

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS

Evandro Nogueira Kaam

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COM VALORAÇÃO MONETÁRIA DOS
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: MÉTODO PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE
LINEAR NO PLANEJAMENTO URBANO DE SÃO ROQUE (SP).**

São Paulo

2026

EVANDRO NOGUEIRA KAAM

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COM VALORAÇÃO MONETÁRIA DOS
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: MÉTODO PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE
LINEAR NO PLANEJAMENTO URBANO DE SÃO ROQUE (SP).**

**Nature-Based Solutions with Monetary Valuation of Ecosystem Services: A Method for
Implementing a Linear Park in the Urban Planning of São Roque (SP).**

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS DA UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM CIDADES INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS.

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. AMARILIS LUCIA CASTELI FIGUEIREDO GALLARDO

São Paulo

2026

Kaam, Evandro Nogueira.

Soluções baseadas na natureza com valoração monetária dos serviços ecossistêmicos: método para implantação de parque linear no planejamento urbano de São Roque (SP). / Evandro Nogueira Kaam. 2026.

142 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2026.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo

1. Valoração Monetária. 2. São Roque. 3. Soluções Baseadas na Natureza. 4. Parque Linear. 5. Serviços ecossistêmicos.

I. Gallardo, Amarilis Lucia Casteli Figueiredo,

II. Título.
CDU 711.4

**SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COM VALORAÇÃO MONETÁRIA DOS
SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS: MÉTODO PARA IMPLANTAÇÃO DE PARQUE
LINEAR NO PLANEJAMENTO URBANO DE SÃO ROQUE (SP).**

POR

EVANDRO NOGUEIRA KAAM

Tese apresentada ao programa de pós-graduação em cidades inteligentes e sustentáveis da Universidade Nove de Julho – Uninove, como requisito parcial para obtenção do grau de doutor em Cidades Inteligentes e Sustentáveis, sendo a banca examinadora formada por:

Professor(a) Doutor(a) Amarilis Lucia Casteli Figueiredo Gallardo – (Orientadora)

Professor(a) Doutor(a) Wilson Levy Braga da Silva Neto - (UNINOVE)

Professor(a) Doutor(a) Cristiano Capellani Quaresma - (UNINOVE)

Professor(a) Doutor(a) Evandro Mateus Moretto - (EACH/USP)

Professor(a) Doutor(a) Christian Luiz da Silva - (UTFPR)

São Paulo, 26 de Junho de 2026.

RESUMO

O processo de urbanização intensiva tem contribuído para a fragmentação dos ecossistemas, a redução das áreas verdes e o agravamento de problemas ambientais nas cidades, como inundações, ilhas de calor, poluição do ar e perda de espaços destinados ao lazer e à convivência. Nesse contexto, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) têm se consolidado como estratégias capazes de contribuir para solucionar problemas urbanos, ao mesmo tempo integrando conservação ambiental, adaptação climática e planejamento urbano sustentável. As SbN, consorciadas a infraestrutura cinza ou não, oferecem benefícios para além da função específica a que são projetados, materializados pela provisão de diversificados Serviços Ecossistêmicos (SE). Muito utilizadas no norte global, no sul global as SbN encontram-se em ascensão. Ainda existem limitações metodológicas para a avaliação e valoração desses benefícios (SE) em projetos urbanos, dificultando a incorporação das SbN nos processos de tomada de decisão e formulação de políticas públicas no planejamento urbano. Esta pesquisa teve como objetivo adaptar um método para subsidiar a implantação de parques lineares urbanos, pautado na valoração monetária dos SE associados às SbN. Para tanto, utilizou-se o contexto do município de São Roque/SP. A pesquisa foi desenvolvida por meio de estudo de caso na região central do município, abrangendo cursos d'água e seu entorno. Como referência metodológica, adaptou-se um método proposto e testado, ajustando os parâmetros originalmente empregados às condições ambientais, territoriais e econômicas brasileiras. O método contemplou a identificação de SbN aplicáveis ao contexto do parque linear e a quantificação e valoração monetária de cinco SE: redução do escoamento superficial, capacidade de filtragem e ventilação do ar, regulação climática, sequestro de carbono e recreação/lazer. Os resultados demonstraram que a implantação do parque linear apresenta potencial para gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos, totalizando valoração estimada em aproximadamente R\$ 56,9 milhões anuais. Entre os serviços avaliados, a recreação e o lazer apresentaram a maior participação, com cerca de R\$ 50,7 milhões anuais, calculados a partir da população residente na área de influência do parque, das zonas de proximidade em relação ao traçado e aos acessos, bem como da aplicação de valor de referência por visita potencial. A redução do escoamento superficial foi estimada em R\$ 3,9 milhões anuais, considerando a capacidade das áreas vegetadas e permeáveis em reter, infiltrar ou retardar as águas pluviais, com valoração baseada em custos evitados com drenagem urbana. A filtragem e ventilação do ar alcançou R\$ 1,74 milhão anual, calculada pela capacidade da vegetação em reter material particulado, associada a custos evitados em saúde pública. O sequestro de carbono foi valorado em R\$ 467 mil anuais, a partir da área vegetada e de coeficientes médios de absorção de CO₂, enquanto a regulação climática foi estimada em R\$ 60 mil anuais, considerando a amenização térmica e a economia potencial de energia elétrica. Reconhece-se, como limitação, que os valores estimados representam aproximações metodológicas baseadas em dados secundários, coeficientes de referência e transferência de valores, não substituindo medições diretas, inventários específicos ou análises executivas de implantação, manutenção e gestão. Ainda assim, a valoração monetária permite estabelecer uma ordem de grandeza dos benefícios potenciais do parque linear, aproximando os resultados da linguagem utilizada por tomadores de decisão, gestores públicos e agentes financiadores. Conclui-se que o método adaptado apresenta potencial de aplicação no contexto brasileiro, contribuindo para a incorporação dos SE e das SbN no planejamento urbano e oferecendo subsídios técnicos para investimentos em infraestrutura verde, em consonância com os princípios do desenvolvimento urbano sustentável e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-chave: Valoração Monetária, São Roque, Soluções Baseadas na Natureza, Parque Linear, Serviços ecossistêmicos.

ABSTRACT

Intensive urbanization has contributed to ecosystem fragmentation, the reduction of green areas, and the worsening of urban environmental problems, such as flooding, urban heat islands, air pollution, and the loss of spaces dedicated to leisure and social interaction. In this context, Nature-based Solutions (NbS) have become consolidated as strategies capable of contributing to the resolution of urban problems while integrating environmental conservation, climate adaptation, and sustainable urban planning. Whether combined with grey infrastructure or implemented independently, NbS provide benefits that go beyond the specific function for which they are designed, materialized through the provision of diverse Ecosystem Services (ES). Although widely used in the Global North, NbS are still expanding in the Global South. Methodological limitations remain regarding the assessment and valuation of these benefits in urban projects, which hinders the incorporation of NbS into decision-making processes and public policy formulation in urban planning. This research aimed to adapt a method to support the implementation of urban linear parks, based on the monetary valuation of ES associated with NbS. To this end, the municipality of São Roque/SP, Brazil, was adopted as the empirical context. The research was developed through a case study in the central area of the municipality, encompassing watercourses and their surroundings. As a methodological reference, a previously proposed and tested method was adapted by adjusting its original parameters to Brazilian environmental, territorial, and economic conditions. The method included the identification of NbS applicable to the linear park context, as well as the quantification and monetary valuation of five ES: reduction of surface runoff, air filtration and ventilation capacity, climate regulation, carbon sequestration, and recreation/leisure. The results showed that the implementation of the linear park has the potential to generate environmental, social, and economic benefits, with an estimated total valuation of approximately BRL 56.9 million per year. Among the assessed services, recreation and leisure represented the largest share, at approximately BRL 50.7 million per year. This value was calculated based on the population living within the park's area of influence, proximity zones in relation to the park route and access points, and the application of a reference value per potential visit. The reduction of surface runoff was estimated at BRL 3.9 million per year, considering the capacity of vegetated and permeable areas to retain, infiltrate, or delay stormwater runoff, with valuation based on avoided costs related to urban drainage infrastructure. Air filtration and ventilation reached BRL 1.74 million per year, calculated from the vegetation's capacity to retain particulate matter and associated with avoided public health costs. Carbon sequestration was valued at BRL 467 thousand per year, based on vegetated area and average CO₂ absorption coefficients, while climate regulation was estimated at BRL 60 thousand per year, considering thermal mitigation and potential electricity savings. As a limitation, it is acknowledged that the estimated values represent methodological approximations based on secondary data, reference coefficients, and value transfer criteria, and do not replace direct measurements, specific inventories, or executive analyses of implementation, maintenance, and management costs. Even so, monetary valuation makes it possible to establish an order of magnitude for the potential benefits of the linear park, bringing the results closer to the language used by decision-makers, public managers, and funding agencies. It is concluded that the adapted method has potential for application in the Brazilian context, contributing to the incorporation of ES and NbS into urban planning and providing technical support for investments in green infrastructure, in accordance with the principles of sustainable urban development and the Sustainable Development Goals.

Keywords: Monetary Valuation, São Roque, Nature-Based Solutions, Linear Park, Ecosystem Services.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS.....	15
2.1	GERAL.....	15
2.2	ESPECÍFICOS.....	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1	INTEGRAÇÃO DA AGENDA AMBIENTAL E PLANEJAMENTO URBANO	16
3.2	SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SBN) E INFRAESTRUTURA VERDE	20
3.3	SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS (SE): CONCEITOS E TIPOLOGIAS PARA O AMBIENTE URBANO	26
3.4	PARQUES LINEARES COMO INFRAESTRUTURA VERDE MULTIFUNCIONAL.....	29
3.5	VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS (SE).....	35
4	MÉTODO	41
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	43
4.1.1	Área de Estudo e Delimitação Territorial.....	48
4.2	MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE SBN PELOS SE.....	56
4.2.1	Caracterização da metodologia baseada em Valck et al. (2019)	57
4.2.2	Adaptação da metodologia baseada em Valck et al. (2019).....	64
4.2.3	Resumo adaptação metodologia baseada em Valck et al. (2019).....	73
4.3	PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS.....	80
5	ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	92
5.1	DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA E DO ENTORNO DO PARQUE LINEAR.....	92
5.1.1	Qualificação dos Serviços Ecosistêmicos (SE).....	96
5.2	VALORAÇÃO MONETÁRIA DOS SE NO PARQUE LINEAR	100
5.2.1	Quantificação dos Serviços Ecosistêmicos (SE)	101
5.3	AValiação da Valoração dos Serviços Ecosistêmicos (SE).....	105
6	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA.....	111
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
7.1	IMPACTO DA PESQUISA NA SOCIEDADE	125
7.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS	126
	REFERÊNCIAS	128

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1 - Projeto de Restauração do Riacho Cheonggyecheonz.	19
Figura 2 - SbN como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema.	21
Figura 3 - Tipologia das SbN segundo o nível de intervenção nos ecossistemas e a abrangência dos benefícios gerados.	22
Figura 4 - A estrutura de avaliação das SbN.	24
Figura 5 - SbN como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema.	25
Figura 6 - Classificação SE por MEA (2005).	28
Figura 7 - Parque Lineal Río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León, México.	31
Figura 8 - Parque Linear da Doca, localizado em Belém do Pará - Brasil.	32
Figura 9 - Conceitualizando a interconexão entre desafios urbanos, SbN, SE e benefícios.	33
Figura 10 - Parques lineares com SbN.	34
Figura 11 - Projeto de redesenvolvimento sustentável Blue Gate Antwerp, Bélgica.	39
Figura 12 - Estratégica Metodológica Parque Linear São Roque-SP.	43
Figura 13 - Limite Municipal - IBGE 2020.	44
Figura 14 - Cursos d'água Área Urbana São Roque-SP.	46
Figura 15 - Região Central São Roque-SP.	49
Figura 16 - Proposição de traçado de parque linear no município de São Roque/SP.	50
Figura 17 - Seção transversal proposta para parque linear com intervenção unilateral.	54
Figura 18 - Seção transversal proposta para parque linear com intervenção bilateral.	55
Figura 19 - Divisões do Parque Linear de áreas predominantes.	82
Figura 20 - Raio de moradores na interferência ao entorno do Parque Linear.	90
Figura 21 - Parque Linear e conexões no contexto urbano.	93
Figura 22 - Mapa de Perigo de Inundação - Período de retorno de 30 anos.	95
Figura 23 - Parque Linear - Predominância Turística.	97
Figura 24 - Parque Linear - Predominância Central Planejada e Viária.	98
Figura 25 - Parque Linear - Predominância Central Consolidada.	99
Tabela 1 - Fatores de valoração monetária dos SE no Blue Gate Antwerp.	58
Tabela 2: Classificação das áreas de acordo com a superfície	64
Tabela 3: Cálculo Adaptado Redução de Escoamento.	66
Tabela 4: Cálculo Adaptado Capacidade de Filtragem e Ventilação.	67
Tabela 5: Adaptação Regulação de Clima Sequestro de Carbono.	69
Tabela 6: Adaptação Sequestro de Carbono - baixa estimativa.	70
Tabela 7: Adaptação Sequestro de Carbono - alta estimativa.	71
Tabela 8: Adaptação Cálculo Sequestro de Carbono - Média Estimativa.	71
Tabela 9: Adaptação Recreação (Lazer).	73
Tabela 10 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de redução do escoamento superficial	74
Tabela 11 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de filtragem e ventilação do ar	75
Tabela 12 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de regulação climática	76
Tabela 13 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de sequestro de carbono	77
Tabela 14 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de recreação e lazer	78
Tabela 15 - Métricas de Avaliação e Equivalência Monetária dos SE (€, R\$).	79
Tabela 16 - Quadro comparativo - convergências e divergências.	80
Tabela 17: Classificação das áreas conforme superfície - Parque Linear em São Roque-SP.	84
Tabela 18: Aplicação Cálculo Redução de Escoamento.	85
Tabela 19: Aplicação Cálculo Capacidade de Filtragem e Ventilação	86
Tabela 20: Aplicação Cálculo Regulação Climática.	87
Tabela 21: Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono - Baixa Estimativa.	88
Tabela 22: Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono - Alta Estimativa.	89
Tabela 23: Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono - Média Estimativa.	89
Tabela 24: Aplicação Recreação / Lazer.	91
Tabela 25: Relação entre SbN, SE e valoração monetária do parque linear.	101
Tabela 26: Resumo Método do Parque Linear.	105
Tabela 27: Comparação dos cenários de valoração dos serviços ecossistêmicos com e sem recreação e lazer	107
Tabela 28 - Custo Estimado de Implantação Custos estimados das medidas cinzas e SbN na zona piloto Guaçu - CIOESTE (2023).	108

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada das últimas décadas tem imposto pressões crescentes sobre os ecossistemas urbanos, provocando fragmentação ambiental, aumento das ilhas de calor, perda de biodiversidade e ampliação da vulnerabilidade das cidades frente a eventos extremos, como enchentes, secas e ondas de calor (Kabisch et al., 2017). Esse processo, intensificado pela expansão desordenada do tecido urbano e pela ocupação inadequada de áreas ambientalmente sensíveis, compromete a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais e reduz a capacidade das cidades de responder de forma resiliente às mudanças climáticas e aos desafios socioambientais contemporâneos (IPBES, 2019; UN-Habitat, 2020).

