de Infraestrutura Verde.

Infraestrutura verde	Comprimento (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
Biovaleta	53.922	134.804	67.402
Canteiro Pluvial	108.601	134.666	39.516
Jardim de Chuva	-	4.125	1.238
Lagoas Pluviais	-	244.373	733.119
Total	162.522,80	517.968	841.275

Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens de satélite mensuradas no QGIS.

Tabela 15 – Novo Balanço hídrico da bacia do Ariri.

Balanço hídrico com I. V.	
Área permeável com I. V. (m ²)	12.367.101
Cubagem com I. V. (m ³)	4.393.491
Ciclos I. V. (m ³ /m ³)	0,94
Tempo total de drenagem I. V. (h)	7,7

Fonte: Elaborado pelo autor com base em imagens de satélite mensuradas no QGIS.

Com isso, a principal problemática a ser enfrentada pelo presente trabalho, que corresponde ao seu excedente de *runoff* na bacia do Ariri, seria solucionada, considerando a sua situação atual, com a disposição dessa rede de infraestrutura verde que alia meio ambiente e paisagem urbana. Desse modo, reduzem-se os riscos de alagamentos, enchentes ou inundações, além de melhorar a qualidade da água, recuperar o regime de drenagem e contribuir para o equilíbrio do ciclo da água no ecossistema da bacia.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise desenvolvida ao longo deste estudo permitiu compreender de forma integrada os condicionantes sociais, urbanos e ambientais da Bacia Hidrográfica do Ariri-Bolonha, destacando as restrições e as oportunidades que moldam a dinâmica do território. A partir dessa compreensão, tornou-se possível identificar as áreas mais vulneráveis, os impactos da ocupação informal e da impermeabilização do solo, bem como as potencialidades espaciais para a implementação de soluções de infraestrutura verde capazes de coletar e tratar o excedente do escoamento superficial, aumentar a permeabilidade e reforçar a cobertura vegetal.

Evidenciou-se que a Bacia do Ariri-Bolonha se encontra profundamente marcada por processos típicos da periferia do capitalismo. O território foi ocupado de modo informal e sem instrumentos efetivos de planejamento urbano, como planos diretores pouco específicos na orientação do uso do solo ou na proteção de áreas ambientais e cursos d'água. Esse cenário se agrava diante da especulação imobiliária crescente, da expansão da ocupação sobre áreas de várzea e da ausência de espaços verdes de convivência para a população, em detrimento de espaços privados. Soma-se a isso uma rede viária desarticulada, planejada prioritariamente para o carro particular, que compromete a integração dos espaços, a caminhabilidade e dificulta a implementação de soluções urbanísticas mais sustentáveis.

Do ponto de vista social, constatou-se que a população da bacia é predominantemente de baixa renda e concentra-se em áreas de favelas e comunidades urbanas. Estas, por estarem situadas, majoritariamente, próximas aos rios, sofrem de forma mais intensa os impactos dos alagamentos recorrentes, refletindo desigualdades socioespaciais características das periferias da RMB. Tal quadro evidencia que as vulnerabilidades sociais e ambientais se reforçam mutuamente, demandando soluções que sejam eficazes no manejo ambiental e sensíveis às condições socioeconômicas locais.

Em relação às condições ambientais, a bacia apresenta um processo avançado de impermeabilização do solo, o que gera significativo escoamento superficial (*runoff*) e aumenta a suscetibilidade a enchentes, inundações e assoreamento dos rios. A supressão progressiva da vegetação e a fragmentação das áreas verdes resultam no isolamento e sufocamento dos cursos d'água, comprometendo o ecossistema urbano e a manutenção do ciclo hidrológico. Essa dinâmica aponta para um cenário de crise ambiental que, aliado às mudanças climáticas, reforça a urgência de medidas estruturantes.

Diante desse diagnóstico, tornou-se necessária a proposição de uma rede de infraestrutura verde robusta, capaz de manejar um grande excedente de *runoff* e contribuir para a requalificação ambiental e urbana da bacia. Nesse contexto, pré-dimensionamento do sistema de infraestrutura verde proposto precisou lidar, sobretudo, com grandes volumes de águas e os desafios da malha viária da bacia. Não obstante, conseguiu-se chegar a uma rede adequada às condicionantes da bacia, capaz de aumentar sua cobertura vegetal, auxiliar os corpos d'água e o sistema de drenagem e coletar todo o *runoff* excedente.

A implantação de tal rede se mostra essencial não apenas para mitigar os impactos imediatos dos alagamentos, mas também para restaurar processos ecológicos fundamentais, como a recarga hídrica e a preservação da biodiversidade urbana. Essas soluções se apresentam como complementares à infraestrutura urbana tradicional, introduzindo técnicas de baixo impacto e soluções baseadas na natureza que aproveitam as variáveis urbanas em favor da recuperação ambiental. Ressalta-se, nesse sentido, a importância de se pensar estratégias adaptadas às áreas de assentamentos informais, de modo que não sejam excluídos dos benefícios da rede e possam usufruir de um ambiente urbano mais saudável e resiliente.

Conclui-se a viabilidade de se pensar a recuperação ambiental da Bacia do Ariri-Bolonha sob a perspectiva integrada de um planejamento urbanístico-ambiental. Percebe-se a viabilidade como a necessidade de pensar a intervenção dos espaços urbanos, considerando suas variáveis ambientais, pressupondo a impossibilidade de dissociar a análise dos problemas sociais, urbanos e ecológicos, visto que todos se manifestam de forma interdependente no território. A infraestrutura verde, ao articular funções ambientais, urbanísticas e sociais, representa uma estratégia capaz de enfrentar os problemas de alagamentos e inundações, ao mesmo tempo em que contribui para a restauração do ciclo hidrológico e para o fortalecimento do ecossistema urbano.

Em um contexto de mudanças climáticas e de agravamento das vulnerabilidades sociais, a integração entre planejamento urbano e gestão ambiental se coloca como um imperativo. Este estudo, ainda em caráter preliminar, não pretende oferecer respostas definitivas, mas sim apontar caminhos possíveis para a recuperação da bacia e para a construção de uma cidade mais equilibrada e sustentável. Sua principal contribuição reside em reafirmar que a resiliência urbana só será alcançada quando os rios, as áreas verdes e a população forem compreendidas como parte de um mesmo sistema, a ser planejado e cuidado de forma conjunta. Assim, por trás da adoção de uma rede de infraestrutura está a ideia de se pensar o homem e a cidade como também sendo meio ambiente.

REFERÊNCIAS

ACIOLY, Cláudio; DAVIDSON, Forbes. **Densidade urbana e gestão urbana**. Rio de Janeiro: Mauad, 1998.

AGÊNCIA PARÁ. **Em Belém, Usina da Paz Cabanagem vai oferecer serviços voltados à área da saúde**. Agência Pará, 2024. Disponível em: <https://www.agenciapara.com.br/noticia/34202/em-belem-usina-da-paz-cabanagem-vai-oferecer-servicos-voltados-a-area-da-saude>. Acesso em: 4 set. 2025.

AGÊNCIA PARÁ. **Seop e Ministério das Cidades discutem andamento das obras do PAC em Belém e outros municípios paraenses**. Belém, 2024. Disponível em: <https://agenciapara.com.br/noticia/60515/seop-e-ministerio-das-cidades-discutem-andamento-das-obras-do-pac-em-belem-e-outros-municipios-paraenses>. Acesso em: 2 jul. 2025.

ANANINDEUA (PA). **Plano Diretor do Município de Ananindeua**. Lei nº 2.237, de 06 de outubro de 2006. Ananindeua: Prefeitura Municipal de Ananindeua, 2006.

ANTUNES, Ricardo. **Adeus ao trabalho? Ensaio sobre as metamorfoses e a centralidade do mundo do trabalho**. 7. ed. São Paulo: Cortez, 1999.

ARAÚJO, Gustavo Henrique de Souza; ALMEIDA, José Ribamar de; GUERRA, Antonio José Teixeira. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2008.

ARQUIFLORA. **Axonopus compressus**. Arquiflora, [s.d.]. Disponível em: <https://arquiflora.rio/plantas/axonopus-compressus/>. Acesso em: 4 set. 2025.

BELÉM (PA). **Manual de Orientação Técnica da Arborização Urbana de Belém: guia para planejamento, implantação e manutenção da arborização em logradouros públicos**. Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia; Prefeitura Municipal de Belém, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2013. ISBN 978-8572950909. Disponível em: <http://ww3.belem.pa.gov.br/www/wp-content/uploads/Manual-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-de-Bel%C3%A9m.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. **Fundamentos de engenharia hidráulica**. 3. ed. rev. e ampl. Belo Horizonte: UFMG, 2010. 473 p. (Ingenium).

BELÉM (PA). **Lei Complementar nº 2, de 19 de julho de 1999**. Dispõe sobre o uso e a ocupação do solo urbano no Município de Belém e dá outras providências. Belém, 1999.

BELÉM (PA). **Plano Diretor do Município de Belém**. Lei nº 8.655, de 30 de julho de 2008. Belém: Prefeitura Municipal de Belém, 2008.

BERTAUD, Alain. **Order without design: how markets shape cities**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2018.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Plano Municipal de Saneamento Básico: drenagem e manejo das águas pluviais urbanas**. Brasília: FUNASA, Ministério da Saúde, 2016.

BONDUKI, Nabil. **Origens da habitação social no Brasil**. São Paulo: Estação Liberdade, 1998.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Guia para o mapeamento e caracterização de assentamentos precários**. Brasília: Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação, 2010.

CABANAS PORTAL DA SERRA. **Taboa**: uma planta aqui presente que nos inspira a cuidar das pessoas. Cabanas Portal da Serra, [s.d.]. Disponível em: <https://www.cabanasportaldaserra.com.br/blog/taboa-uma-planta-aqui-presente-que-nos-inspira-a-cuidar-das-pessoas/>. Acesso em: 4 set. 2025.

CALASANS, Neylor Alvez Rego; LEVY, Maria do Carmo Tavares; MOREAU, Maurício. Interrelações entre clima e vazão. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 67–86.

COSTA, Luana Pradella; GIMENES RIOS, Angélica Vinci do Nascimento. Subsídios para elaboração de projeto de biovaleta em um trecho de via do sistema de drenagem urbana em Paranavaí/PR. **Calunga AE – Revista Interdisciplinar de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, n. 2, p. e007, jul./dez. 2023. DOI: 10.33872/revcalungaae.v1n2.e007.

CORNIER, Nathaniel S.; PELLEGRINO, Paulo Renato Mesquita. Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**: Ensaios, São Paulo, n. 25, p. 125-142, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: SNLCS, 1979. 83 p. il. (SNLCS. Série Miscelânea, 1). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/327212>. Acesso em: 30 jul. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **50 anos do NDVI**: desmistificando o índice e ponderando sua utilização para o monitoramento da soja na era digital. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2024. (Documentos, n. 463). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1164458/50-anos-do-ndvi-desmistificando-o-indice-e-ponderando-sua-utilizacao-para-o-monitoramento-da-soja-na-era-digital>. Acesso em: 31 jul. 2025.

EMBRAPA. **Fitorremediação**: o uso de plantas para descontaminação ambiental. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2419877/prosa-rural---fitorremediacao-o-uso-de-plantas-para-descontaminacao-ambiental>. Acesso em: 4 set. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EUROPEAN SPACE AGENCY. **Sentinel-3 mission**: Earth observation satellite. 2025. Disponível em: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections/sentinel-data>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FLOR E FOLHAGENS. **Ipê-amarelo**. Flores e Folhagens, [s.d.]. Disponível em: <https://www.floresefolhagens.com.br/ipe-amarelo/>. Acesso em: 4 set. 2025.

GARDEN OFICINA DA TERRA. **Pata-de-vaca**. Garden Oficina da Terra, [s.d.]. Disponível em: <https://gardenoficinadaterra.com.br/produto/pata-de-vaca/>. Acesso em: 4 set. 2025.

GUIMARÃES, Pedro Paulino. Dimensionamento e estruturação de comunidades residenciais autônomas. In: GUIMARÃES, Pedro Paulino (Org.). **Configuração urbana**. Evolução, avaliação, planejamento e urbanização. São Paulo: Prolivros, 2004. p. 231–245.

HARVEY, David. **A condição pós-moderna**: uma pesquisa sobre as origens da mudança cultural. São Paulo: Loyola, 1992.

HOEL, Erik. Raster data models. In: SHEKHAR, Shashi; XIONG, Hui (Ed.). **Encyclopedia of GIS**. New York: Springer, 2008. p. 215–219.

INQ CONQUISTA IFBA. **Biovaletas como alternativa sustentável para o escoamento de águas pluviais**. INQ Conquista IFBA, [s.d.]. Disponível em: <https://inq.conquista.ifba.edu.br/v1/biovaletas-como-alternativa-sustentavel-para-o-escoamento-de-aguas-pluviais/>. Acesso em: 4 set. 2025.

JARDIM COR. **Sistema Vetiver**. Jardim Cor, 28 maio 2012. Disponível em: <https://www.jardimcor.com/paisagismo/sistema-vetiver/comment-page-1/>. Acesso em: 4 set. 2025.

LIMA, José Júlio Ferreira (Org.). **Mudanças espaciais e no modo de morar na Nova Belém**. Belém: Paka-Tatu, 2021. 180 p.

MASCARÓ, Juan Luís (org.). **Infraestrutura da paisagem**. Porto Alegre: Masquatro, 2008.

MOLINA JR., Walter Francisco. **Comportamento mecânico do solo em operações agrícolas**. Piracicaba: Edição do Autor, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ/USP, 2017. DOI: 10.11606/9788592238407.

NERI, Marcelo. **A nova classe média**: o lado brilhante da base da pirâmide. Rio de Janeiro: FGV/CPS, 2011. Disponível em: https://www.cps.fgv.br/ibrecps/M3/M3_TextoFinal.pdf. Acesso em: 18 jul. 2025.

NPARKS. *Heliconia psittacorum* 'Andromeda'. NParks, [s.d.]. Disponível em: <https://www.nparks.gov.sg/florafaunaweb/flora/2/0/2074>. Acesso em: 4 set. 2025.

OLIVEIRA, Cêurio de. **Dicionário cartográfico**. 4. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, José Eduardo dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, Alexandre; CAMARGO, Antonio F. M. (Ed.). **Conceitos de bacias hidrográficas**: teorias e aplicações. Ilhéus, BA: Editus, 2002. p. 17–35.

PELLEGRINO, Paulo. Paisagem como infraestrutura hídrica. In: **Estratégias para uma infraestrutura verde**. São Paulo: Manole, 2017.

PELLEGRINO, P. R. M.; Almeida, L. A. (2012). **Infraestrutura verde**: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. São Paulo: Annablume.

PLANTASONYA. **Características da Caatinga** (*Costus spiralis*). PlantaSonya, 21 set. [s.d.]. Disponível em: <https://www.plantasonya.com.br/flores-e-folhagens/caracteristicas-da-caatinga-costus-spiralis.html>. Acesso em: 4 set. 2025.

REVISTA CASA E JARDIM. **Paisagismo**. Revista Casa e Jardim, [s.d.]. Disponível em: <https://revistacasaejardim.globo.com/paisagismo/>. Acesso em: 4 set. 2025.

RIBEIRO, Glauciene Moraes Gonçalves. **Análise urbanístico-ambiental da bacia do Ariri**: possibilidades e dificuldades no uso de estratégias alternativas de drenagem urbana. 2023. 192 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém, 2023.

SANDRE, Adriana Afonso; *et al.* **Catálogo de Soluções baseadas na Natureza para Espaços Livres**. 2. ed. s.l.: s.n., 2024.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVA, Marlon Lima da; TOURINHO, Helena Lúcia Zagury. **Banco Nacional de Habitação e o Programa Minha Casa Minha Vida**: duas políticas habitacionais e uma mesma lógica locacional. Cadernos Metrópole, São Paulo, v. 17, n. 34, p. 401–417, nov. 2015.

SOUZA, Renata Durans Pessoa de. **A área de expansão de Belém**: um espaço de múltiplas vivências. 2016. 155 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Pará, Belém, 2016.

SPIRN, Anne Whiston. **O jardim de granito**: a natureza no desenho da cidade. Tradução de Paulo Renato Mesquita Pellegrino. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1995.

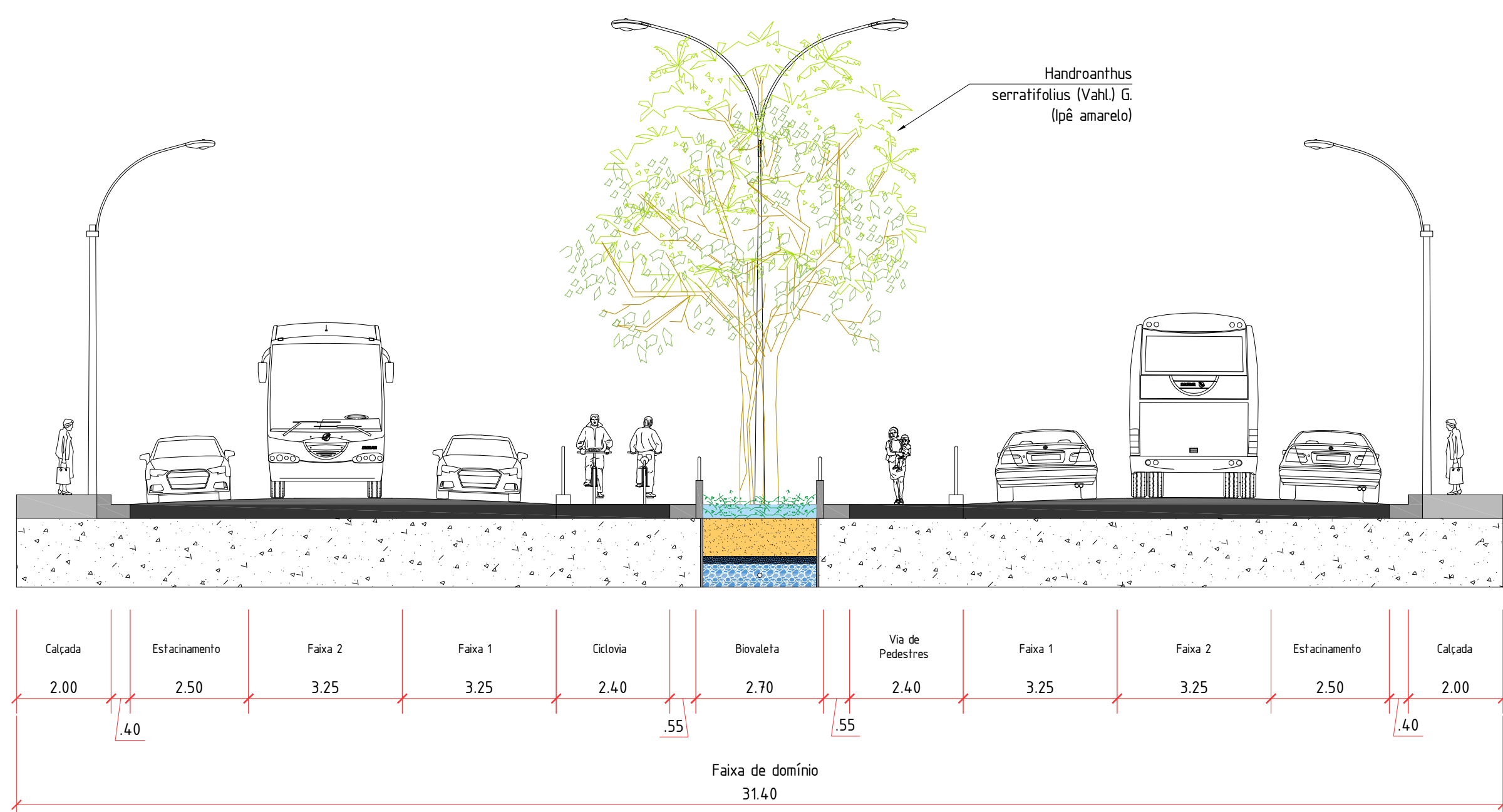
TUCCI, Carlos E. M. (org.). **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2. ed., 2. reimpr. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS; ABRH, 2001. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v. 4).

UNITED NATIONS HIGH COMMISSIONER FOR REFUGEES (UNHCR).