O planejamento urbano constitui um instrumento fundamental da gestão territorial, responsável por orientar o crescimento das cidades e promover a integração entre dimensões físicas, ambientais, econômicas e sociais do espaço urbano. Sua função ultrapassa a simples organização espacial, abrangendo a formulação de diretrizes, políticas e instrumentos capazes de regular o uso e a ocupação do solo, direcionar investimentos em infraestrutura, qualificar a mobilidade urbana e assegurar a proteção dos recursos naturais (Brasil, 2001). Nesse contexto, o planejamento urbano assume papel estratégico na promoção do desenvolvimento sustentável, contribuindo para uma distribuição mais equilibrada dos serviços urbanos, para a redução das desigualdades socioespaciais e para a mitigação dos impactos ambientais decorrentes da urbanização (Maropo et al., 2019). A incorporação de infraestrutura verde aos instrumentos de planejamento territorial fortalece a capacidade das cidades de enfrentar desafios relacionados às mudanças climáticas, à perda de biodiversidade e à crescente demanda por qualidade ambiental e bem-estar da população (Pochodyła et al., 2022)

No Brasil, o principal instrumento dessa política é o Plano Diretor, previsto no Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001), responsável por orientar o desenvolvimento urbano municipal e assegurar o cumprimento da função social da cidade e da propriedade. Nas últimas décadas, esse instrumento passou a incorporar novas agendas relacionadas à adaptação às mudanças climáticas, à promoção de infraestrutura verde, à proteção dos serviços ecossistêmicos

e à valorização de Soluções Baseadas na Natureza (SbN), refletindo a necessidade de integrar desenvolvimento urbano e sustentabilidade ambiental (Gaudereto et al., 2018).

O conceito de serviços ecossistêmicos (SE) tem se consolidado como um dos principais referenciais para a compreensão da relação entre cidade e natureza (MEA, 2005; IPBES, 2019). Os SE correspondem aos benefícios que os ecossistemas oferecem à sociedade, sendo tradicionalmente classificados em quatro categorias: provisão (como alimentos e água), regulação (como controle climático, purificação do ar e da água e regulação hídrica), suporte (como ciclagem de nutrientes e formação do solo) e culturais (como lazer, identidade e bem-estar) (MEA, 2005; IPBES, 2019).

A abordagem dos SE permite compreender que a natureza urbana não representa apenas um elemento paisagístico ou ornamental, mas uma infraestrutura funcional essencial para o equilíbrio ambiental e para a qualidade de vida da população (Gallardo et al., 2026). Essa abordagem passou a incorporar não apenas a dimensão biofísica e econômica, mas também aspectos sociais, culturais e territoriais, reconhecendo a importância do conhecimento local e das diferentes formas de apropriação do espaço urbano (Potschin-Young et al., 2018).

Associadas a essa perspectiva, as SbN surgem como estratégias capazes de utilizar os próprios processos ecológicos como resposta aos desafios urbanos. Segundo Cohen-Shacham et al. (2016), as SbN correspondem a ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza que buscam enfrentar desafios sociais de forma simultaneamente benéfica para o bem-estar humano e para a biodiversidade.

Eggermont et al. (2015) propõem que as SbN podem ser compreendidas em três níveis de intervenção. O primeiro nível corresponde à conservação e ao manejo sustentável de ecossistemas existentes, buscando preservar suas funções ecológicas. O segundo refere-se à restauração e reabilitação de ecossistemas degradados, visando recuperar sua capacidade de fornecer serviços ecossistêmicos. O terceiro nível envolve a criação de novos ecossistemas ou a incorporação de elementos naturais em ambientes fortemente modificados pela ação humana, especialmente em áreas urbanas. Ainda Eggermont et al. (2015) enquadram nessa terceira categoria, intervenções como: jardins de chuva, telhados verdes, sistemas de drenagem urbana sustentável, restauração de áreas degradadas, renaturalização de margens de rios e implantação de parques lineares, que

contribuem para ampliar a provisão de SE e aumentar a resiliência urbana frente às mudanças climáticas.

A adoção de SbN tem se mostrado eficaz na mitigação dos impactos das mudanças climáticas, no aumento da resiliência urbana e na ampliação da provisão de SE essenciais, como regulação térmica, contenção de enchentes, filtragem do ar, infiltração de água no solo e melhoria da qualidade ambiental (Kabisch et al., 2017; Raymond et al., 2017). Além disso, as SbN possibilitam uma transição gradual da lógica de infraestrutura cinza para uma abordagem híbrida e mais adaptativa, na qual elementos naturais passam a desempenhar funções tradicionalmente atribuídas apenas às obras convencionais de engenharia (Depietri; McPhearson, 2017).

Os parques lineares podem ser compreendidos como uma modalidade de infraestrutura verde derivada do conceito de *greenways*, definido por Ahern (1995) como corredores territoriais planejados para desempenhar múltiplas funções ecológicas, recreativas, culturais e paisagísticas. Em ambientes urbanos, esses espaços são frequentemente implantados ao longo de cursos d'água, fundos de vale e outras áreas ambientalmente sensíveis, constituindo corredores verdes capazes de integrar a conservação dos recursos naturais às demandas sociais e urbanísticas das cidades. No contexto brasileiro, sua implantação está frequentemente associada às Áreas de Preservação Permanente (APPs), possibilitando a compatibilização entre proteção ambiental e uso público do espaço urbano (Vitória et al., 2025).

Além de promover a conectividade ecológica entre fragmentos de vegetação, os parques lineares desempenham funções relacionadas à proteção e recuperação de ecossistemas ribeirinhos, ao controle de enchentes e à melhoria da qualidade ambiental (Brndevska Stipanović et al., 2022). Sua configuração linear favorece ainda a integração de áreas verdes, espaços públicos e sistemas de mobilidade ativa, contribuindo para a qualificação da paisagem urbana e para a ampliação das oportunidades de lazer e recreação (Ahern, 1995; Ribeiro et al., 2024).

Sob a perspectiva das SbN, os parques lineares representam intervenções capazes de incorporar processos ecológicos ao planejamento urbano, utilizando a infraestrutura verde como mecanismo para enfrentar desafios relacionados à drenagem urbana, adaptação às mudanças climáticas, conservação da biodiversidade e melhoria da qualidade de vida da população. Dessa forma, configuram-se como elementos estratégicos para a promoção da sustentabilidade urbana e

para a ampliação da provisão de SE em áreas urbanizadas (Eggermont et al., 2015; Cohen-Shacham et al., 2016).

A integração dos SE ao planejamento permite que esses espaços contribuam simultaneamente para a conservação ambiental, melhoria da qualidade de vida e promoção do desenvolvimento urbano sustentável (Gallardo et al., 2026). Quando concebidos sob os princípios das SbN, os parques lineares deixam de atuar exclusivamente como espaços de lazer e passam a desempenhar funções típicas da infraestrutura verde urbana, contribuindo para a regulação térmica, melhoria da qualidade do ar, controle do escoamento superficial, aumento da permeabilidade do solo e ampliação da oferta de SE culturais e recreativos (Kabisch et al., 2017; Raymond et al., 2017). Os SE constituem a base funcional que sustenta as SbN, que por sua vez representam sua aplicação prática no planejamento urbano e territorial (Nesshöver et al., 2017).

Estudos de caso internacionais reforçam a relevância das SbN e da infraestrutura verde em diferentes contextos. Entre essas estratégias, os parques lineares têm se destacado como instrumentos capazes de integrar recuperação ambiental, drenagem urbana sustentável, mobilidade ativa e qualificação dos espaços públicos. Implantados predominantemente ao longo de cursos d'água urbanos, esses espaços favorecem a conectividade ecológica, ampliam a oferta de áreas verdes e contribuem para a provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos (Herzog & Rosa, 2010; Madureira & Andresen, 2014).

Experiências internacionais ilustram o potencial dessas intervenções. O projeto de renaturalização do córrego Cheonggyecheon, em Seul, Coreia do Sul, transformou uma área densamente urbanizada por meio da recuperação de um curso d'água anteriormente canalizado, promovendo melhorias ambientais, paisagísticas e microclimáticas (Lee & Anderson, 2013). De forma semelhante, o projeto Madrid Río, na Espanha, integrou infraestrutura verde, recuperação paisagística e requalificação urbana em larga escala, consolidando-se como referência internacional em planejamento urbano sustentável (Madureira & Andresen, 2014).

Além dos parques lineares, outras iniciativas baseadas em SbN também demonstram resultados relevantes. Em Pequim, por exemplo, a ampliação de áreas verdes urbanas foi associada à redução significativa do escoamento superficial, mesmo em áreas com elevado grau de impermeabilização, evidenciando o papel da infraestrutura verde na drenagem urbana sustentável (Yao et al., 2015). Na Bélgica, o projeto Blue Gate Antwerp tornou-se referência na requalificação

de uma antiga área industrial degradada por meio da integração entre infraestrutura verde, serviços ecossistêmicos e planejamento territorial (Valck et al., 2019).

No projeto de Valck et al. (2019), a valoração econômica de SE como regulação climática, sequestro de carbono, filtragem do ar, controle do escoamento superficial e recreação subsidiou a tomada de decisão sobre o redesenvolvimento urbano, demonstrando que a incorporação da natureza ao planejamento pode gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos simultaneamente.

Entretanto, embora a literatura nacional demonstre o potencial dos parques lineares para a provisão de SE e para a adaptação urbana, observa-se um número ainda limitado de estudos que incorporam explicitamente a valoração desses SE como critério de planejamento, projeto ou tomada de decisão, evidenciando uma lacuna entre os benefícios gerados por essas intervenções e sua incorporação nos processos de gestão urbana.

Apesar dos reconhecidos benefícios das SbN para a sustentabilidade urbana e a resiliência socioambiental, sua incorporação em projetos de engenharia e planejamento urbano ainda enfrenta limitações importantes, especialmente pela ausência de metodologias consolidadas capazes de mensurar, de forma objetiva, os benefícios gerados por essas soluções (Chelli et al., 2025).

Segundo Neumann e Hack (2022), uma das principais barreiras para a adoção de SbN está na dificuldade de revelar e quantificar seus benefícios ambientais, sociais e econômicos, especialmente quando esses benefícios não são imediatamente perceptíveis aos tomadores de decisão. A ausência de métodos consolidados para avaliação econômica contribui para que projetos baseados na natureza sejam frequentemente preteridos em relação às infraestruturas convencionais.

A abordagem dos SE tem sido utilizada como estratégia para avaliar os benefícios proporcionados pelos sistemas naturais, e a valoração monetária surge como um caminho para tornar esses benefícios mais tangíveis e comparáveis no contexto do planejamento territorial. Ao atribuir valor econômico aos SE, torna-se possível fortalecer tecnicamente a defesa de investimentos em infraestrutura verde e apoiar a formulação de políticas públicas mais integradas e sustentáveis (Costanza, 2024; Pinke et al., 2022).

Esse debate adquire ainda maior relevância diante do atual processo de revisão do Plano Diretor Municipal de São Roque, iniciado a partir de 2023, configurando importante janela de

oportunidade para a incorporação de conceitos de infraestrutura verde, SE e SbN no ordenamento territorial da cidade.

No município de São Roque/SP, observa-se um processo de crescimento urbano caracterizado pela descontinuidade de áreas verdes, pela baixa integração entre espaços construídos e sistemas naturais e pela carência de uma infraestrutura ecológica articulada, especialmente nas áreas centrais e periurbanas. Embora o município apresente forte vocação ambiental, turística e paisagística, seus cursos d'água urbanos e áreas livres representam oportunidades para a implantação de parques lineares concebidos sob a perspectiva dos SE e das SbN.

A proposta de implantação de um parque linear fundamentado em SbN apresenta aderência aos ODS da Agenda 2030, especialmente aqueles relacionados à saúde e bem-estar, gestão sustentável da água, infraestrutura resiliente, cidades sustentáveis, consumo responsável, ação climática e fortalecimento de parcerias institucionais. Diante desse contexto, esta pesquisa propõe a aplicação e adaptação de um método baseado em SbN, pautado na avaliação e valoração de SE, como suporte à implantação de projetos de parques lineares no município de São Roque/SP. Buscando assim contribuir para o planejamento urbano sustentável, oferecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão e para a construção de cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente equilibradas.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Adaptar um método para subsidiar a implantação de parques lineares urbanos, pautado na avaliação e valoração monetária dos SE associados às SbN, aplicado ao contexto do planejamento urbano do município de São Roque/SP.

2.2 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da pesquisa são:

- a) Diagnosticar as características ambientais, urbanas e territoriais do entorno dos cursos d'água da região central de São Roque/SP, identificando vulnerabilidades, demandas e potencialidades para a implantação de parques lineares fundamentados em SE e SbN;
- b) Definir diretrizes para a implantação de parques lineares urbanos na área de estudo, considerando aspectos ambientais, sociais, territoriais e de planejamento urbano;
- c) Adaptar ao contexto urbano brasileiro um método de avaliação e valoração monetária dos SE associados às SbN;
- d) Aplicar o método adaptado para estimar os benefícios ambientais, sociais e econômicos decorrentes da implantação dos parques lineares propostos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial teórico está estruturado a partir de cinco construtos centrais que fundamentam a pesquisa: a incorporação da agenda ambiental ao planejamento urbano, as SbN, os SE, os parques lineares e a valoração dos SE. A articulação desses conceitos permite compreender como estratégias baseadas em processos ecológicos podem contribuir para o planejamento urbano sustentável, ampliando a provisão de benefícios ambientais, sociais e econômicos nas cidades. Inicialmente, discutir a integração da agenda ambiental e planejamento urbano através da evolução de abordagens voltadas à sustentabilidade e à resiliência urbana. Em seguida, são apresentados os conceitos de SbN e infraestrutura verde, bem como sua relação com a provisão de SE. Posteriormente, abordar o papel dos parques lineares como tipologia de infraestrutura verde multifuncional e, por fim, discutir os fundamentos da valoração dos SE como instrumento de apoio à tomada de decisão e ao planejamento territorial.

3.1 INTEGRAÇÃO DA AGENDA AMBIENTAL E PLANEJAMENTO URBANO

As cidades constituem sistemas socioecológicos complexos caracterizados por intensas transformações espaciais, pressões sobre os recursos naturais e crescente exposição a riscos ambientais. A urbanização acelerada, associada ao adensamento populacional e à expansão de superfícies impermeáveis, tem contribuído para a degradação de serviços ecossistêmicos essenciais, ampliando a vulnerabilidade urbana a eventos extremos, como enchentes, secas e ondas de calor (Kabisch et al., 2017). O planejamento urbano assume papel estratégico ao incorporar abordagens integradas que consideram simultaneamente as dimensões ambientais, sociais e econômicas do território (Elmqvist et al., 2021).

A crescente urbanização impõe demandas complexas sobre os recursos naturais e a capacidade de suporte dos ecossistemas. A expansão urbana difusa, a degradação dos serviços ecossistêmicos e o aumento da vulnerabilidade socioambiental dos territórios são reflexos dessa dinâmica (UN-Habitat, 2020). A resiliência climática e a sustentabilidade urbana dependem cada vez mais da capacidade de integrar SbN para mitigar esses impactos

negativos e promover um desenvolvimento mais harmonioso (Depietri & McPhearson, 2017). Um exemplo dessas dinâmicas é o distrito de Xuhui, na zona sudoeste de Xangai, que, apesar de seu alto desenvolvimento, enfrenta limitações no acesso a espaços verdes e na oferta adequada de SE (Zhou et al., 2025). A integração de ecossistemas naturais e suas funções no tecido urbano é reconhecida como fundamental para a construção de cidades mais resilientes e preparadas para o futuro (Elmqvist et al., 2021).

O planejamento urbano consiste em um campo estratégico da gestão pública voltado à organização do crescimento das cidades e à articulação entre aspectos físicos, territoriais, ambientais, econômicos e sociais. Ele se materializa por meio da elaboração de políticas, normas e instrumentos que regulam o uso e a ocupação do solo, a implantação de infraestruturas, a mobilidade urbana e a proteção dos recursos. Sua relevância reside na capacidade de promover uma distribuição espacial mais equitativa dos serviços urbanos, fomentar a coesão social e garantir o uso sustentável do território. Um planejamento urbano bem estruturado é fundamental para reduzir desigualdades, mitigar riscos socioambientais e orientar o desenvolvimento urbano de maneira resiliente e sustentável (Lima et al., 2019).

O planejamento urbano tem evoluído de uma abordagem predominantemente normativa para uma perspectiva integrada, que reconhece o território como sistema socioecológico dinâmico, no qual processos naturais e antrópicos se inter-relacionam. A incorporação de infraestrutura verde como elemento estruturante do planejamento territorial representa uma mudança paradigmática, pois passa a considerar a paisagem urbana como suporte funcional de serviços ecossistêmicos essenciais à qualidade ambiental e à resiliência urbana (Hansen et al., 2019).

A intensificação das ilhas de calor urbanas representa um dos principais desafios contemporâneos do planejamento urbano sustentável. Esse fenômeno resulta da substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis de alta capacidade térmica, como concreto e asfalto, combinada à redução da cobertura vegetal e à emissão de calor antropogênico proveniente de edificações, transportes e atividades industriais (Stewart & Oke, 2012). Estudos indicam que áreas densamente urbanizadas podem apresentar temperaturas significativamente superiores às áreas rurais ou periurbanas, dependendo das características morfológicas urbanas, da densidade construtiva e da disponibilidade de áreas

verdes (Zhao et al., 2014). Aumentos de temperatura implicam impactos relevantes no consumo energético, no conforto térmico, na qualidade do ar e na saúde pública, especialmente durante eventos extremos de calor (IPCC, 2022). A presença de vegetação urbana, parques e corredores ecológicos contribui para o resfriamento microclimático por meio de processos de sombreamento, evapotranspiração e aumento da permeabilidade do solo, reduzindo a intensidade das ilhas de calor e promovendo maior conforto térmico (Kabisch et al., 2017).

No contexto latino-americano, destacam-se iniciativas das cidades chilenas de Temuco e Valdivia, que integra drenagem urbana sustentável, mobilidade ativa e qualificação paisagística, contribuindo para a redução de riscos de inundação e melhoria da conectividade ecológica, na qual tais experiências demonstram que parques constituem elementos estratégicos da infraestrutura verde urbana, desempenhando funções hidrológicas, ecológicas, climáticas e sociais simultaneamente (Rojas et al., 2019).

A cidade de Berlim tem incorporado sistemas de corredores ecológicos urbanos integrados aos planejamentos ambientais, promovendo conectividade ecológica, adaptação climática e melhoria da qualidade de vida urbana (Rall et al., 2019). Em Copenhague, por exemplo, o planejamento de infraestrutura verde associado ao plano de adaptação climática permitiu integrar soluções de drenagem urbana sustentável com áreas de lazer e espaços públicos multifuncionais, reduzindo riscos de inundação e promovendo benefícios sociais (Kabisch et al., 2017). Outro caso relevante é o projeto Cheonggyecheon, em Seul, que promoveu a renaturalização de um curso d'água anteriormente canalizado e coberto por infraestrutura viária, utilizando o potencial das SbN como instrumento de regeneração urbana. A intervenção, realizada a partir da demolição de uma via expressa elevada sobre o histórico riacho localizado na área central da cidade, possibilitou a implantação de um corredor verde urbano com aproximadamente 5,8 quilômetros de extensão, promovendo benefícios ecológicos, paisagísticos, sociais e econômicos. Entre os principais resultados a redução das temperaturas locais, a melhoria da qualidade do ar, a valorização urbana e a revitalização econômica da região anteriormente degradada e estagnada urbanisticamente (Lee & Anderson, 2013; Robinson, Alexander e Hopton, 2011). A Figura 1 apresenta a proposta de intervenção implementada na área de estudo.

Figura 1 - Projeto de Restauração do Riacho Cheonggyecheonz.



Fonte: Robinson, Alexander, e Myvonwynn Hopton, 2011.

No município de São Paulo, o Plano Diretor Estratégico incorpora o Sistema de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres (SAPAVEL), evidenciando o reconhecimento institucional da infraestrutura verde como componente estruturante do planejamento territorial, esse instrumento contribui para a integração de áreas verdes urbanas e periurbanas, promovendo conectividade ecológica e ampliando a capacidade adaptativa da cidade frente às mudanças climáticas (Gallardo et al., 2026).

A revisão dos Planos Diretores Municipais, representa uma janela de oportunidade estratégica para integrar conceitos de infraestrutura verde, serviços ecossistêmicos e SbN no ordenamento territorial. Tais iniciativas são essenciais para promover o desenvolvimento urbano de forma ordenada, sustentável e inclusiva, alinhadas às diretrizes estabelecidas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 das Nações Unidas (United Nations, 2015) e às diretrizes do Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001).

No contexto brasileiro, no Estado de São Paulo, a iniciativa Bairro Paulista, lançada pelo Governo do Estado, exemplifica essa evolução (Governo do Estado de São Paulo, 2024). Ela foca na transformação sustentável das cidades por meio da implementação de Infraestruturas Verdes, Bioengenharia e SbN, buscando melhorias em drenagem, redução

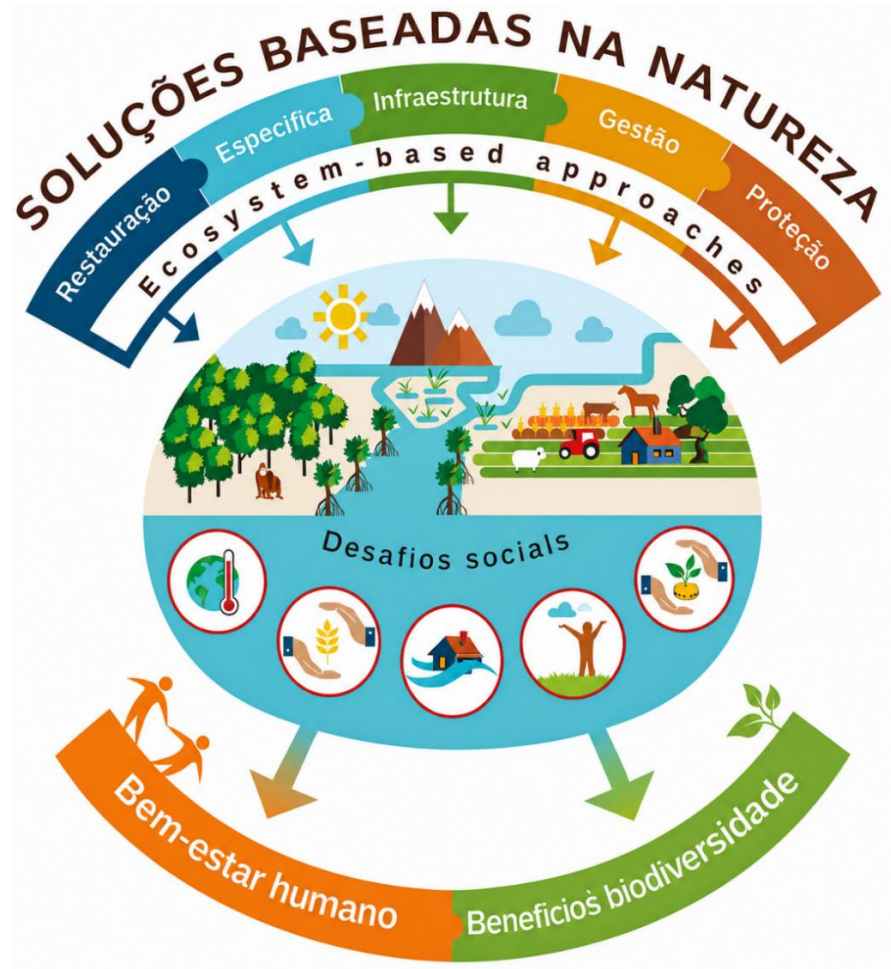
da impermeabilidade do solo e estímulo à mobilidade e segurança viária. A iniciativa está alinhada à Nova Agenda Urbana da ONU e às campanhas globais “Race to Zero” e “Race to Resilience”, visando contribuir para o Plano de Ação Climática 2050 (PAC 2050) do estado, conforme descrito em documentos institucionais do programa. O Bairro Paulista incorpora ainda ações de regularização fundiária, urbanização de assentamentos precários e reurbanização, demonstrando a abrangência e a integração das novas agendas no planejamento regional.

A abordagem baseada em infraestrutura verde contribui para superar a fragmentação tradicional do planejamento urbano, promovendo maior integração entre políticas ambientais, urbanísticas e sociais, a multifuncionalidade dos espaços livres urbanos, permite integrar funções como drenagem urbana sustentável, mobilidade ativa, conservação da biodiversidade, lazer e melhoria do microclima urbano (Hansen et al., 2019).

3.2 SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA (SbN) E INFRAESTRUTURA VERDE

As SbN constituem uma abordagem interdisciplinar que utiliza processos naturais e ecossistemas para enfrentar desafios ambientais, sociais e econômicos, especialmente em contextos urbanos. Definidas pela União Internacional para Conservação da Natureza como ações que envolvem a proteção, gestão sustentável e restauração de ecossistemas para abordar desafios sociais, as SbN buscam simultaneamente promover o bem-estar humano e a conservação da biodiversidade. A definição se destaca a multifuncionalidade das SbN, capazes de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos integrados. Além disso, demandam uma abordagem interdisciplinar que articule conhecimentos ambientais, sociais, econômicos e de planejamento urbano, fortalecendo a integração entre diferentes setores e atores envolvidos na gestão urbana conforme apresetando na Figura 2 (Cohen-Shacham et al., 2016).

Figura 2 - SbN como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema.



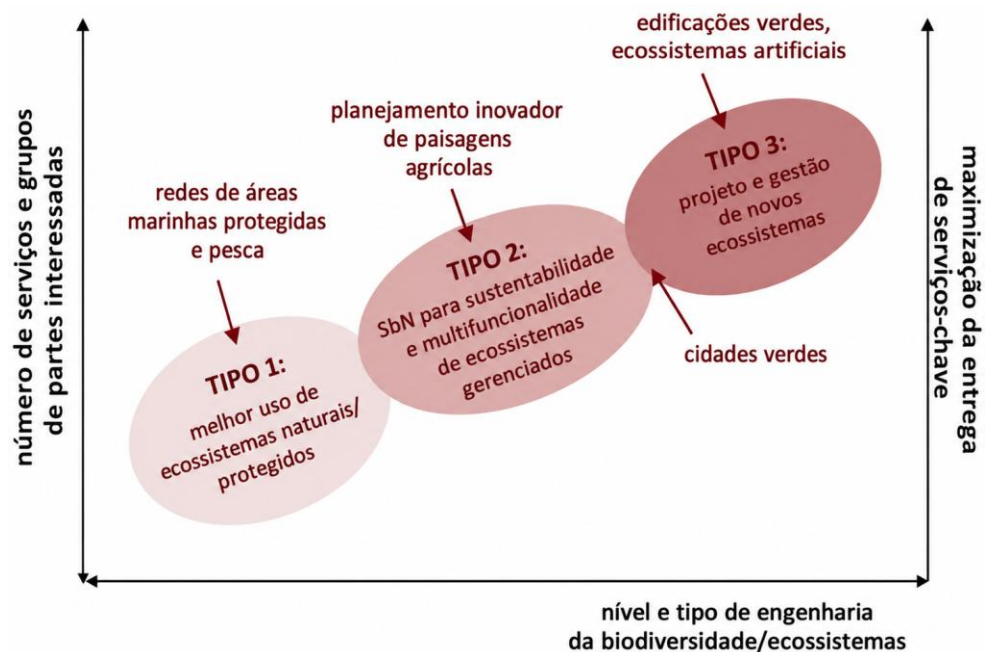
Fonte: Traduzido de Cohen-Shacham et al., 2016.

No ambiente urbano, as SbN são aplicadas para mitigar os impactos das mudanças climáticas, melhorar a gestão das águas pluviais, reduzir as ilhas de calor, controlar a poluição atmosférica e aumentar a conectividade ecológica, além de proporcionar espaços para recreação e saúde mental (Nesshöver et al., 2017).

Com o objetivo de sistematizar a diversidade de abordagens associadas as SbN, Eggermont et al. (2015) propuseram uma tipologia baseada em dois gradientes principais: o nível de intervenção ou engenharia aplicada aos ecossistemas e a amplitude dos SE e grupos sociais beneficiados. Conforme apresentado na Figura 3, as SbN do Tipo 1 correspondem a intervenções mínimas ou inexistentes sobre os ecossistemas, priorizando a

conservação e a manutenção de processos ecológicos já estabelecidos, como áreas protegidas, reservas naturais e ecossistemas preservados. As SbN do Tipo 2 envolvem estratégias de manejo sustentável e restauração ecológica voltadas ao aumento da multifuncionalidade dos ecossistemas, buscando potencializar a provisão de SE por meio de práticas como recuperação de áreas degradadas, manejo florestal sustentável e sistemas agroecológicos. Por sua vez, as SbN do Tipo 3 caracterizam por intervenções mais intensivas, aplicadas em ambientes urbanos, incluindo a criação de novos ecossistemas ou a incorporação de elementos naturais em infraestruturas construídas, como parques lineares, jardins de chuva, telhados verdes, paredes vegetadas e sistemas de drenagem sustentável. Embora apresentem diferentes níveis de intervenção, os três tipos são complementares e contribuem para a promoção da resiliência socioecológica, da adaptação às mudanças climáticas e da provisão de múltiplos serviços ecossistêmicos.

Figura 3 - Tipologia das SbN segundo o nível de intervenção nos ecossistemas e a abrangência dos benefícios gerados.



Fonte: Traduzido e Adaptado de Eggermont et al., 2015.

Essas soluções são especialmente importantes em áreas urbanas vulneráveis, onde as pressões socioambientais são intensas e a infraestrutura verde pode contribuir significativamente para a resiliência das cidades (Raymond et al., 2017). As SbN fortalecem

a capacidade dos sistemas sociais e ecológicos de absorver, adaptar-se e transformar-se diante de perturbações, como eventos climáticos extremos e degradação ambiental (Meerow et al., 2016). A implementação de infraestrutura verde urbana, como parques lineares e outras áreas livres urbanas, desempenha um papel estratégico na transição para cidades mais sustentáveis e na mitigação dos impactos das mudanças climáticas (Kabisch et al., 2017). Essas soluções contribuem para a infiltração de água no solo, a redução das ilhas de calor e o sequestro de carbono atmosférico, promovendo diversos benefícios ambientais (Diep et al., 2022).