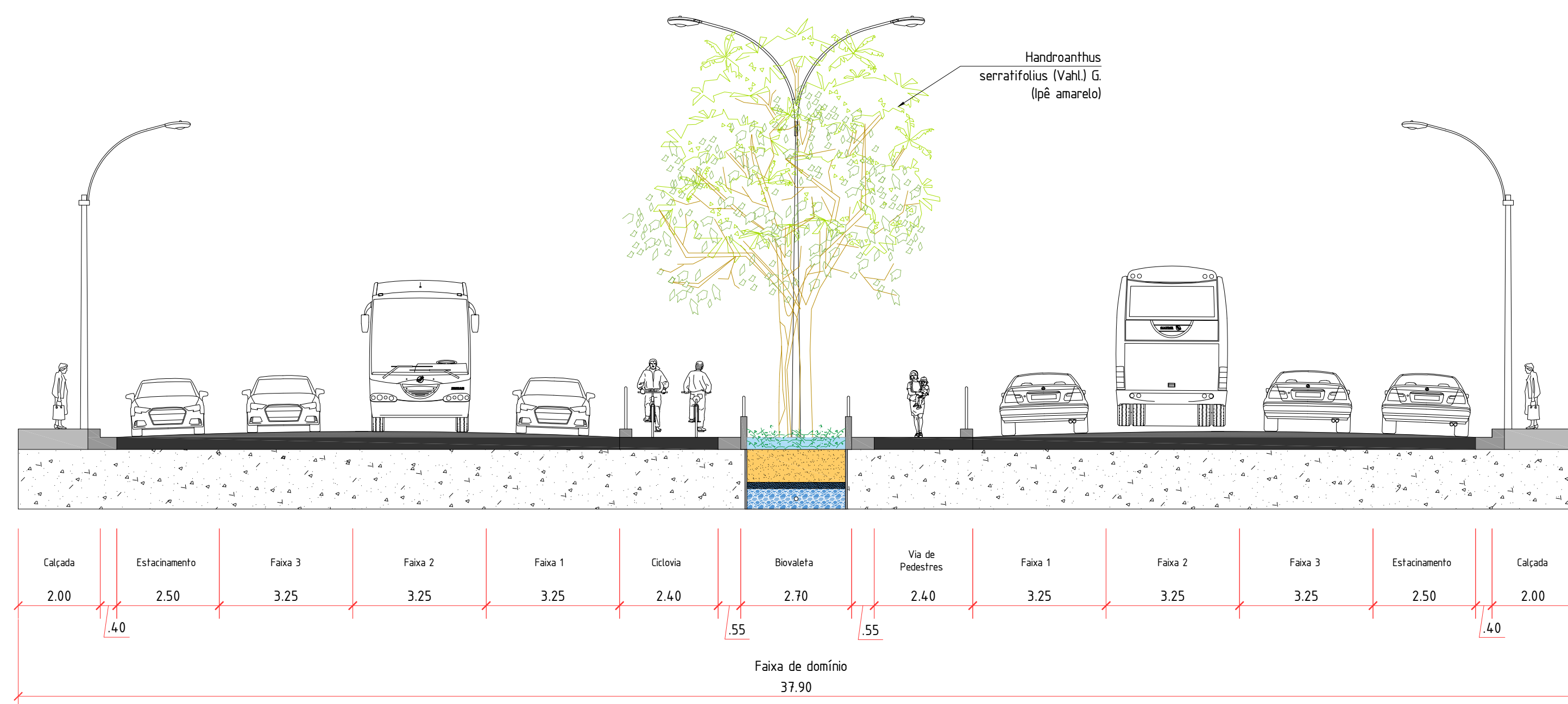
Princípios e padrões para a planificação de assentamentos. Disponível em: <https://emergency.unhcr.org/es/asistencia-de-emergencia/alojamiento-campamentos-y-asentamientos/asentamientos/principios-y-est%C3%A1ndares-para-la-planificaci%C3%B3n-de-asentamientos> . Acesso em: 5 set. 2025.

WIKIPEDIA. **Typha domingensis**. Wikipedia, [s.d.]. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Typha_domingensis. Acesso em: 4 set. 2025.

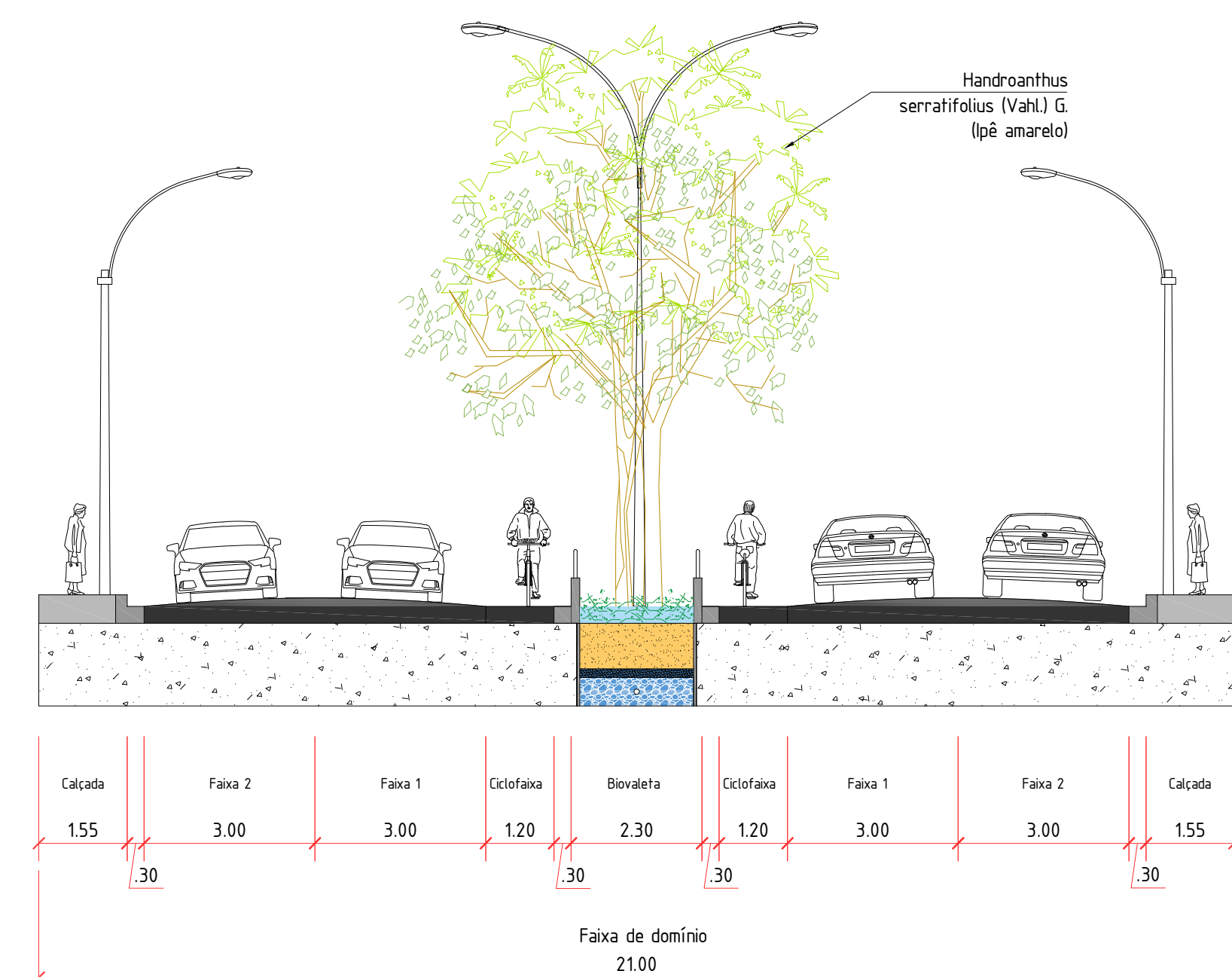
ANEXO - PRANCHAS DE DESENHO TÉCNICO



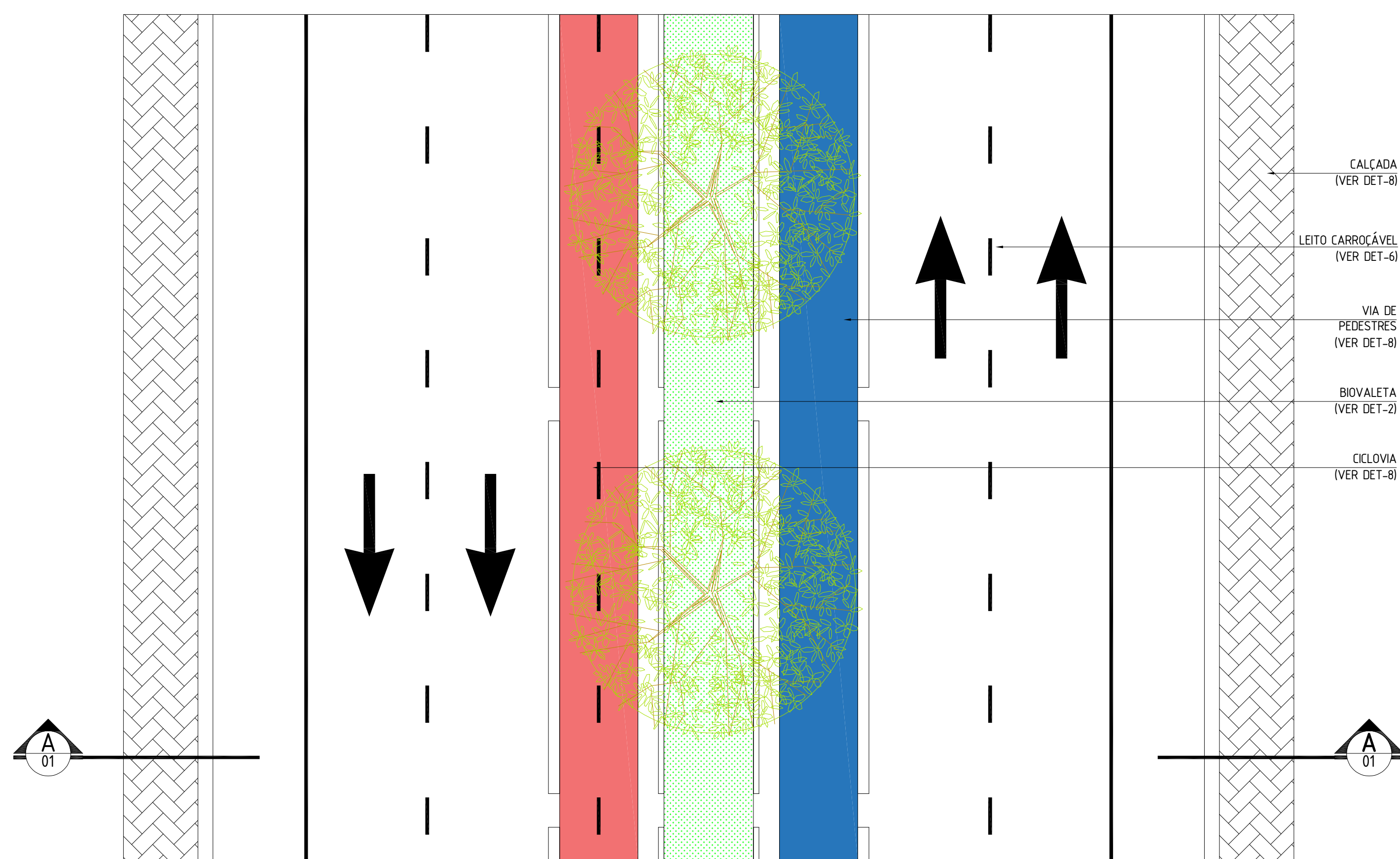
4 CORTE A-A - Tipologia 1
ESCALA 1:25



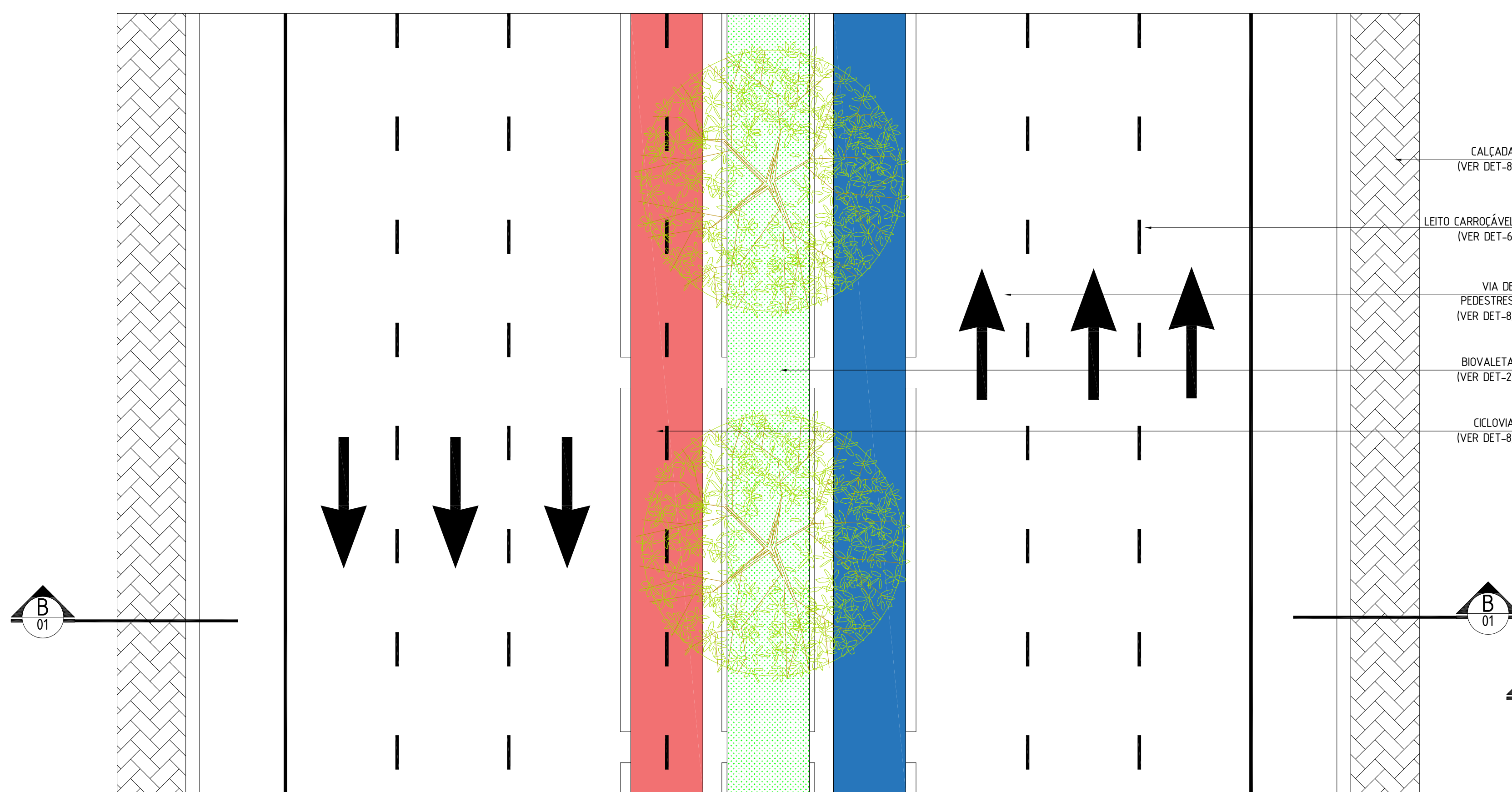
5 CORTE B-B - Tipologia 2
ESCALA 1:25



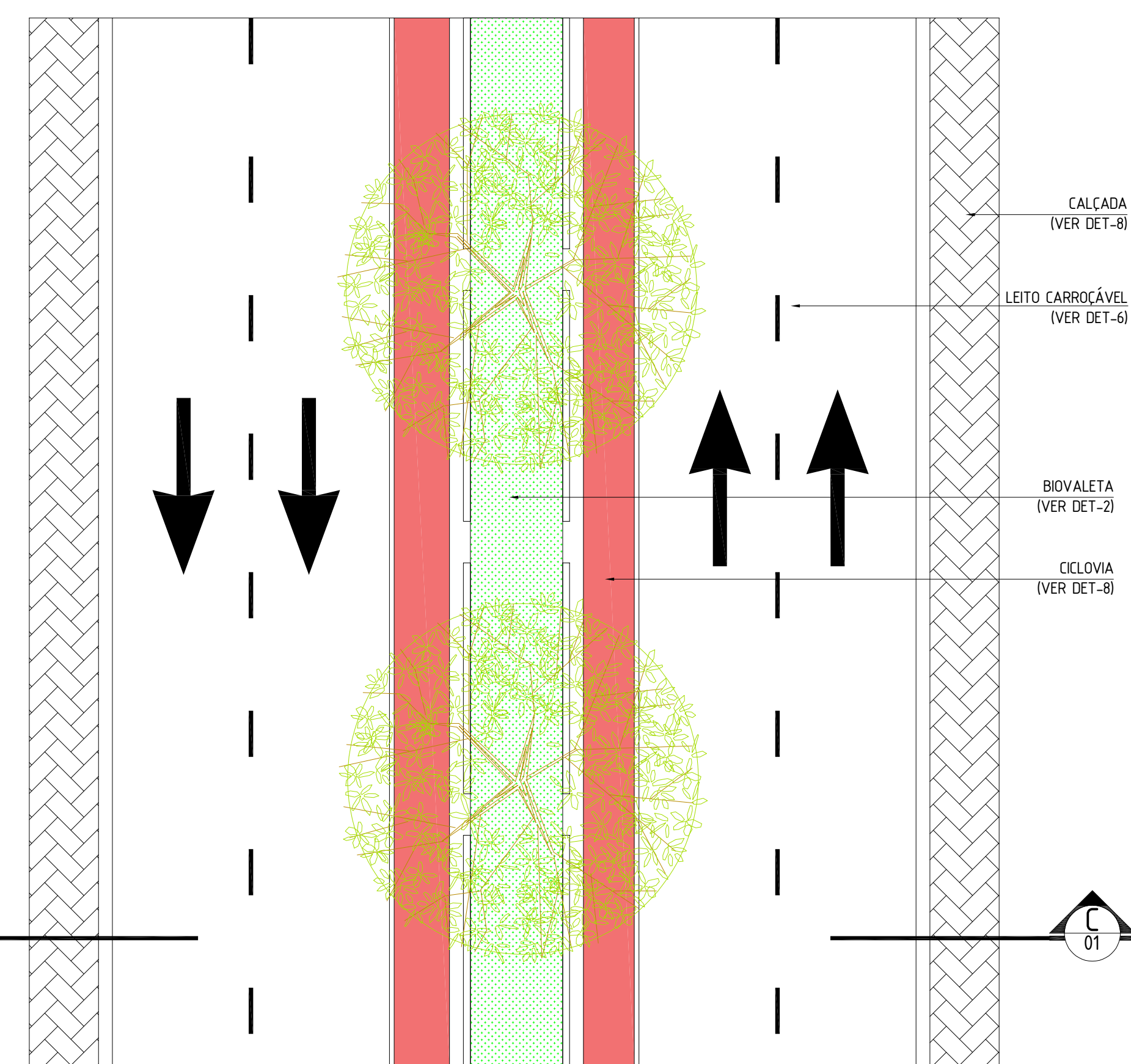
6 CORTE C-C - Tipologia 3
ESCALA 1:25



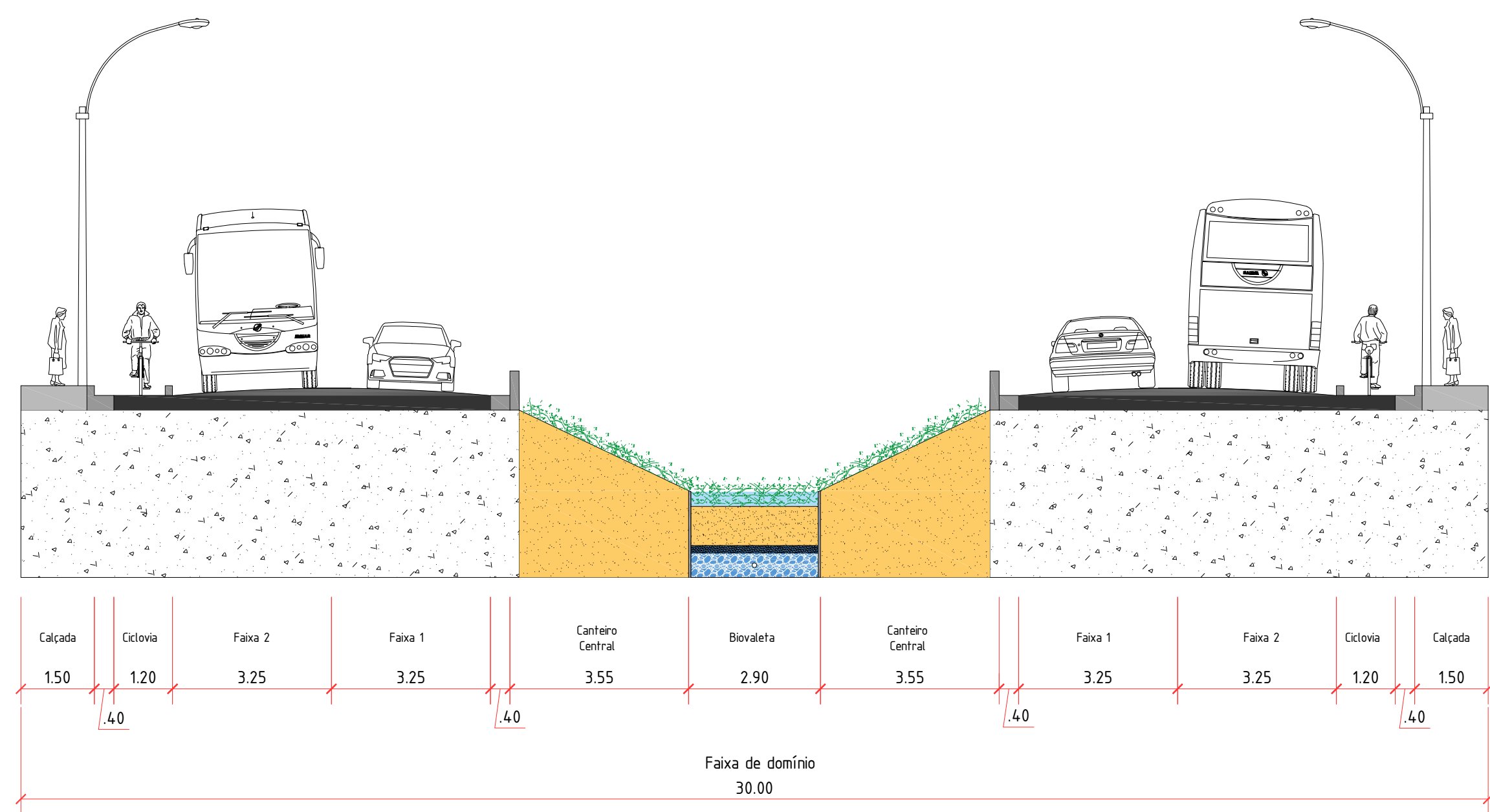
1 PLANTA BAIXA - Tipologia 1
ESCALA 1:25