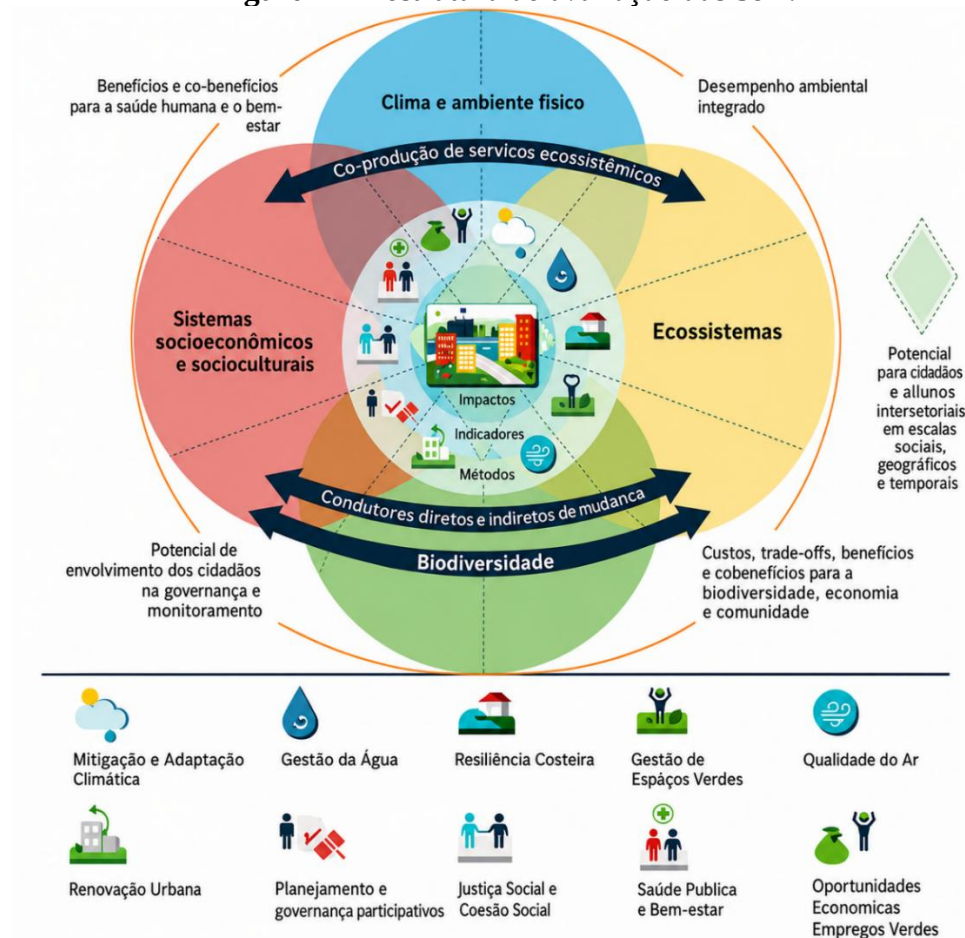
A eficácia da infraestrutura verde, inclusive em diferentes escalas, está diretamente relacionada à sua capacidade de assegurar conectividade ecológica e acesso equitativo aos seus benefícios. Além disso, a expansão de SbN em escala urbana pode ser uma estratégia viável e eficiente de mitigação de emissões de carbono, especialmente quando combinada a instrumentos de monitoramento e participação comunitária (Cortinovis et al., 2022). A abordagem sistêmica contribui para a multifuncionalidade dos espaços urbanos e fortalece a adaptação climática.

As SbN estão diretamente relacionadas à manutenção e potencialização dos serviços ecossistêmicos, que são os benefícios que os ecossistemas naturais oferecem às sociedades humanas, classificados em serviços de provisão, regulação, suporte e culturais (MEA, 2005). A implementação das SbN visa restaurar ou conservar esses serviços, como a regulação do clima local, a melhoria da qualidade do ar, o controle da erosão, o sequestro de carbono e a oferta de espaços para recreação e bem-estar social (Kabisch et al., 2017). Assim, as SbN contribuem para a regeneração ecológica e para a melhoria da qualidade de vida nas cidades, revertendo processos de degradação ambiental causados pela urbanização acelerada e desordenada.

A participação social ativa e o reconhecimento dos saberes locais como demonstrado na Figura 4 são essenciais para garantir que as soluções sejam adequadas ao contexto cultural e socioeconômico, promovendo equidade e sustentabilidade. A avaliação dos co-benefícios ambientais, sociais e econômicos das SbN é essencial para garantir sua aceitação política e social, bem como para justificar investimentos públicos e privados (Raymond et al., 2017). A governança das SbN é um fator determinante para seu sucesso,

exigindo a participação integrada de múltiplos atores, incluindo governos locais, comunidades, setor privado e organizações da sociedade civil. Sua viabilização financeira depende da articulação entre fontes públicas e privadas, bem como do desenvolvimento de mecanismos econômicos inovadores que incentivem a conservação e o uso sustentável dos recursos naturais (Nesshöver et al., 2017).

Figura 4 - A estrutura de avaliação das SbN.



Fonte: Traduzido e Adaptado de Raymond et al., 2017.

Os debates enfatizam a necessidade de adaptar as SbN às especificidades locais, evitando abordagens padronizadas que não considerem as diversidades ecológicas, culturais e socioeconômicas dos territórios (Raymond et al., 2017). a utilização de métodos de avaliação e monitoramento é essencial para subsidiar intervenções urbanas capazes de maximizar benefícios coletivos e promover a sustentabilidade de longo prazo (Martín-López et al., 2014). É importante destacar que os impactos das SbN podem se manifestar

em diferentes escalas temporais, exigindo monitoramento contínuo e flexibilidade para ajustes adaptativos que assegurem sua efetividade a longo prazo e se tornarem um sistema de maneira sustentável conforme Figura 5 (Cohen-Shacham et al., 2016). A incorporação das SbN nas políticas urbanas requer ainda superar barreiras institucionais, técnicas e financeiras, além de ampliar a conscientização pública sobre seus múltiplos benefícios e potencial transformador (Kabisch et al., 2017).

Figura 5 - SbN como um termo abrangente para abordagens relacionadas ao ecossistema.



Fonte: Traduzido e Adaptado de Cohen-Shacham et al., 2016

A análise de custo-benefício de SbN urbanas é um método amplamente utilizado para avaliar a viabilidade econômica de tais intervenções e apoiar a tomada de decisões na comparação de diferentes alternativas de investimento. Essa análise pode ser conduzida sob uma perspectiva privada, focando na rentabilidade direta para o investidor, ou uma perspectiva social, que inclui os custos e benefícios que afetam toda a comunidade. A inclusão de externalidades ambientais e sociais é crucial para uma avaliação abrangente, embora sua monetização possa ser complexa (Chelli et al., 2025). As SbN apresentam elevada eficiência econômica quando comparadas às infraestruturas cinza convencionais, sobretudo quando considerados seus benefícios multifuncionais. Estudos indicam que a infraestrutura baseada na natureza pode apresentar custos de implantação até 50% inferiores aos de soluções tradicionais equivalentes, além de gerar valor adicional estimado em 28%, decorrente da provisão de serviços ecossistêmicos como redução da poluição, sequestro de carbono, promoção de espaços de lazer e estímulo às atividades turísticas (International Institute for Sustainable Development [IISD], 2021).

No âmbito do planejamento urbano sustentável, a avaliação dos SE requer a consideração de diferentes perspectivas de valor atribuídas pelos diversos atores envolvidos, abrangendo aspectos ambientais, sociais e econômicos, segundo Martín-López et al. (2014), a tomada de decisão envolve a análise de potenciais trade-offs entre benefícios ecossistêmicos, especialmente quando há interesses conflitantes relacionados ao uso do solo e à gestão dos recursos naturais.

3.3 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (SE): CONCEITOS E TIPOLOGIAS PARA O AMBIENTE URBANO

Os SE constituem um conceito central para o planejamento urbano sustentável, ao reconhecer que os ecossistemas fornecem benefícios essenciais ao bem-estar humano e à manutenção da qualidade ambiental. Esses serviços incluem funções de regulação climática, controle hidrológico, purificação do ar e da água, conservação da biodiversidade e promoção de valores culturais e recreativos, sendo amplamente reconhecidos como elementos estratégicos para a construção de cidades resilientes e ambientalmente

equilibradas. A incorporação de infraestrutura verde e SbN permite restabelecer processos ecológicos fundamentais, contribuindo para a mitigação de ilhas de calor, redução de riscos associados a eventos extremos e melhoria do conforto ambiental. A integração dos SE ao planejamento territorial favorece a articulação entre desenvolvimento urbano e conservação ambiental, fortalecendo abordagens interdisciplinares capazes de orientar políticas públicas voltadas à sustentabilidade e à adaptação às mudanças climáticas (MEA, 2005; Li et al., 2026).

As ofertas de SE assumem um papel relevante, especialmente diante da alta densidade populacional e da escassez de áreas verdes. Funções como regulação microclimática, melhoria da qualidade do ar e da água, além da disponibilização de espaços para lazer, passam a impactar diretamente as condições de vida da população. A incorporação de infraestruturas verdes, contribui não apenas para a qualificação ambiental, mas também para a promoção da saúde e do bem-estar (Lahart *et al.*, 2019).

O conceito de SE evoluiu significativamente nas últimas décadas, consolidando como uma abordagem fundamental para compreender as interações entre sistemas naturais e bem-estar humano. Apesar da maturidade conceitual, sua incorporação efetiva em políticas públicas e instrumentos de planejamento ainda enfrenta desafios metodológicos e institucionais, sobretudo no que se refere à operacionalização de métricas e à integração interdisciplinar necessária para sua aplicação prática (Bouma & van Beukering, 2015). A compreensão do valor funcional e econômico desses serviços é essencial para o planejamento urbano estratégico (Ibes, 2016).

Os SE correspondem aos benefícios diretos e indiretos proporcionados pelos ecossistemas à sociedade, sendo fundamentais para a manutenção da qualidade de vida, do equilíbrio ambiental e do desenvolvimento sustentável. O conceito difundido pelo Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005), que classificou os serviços ecossistêmicos em quatro categorias principais: serviços de provisão, relacionados ao fornecimento de alimentos, água e matérias-primas; serviços de regulação, associados ao controle climático, à regulação hídrica, à polinização e à purificação da água; serviços de suporte, que sustentam os processos ecológicos essenciais, como a formação do solo e o ciclo de nutrientes; e serviços culturais, vinculados a valores recreativos, estéticos,

espirituais e educacionais. A Figura 6 apresenta uma representação esquemática dessas categorias, ilustrando de forma sintética a diversidade de benefícios gerados pelos ecossistemas e sua contribuição.

Figura 6 - Classificação SE por MEA (2005).



Fonte: GreenView. (s.d.).

Essa classificação tem sido fundamental para a compreensão integrada da importância dos ecossistemas, especialmente em contextos urbanos, onde a pressão sobre os recursos naturais é intensa e crescente (Simões, Fiore & Silva, 2022). O conceito de SE tem se consolidado como um elemento-chave nas estratégias de sustentabilidade urbana e territorial, reconhecendo os múltiplos benefícios que os ecossistemas oferecem à sociedade (IPBES, 2019).

Além disso, intervenções localizadas em áreas mais densamente ocupadas tendem a ampliar esses benefícios, uma vez que facilitam o acesso da população a espaços abertos e favorecem o uso cotidiano desses ambientes. Experiências consolidadas, como a implantação de parques lineares em fundos de vale e margens de cursos d'água, demonstram o potencial dessas estruturas em integrar funções ecológicas e sociais, contribuindo simultaneamente para drenagem urbana, mobilidade não motorizada e valorização do espaço urbano (Ahern, 2011). A distribuição dessas áreas deve considerar não apenas critérios ambientais, mas também aspectos sociais, de modo a reduzir desigualdades no acesso à infraestrutura verde e promover maior equidade territorial (Zhou *et al.*, 2025).

A importância dos parques urbanos na provisão de SE culturais é crescente, dado que a interação com a natureza e o bem-estar humano são aspectos cada vez mais valorizados (Wang *et al.*, 2022). A presença e qualidade das áreas verdes urbanas, como parques e corredores ecológicos, são determinantes para a oferta desses serviços, influenciando diretamente o bem-estar da população (Kabisch *et al.*, 2017).

3.4 PARQUES LINEARES COMO INFRAESTRUTURA VERDE MULTIFUNCIONAL

Áreas livres urbanas têm ganhado relevância como estratégias territoriais que articulam planejamento urbano e conservação ambiental, destacando-se como importantes instrumentos de provisão de SE em ambientes urbanos (Porto & Castro, 2018). Esses espaços urbanos, frequentemente implantados ao longo de cursos d'água, áreas de preservação permanente ou faixas não edificáveis, assumem papel relevante na articulação entre conservação ambiental e qualificação do espaço urbano, atuando como suporte para a provisão de serviços ecossistêmicos essenciais ao equilíbrio socioambiental urbano (Reis *et al.*, 2025).

A infraestrutura verde pode ser compreendida como um sistema interconectado de áreas naturais, espaços verdes e elementos ecológicos planejados para atuar de forma integrada no ambiente urbano. Diferentemente das infraestruturas convencionais, sua concepção busca utilizar processos ecológicos para desempenhar funções relacionadas à

regulação ambiental, à conservação da biodiversidade e a oferta de SE, ao mesmo tempo em que proporciona benefícios sociais e econômicos para a população (Pochodyła et al., 2022). Nesse contexto, os parques lineares destacam-se como componentes estruturantes dessa rede, ao favorecerem a conectividade ecológica entre fragmentos de vegetação, possibilitando a formação de corredores verdes capazes de apoiar processos hidrológicos, conservar a biodiversidade e mitigar impactos decorrentes da urbanização intensiva (Maropo et al., 2019).

Sob a perspectiva da conectividade ecológica, os parques lineares podem ser compreendidos como corredores verdes urbanos capazes de interligar fragmentos de vegetação e favorecer fluxos ecológicos ao longo do território. Essa configuração contribui para a conservação da biodiversidade, para a ampliação da conectividade da paisagem e para a melhoria da qualidade ambiental urbana. Além dos benefícios ecológicos, esses corredores desempenham importante função social ao integrar espaços públicos e promover a mobilidade ativa por meio de ciclovias, caminhos pedonais e áreas de permanência, fortalecendo a relação entre os sistemas naturais e a dinâmica urbana (Brndevska Stipanović et al., 2022).

No estudo de Sánchez Gómez (2017), além de sua função ecológica, os parques lineares exercem papel significativo na qualificação dos espaços públicos, promovendo oportunidades de lazer, recreação e mobilidade ativa, aspectos fundamentais para a promoção de cidades mais saudáveis e inclusivas. Ainda demonstra que a incorporação de SbN em projetos urbanos pode contribuir para enfrentar desafios relacionados à adaptação climática, gestão de recursos hídricos e regeneração urbana, potencializando sinergias entre sustentabilidade ambiental, bem-estar social e desenvolvimento econômico.

No contexto internacional como exemplos da Eupora e a América Latina, observa-se crescente adoção de parques lineares como estratégia de requalificação urbana e recuperação de áreas ambientalmente sensíveis, especialmente aquelas associadas a cursos d'água urbanos historicamente degradados. Essas intervenções permitem transformar áreas anteriormente consideradas marginais ou subutilizadas em espaços públicos qualificados, capazes de promover conectividade territorial, valorização paisagística como exemplo da figura 7 e melhoria das condições de habitabilidade urbana (Franco Muñoz, 2019).

Figura 7 - *Parque Lineal Río Santa Catarina, Monterrey, Nuevo León, México.*



Fonte: Franco Muñoz, 2019

No caso brasileiro, estudos evidenciam que parques urbanos (73 parques da cidade de São Paulo considerados) apresentam maior potencial de regulação climática, sobretudo por meio da evapotranspiração e do aumento da área foliar da vegetação, contribuindo para o sequestro de carbono e melhoria do metabolismo urbano. Esses resultados reforçam a importância da integração de parques lineares a sistemas mais amplos de infraestrutura verde, capazes de compensar impactos decorrentes da elevada densidade construtiva e promover maior eficiência na gestão dos recursos naturais urbanos (Almeida et al., 2018).

A reportagem sobre o Parque Linear da Doca, publicada pelo ArchDaily, evidencia o papel dos parques lineares como instrumentos estratégicos de infraestrutura verde multifuncional e SbN como são capazes de promover a requalificação urbana e a integração entre sistemas naturais e construídos. O projeto demonstra como a transformação de áreas urbanas subutilizadas em corredores verdes contribui para a melhoria do microclima, aumento da permeabilidade do solo e qualificação da paisagem urbana, além de favorecer a conectividade ecológica e a gestão sustentável das águas pluviais. Ao incorporar espaços de circulação para pedestres e ciclistas, o parque reforça a mobilidade ativa e amplia as possibilidades de uso social do espaço público, promovendo saúde, bem-estar e maior interação entre população e ambiente urbano. Dessa forma, como podemos observar na

Figura 8 (um canal de cerca de 1,2 km de extensão), este caso evidencia a importância dos parques lineares como elementos estruturantes do planejamento urbano contemporâneo, capazes de articular benefícios ambientais, sociais e paisagísticos, contribuindo para cidades mais resilientes, sustentáveis e inclusivas (ArchDaily Brasil, 2024).

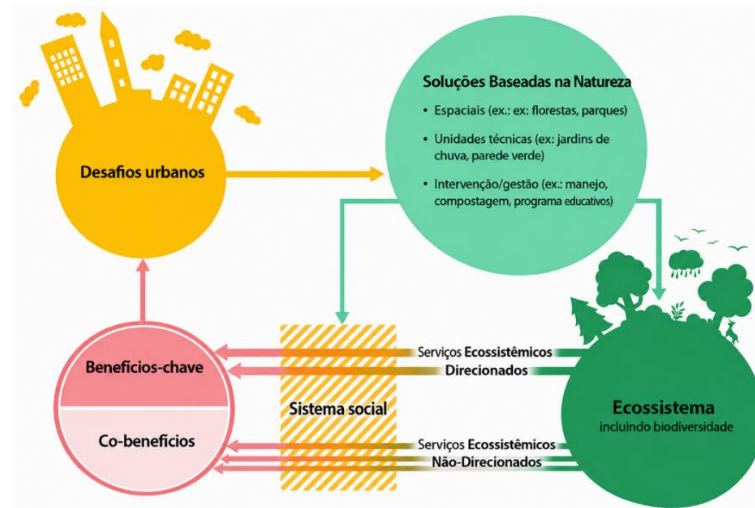
Figura 8 - *Parque Linear da Doca, localizado em Belém do Pará - Brasil.*



Fonte: Fotografia de Manuel Sá - ArchDaily Brasil, 2024.

Conforme discutido por Remme et al. (2024), a distinção entre SE direcionados e não direcionados, evidenciando o caráter multifuncional das intervenções baseadas na natureza. Os serviços direcionados correspondem aos benefícios planejados explicitamente, como regulação climática, controle de enchentes, melhoria da qualidade da água e ampliação da infraestrutura verde. Os serviços não direcionados emergem de forma indireta, incluindo ganhos associados à biodiversidade, bem-estar humano, valorização paisagística e fortalecimento das relações sociais. Esse entendimento é ilustrado na Figura 9, que demonstra a relação entre desafios urbanos, soluções baseadas na natureza e a geração de serviços ecossistêmicos direcionados e não direcionados, mediados pelo sistema social.

Figura 9 - Conceitualizando a interconexão entre desafios urbanos, SbN, SE e benefícios.



Fonte: Traduzido e adaptado de Remme et al. (2024).

A multifuncionalidade dos parques lineares possibilita sua articulação com diferentes agendas do planejamento urbano contemporâneo, incluindo mobilidade sustentável, saneamento ambiental, turismo e requalificação paisagística. Dessa forma, sua implantação pode favorecer a criação de corredores verdes capazes de conectar bairros residenciais, equipamentos públicos, áreas centrais e espaços turísticos, contribuindo para a consolidação de cidades mais resilientes, inclusivas e ambientalmente equilibradas (Raymond et al., 2017).

A Figura 10 ilustra a aplicação de parques lineares com Soluções Baseadas na Natureza (SbN), evidenciando sua abordagem multifuncional no planejamento urbano sustentável. Esses sistemas contribuem simultaneamente para a adaptação climática, por meio do aumento da permeabilidade do solo e recuperação da vegetação ciliar; para a melhoria da qualidade da água, com redução da poluição e do assoreamento dos cursos d'água; e para o equilíbrio ecológico, ao promover corredores verdes que favorecem a biodiversidade urbana. Além disso, parques lineares ampliam a mobilidade ativa de baixa emissão de carbono, incentivam atividades econômicas associadas ao lazer e turismo, e promovem equidade no acesso a áreas verdes, especialmente em territórios vulneráveis. Dessa forma, as SbN estruturadas em parques lineares configuram infraestruturas verdes capazes de integrar benefícios ambientais, sociais e econômicos no território urbano (Evers et al., 2022).

Figura 10 - Parques lineares com SBN.



Fonte: Evers et al., 2022

3.5 VALORAÇÃO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (SE)

A valoração de SE constitui uma ferramenta relevante para tornar os benefícios ambientais e sociais mais tangíveis aos tomadores de decisão no planejamento urbano, essa abordagem vai além de uma perspectiva estritamente econômica, ao incorporar dimensões sociais, ecológicas e o conhecimento local (Potschin-Young et al., 2018). Ao atribuir valor aos benefícios proporcionados pelos ecossistemas, busca-se subsidiar políticas públicas e orientar investimentos em infraestrutura verde. O estudo indica que a degradação ou perda desses serviços resulta em custos sociais e econômicos significativos, evidenciando a necessidade de sua incorporação no planejamento urbano (Baró et al., 2017).

A compreensão das limitações e interpretações da valoração, conforme discutido por Costanza (2024), é fundamental, uma vez que a atribuição de valor não implica necessariamente mercantilização ou privatização dos SE, mas sim o reconhecimento de seu valor público. Ainda nesse contexto, diferentes métodos de valoração têm sido desenvolvidos, incluindo análise de custos evitados, preços de mercado, custo de reposição, método de preferência revelada (como preços hedônicos e custo de viagem) e valoração contingente. Esses métodos são amplamente sistematizados, especialmente a partir de estudos como os de Costanza (2024), que organizam as abordagens de valoração em diferentes categorias econômicas e não econômicas, permitindo sua aplicação em distintos contextos territoriais.

Neumann e Hack (2022) destacam que a valoração dos SE não deve se restringir à análise financeira tradicional, uma vez que as SbN geram benefícios que ultrapassam a dimensão exclusivamente econômica. Os autores defendem a utilização da abordagem Triple Bottom Line – Cost Benefit Analysis (TBL-CBA), que considera simultaneamente benefícios ambientais, sociais e econômicos, permitindo uma avaliação mais abrangente e aderente à complexidade dos projetos urbanos. Essa perspectiva é especialmente relevante em intervenções como parques lineares, nas quais os ganhos associados à qualidade ambiental, ao bem-estar social e à resiliência urbana frequentemente não são plenamente capturados pelos métodos convencionais de valoração econômica.

A avaliação e o mapeamento de SE constituem etapas metodológicas essenciais nos estudos de valoração, pois permitem identificar a distribuição espacial dos serviços e estimar seus benefícios. Técnicas como geoprocessamento, modelagem espacial e análise multicritério têm sido utilizadas para integrar dados ambientais, sociais e econômicos, apoiando a tomada de decisão no planejamento territorial (Cortinovis & Geneletti, 2018). A atribuição de valores monetários, por meio de métodos como custos evitados, preços hedônicos e valoração contingente, pode ser um processo complexo e, por vezes, controverso, especialmente quando envolve serviços de difícil mensuração ou dimensões intangíveis (Costanza, 2024).

Entre as metodologias aplicadas, destaca-se a transferência de benefícios (benefit transfer), que consiste na utilização de valores estimados em estudos anteriores para contextos com características semelhantes. Essa abordagem é especialmente útil quando há limitação de dados primários, tempo ou recursos para a realização de levantamentos detalhados. A transferência de benefícios tem sido amplamente empregada em estudos ambientais e urbanos, como nos trabalhos de Costanza (2024) e no relatório *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB, 2010), sendo necessária a adaptação dos valores às condições locais para garantir maior precisão nas estimativas (Pinke et al., 2022).

A valoração dos SE assume papel estratégico ao permitir a incorporação de variáveis ambientais no processo de tomada de decisão, especialmente em projetos de infraestrutura verde, como parques lineares, nos quais é necessário evidenciar, de forma quantitativa, os benefícios associados às intervenções propostas. A incorporação de ferramentas de análise multicritério tem se mostrado eficaz como etapa preliminar à implementação de SbN, especialmente na definição de áreas prioritárias em contextos urbanos complexos (Cortinovis & Geneletti, 2018). Essa abordagem permite integrar diferentes critérios, como aptidão territorial, demanda social e potencial ecológico, orientando de forma mais consistente a seleção de áreas para intervenção.

Nesse sentido, a simulação do impacto cumulativo dessas intervenções, como proposta por Orta-Ortiz e Geneletti (2023), possibilita analisar os efeitos integrados de diferentes tipologias de natureza urbana sobre o fornecimento de SE, essa abordagem tem sido aplicada em estudos de caso como Las Palmas (Espanha) e Singapura, evidenciando

ganhos no planejamento territorial ao permitir a priorização de intervenções com maior potencial de geração de benefícios ambientais e sociais.

Outros estudos aplicados também reforçam o uso dessas ferramentas no contexto urbano, como em cidades europeias analisadas por Cortinovis e Geneletti (2018), nas quais a integração entre análise multicritério e mapeamento de serviços ecossistêmicos contribuiu para a definição de estratégias de infraestrutura verde mais eficientes. De forma semelhante, pesquisas recentes têm demonstrado que a combinação entre modelagem espacial e critérios multicritério permite avaliar cenários de intervenção e apoiar decisões no planejamento urbano sustentável.

Experiências internacionais, como as destacadas por Allendorf e Yang (2013) e Shrestha et al. (2023), evidenciam a relevância da valoração de SE para subsidiar decisões de conservação e planejamento territorial, especialmente ao considerar as percepções e necessidades das comunidades locais. No contexto chinês, esses estudos demonstram que a percepção dos SE, em particular os serviços de regulação, como a provisão e qualidade da água, influencia diretamente a aceitação e o sucesso de estratégias de conservação.

Em Pequim, por exemplo, a pesquisa desenvolvida por Wang et al. (2022) analisou como características físicas e espaciais de parques urbanos, como cobertura vegetal, presença de corpos d'água e acessibilidade, influenciam a oferta de SE culturais, como lazer e bem-estar. Os resultados indicaram que parques com maior diversidade de elementos naturais apresentam melhor desempenho na provisão desses serviços, fornecendo subsídios para o planejamento e o design de áreas verdes urbanas.

O projeto Blue Gate Antwerp, na Bélgica, é um exemplo de transformação de uma área industrial degradada em um polo urbano sustentável, no qual a valoração de serviços ecossistêmicos foi utilizada para subsidiar a requalificação urbana e a integração de infraestrutura verde (Valck et al., 2019). O estudo avaliou, em termos econômicos, serviços como redução do escoamento superficial, filtragem do ar, regulação climática, sequestro de carbono e recreação, evidenciando o potencial dessa abordagem para apoiar decisões no planejamento urbano.

Experiências semelhantes têm sido observadas em outros contextos internacionais. Em Nova York, por exemplo, iniciativas associadas à infraestrutura verde têm incorporado a valoração de serviços ecossistêmicos para justificar investimentos em soluções de drenagem sustentável, especialmente no manejo de águas pluviais (NYC DEP, 2015). Em cidades europeias, estudos como os de Cortinovis et al. (2022), demonstram que a valoração e o mapeamento de serviços ecossistêmicos têm sido utilizados para orientar a definição de áreas prioritárias para intervenções urbanas baseadas na natureza.

Ao permitir a mensuração de benefícios ambientais, sociais e econômicos, essa abordagem contribui para evidenciar o papel das SbN na requalificação de espaços urbanos, favorecendo a criação de áreas verdes, a melhoria da qualidade ambiental e o aumento do bem-estar da população. A incorporação de infraestrutura verde em projetos urbanos possibilita avaliar cenários e priorizar intervenções capazes de gerar benefícios mensuráveis à cidade (Kaam, 2023). A valoração econômica dos SE busca atribuir valor monetário aos benefícios fornecidos pelos ecossistemas, contribuindo para a tomada de decisão em políticas públicas e planejamento territorial, ao tornar mais explícitos os ganhos ambientais e sociais associados às intervenções (Costanza 2024; TEEB, 2010).

A valoração dos serviços ecossistêmicos pode ser realizada por diferentes métodos, selecionados conforme a natureza do serviço avaliado, a escala territorial da análise e a disponibilidade de dados. Entre as abordagens mais utilizadas estão os métodos baseados em preços de mercado, custos evitados, custos de reposição, transferência de benefícios, custo de viagem, valoração contingente e disposição a pagar. Enquanto os métodos associados a preços de mercado e custos evitados tendem a ser aplicados a serviços com efeitos econômicos mais diretamente mensuráveis, como regulação hídrica, qualidade do ar e sequestro de carbono, os métodos baseados em preferências reveladas ou declaradas apresentam maior aderência aos serviços culturais, como recreação, lazer e valorização paisagística (Valck et al., 2019).

a) Caso Blue Gate Antwerp (Bélgica): Valoração de Serviços Ecossistêmicos e Requalificação Urbana Sustentável

O projeto Blue Gate Antwerp, localizado na cidade de Antuérpia, Bélgica, representa uma experiência exemplar de transformação de uma área abandonada em um

polo urbano voltado à sustentabilidade. O local anteriormente funcionava como um terminal portuário para atividades de refino e armazenamento de petróleo bruto e seus derivados. Devido à gravidade da contaminação do solo, estratégias passivas de remediação, como a simples interrupção das fontes poluentes e a regeneração natural ao longo do tempo, revelaram-se ineficazes para atender aos parâmetros legais em curto prazo (Valck et al., 2019).