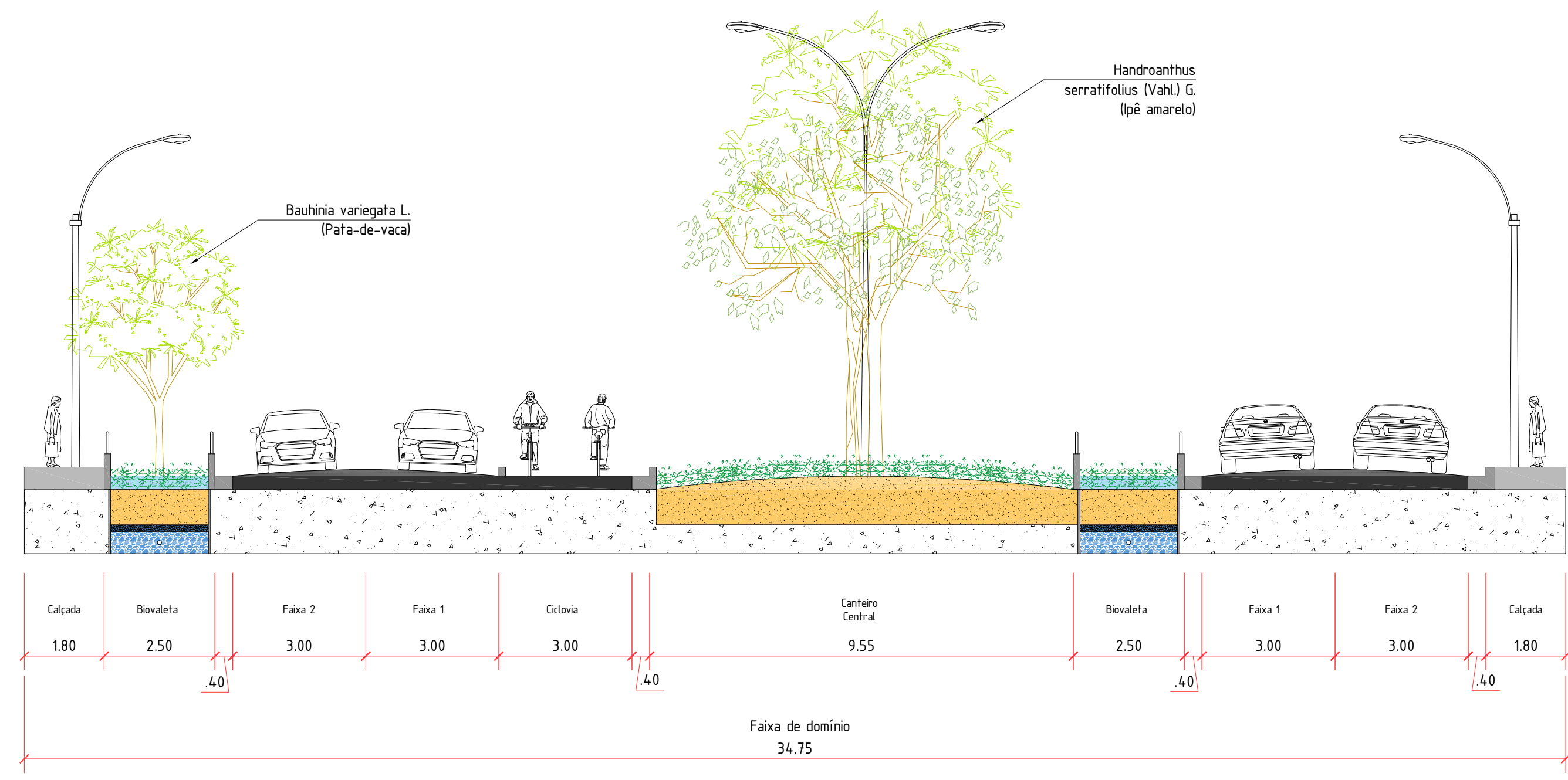
2 PLANTA BAIXA - Tipologia 2
ESCALA 1:25



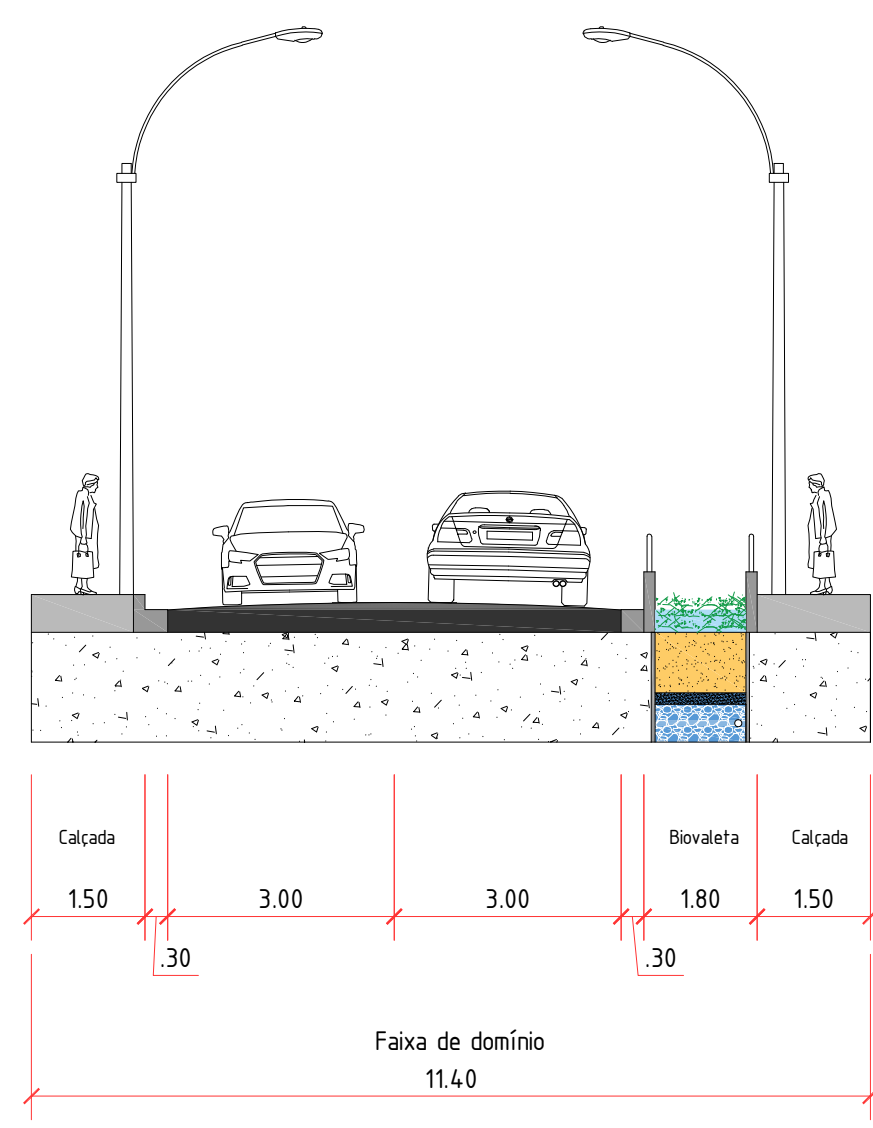
3 PLANTA BAIXA - Tipologia 3
ESCALA 1:25



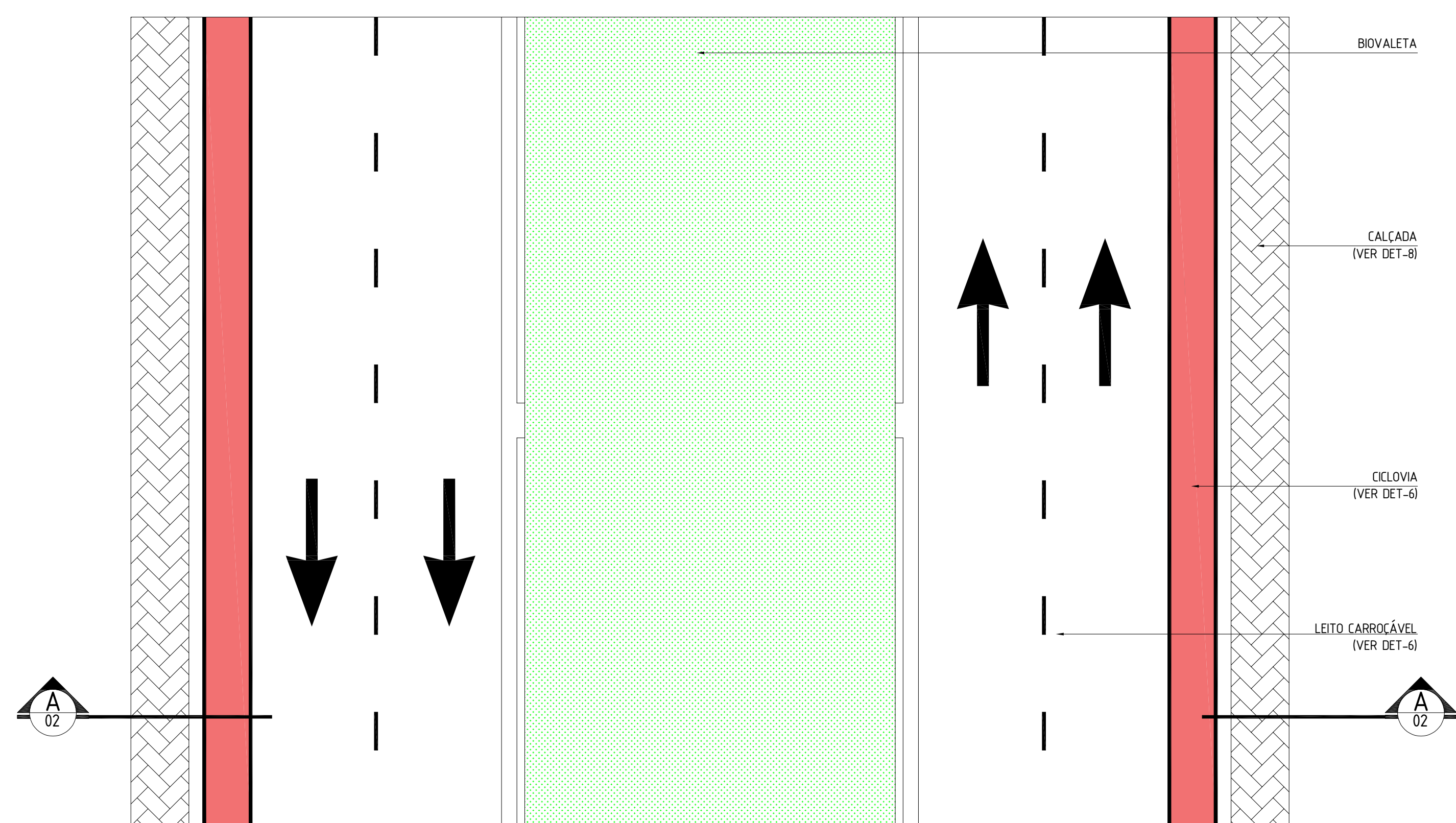
10 CORTE A-A - Tipologia 4
ESCALA 1:25



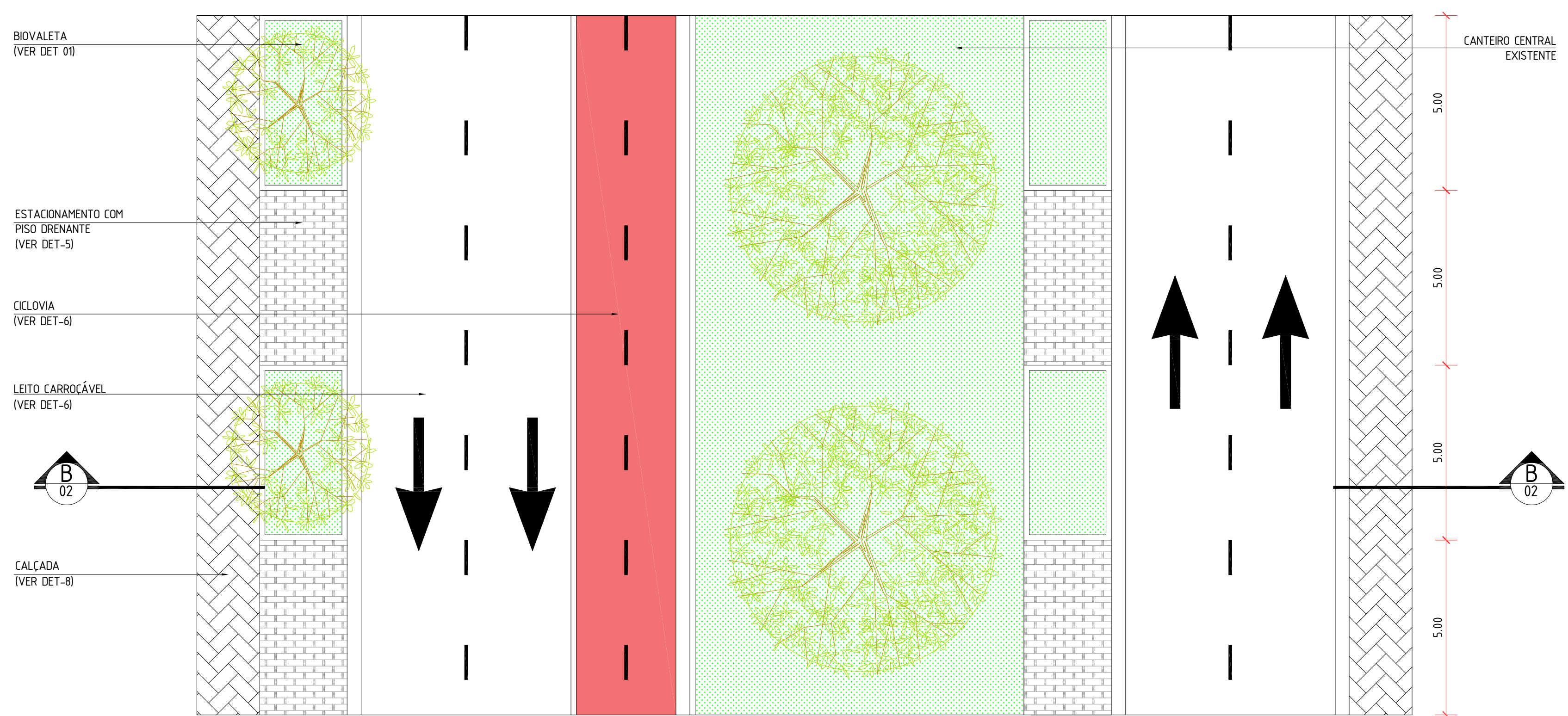
11 CORTE B-B - Tipologia 5
ESCALA 1:25



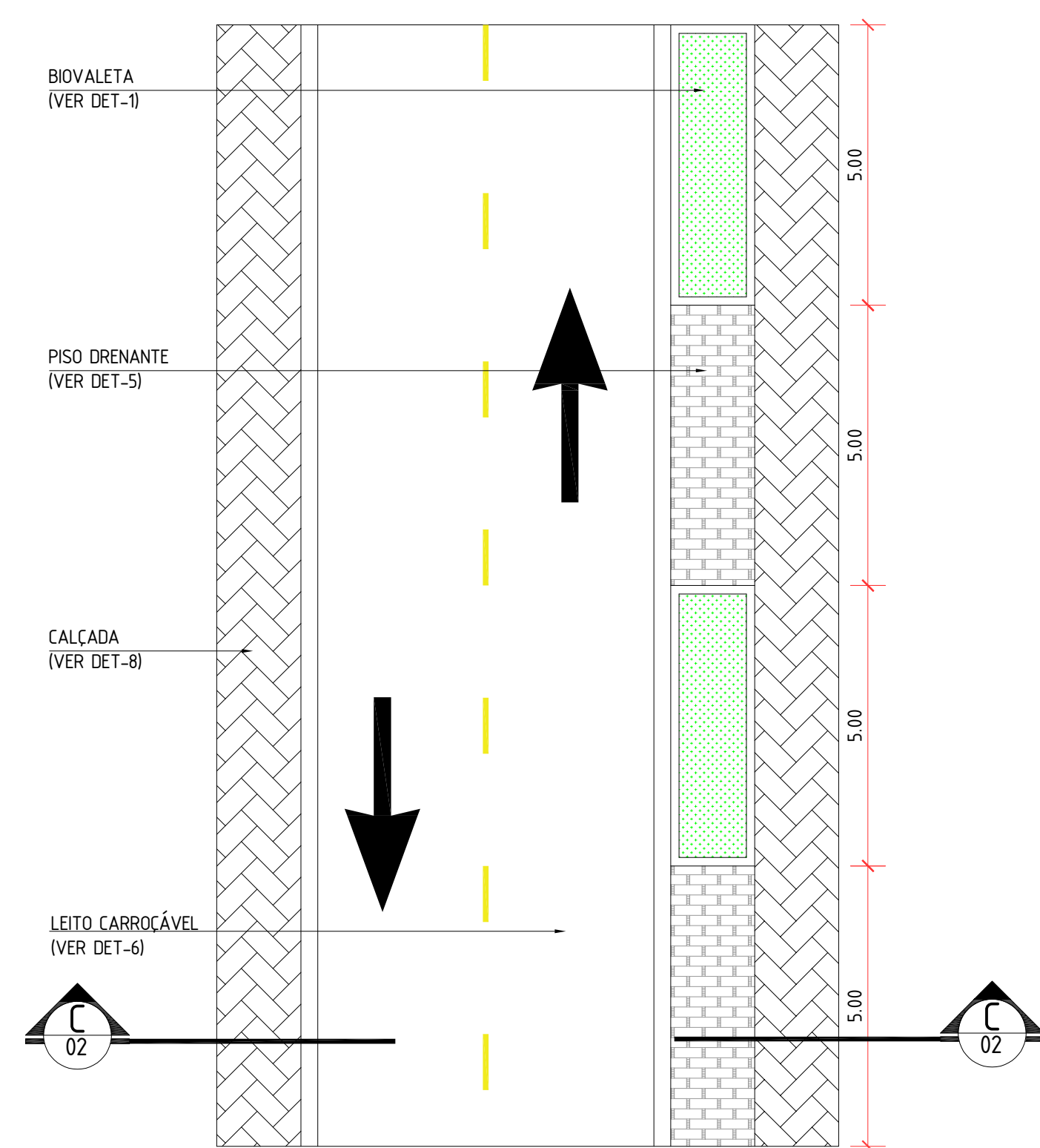
12 CORTE C-C - Tipologia 6
ESCALA 1:25



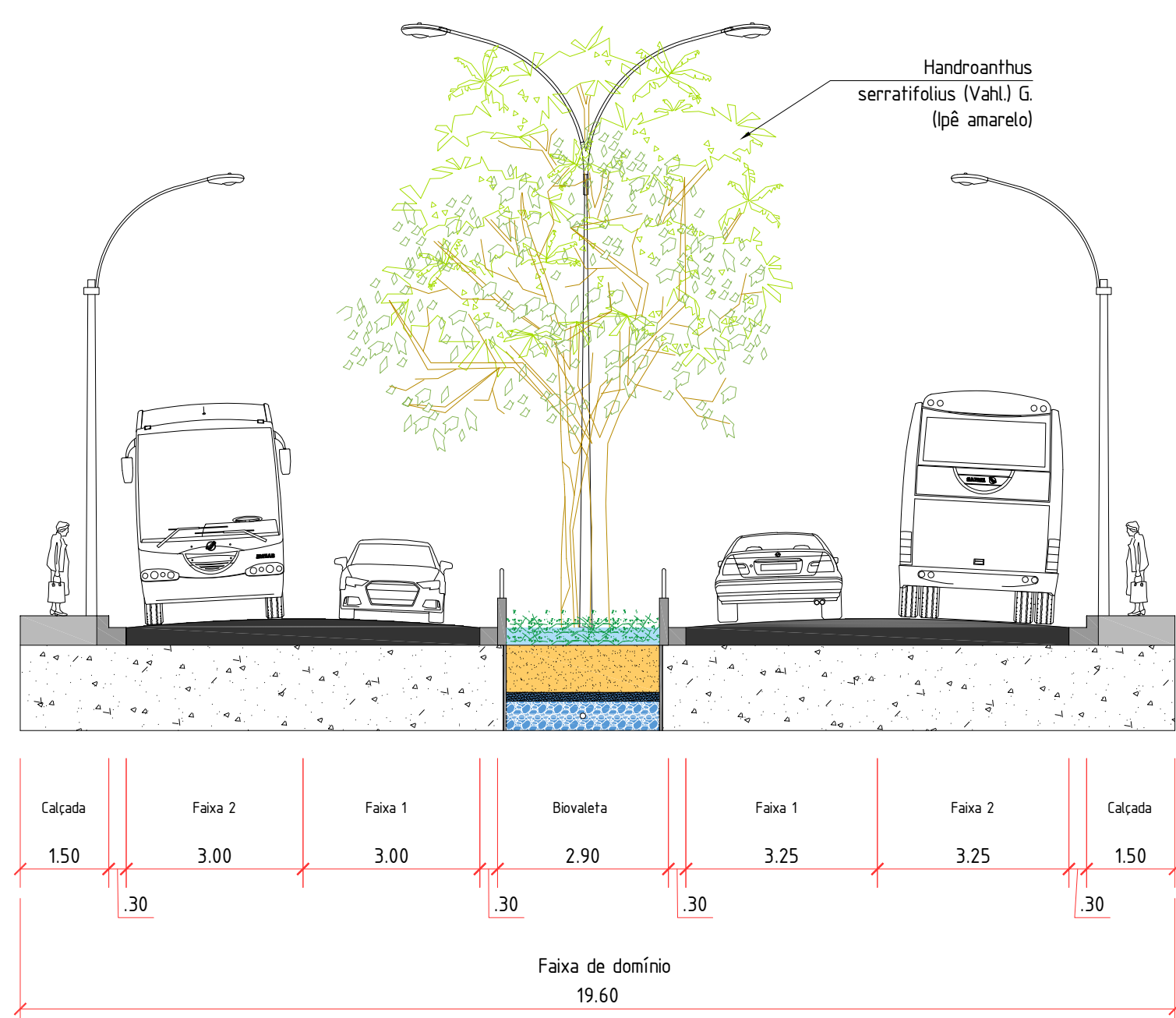
7 PLANTA BAIXA - Tipologia 4
ESCALA 1:25



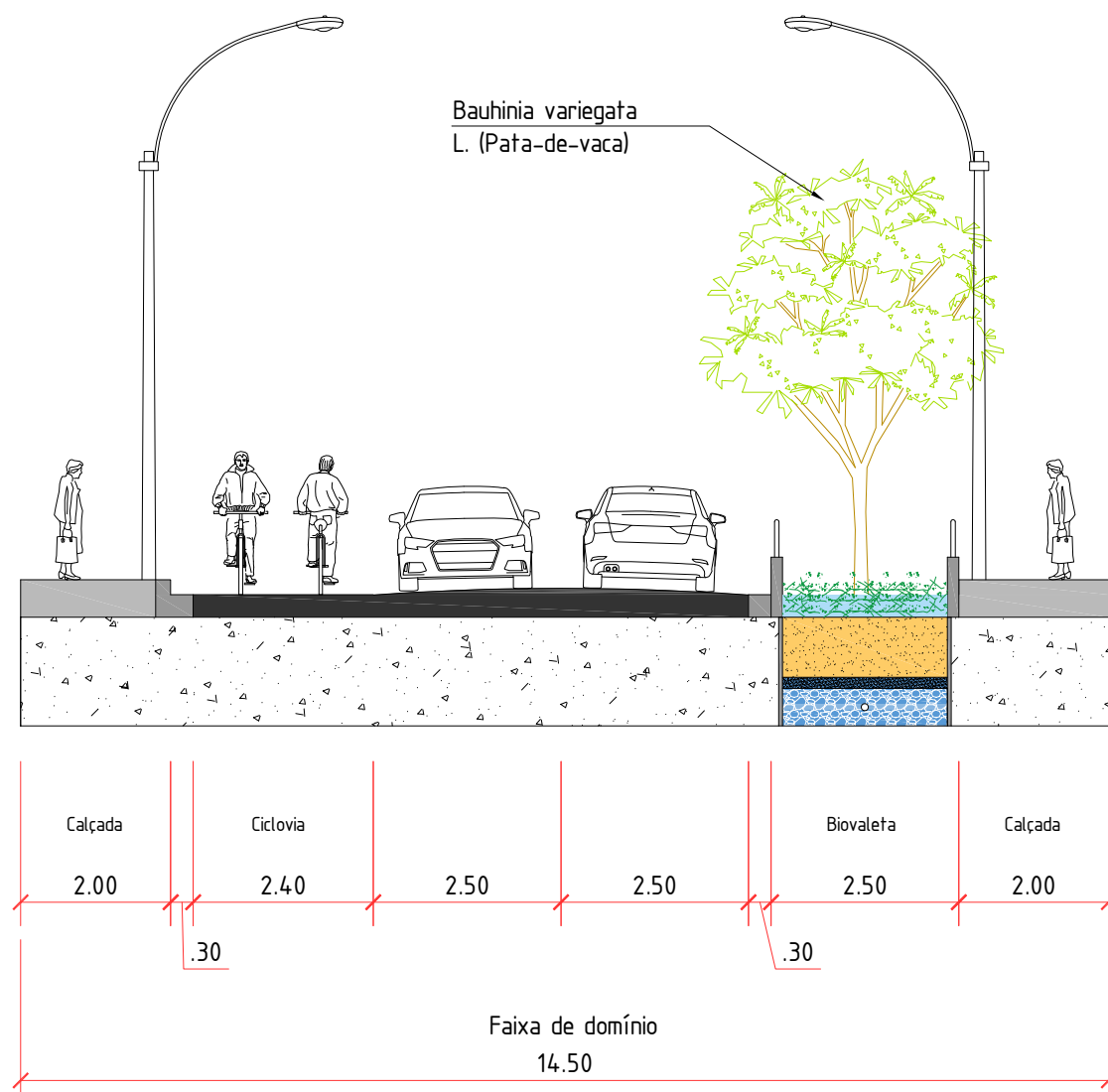
8 PLANTA BAIXA - Tipologia 5
ESCALA 1:25



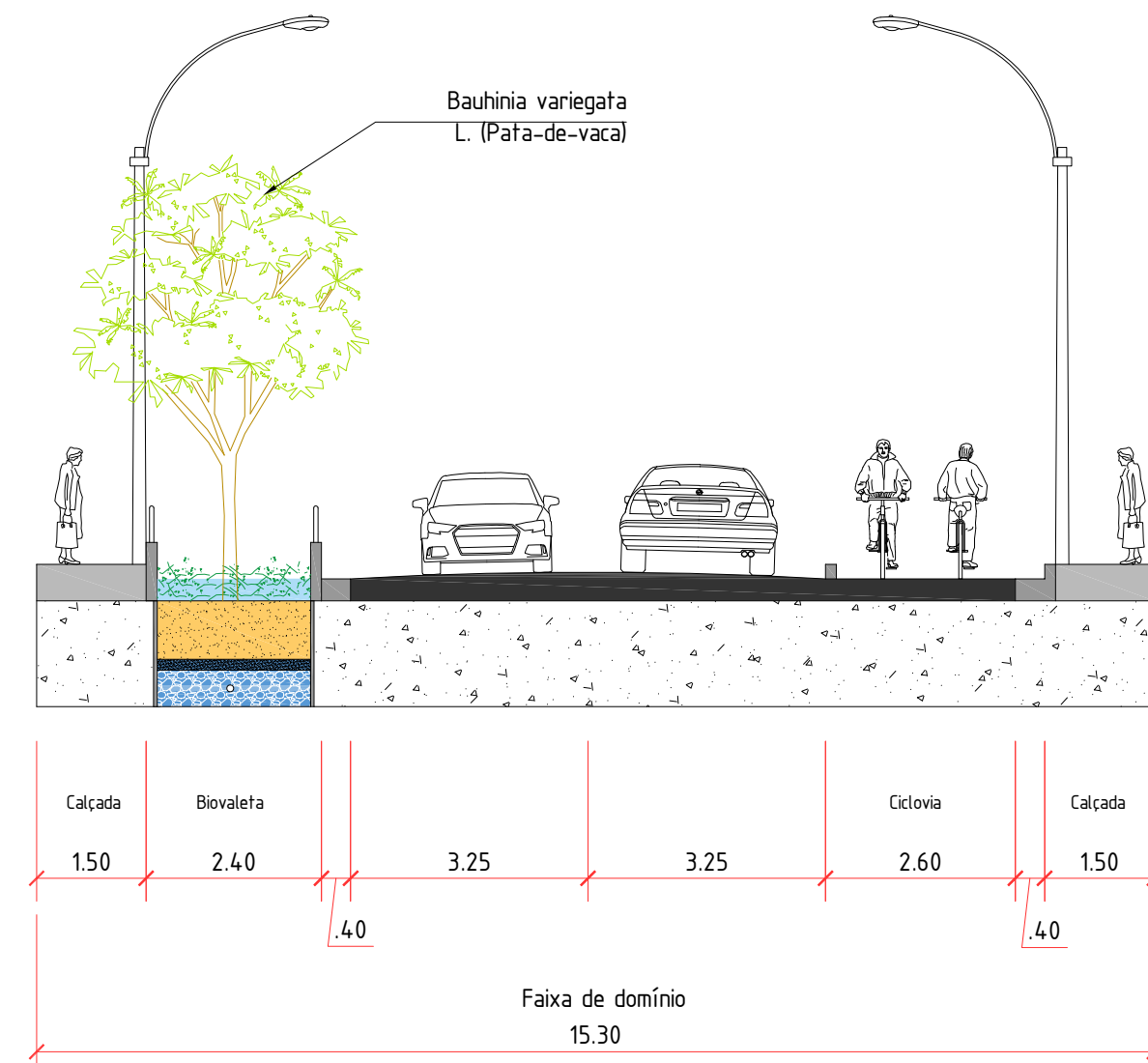
9 PLANTA BAIXA - Tipologia 6
ESCALA 1:25