O novo planejamento urbano (plano diretor) inclui um centro logístico conectado ao rio Escalda, um parque empresarial de uso misto e um corredor verde que liga o empreendimento à reserva natural Hobokense Polder, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11 - Projeto de redesenvolvimento sustentável Blue Gate Antwerp, Bélgica.



Fonte: Adaptado de Valck et al. (2019)

Além dos aspectos físicos e urbanísticos, o estudo de caso apresentado avaliou a valoração econômica de cinco serviços ecossistêmicos urbanos com base na aplicação da ferramenta Nature Value Explorer. A proposta considerou três principais tipos de infraestrutura verde: um novo corredor verde, canais de drenagem e a instalação de telhados

verdes. Essas soluções foram projetadas para aprimorar a conectividade ecológica, promover a regulação climática e melhorar a gestão hídrica do território (Valck et al., 2019).

Os telhados verdes e as vegetações marginais contribuíram também para o sequestro de carbono, redução da temperatura dos edifícios e melhora da qualidade do ar (Valck et al., 2019). Além disso, a incorporação de componentes recreativos em projetos de infraestrutura verde é amplamente reconhecida na literatura como estratégia para estimular o uso social do espaço e ampliar a apropriação urbana (Kabisch et al., 2017).

O processo de revitalização do Blue Gate Antwerp teve início em 2011, a partir da limpeza e reabilitação do curso do rio adjacente ao local. A disponibilidade de água foi um fator decisivo para a implantação de um parque industrial sustentável, concebido com o objetivo de atrair empresas comprometidas com modelos produtivos baseados nos chamados Circular Flows (fluxos circulares). Essa abordagem visa promover sistemas integrados nos quais os resíduos gerados por uma atividade empresarial são convertidos em insumos para outras cadeias produtivas, tanto dentro do próprio parque quanto em contextos externos, incentivando, assim, a eficiência no uso de recursos e a redução de impactos ambientais (Valck et al., 2019).

A experiência do Blue Gate Antwerp destaca a importância da articulação entre atores públicos e privados no redesenvolvimento urbano sustentável, demonstrando como modelos de governança integrativa podem potencializar resultados ambientais, sociais e econômicos em áreas anteriormente degradadas.

4 MÉTODO

A presente pesquisa adota uma abordagem de natureza aplicada, com caráter exploratório-explicativo, estruturada sob a forma de um estudo de caso, conforme a abordagem proposta por Yin (2015). O objeto de análise é o território com características urbanas do município de São Roque (SP), com ênfase nos cursos d'água localizados na região central da cidade. O foco principal é a avaliação de SE existentes e potenciais, com o objetivo de subsidiar a proposição de SbN, especialmente voltadas à implantação de parques lineares.

A adoção do método de Valck et al. (2019) justifica-se por sua capacidade de integrar serviços ecossistêmicos, soluções baseadas na natureza e valoração monetária em processos de redensolvimento urbano. Sua aplicação direta ao contexto desta pesquisa não seria adequada, uma vez que o estudo original foi desenvolvido em uma área brownfield europeia, com bases econômicas, territoriais e institucionais distintas. Assim, a presente pesquisa realiza uma adaptação metodológica ao contexto brasileiro, considerando as características territoriais de São Roque/SP, a proposta de parque linear e a disponibilidade de dados secundários nacionais e locais.

A definição dessas áreas não ocorre de forma aleatória, mas resulta da análise integrada de critérios territoriais, hidrológicos e ambientais, incluindo suscetibilidade a inundações, grau de impermeabilização do solo, proximidade de corpos hídricos, fragmentação da cobertura vegetal e demanda por SE. A identificação e priorização espacial das SbN constituem etapas fundamentais do planejamento urbano, uma vez que a localização das intervenções influencia diretamente sua capacidade de fornecer benefícios ambientais, sociais e econômicos. Assim, a adoção de critérios de otimização espacial contribui para maximizar a efetividade das infraestruturas verdes e ampliar seus impactos positivos sobre o território (Cortinovis et al., 2023; Pochodyła et al., 2022).

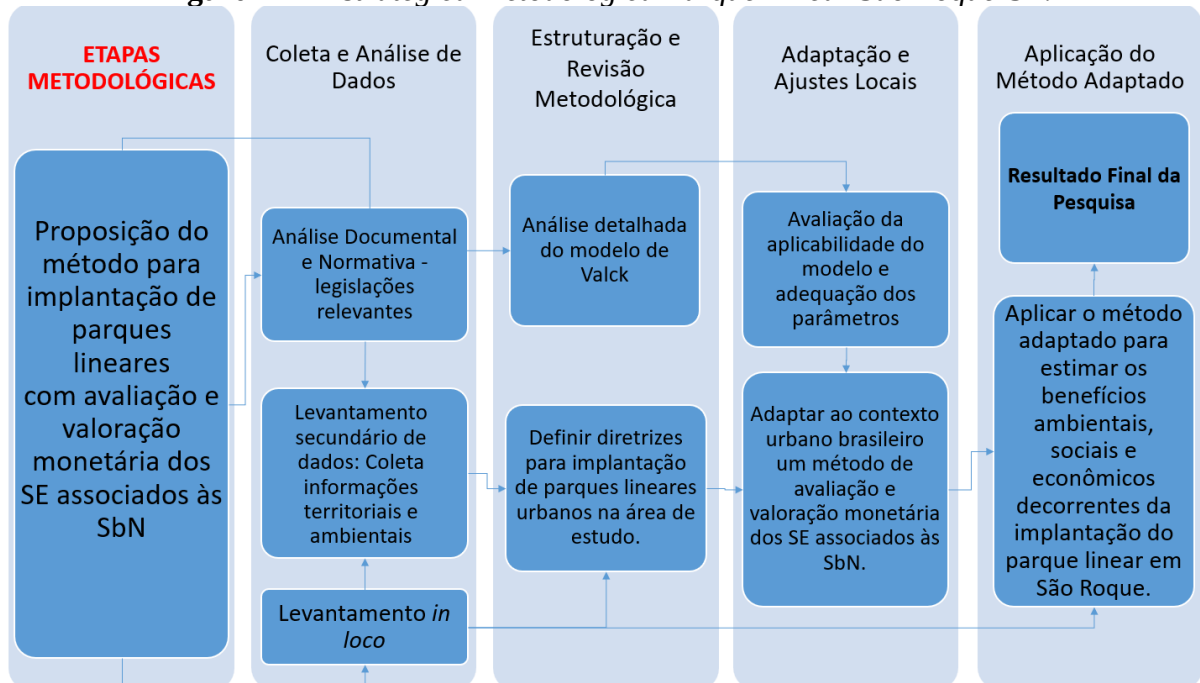
A estratégia metodológica integra diferentes técnicas qualitativas e quantitativas, combinando diferentes fontes de evidências para atender às premissas de Yin (2015) para estudo de caso:

- a. análise documental e normativa (incluindo o Plano Diretor, legislação ambiental e planos setoriais);
- b. levantamento secundário de dados territoriais e ambientais, por meio de bases cartográficas, imagens de satélite e banco de dados públicos;
- c. levantamento in loco, com visitas técnicas aos trechos urbanos dos cursos d'água, com o intuito de observar diretamente as condições ambientais, registrar fotograficamente os elementos de paisagem e identificar áreas de conflito, ocupação irregular e infraestrutura existente;
- d. estruturar um conjunto de ferramentas técnico-analíticas, incluindo o uso dos softwares Autodesk AutoCAD e Google Earth, utilizados para o mapeamento, edição gráfica, visualização de dados georreferenciados e mensuração de áreas de vegetação, corpos d'água e superfícies impermeáveis;
- e. análise detalhada do modelo de Valck et al. (2019), identificando suas premissas, categorias de SE consideradas (provisão, regulação, suporte e culturais), indicadores utilizados e técnicas de valoração monetária aplicadas. Essa revisão permite compreender as bases conceituais e as métricas envolvidas, fundamentais para sua transposição.
- f. avaliação da aplicabilidade e adaptação do modelo ao contexto urbano de São Roque, consideradas variáveis como tipo de cobertura vegetal, disponibilidade de dados secundários, legislação ambiental vigente, e a dinâmica de ocupação urbana.
- g. Ajustes a serem realizados nos parâmetros técnicos e nos coeficientes monetários de valoração para refletirem as condições econômicas e ambientais locais. Definidos critérios para a valoração monetária com base em fontes secundárias brasileiras (IBGE, estudos nacionais) e, quando necessário, adaptados por meio de correções cambiais e fatores de conversão.
- h. aplicação de um modelo analítico de valoração de SE adaptado da metodologia proposta por Valck et al. (2019), originalmente aplicada ao projeto Blue Gate Antwerp, na Bélgica. A aplicação da metodologia adaptada nos cursos d'água selecionados de São Roque, utilizando os dados coletados em campo e os mapas

produzidos. Essa etapa visa permitir avaliar a coerência dos resultados obtidos, ajustar as fórmulas de cálculo e validar o uso do modelo como instrumento de apoio ao planejamento urbano orientado por SbN.

Essas etapas metodológicas buscam traduzir benefícios ecossistêmicos de forma acessível à realidade brasileira, mantendo comparabilidade com o modelo europeu de referência e serão aplicadas conforme demonstra as etapas na Figura 12.

Figura 12 – Estratégia Metodológica Parque Linear São Roque-SP.



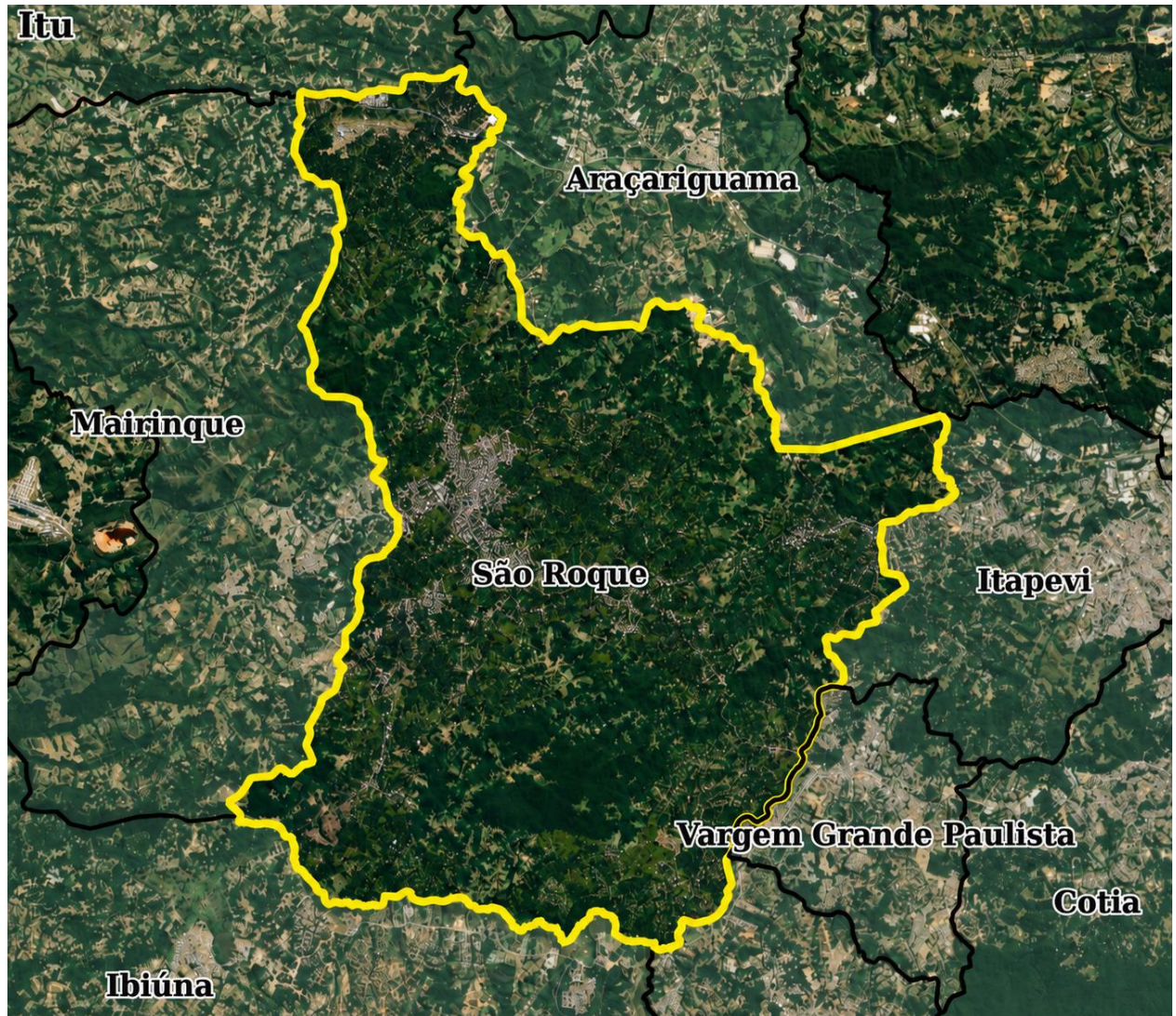
Fonte: Própria (2025)

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de São Roque está localizado na Região Metropolitana de Sorocaba, no estado de São Paulo, a aproximadamente 60 km da capital paulista (IBGE, 2022). Com relevo montanhoso, clima ameno e forte identidade cultural e ambiental, São Roque apresenta uma paisagem marcada pela interação entre remanescentes naturais da Mata Atlântica e o tecido urbano consolidado (Prefeitura Municipal de São Roque, 2023). Tradicionalmente conhecida por sua vocação turística, vitivinícola e gastronômica, a cidade também enfrenta desafios relacionados à desarticulação de sua infraestrutura ecológica e à

fragmentação de suas áreas verdes, principalmente nas zonas centrais e periurbanas (Prefeitura Municipal de São Roque, 2023), como pode ser observado na Figura 13.

Figura 13 – Limite Municipal – IBGE 2020.



Fonte – Própria utilizando Geopixel Cidades (2026)

O processo de expansão urbana de São Roque foi historicamente conduzido com pouca integração entre os elementos naturais e os espaços construídos, resultando em impactos significativos sobre os ecossistemas locais. Atualmente, observa-se a carência de uma rede articulada de infraestrutura verde que favoreça a conectividade ecológica e a resiliência territorial frente às mudanças climáticas. Ainda assim, o município apresenta condições ambientais e territoriais propícias à implantação de projetos baseados em SbN,

capazes de promover a recuperação ambiental, o controle hidrológico e a valorização paisagística dos espaços urbanos.

O município de São Roque está inserido na Região Metropolitana de Sorocaba (RMS), conforme instituída pela Lei Complementar Estadual nº 1.241/2014, o que reforça seu papel estratégico na dinâmica regional do interior paulista. Essa inserção implica desafios e oportunidades relacionados à articulação de políticas públicas intermunicipais, especialmente no que diz respeito à gestão territorial, ambiental e de infraestrutura. Do ponto de vista hidrográfico, São Roque integra a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI-10), correspondente à bacia do Sorocaba/Médio Tietê, cuja área de abrangência inclui diversos municípios com forte grau de urbanização e industrialização. A vinculação ao Médio Tietê implica a necessidade de atenção especial à qualidade dos recursos hídricos e à conservação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), sendo esse um elemento crucial para a proposição de SbN que visem à restauração ambiental e à segurança hídrica em nível regional.