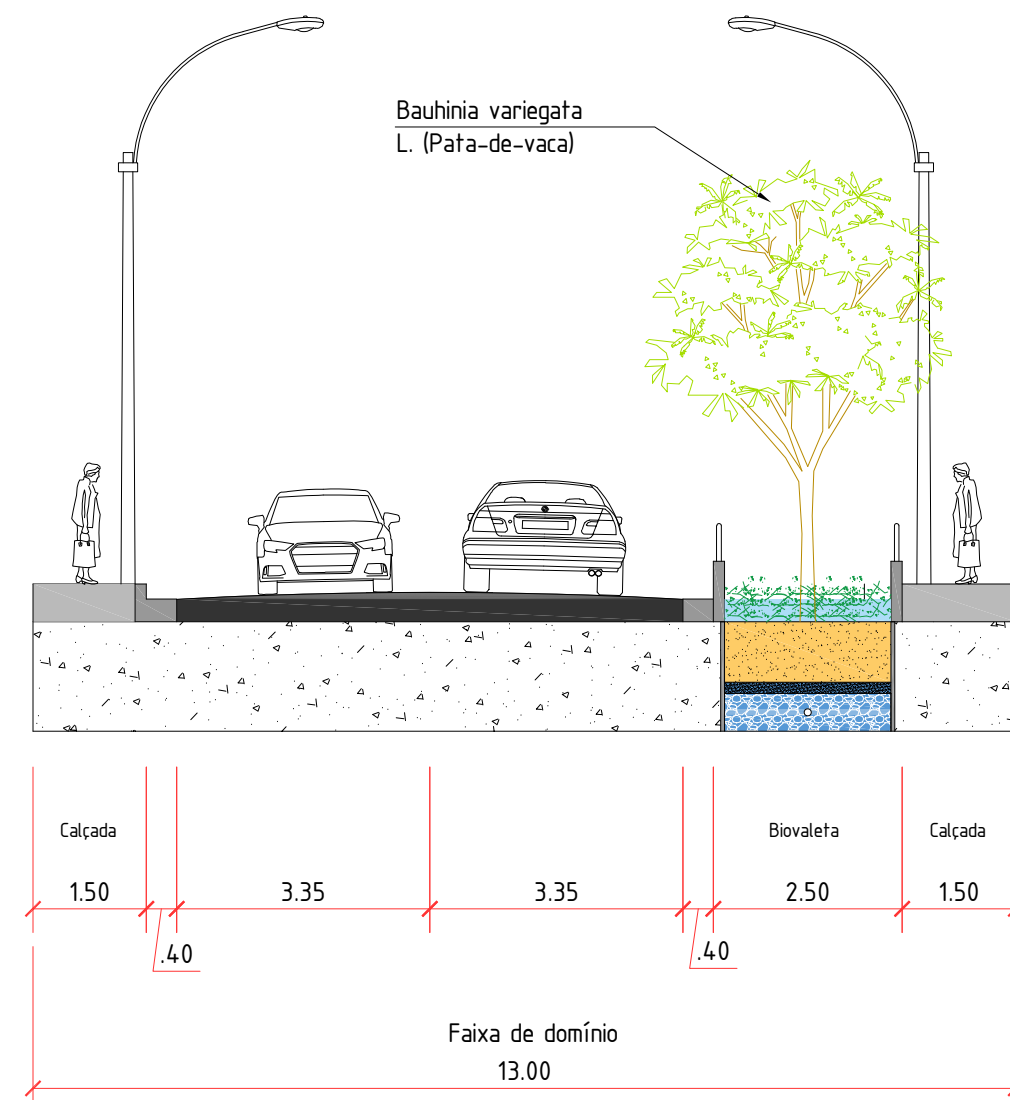
17 CORTE A-A - Tipologia 7
ESCALA 1:25



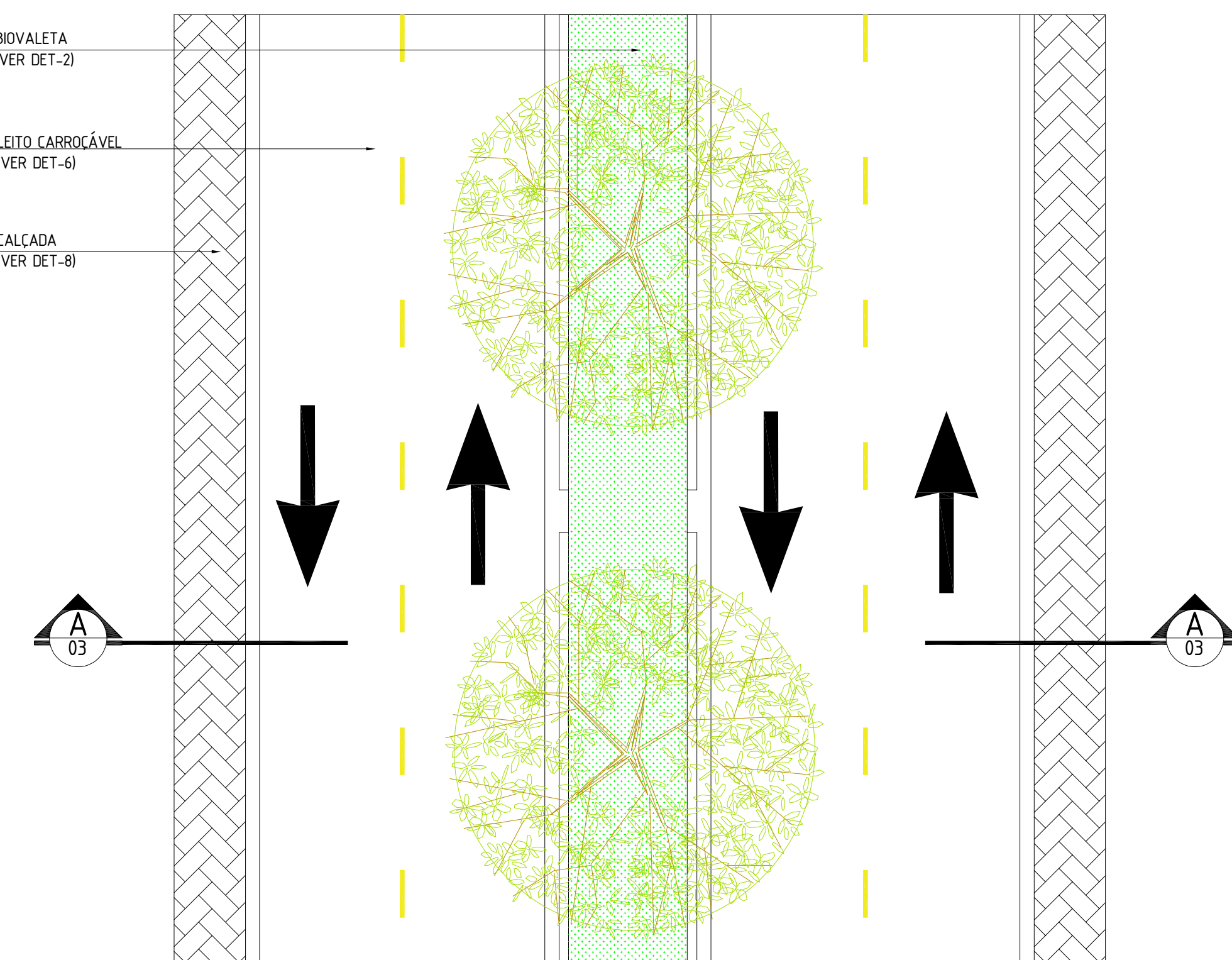
18 CORTE B-B - Tipologia 8
ESCALA 1:25



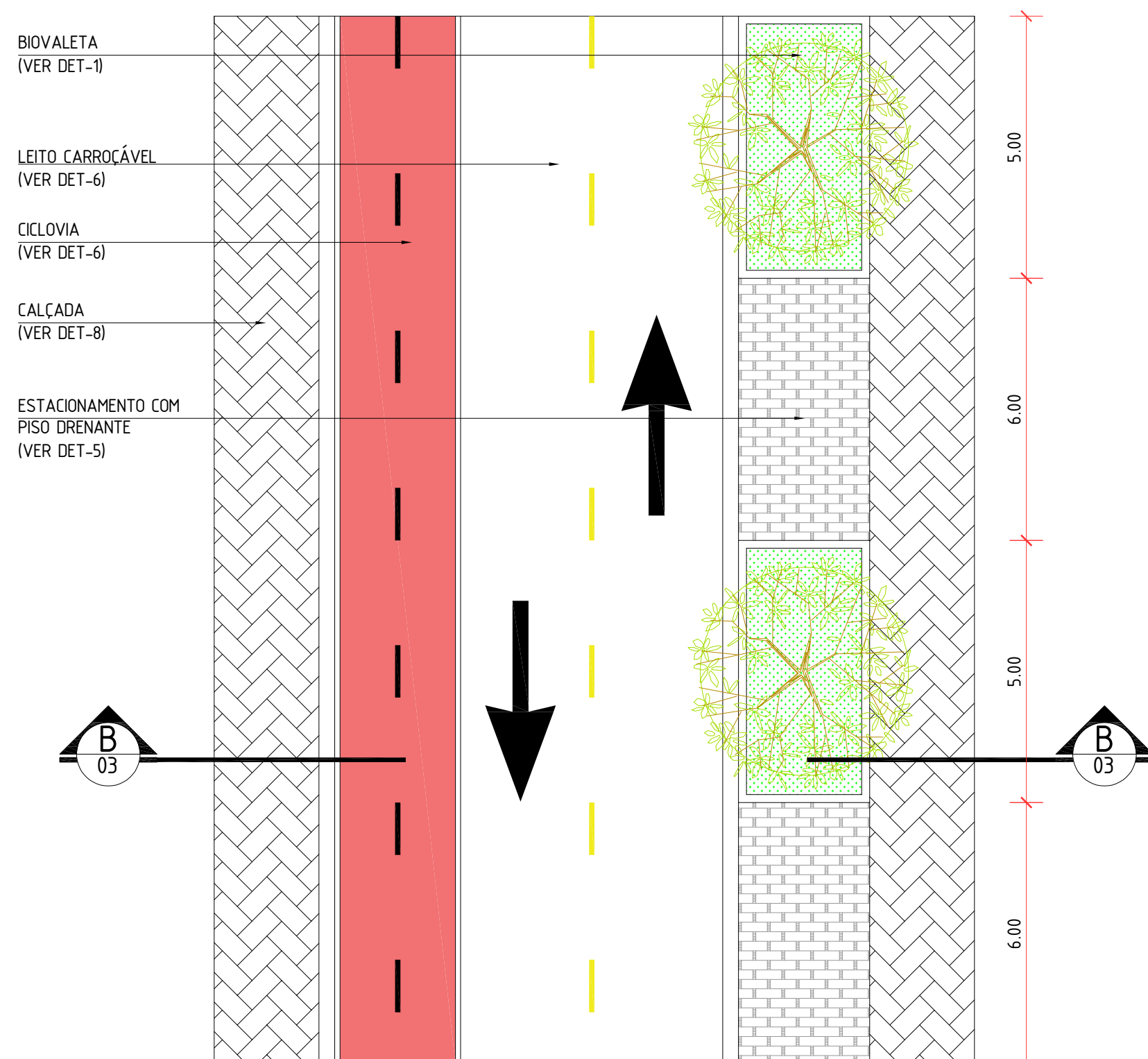
19 CORTE C-C - Tipologia 9
ESCALA 1:25



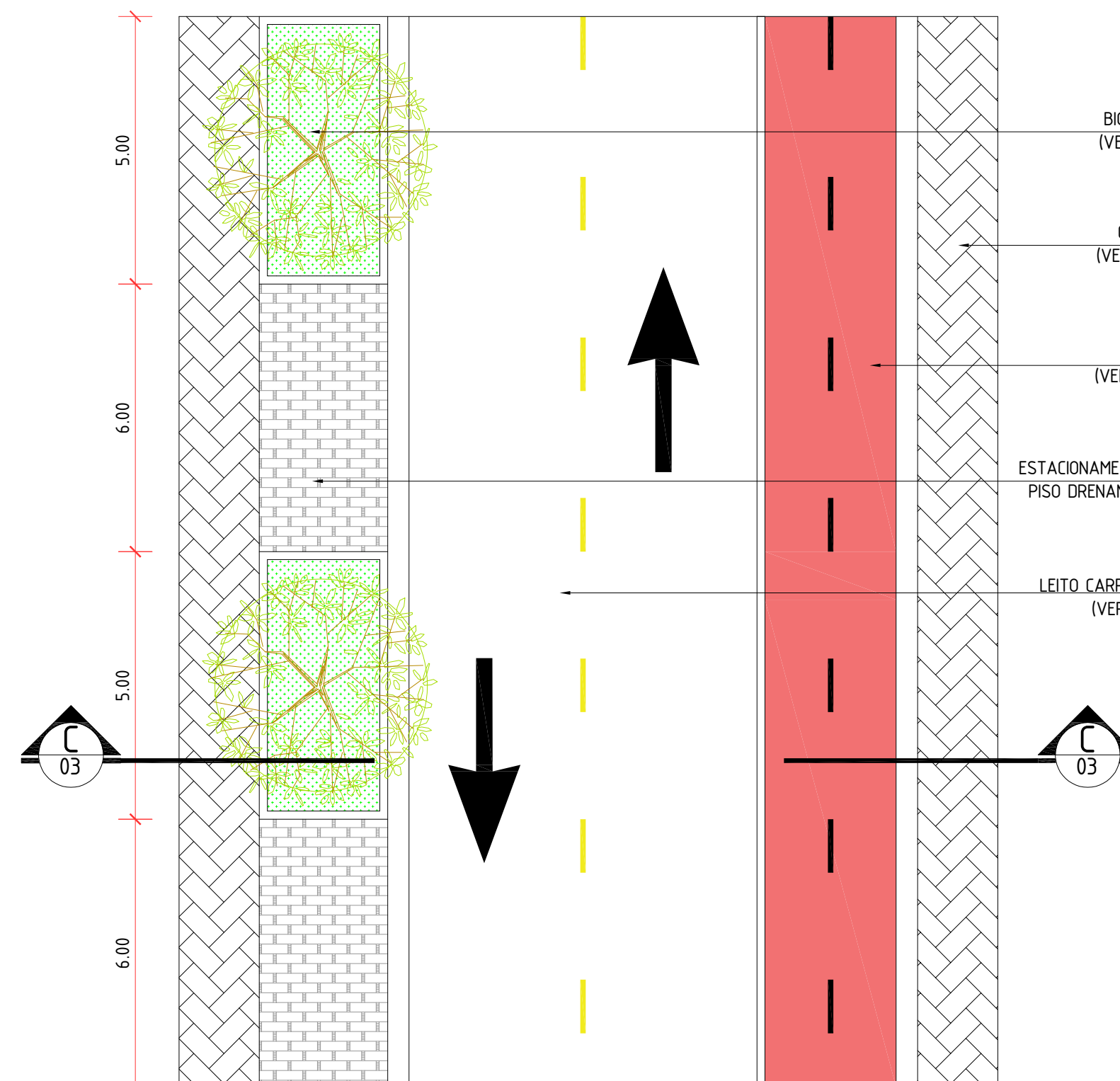
20 CORTE D-D - Tipologia 10
ESCALA 1:25



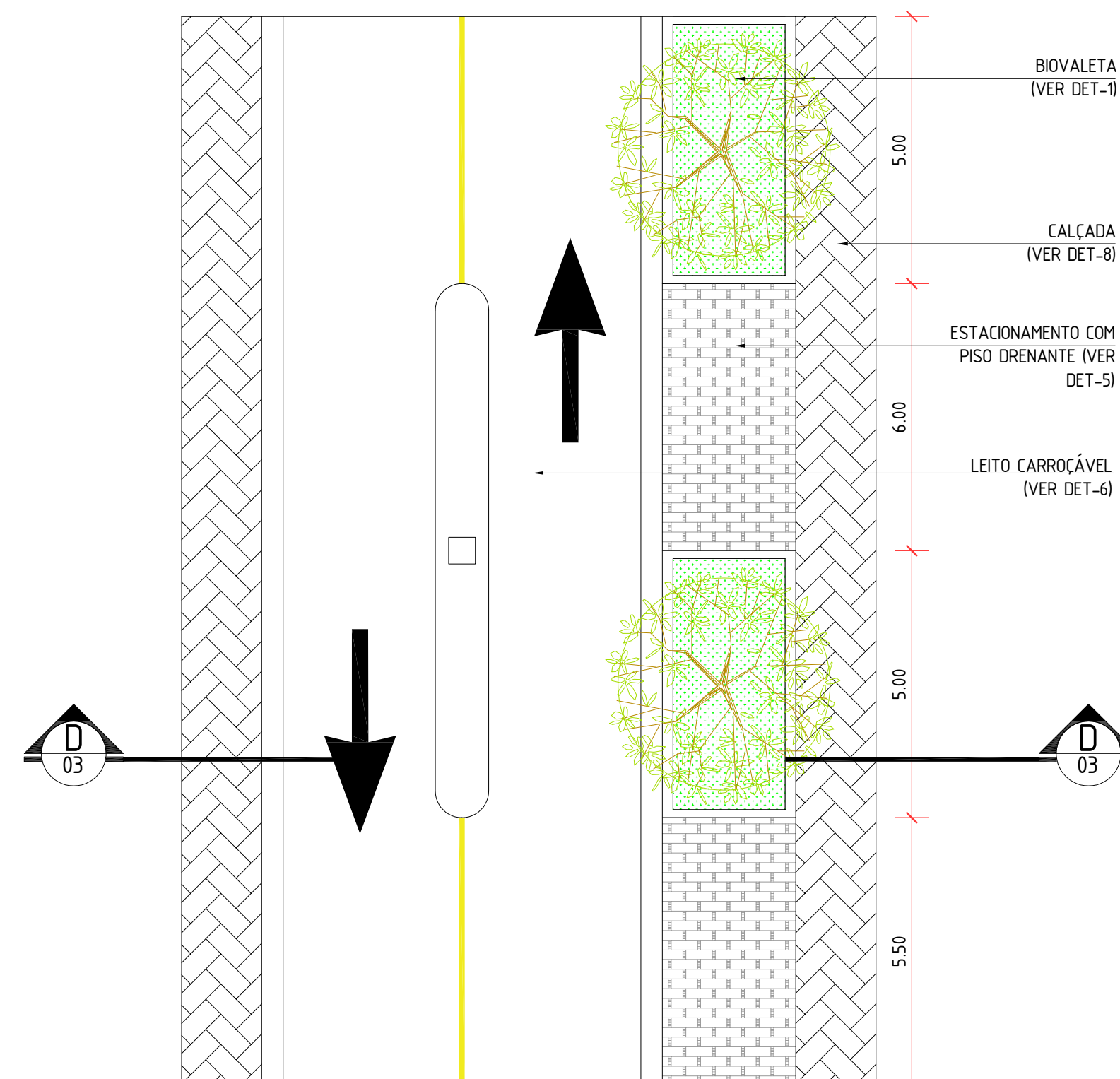
13 PLANTA BAIXA - Tipologia 7
ESCALA 1:25



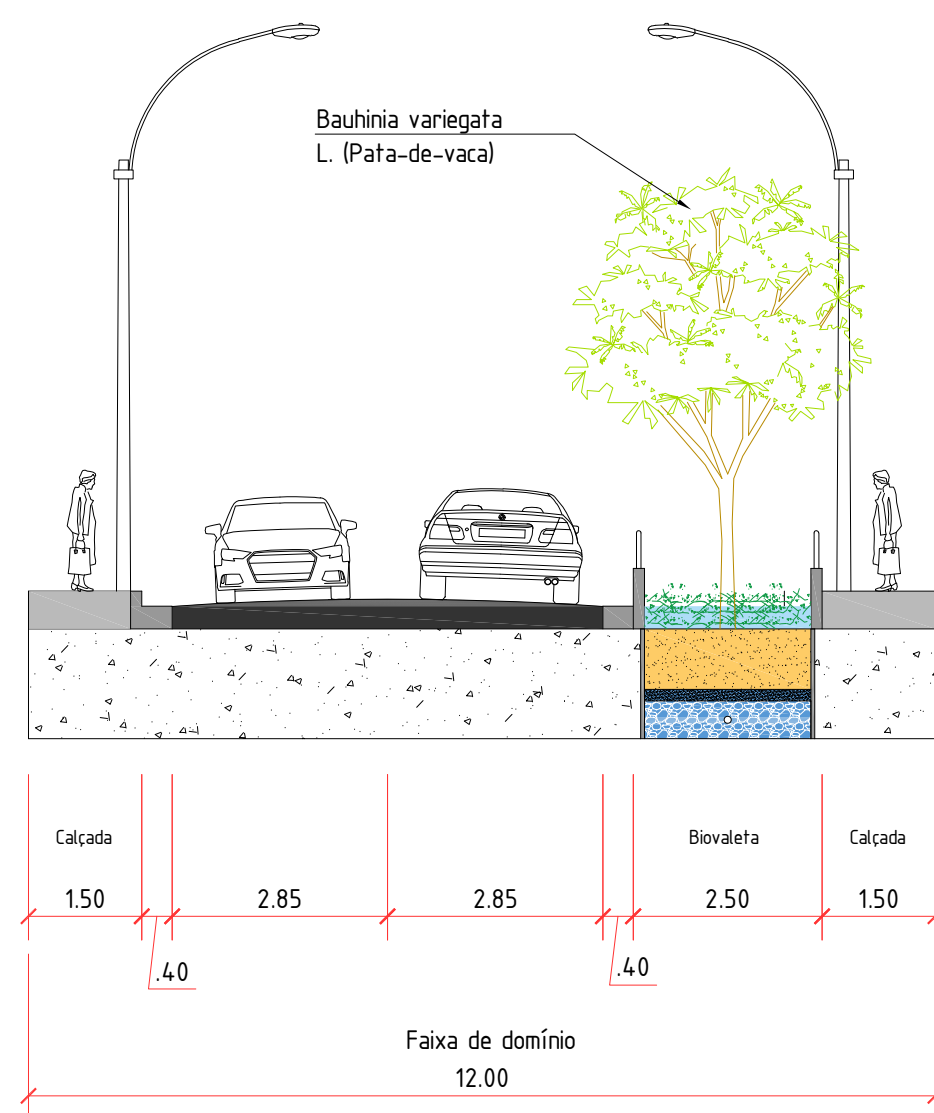
14 PLANTA BAIXA - Tipologia 8
ESCALA 1:25



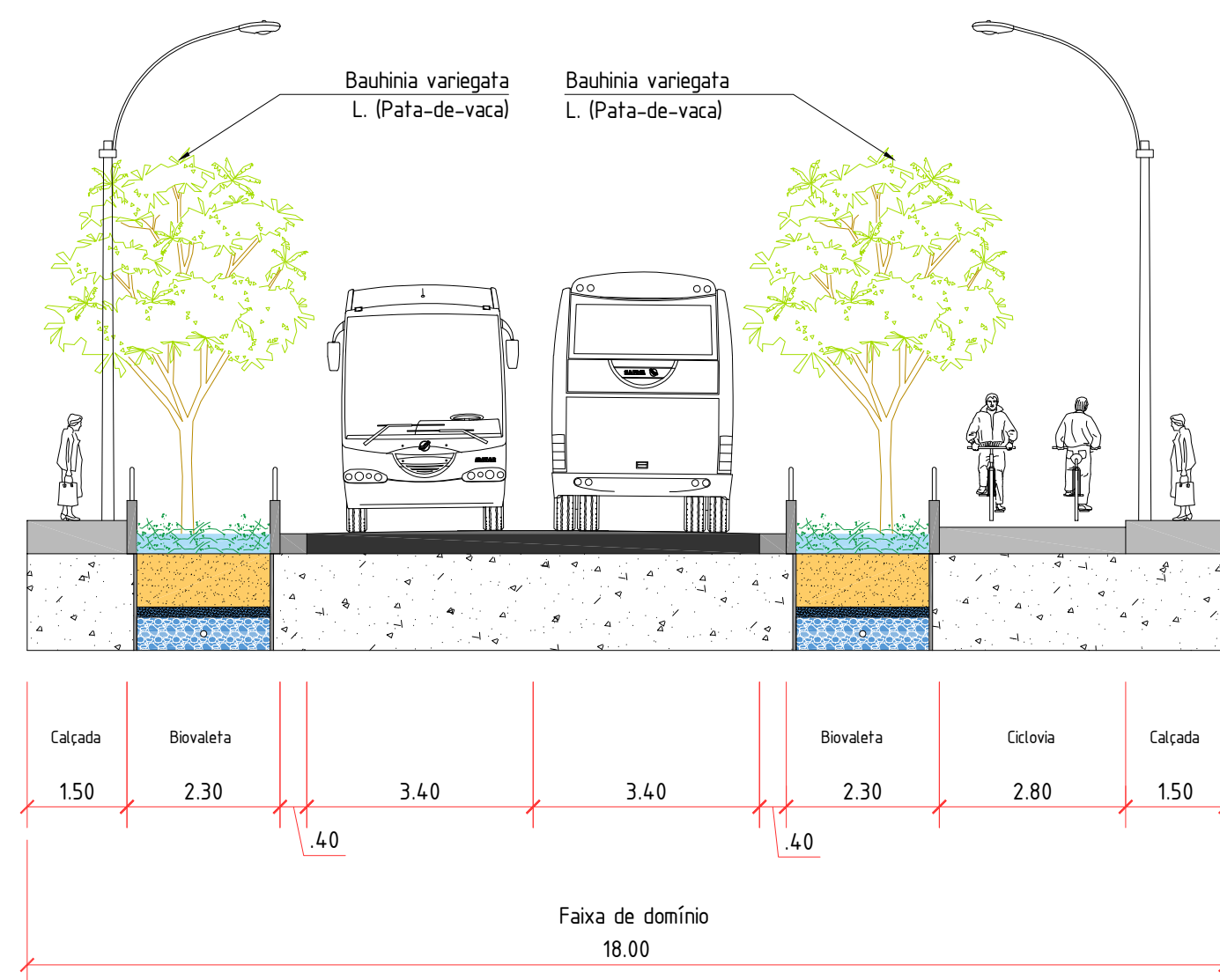
15 PLANTA BAIXA - Tipologia 9
ESCALA 1:25



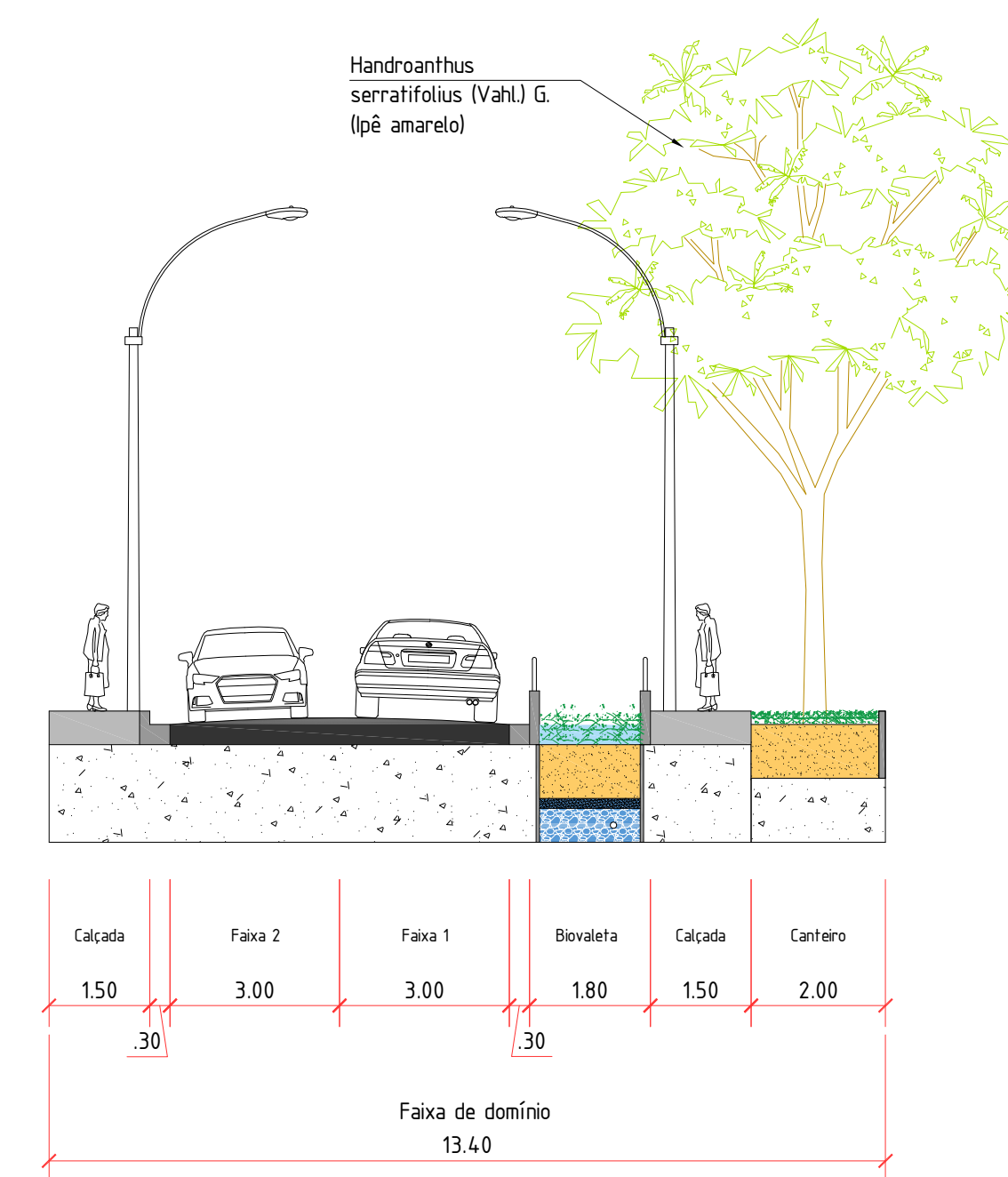
16 PLANTA BAIXA - Tipologia 10
ESCALA 1:25



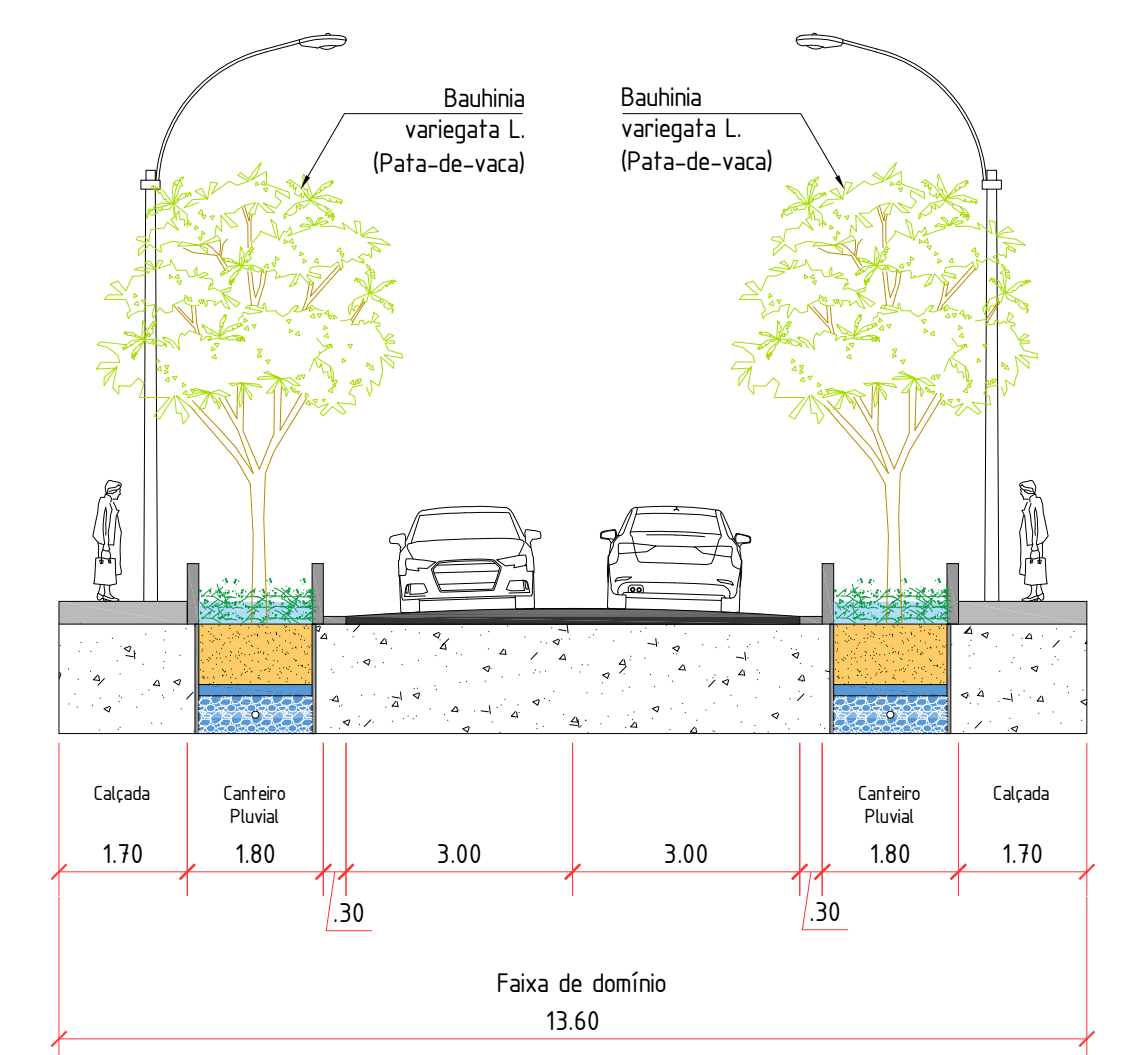
25 CORTE A-A - Tipologia 11
ESCALA 1:125



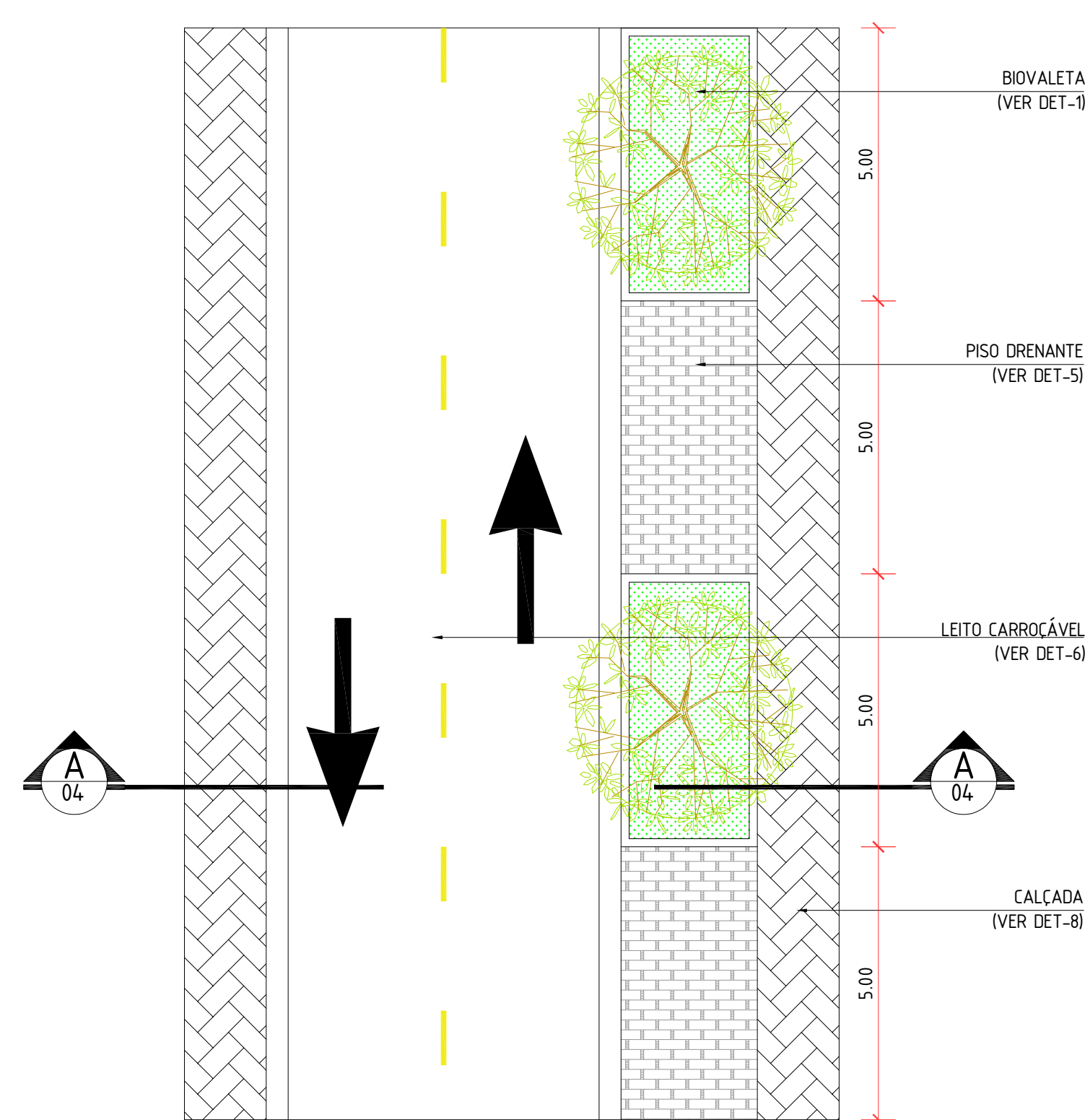
26 CORTE B-B - Tipologia 12
ESCALA 1:125



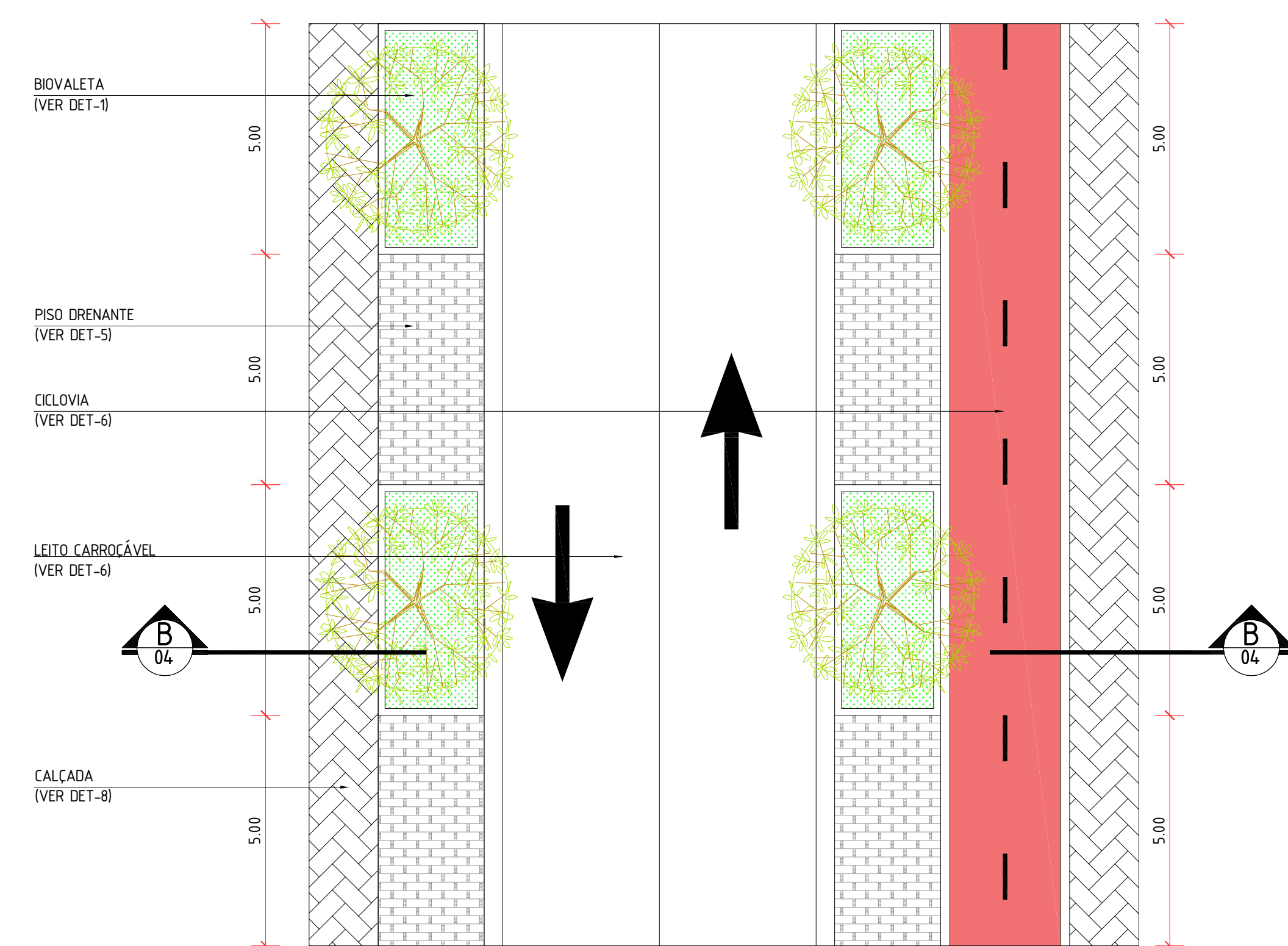
27 CORTE C-C - Tipologia 13
ESCALA 1:125



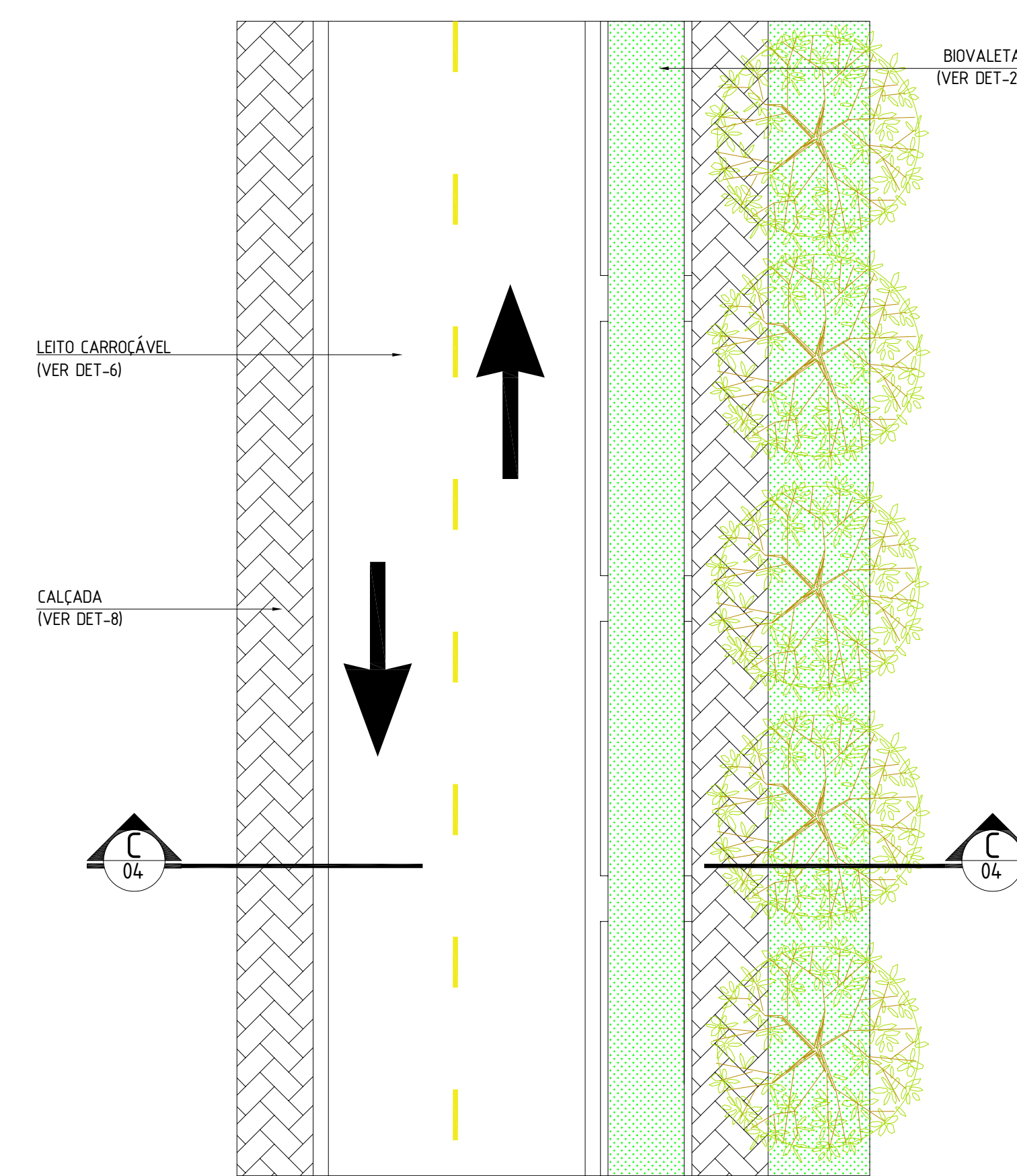
28 CORTE D-D - Tipologia 14
ESCALA 1:125



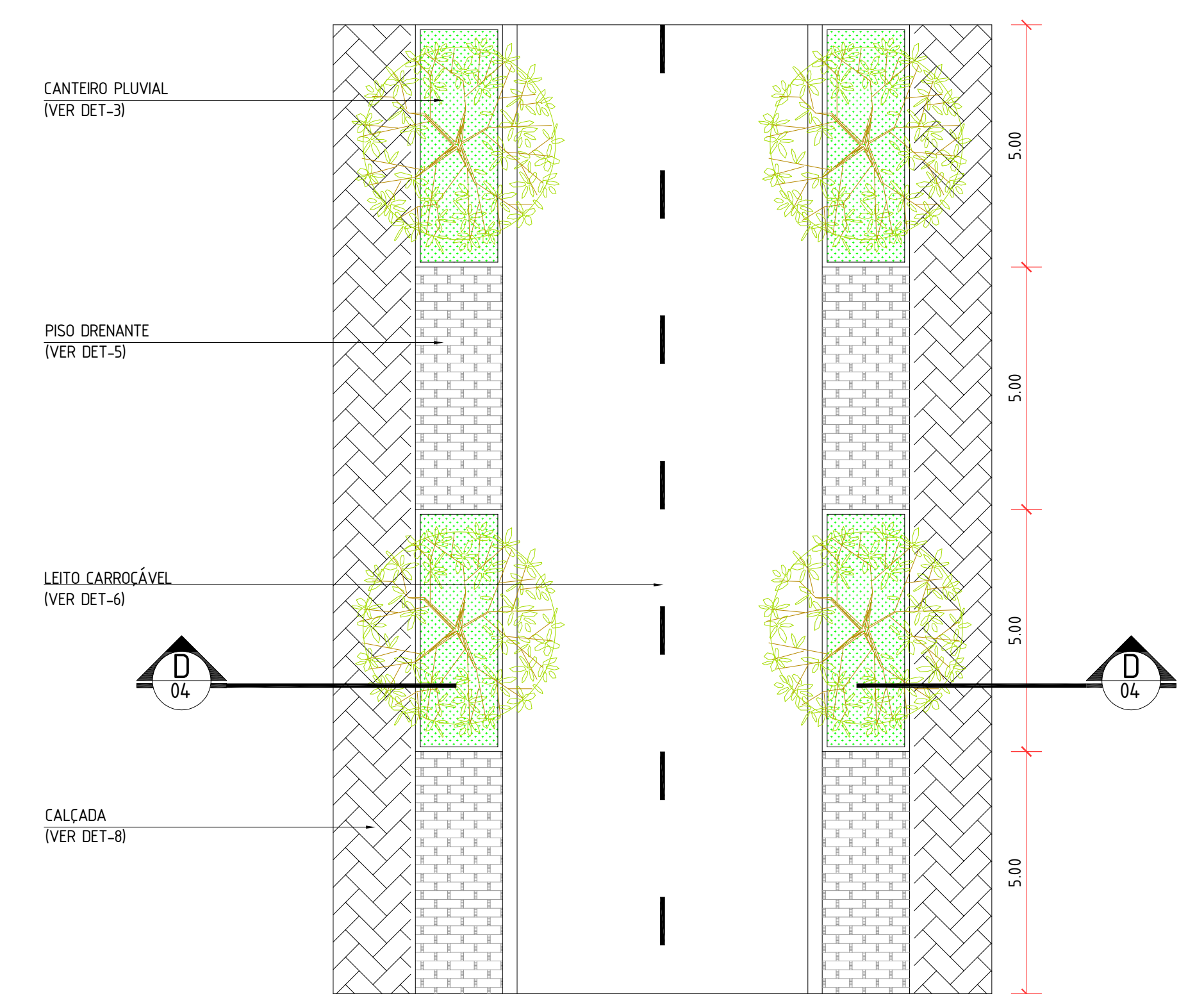
21 PLANTA BAIXA - Tipologia 11
ESCALA 1:125



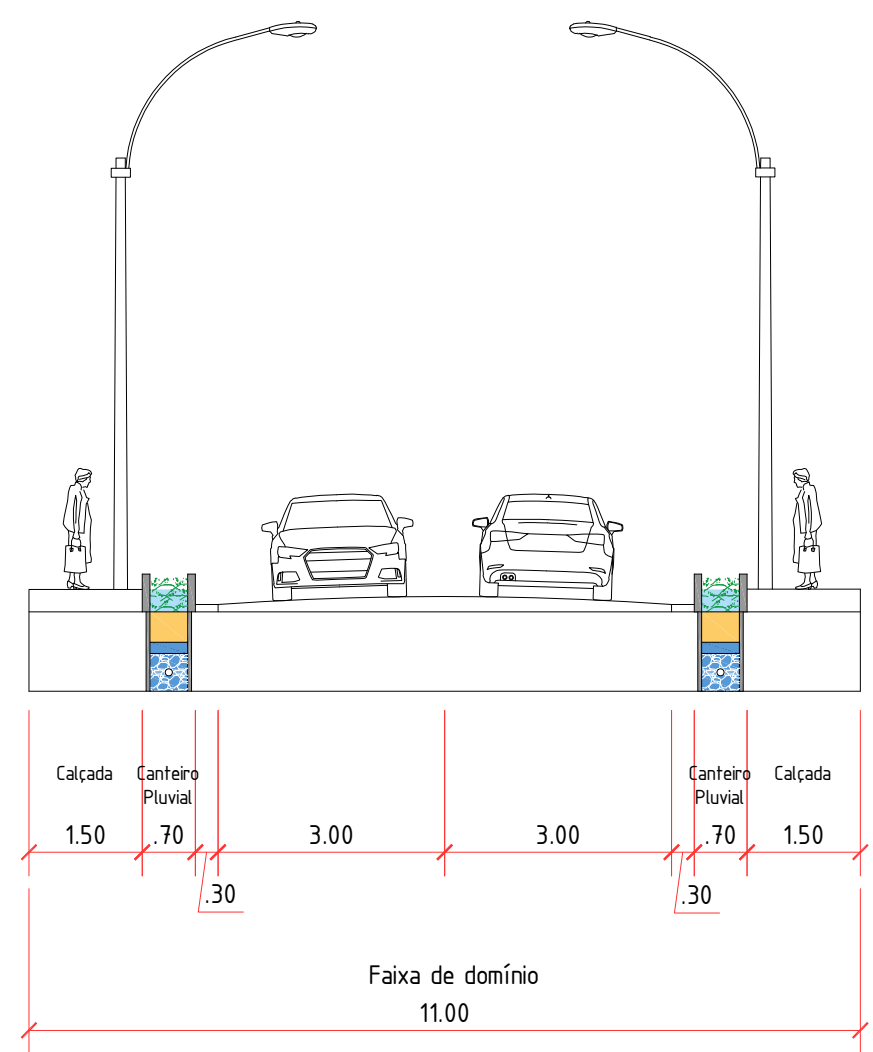
22 PLANTA BAIXA - Tipologia 12
ESCALA 1:125



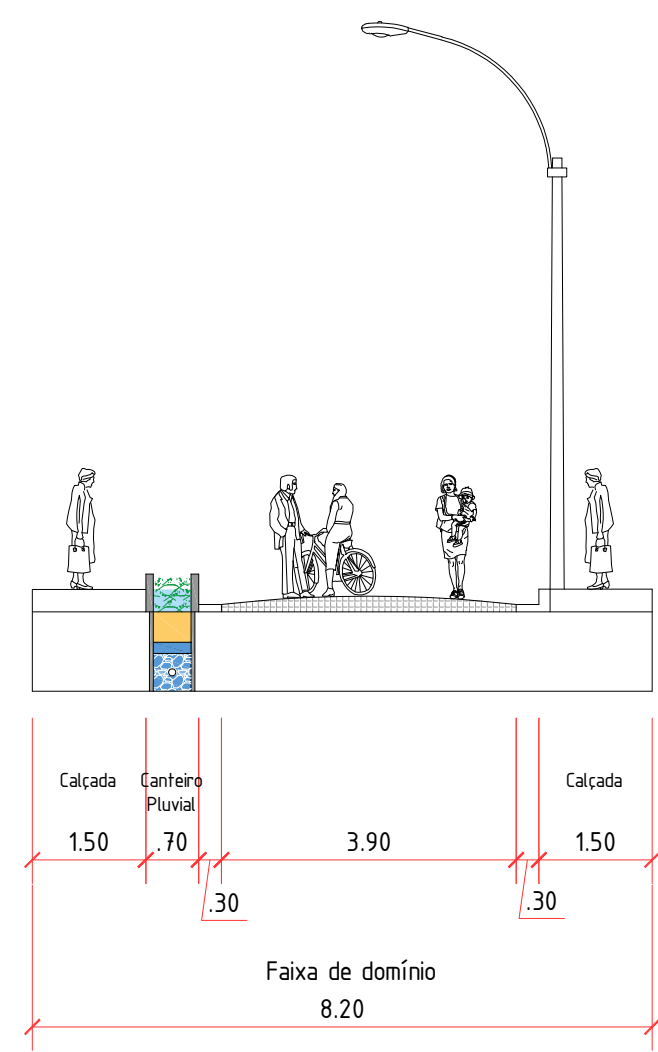
23 PLANTA BAIXA - Tipologia 13
ESCALA 1:125



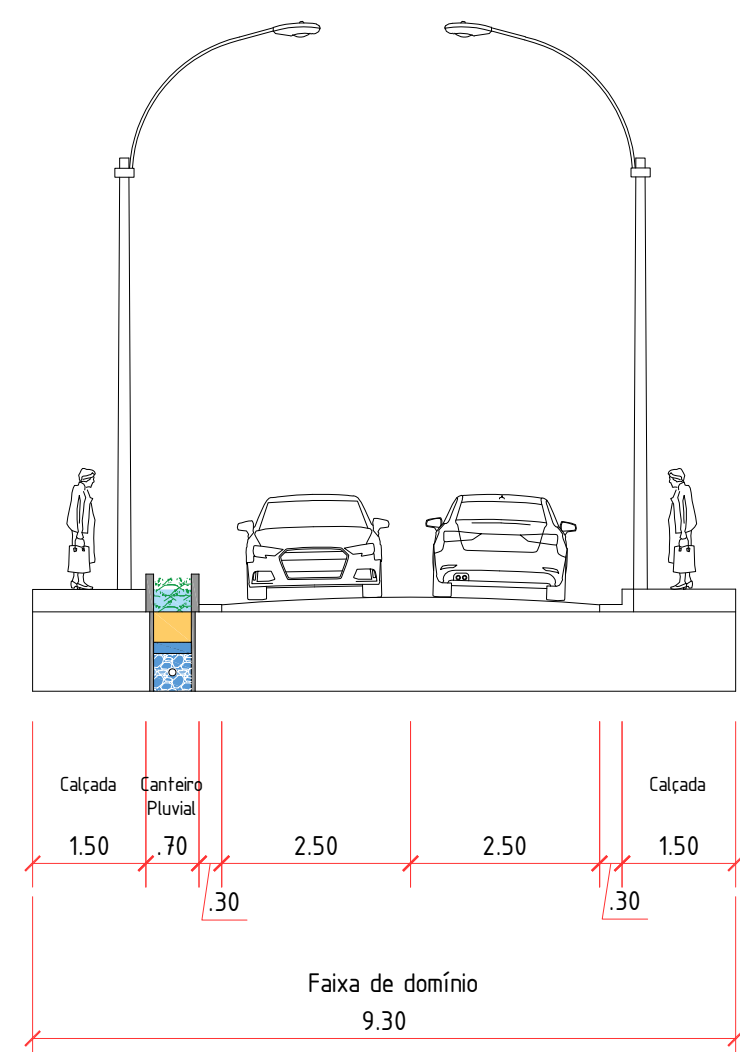
24 PLANTA BAIXA - Tipologia 14
ESCALA 1:125