A relevância de cursos d'água é evidenciada pela presença de APPs, pelas possibilidades de renaturalização das margens e pela viabilidade técnica de implantação de parques lineares como instrumentos de reabilitação ambiental e conexão ecológica. A adoção de SbN ao longo desses corpos hídricos possibilita não apenas a restauração dos ecossistemas locais, mas também a promoção de serviços ecossistêmicos como regulação térmica, controle de escoamento superficial, infiltração de água no solo, recreação e valorização paisagística, fundamentais para o ordenamento urbano sustentável (Valck et al., 2019).

Cabe ressaltar que, embora o município de São Roque possua uma rede hidrográfica extensa e diversificada, este estudo delimita sua análise aos principais cursos d'água urbanos diretamente relacionados à área central do município conforme Figura 14. São eles: os córregos Aracaí e Carambeí, o Ribeirão Marmeleiro e o Ribeirão Guaçu (também referido como Rio Mombaça). A escolha por esse recorte se justifica pela localização estratégica desses corpos hídricos em zonas de adensamento urbano, pela existência de conflitos ambientais associados à drenagem e à ocupação de suas margens, e pelo seu

potencial para implantação de SbN. Assim, os demais cursos d'água presentes no território municipal, embora relevantes, não compõem o objeto direto da presente análise.

Figura 14 – *Cursos d'água Área Urbana São Roque-SP.*



Fonte: Própria utilizando Geopixel Cidades (2026)

O Aracaí percorre área de adensamento consolidado, com margens historicamente submetidas a estreitamentos, retificações pontuais e ocupações próximas ao leito, o que reduz a seção hidráulica útil e a capacidade de escoamento durante eventos pluviais mais intensos. Observam-se conexões pluviais diretas (bocas de lobo/galerias) que aceleram o aporte de pico ao canal, bem como processos de assoreamento. A combinação entre alta impermeabilização da bacia de contribuição e insuficiência de dispositivos de retenção e infiltração a montante favorece respostas hidrológicas rápidas, com picos de vazão em curto tempo de concentração e episódios recorrentes de extravasamento para a via pública.

Essa caracterização foi realizada a partir da análise integrada de dados espaciais, interpretação de imagens de satélite e avaliação das condições urbanas e hidrológicas locais,

considerando a configuração do sistema de drenagem urbana e o padrão de ocupação do entorno. No Aracaí, a APP urbana apresenta trechos descontínuos de vegetação ciliar, com potencial de renaturalização por meio de faixas ribeirinhas drenantes, bioengenharia de taludes e implantação de parques lineares com função ecológica e recreativa.

No setor central, o Carambeí apresenta trechos canalizados sob forte urbanização, gerando déficit hidráulico e risco de transbordamentos pontuais. A redução da rugosidade de fundo (canal rígido) aumenta a velocidade média, transferindo picos a jusante e potencializando instabilidades locais nas saídas de galeria. Em períodos de chuva intensa, material grosseiro (folhiço, resíduos sólidos, sedimentos) obstruem grelhas e seções de transição, agravando a perda de carga local e promovendo alargamentos súbitos de lâmina. A solução estrutural exige recalibração de seções e travessias (onde tecnicamente viável), combinada a SbN para desacoplar picos: biorretenções lineares em ruas adjacentes, valas vegetadas em fundos de vale, microbacias de retenção e recomposição ciliar contínua, de modo a recuperar o papel da APP como “esponja hidrológica” e corredor ecológico.

O Marmeleiro se articula fortemente com o eixo viário homônimo, que opera como corredor de ligação entre rodovias de grande relevância, concentrando fluxo elevado de automóveis e veículos de carga. Em diversos segmentos urbanos, a drenagem superficial associada ao leito carroçável descarga diretamente no ribeirão por meio de travessias e dispositivos subdimensionados, configurando estrangulamentos hidráulicos sob chuvas intensas. A inexistência ou precariedade de faixas verdes drenantes entre pista e passeio, somada a acostamentos degradados e sarjetas assoreadas, eleva o aporte rápido de escoamento ao curso d'água e induz alagamentos pontuais que degradam o pavimento e afetam a segurança viária. O caráter misto do corredor (tráfego de passagem + acessos locais) recomenda intervenção combinada: requalificação da seção transversal (pista, bordos e calçadas acessíveis), aumento da capacidade de travessias estratégicas e implementação de SbN distribuídas (jardins de chuva, canteiros de biorretenção, valas vegetadas, arborização com função microclimática), de forma a laminar vazões, reduzir picos e ampliar a resiliência do sistema.

Nos três cursos analisados, o regime de cheias rápidas decorre da impermeabilização difusa, da conexão direta das redes pluviais com os leitos e de seções/sub-obras

subdimensionadas. Tais condições sugerem uma estratégia de dupla via, sendo as adequações estruturais de seções e travessias nas zonas críticas e implantação sistêmica de SbN na bacia urbana contribuinte (retenção, infiltração e evapotranspiração distribuídas), priorizando APPs urbanas contínuas com vegetação ciliar multifuncional, parques lineares como espinha dorsal da infraestrutura verde e dispositivos de baixo impacto ao longo da malha viária. Essa combinação aumenta o tempo de resposta hidrológica, reduz a magnitude dos picos, melhora a qualidade da água por polimento natural, reforça a conectividade ecológica e gera co-benefícios sociais (lazer, conforto térmico, paisagem), alinhando gestão de riscos e qualificação urbana.

Para isso, consideraram-se as disposições da Lei nº 12.651/2012, que institui o Código Florestal brasileiro, especialmente no que se refere à possibilidade de intervenções classificadas como de interesse social e de baixo impacto ambiental em APPs, buscando assegurar compatibilidade entre a proposta do parque linear e os parâmetros legais aplicáveis (Brasil, 2012; Reis et al., 2025).

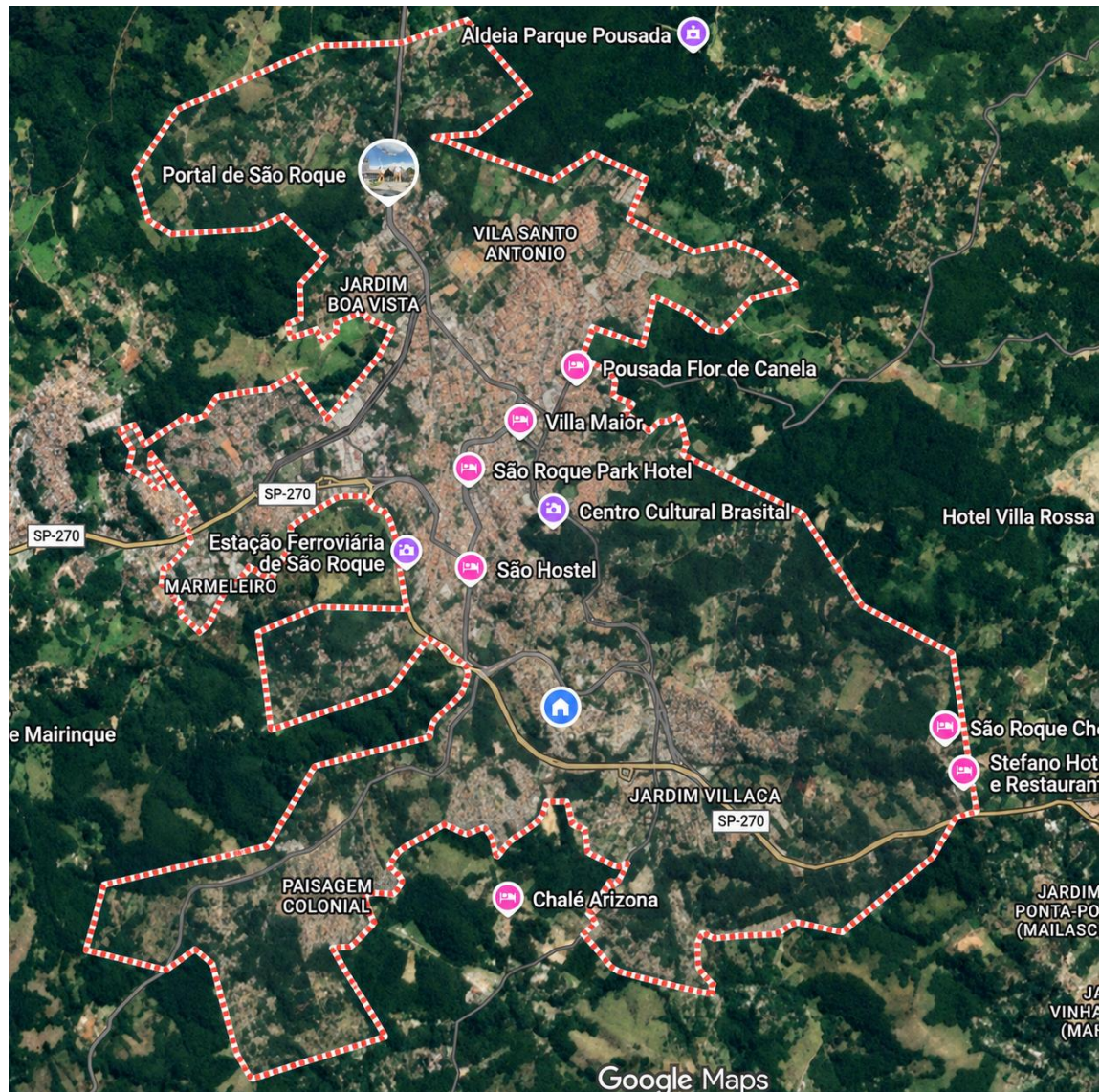
Além disso, as diretrizes do Plano Diretor Ambiental do Município de São Roque, instituído pela Lei Complementar nº 103, de 8 de junho de 2020, reforçam a importância da articulação entre planejamento urbano e conservação ambiental, propondo a valorização dos fundos de vale como estruturas multifuncionais de infraestrutura verde (São Roque, 2020). Esse instrumento legal orienta o uso do solo de forma a compatibilizar ocupação urbana com a preservação dos recursos naturais, oferecendo base normativa para a implementação de corredores ecológicos e áreas de recreação ambientalmente integradas.

4.1.1 Área de Estudo e Delimitação Territorial

A região central do município de São Roque apresenta uma configuração urbana fortemente condicionada pela presença de sua rede hidrográfica, composta principalmente pelos ribeirões Aracaí, Mombaça/Guaçu e Marmeleiro se observarmos a Figura 15 os cursos d'água da região central e a Figura 15 demarcando a área urbanizada da região central. A ocupação histórica de áreas centrais, frequentemente realizada sem a devida consideração das dinâmicas naturais dos cursos d'água, resultou em processos de

degradação ambiental, impermeabilização do solo e aumento da vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos. Tal cenário é recorrente em cidades brasileiras, onde a urbanização desordenada compromete a funcionalidade ecológica das áreas ripárias e intensifica problemas como enchentes e ilhas de calor (Rigolo & Okimoto, 2025).

Figura 15 – Região Central São Roque-SP.



Fonte: Própria utilizando GoogleMaps (2026)

No contexto das mudanças climáticas e da crescente intensificação de eventos extremos, iniciativas como o programa Euroclima, implementado no âmbito do Consórcio Intermunicipal da Região Oeste Metropolitana de São Paulo (CIOESTE), destacam que

áreas urbanas densamente ocupadas apresentam maior suscetibilidade a alagamentos e ao fenômeno das ilhas de calor urbanas, em função da elevada impermeabilização do solo, redução da cobertura vegetal e alterações no balanço térmico urbano (CIOESTE, 2023). Essas intervenções permitem a recuperação de ecossistemas ribeirinhos, o aumento da infiltração da água no solo e a redução do escoamento superficial, contribuindo diretamente para a mitigação de enchentes e alagamentos urbanos (Rigolo & Okimoto, 2025). Esses fatores são particularmente relevantes na região central de São Roque, onde a proximidade entre o tecido urbano consolidado e os cursos d'água potencializa os riscos associados à drenagem urbana insuficiente e à elevação das temperaturas locais.

A proposição de traçado apresentada para o município de São Roque/SP, demonstrada na Figura 16, evidencia o potencial de estruturação de uma rede contínua de infraestrutura verde urbana, capaz de conectar áreas livres, corpos hídricos e fragmentos vegetados, promovendo simultaneamente benefícios ecológicos, paisagísticos e sociais.

Figura 16 – *Proposição de traçado de parque linear no município de São Roque/SP.*



Fonte: Elaboração própria a partir de imagens do Google Earth (2026).

Os caminhos pedonais constituem elementos estruturantes do desenho urbano sustentável. No planejamento, a caminhabilidade é compreendida como o grau em que o

ambiente construído oferece condições adequadas de conforto, segurança e atratividade para o deslocamento a pé, permitindo a conexão entre diferentes destinos urbanos com esforço razoável e qualidade ambiental satisfatória. Adicionalmente, a qualidade do percurso pedonal depende da presença de atributos físicos e espaciais adequados, tais como largura mínima de calçadas, continuidade dos trajetos, acessibilidade universal, presença de fachadas ativas e proximidade a pontos de interesse urbanos, fatores que influenciam diretamente a atratividade e a segurança dos percursos (Albala & Mülfarth, 2023).

A inserção de infraestrutura cicloviária em áreas centrais possibilita a redução da dependência de modais motorizados, favorecendo a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, a mitigação das ilhas de calor urbanas e a ampliação do acesso equitativo aos espaços públicos. Além disso, ciclovias bem planejadas tendem a estruturar redes de deslocamento eficientes, promovendo rotas diretas, seguras e conectadas aos principais polos geradores de viagens, como equipamentos públicos, áreas de lazer, comércio e serviços, fortalecendo a funcionalidade do espaço urbano e sua resiliência climática (WRI, 2022).

Para Abdeljaber et al. (2022) demonstram que pavimentos permeáveis aplicados a caminhos pedonais desempenham papel central na redução de escoamento superficial e na integração de estratégias de Sistemas Sustentáveis de Drenagem Urbana, na qual estudos de campo e laboratório mostram que sistemas como o pavimento permeável de concreto intertravado e outras variantes de pavimentos permeáveis, na qual podem reduzir substancialmente o volume de escoamento, com reduções que variam em 35,7% em cenários urbanos comuns. Aumentar o tempo de defasagem entre chuva e escoamento, favorecendo a recarga local e diminuindo sobrecargas nos sistemas de drenagem urbana (tubulações e galerias), esses pavimentos também são amplamente promovidos em diretrizes de concreto intertravado e adotados em projetos urbanos por sua eficácia em ambientes como calçadas e passeios (McClymont et al., 2020).