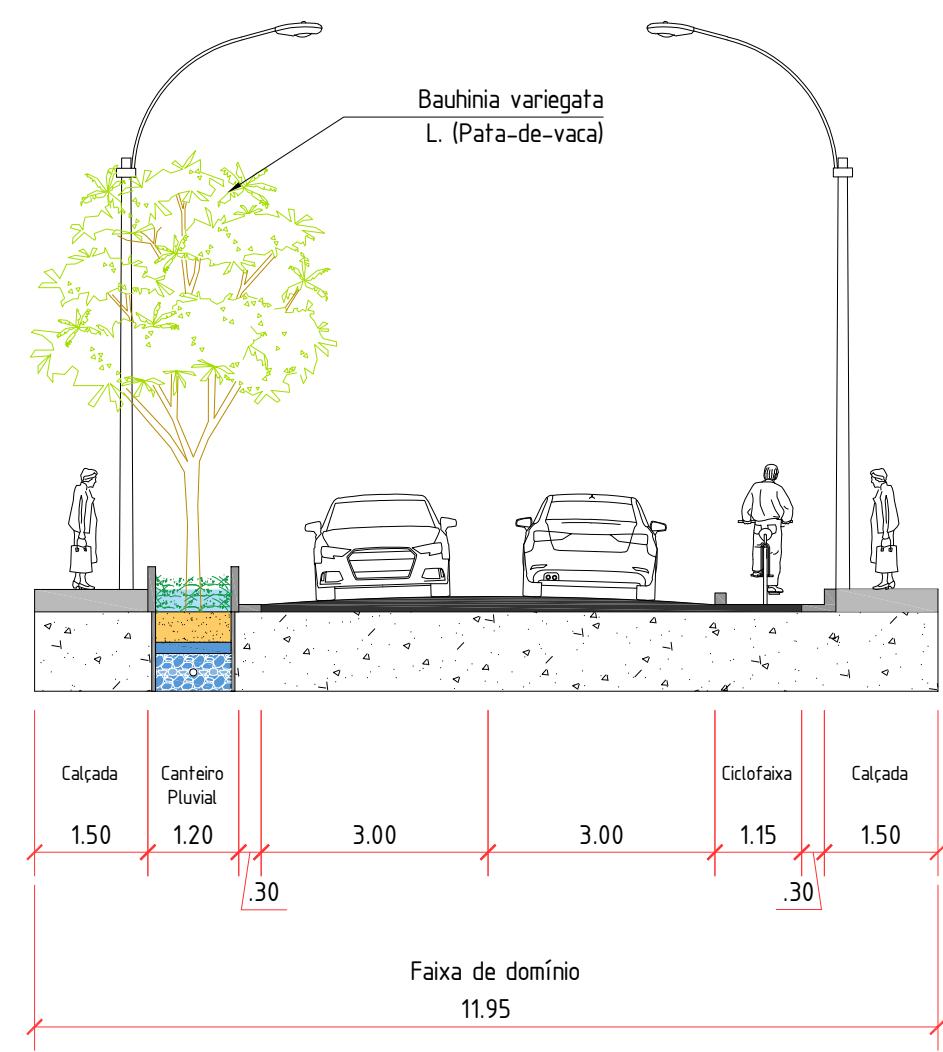
33 CORTE A-A - Tipologia 15
ESCALA 1:125



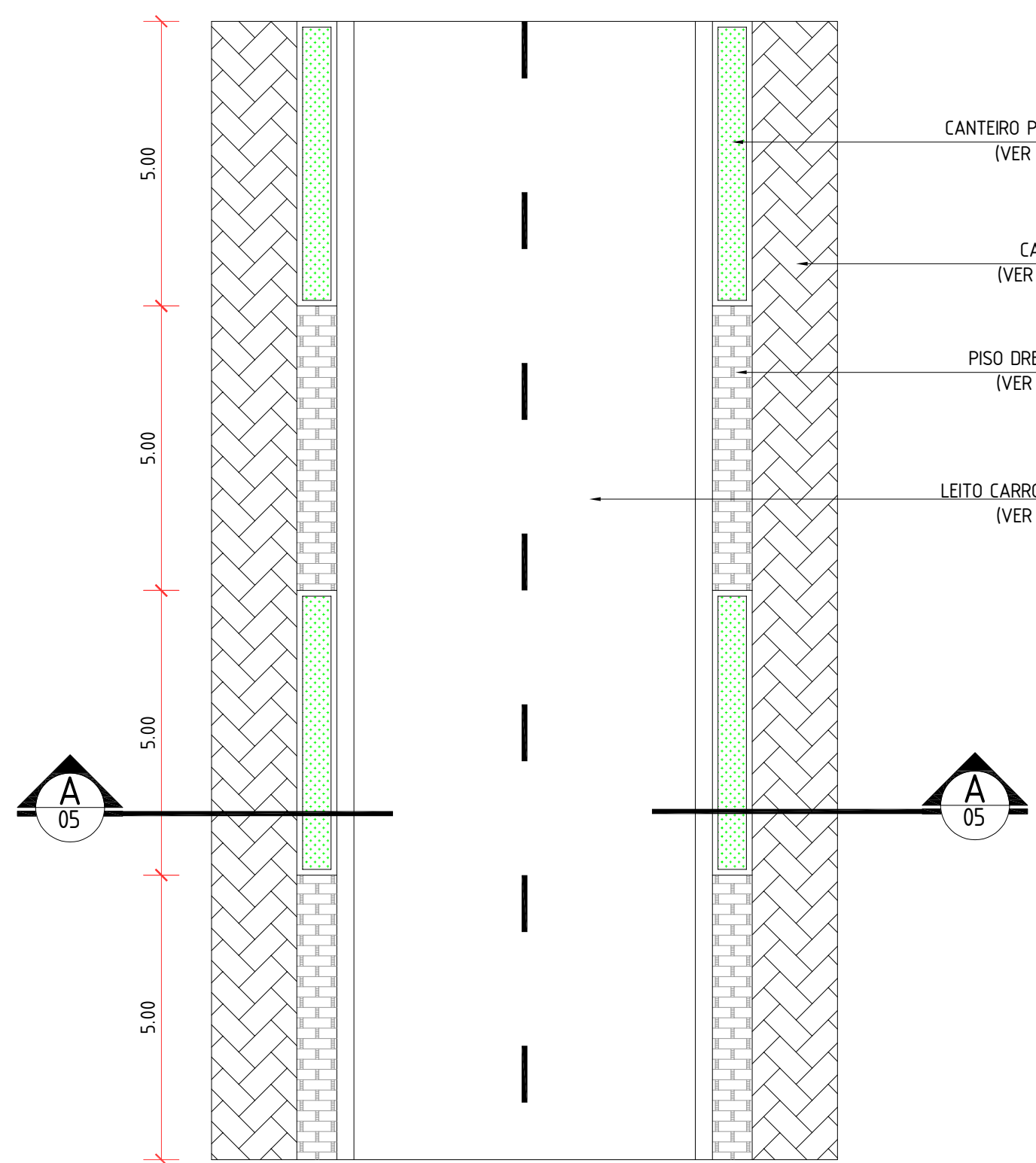
34 CORTE B-B - Tipologia 16
ESCALA 1:125



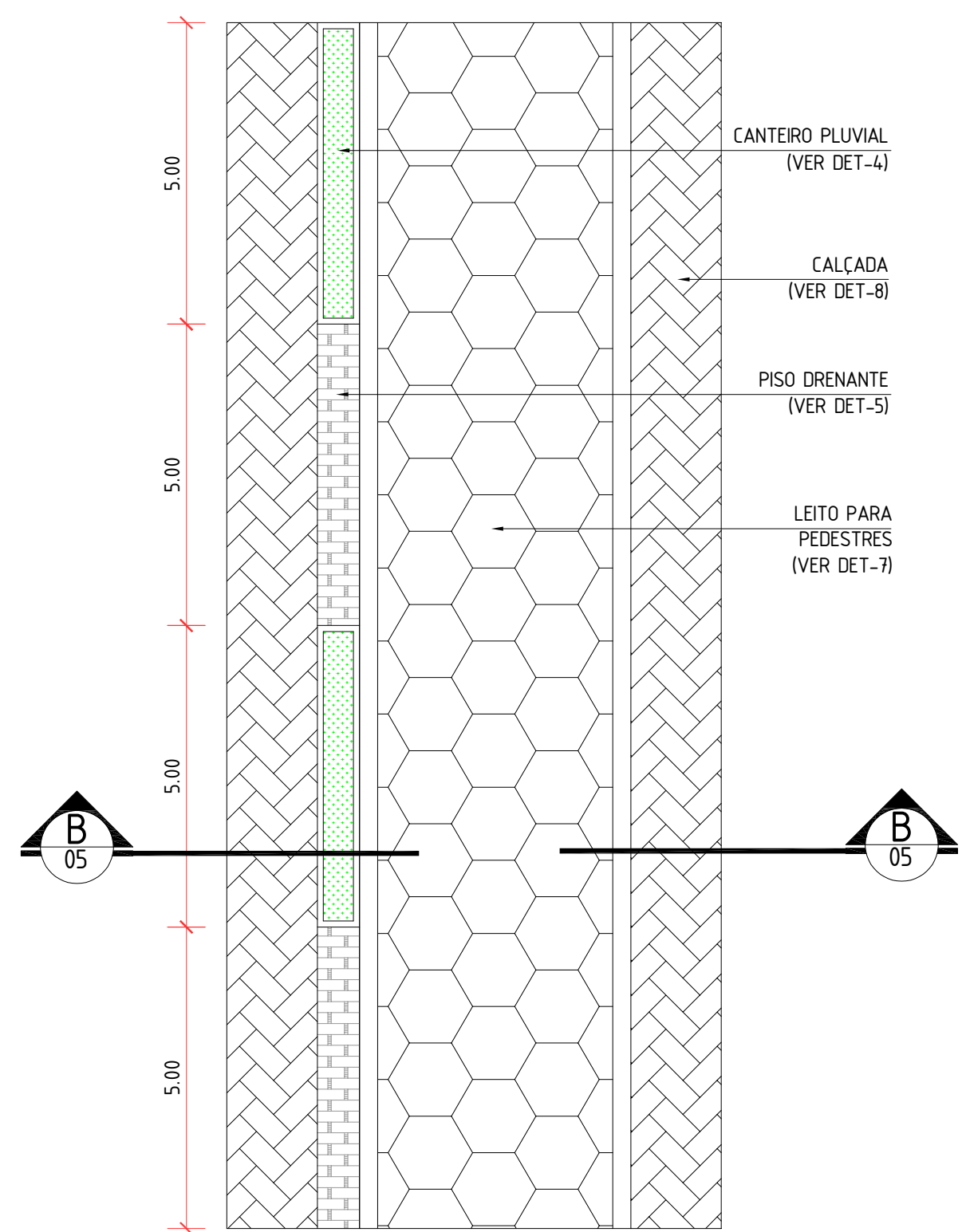
35 CORTE C-C - Tipologia 17
ESCALA 1:125



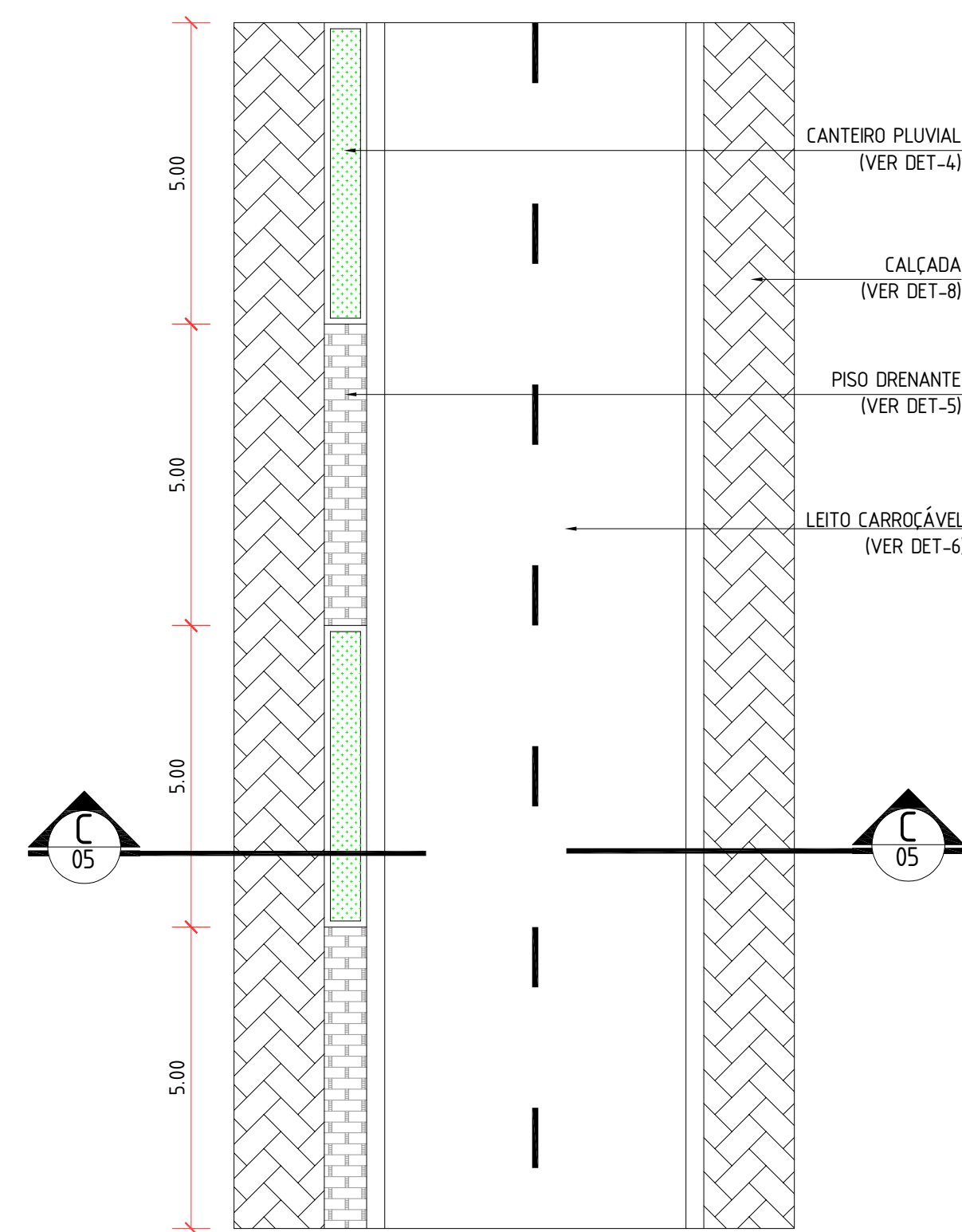
36 CORTE D-D - Tipologia 18
ESCALA 1:125



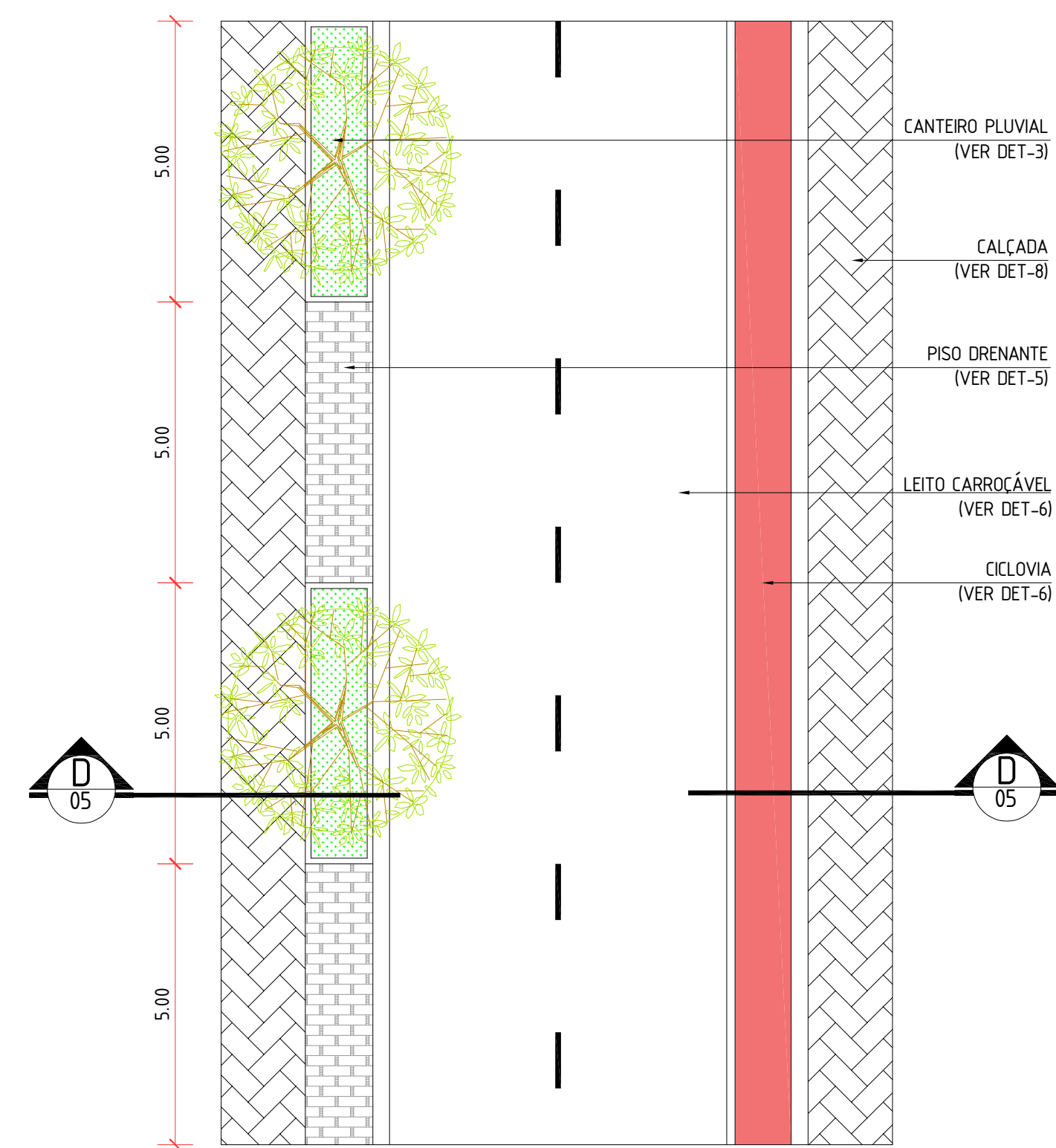
29 PLANTA BAIXA - Tipologia 15
ESCALA 1:125



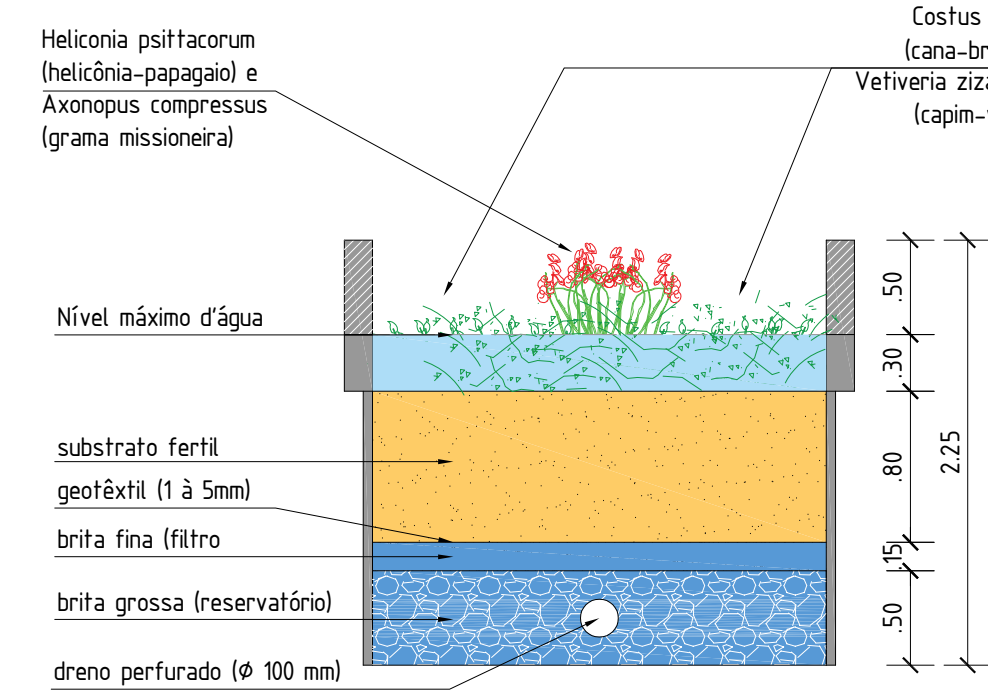
30 PLANTA BAIXA - Tipologia 16 (FCU)
ESCALA 1:125



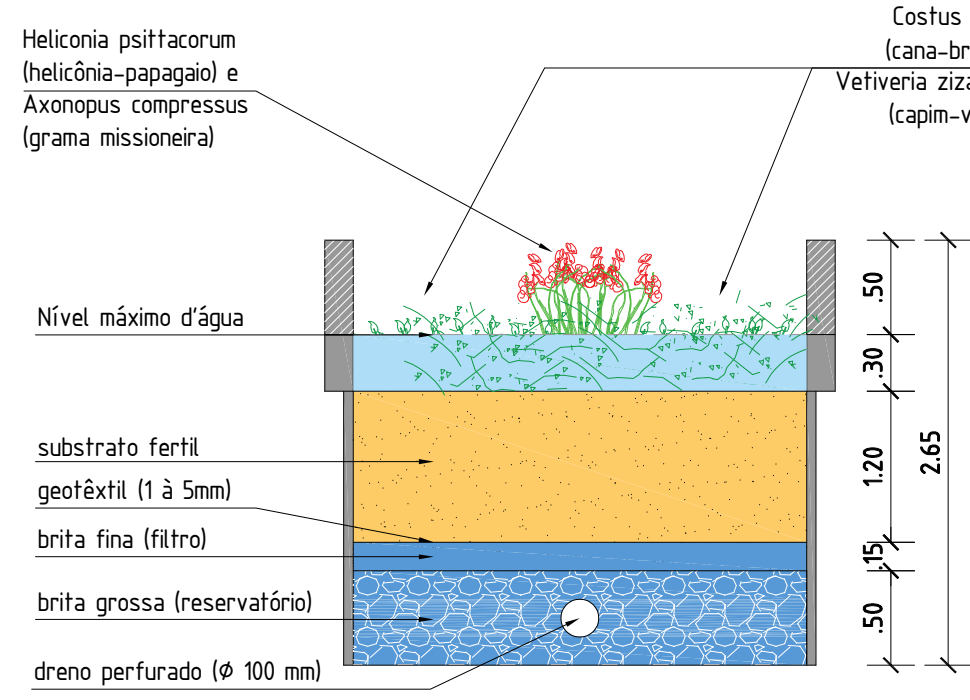
31 PLANTA BAIXA - Tipologia 17 (FCU)
ESCALA 1:125



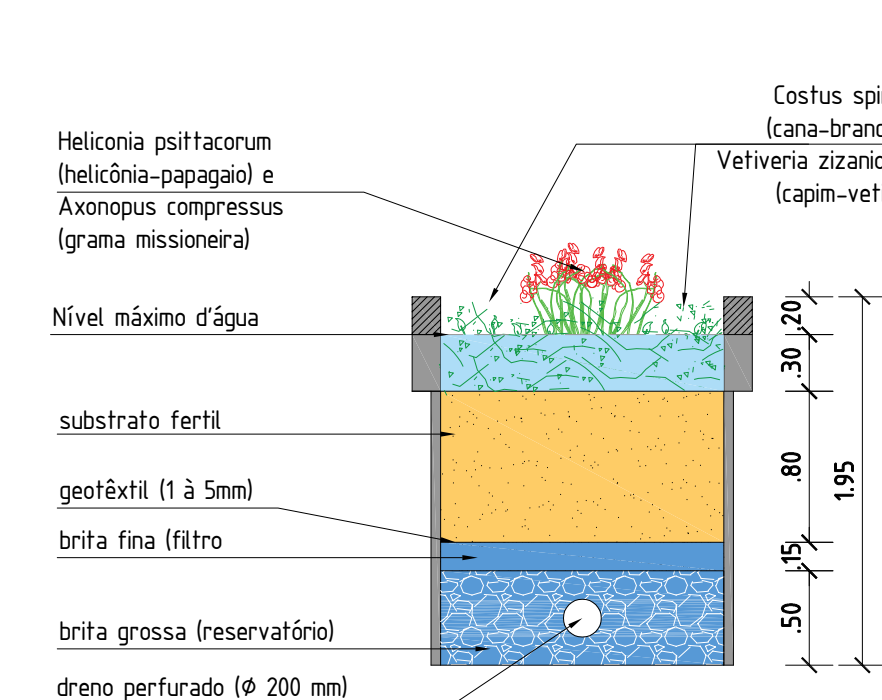
32 PLANTA BAIXA - Tipologia 18
ESCALA 1:125



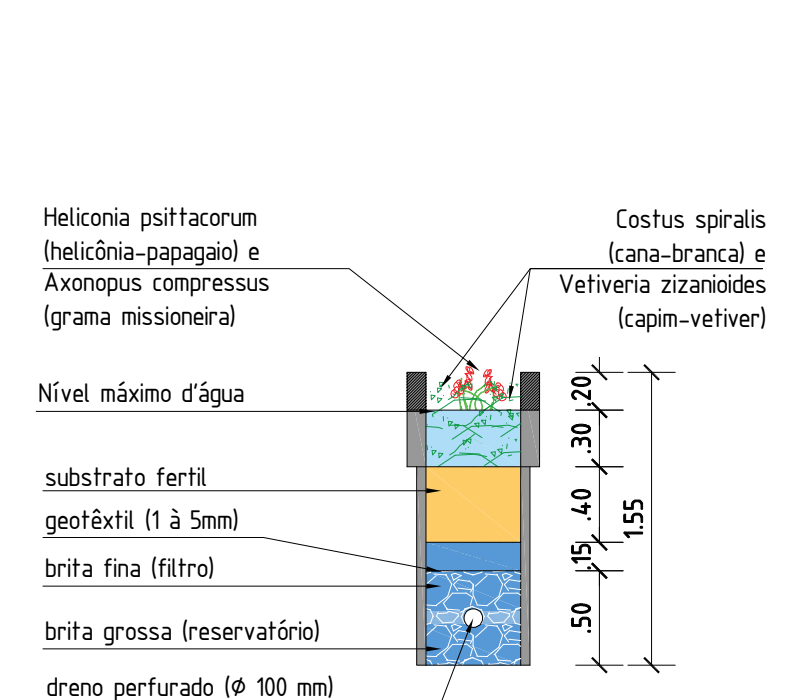
37 DET 01 - Biovaleta (tipo 1)
ESCALA 1:125



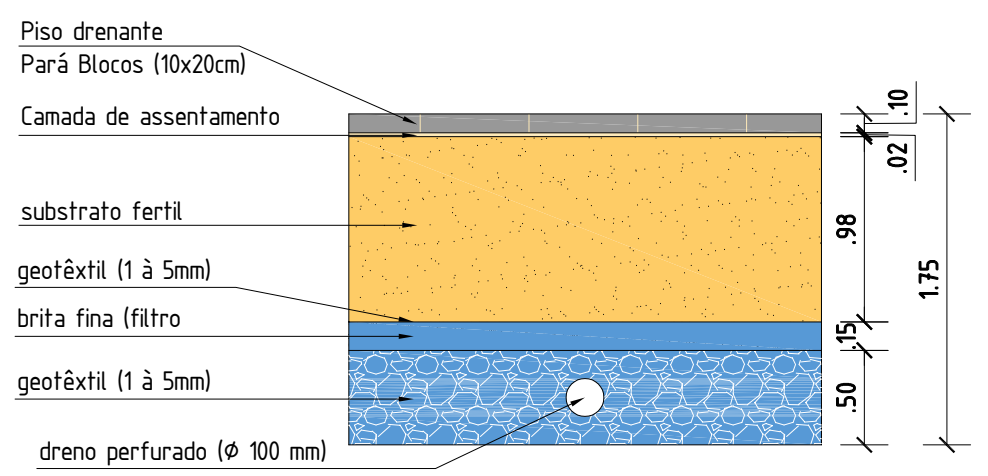
38 DET 02 - Biovaleta (tipo 2)
ESCALA 1:125



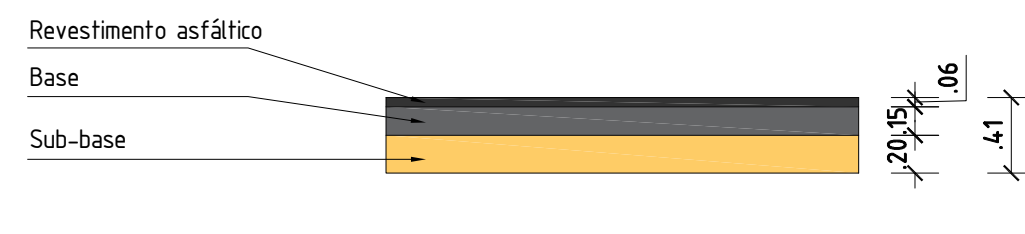
39 DET 03 - Canteiro Pluvial (com árvore)
ESCALA 1:125



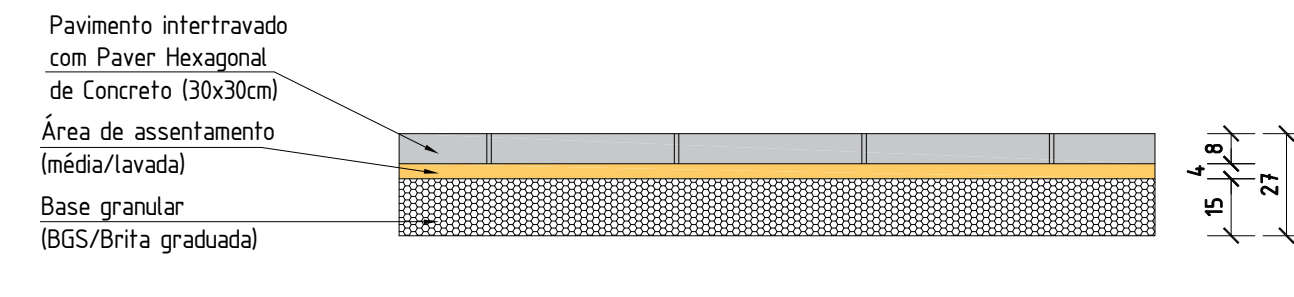
40 DET 04 - Canteiro Pluvial (sem árvore)
ESCALA 1:125



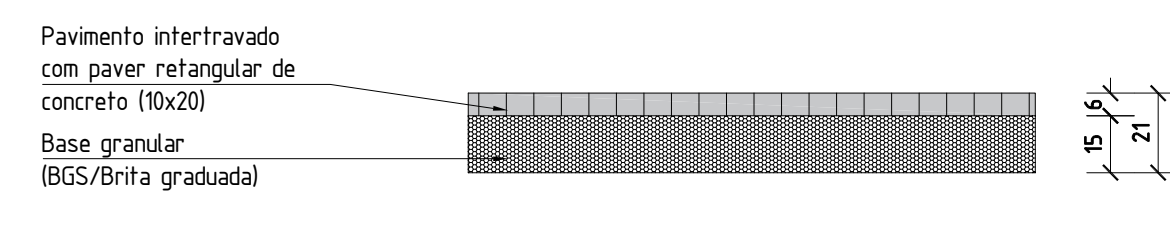
41 DET 05 - Piso drenante
ESCALA 1:125



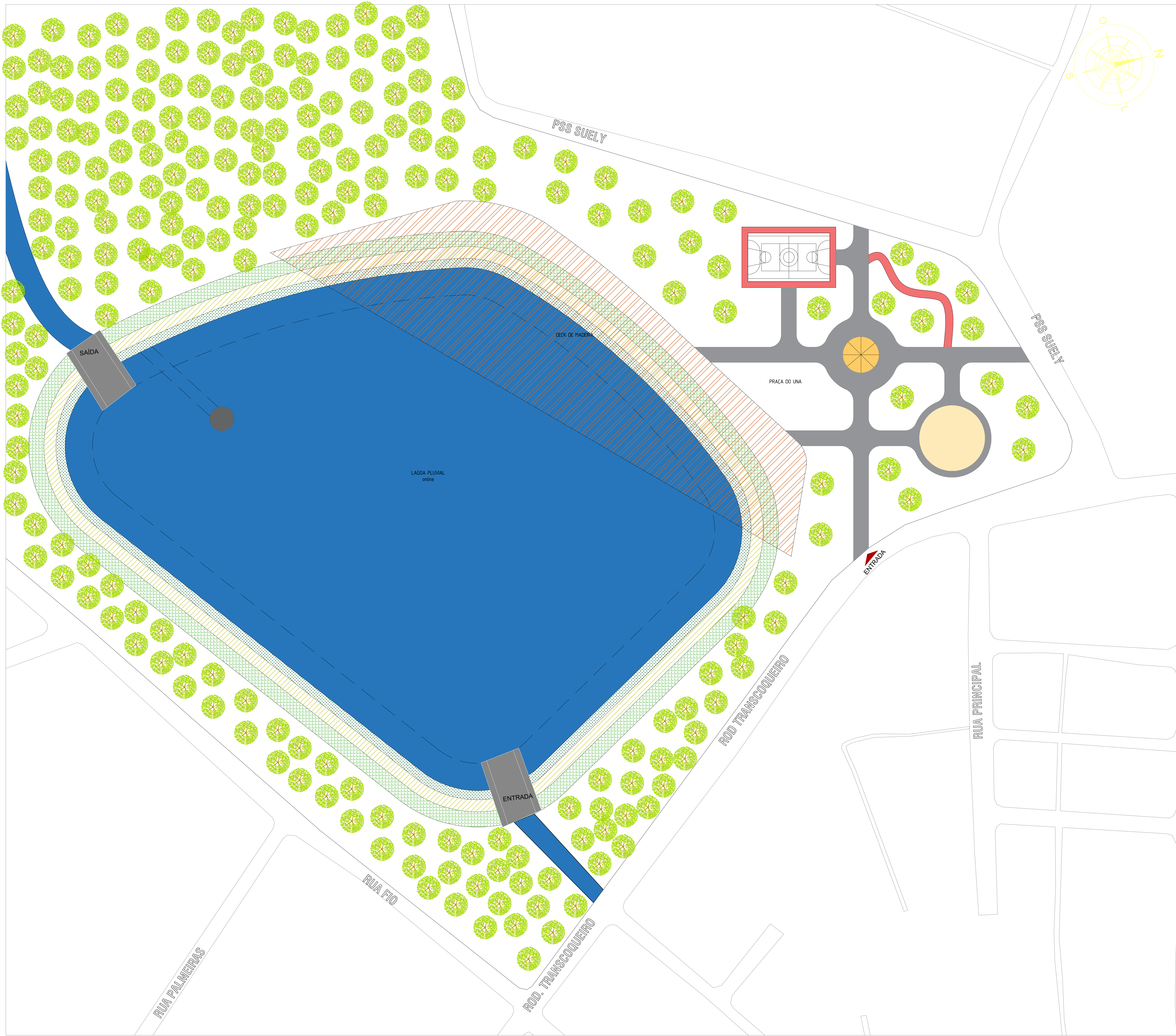
42 DET 06 - Piso asfáltico
ESCALA 1:125



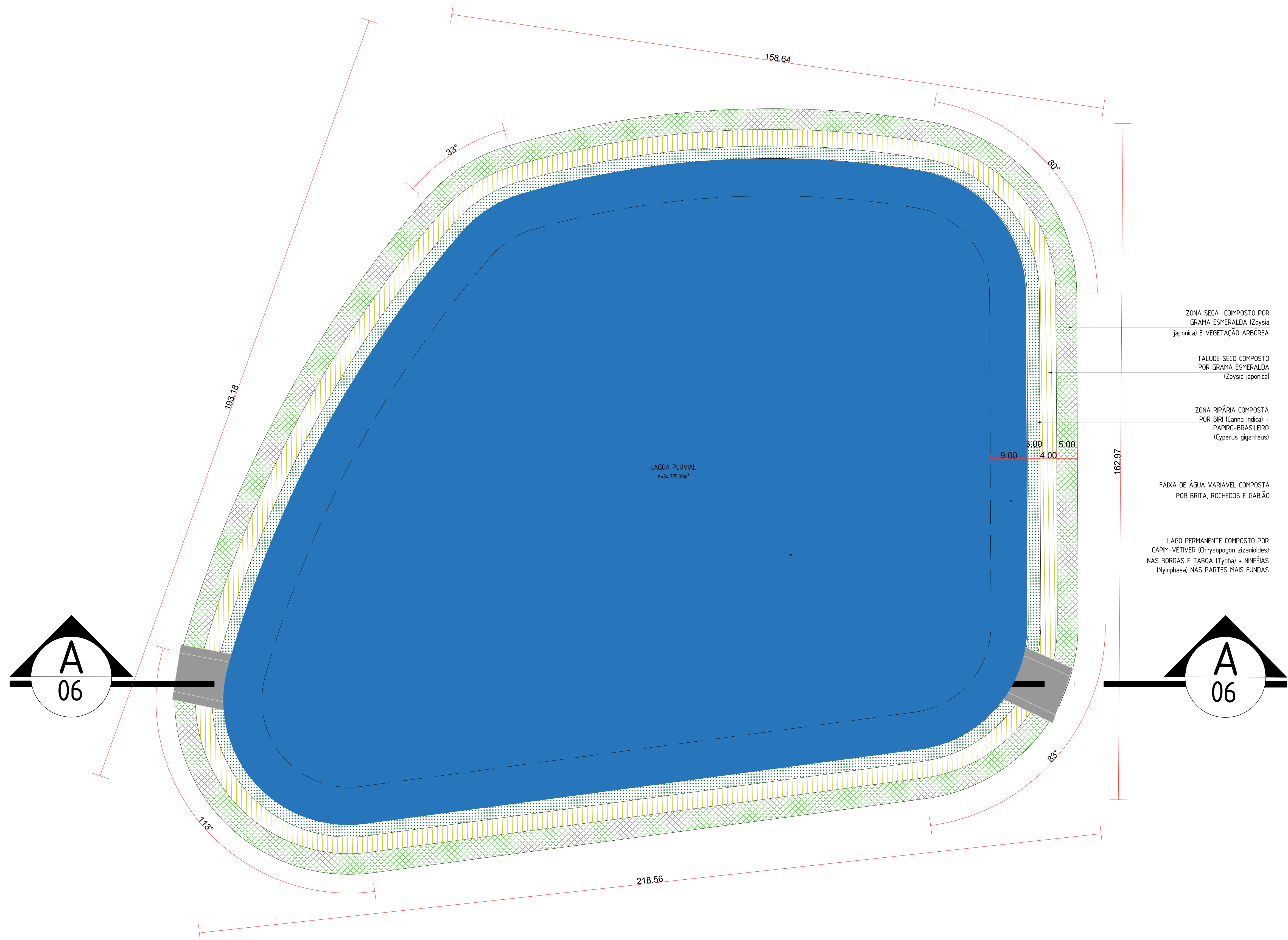
43 DET 07 - Piso de Paver Hexagonal
ESCALA 1:125



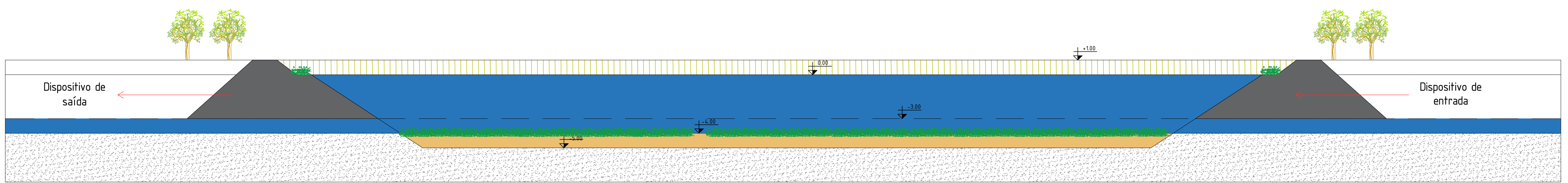
44 DET 08 - Piso de Paver Retangular
ESCALA 1:125



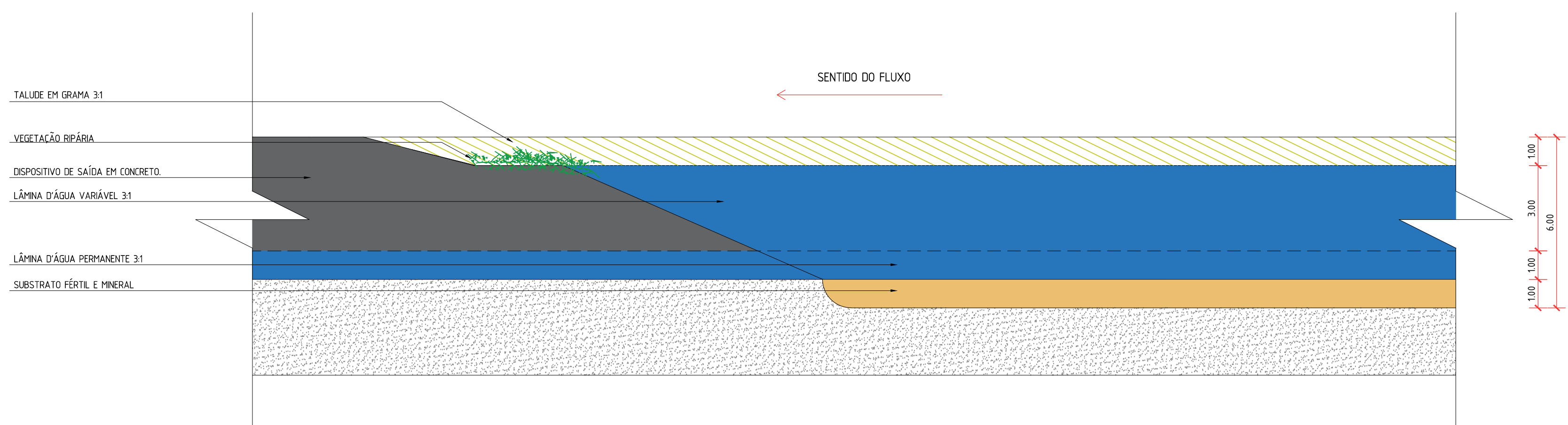
3 PLANTA BAIXA
ESCALA 1500



3 PLANTA BAIXA
ESCALA 1:500



3 CORTE A-A
ESCALA 1:1000



3 DETALHE DO CORTE A-A
ESCALA 1:25