No âmbito da arborização viária, estudos recentes evidenciam que as árvores urbanas desempenham papel fundamental na melhoria das condições ambientais, promovendo redução das temperaturas urbanas, melhoria da qualidade do ar e benefícios diretos à saúde física e mental da população. Esses benefícios reforçam a compreensão da

arborização como infraestrutura essencial, e não apenas como elemento paisagístico, devendo ser integrada de forma estratégica aos sistemas urbanos (Caiche et al., 2026). Conforme destacado por Seddon et al. (2020), as SbN apresentam elevado potencial para enfrentar desafios urbanos, como mudanças climáticas, degradação ambiental e vulnerabilidade socioespacial, ao integrar processos ecológicos ao planejamento urbano de forma multifuncional e adaptativa. Nesse sentido, a incorporação sistemática da vegetação arbórea em espaços urbanos não apenas contribui para a mitigação de impactos ambientais, mas também fortalece a resiliência urbana e a qualidade de vida da população. Reforçando ainda que Nunes et al. (2025), os SE fornecidos pelas árvores de rua constituem elemento estruturante para a sustentabilidade urbana, desde a moderação climática até o suporte à biodiversidade

Em termos de planejamento urbano, Bueno et al. (2021) recomenda a ampliação de projetos-piloto que integrem pavimentos borracha em estratégias de mobilidade sustentável e mitigação de impactos urbanos, dada a viabilidade observada em iniciativas de desenvolvimento urbano sustentável. Ainda, para Yang et al. (2024) a inserção do asfalto borracha em estratégias de planejamento urbano sustentável evidencia um potencial relevante para reduzir impactos ambientais ao longo de todo o ciclo de vida e, em algumas configurações, para contribuir ao manejo hídrico urbano por meio de soluções permeáveis. Soluções como pavimentos de borracha porosa têm demonstrado elevada taxa de infiltração, caracterizando esse tipo de superfície como alternativa promissora em áreas urbanas vulneráveis a alagamentos, sendo considerados um projeto de baixo impacto ambiental e benéficos para as melhores práticas de gestão de águas pluviais (Kabir et al., 2020).

A definição da seção transversal do parque linear proposto constitui etapa fundamental para a consolidação de sua multifuncionalidade, devendo integrar, de forma coerente, os princípios de acessibilidade universal, mobilidade ativa e infraestrutura verde. Nesse sentido, o dimensionamento dos elementos que compõem o perfil transversal foi orientado por referenciais normativos e técnicos, buscando garantir segurança, conforto e eficiência no uso do espaço público.

Inicialmente, os caminhos pedonais serão considerados com largura mínima de 1,50 m, em conformidade com as diretrizes da ABNT NBR 9050 (ABNT, 2020), permitindo o deslocamento acessível e o cruzamento de usuários com mobilidade reduzida. Em trechos de maior fluxo e permanência, recomenda-se a ampliação dessa faixa, de modo a favorecer a apropriação social e o conforto ambiental.

Complementarmente, prevista a implantação de ciclovia bidirecional, com largura mínima de 2,50 m, conforme diretrizes internacionais de mobilidade cicloviária (WRI, 2022). A adoção de ciclovia segregada dos caminhos pedonais visa reduzir conflitos entre fluxos e promover maior segurança operacional, especialmente em áreas de maior intensidade de uso.

No contexto da infraestrutura verde, a seção transversal proposta evidencia uma abordagem multifuncional ao integrar arborização viária e dispositivos de drenagem urbana sustentável. As faixas arborizadas, com largura mínima de 1,40 m, são dimensionadas de modo a assegurar o pleno desenvolvimento das espécies arbóreas, promovendo simultaneamente a provisão de serviços ecossistêmicos, como sombreamento, regulação microclimática e melhoria do conforto térmico urbano. De forma complementar, essas faixas articulam-se a biovaletas com dimensão aproximada de 1,00 m, configurando sistemas integrados de manejo de águas pluviais. Tais dispositivos atuam na infiltração, retenção e retardamento do escoamento superficial, contribuindo para a mitigação de alagamentos e para o restabelecimento de funções hidrológicas urbanas (Secretaria de Habitação do Estado de São Paulo, s.d.).

Adicionalmente, o projeto contempla a inserção de uma faixa de circulação bidirecional com pavimento em asfalto-borracha, com largura de 6,00 m, destinada prioritariamente ao tráfego eventual de veículos de manutenção e emergência, em conformidade com os princípios estabelecidos pelo Código de Trânsito Brasileiro (Brasil, 1997). Em situações específicas, essa faixa pode operar em regime compartilhado, com controle de velocidade e priorização dos modos ativos, reforçando o caráter de espaço público qualificado.

A organização espacial dos elementos que compõem a infraestrutura verde multifuncional pode ser representada por meio de seções transversais esquemáticas, as

quais evidenciam a integração entre funções ecológicas, hidrológicas e de mobilidade ativa. A configuração proposta de um parque linear estruturado ao longo de um curso d'água urbano, incorporando elementos como APPs, biovaletas para drenagem sustentável, ciclovias e faixas arborizadas, promovendo conectividade ecológica e qualificação do espaço público.

A organização espacial dos elementos que estruturam a infraestrutura verde multifuncional pode ser representada por meio de seções transversais esquemáticas, as quais permitem explicitar a articulação entre funções ecológicas, hidrológicas e de mobilidade ativa. Nesse sentido, a Figura 17 e a Figura 18 apresentam a proposta de configurações tipológicas de parque linear implantado ao longo de cursos d'água urbanos: uma seção considerando a ocupação de apenas um dos lados do curso hídrico e outra contemplando a intervenção em ambas as margens.

A Figura 17 com intervenção unilateral, representa uma estratégia de maior viabilidade de implantação em contextos urbanos consolidados, onde limitações fundiárias, infraestrutura existente ou restrições legais dificultam a ocupação integral das duas margens.

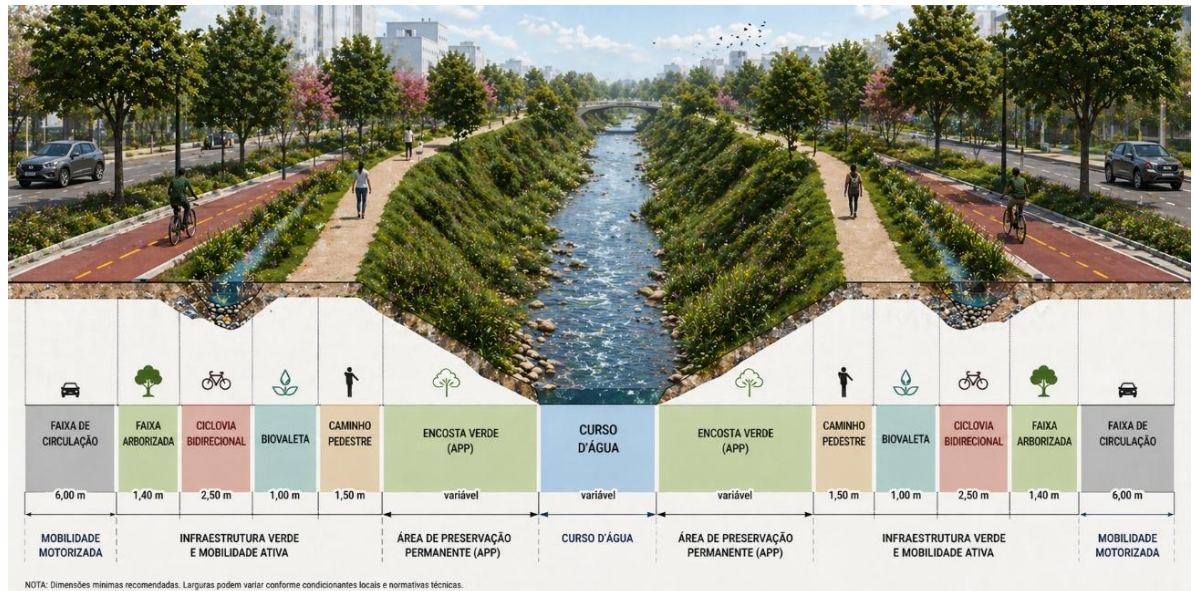
Figura 17 – Seção transversal proposta para parque linear com intervenção unilateral.



Fonte: Elaboração própria com auxílio de inteligência artificial

A Figura 18 com intervenção bilateral, expressa uma solução mais abrangente do ponto de vista ecológico e paisagístico, potencializando a conectividade entre fragmentos verdes, a ampliação das áreas de infiltração e a qualificação do espaço público.

Figura 18 – Seção transversal proposta para parque linear com intervenção bilateral.



Fonte: Elaboração própria com auxílio de inteligência artificial

O estudo de Albala & Mülfarth, 2023, sobre caminhabilidade e conforto ambiental indicam que a qualidade dos percursos na qual inclui sombreamento, largura adequada, pavimentação acessível e segurança na qual é determinante para o uso efetivo dos espaços públicos. Técnicas de sistemas de drenagem urbana têm se consolidado como alternativas mais sustentáveis aos sistemas convencionais, promovendo a redução do escoamento superficial, a melhoria da qualidade da água e ganhos em eficiência econômica ao longo do ciclo de vida (Abdeljaber et al., 2022). Conforme argumentam Seddon et al. (2020), a eficácia das SbN está diretamente relacionada à sua capacidade de gerar múltiplos benefícios simultaneamente, o que reforça a importância de soluções espaciais integradas, na estruturação de cidades mais resilientes.

4.2 MÉTODO PARA IDENTIFICAÇÃO DE SBN PELOS SE

Nesta pesquisa, pretende-se adotar a estratégia metodológica baseada em estudo de caso desenvolvido para a área denominada “Blue Gate”, proposta por Valck et al. (2019), tendo como objeto empírico a proposta de implantação de um parque linear urbano na região central do município de São Roque, no interior do estado de São Paulo. A escolha desse enfoque é pela necessidade de compreender, de forma integrada, os benefícios potenciais advindos da aplicação de SBN, especialmente em contextos urbanos consolidados, mas carentes de infraestrutura verde qualificada. Tal abordagem discute o papel estratégico dos SE no planejamento urbano sustentável (Kabisch et al., 2017).

Como referência para a avaliação dos impactos esperados da proposta, será adotado o modelo metodológico desenvolvido por Valck et al. (2019), cuja estrutura é integrar dimensões ecológicas, territoriais e sociais em contextos urbanos. Embora originalmente elaborado para análise de áreas de regeneração industrial (*brownfields*), esse método se mostra adaptável a áreas verdes de configuração linear, especialmente àquelas inseridas em zonas de transição entre áreas naturais e malhas urbanas densas. A aplicação do modelo se justifica por sua capacidade de abarcar múltiplas categorias de SE - reguladores, de provisão, de suporte e culturais - por meio de uma abordagem sistêmica, baseada em dados geoespaciais e informações socioeconômicas. Sua flexibilidade metodológica permitirá adequações à escala e às especificidades do território de São Roque, além de viabilizar a construção de cenários projetivos.

No caso do parque linear a ser analisado, prevê-se que sua implantação favoreça a regulação microclimática, a retenção e infiltração de águas pluviais, o sequestro de carbono, e a ampliação do acesso a espaços verdes públicos de qualidade. Tais benefícios deverão ser estimados com base em dados empíricos que serão levantados ao longo do desenvolvimento da pesquisa, por meio de análises geoespaciais, inventários físicos e observações em campo. Assim, espera-se que a aplicação do modelo permita avaliar de forma estruturada o potencial da intervenção para a promoção dos serviços ecossistêmicos urbanos, contribuindo, ainda, para a construção de um referencial replicável em outras iniciativas semelhantes de requalificação territorial.

4.2.1 Caracterização da metodologia baseada em Valck et al. (2019)

A metodologia proposta por Valck et al. (2019) tem como base um estudo desenvolvido para a área localizada na cidade de Antuérpia, Bélgica. Trata-se de um antigo complexo industrial portuário, anteriormente utilizado para atividades relacionadas ao petróleo, como refino e armazenamento, atualmente desativado e com suspeitas de contaminação no solo. A área total corresponde a aproximadamente 113 hectares, dos quais 50 hectares estão sendo gradualmente remediados, com previsão de requalificação e reuso entre os anos de 2014 e 2035.

O planejamento do “Blue Gate” como denominado, prevê uma transformação abrangente da área, incluindo a instalação de um parque empresarial sustentável, um centro logístico e a integração de um corredor verde multifuncional. Esse corredor incorpora diferentes elementos de infraestrutura verde, com o objetivo de otimizar a drenagem urbana, promover conectividade ecológica e valorizar os serviços ecossistêmicos locais. Para mensurar esses benefícios, Valck et al. (2019) selecionaram cinco SE principais: redução de escoamento superficial, filtragem do ar e ventilação, regulação climática, sequestro de carbono e recreação. Estes indicadores serão utilizados nesta pesquisa, com adaptações ao contexto espacial e funcional do projeto do parque linear, em São Roque/SP.

As entradas utilizadas nos cálculos do modelo foram obtidas a partir de documentos técnicos e projeções específicas do projeto “Blue Gate”, sendo complementadas por mapas detalhados do local. A área foi segmentada em diferentes zonas, com variações em termos de cobertura vegetal, tipo de solo e presença de corpos hídricos. Esses dados foram utilizados como base primária para os indicadores quantitativos, com exceção do serviço de recreação, que considerou variáveis ligadas ao uso público e frequência de visitantes.

No caso da drenagem urbana, utilizou-se um modelo hidrológico simplificado, baseado em estudos prévios de capacidade de infiltração e recarga das áreas verdes projetadas, sem detalhamento específico quanto à tipologia vegetal. O corredor verde e o canal de escoamento foram dimensionados considerando as médias históricas de precipitação e o risco de eventos extremos, de modo a garantir eficiência em cenários de chuvas intensas.

A estrutura metodológica segue uma lógica de cálculo dividida por tipo de serviço ecossistêmico. Cada seção define os parâmetros e hipóteses adotadas, seguido dos dados numéricos. Em geral, os cálculos consistem na multiplicação da área ou quantidade observada (por exemplo, metros quadrados de vegetação) por fatores de conversão previamente estabelecidos, com posterior transformação em valores monetários. Esses valores estão expressos em euros, permitindo uma estimativa do valor econômico dos benefícios ecológicos gerados.

A Tabela 1 apresenta os fatores de conversão utilizados por Valck et al. (2019) para estimar o valor monetário dos SE considerados no “Blue Gate”:

Tabela 1 – Fatores de valoração monetária dos SE no Blue Gate Antwerp.

Serviço Ecossistêmico	Unidade de Medida	Valor Unitário (€)
Redução de Escoamento	m ³ /ano	€ 0,52
Filtragem do Ar e Ventilação	kg/ano	€ 72,00
Regulação Climática	m ² /ano	€ 0,21
Sequestro de Carbono	kg/ano	€ 233,00
Recreação (uso público/lazer)	visitas/ano	€ 4,50

Cada SE é avaliado com base em sua unidade específica de medida, permitindo sua valoração econômica por meio de modelos de estimativa ajustados à realidade local. Ainda que os valores monetários derivem do estudo de Valck et al. (2019), sua aplicação em outros contextos, como o do parque linear, exige a adaptação das variáveis de entrada, considerando o tipo de superfície (vegetação arbórea, áreas permeáveis ou edificadas) e a densidade de cobertura vegetal disponível.

Assim, a proposta metodológica aqui adotada buscará reproduzir a estrutura conceitual e analítica de Valck et al. (2019), respeitando suas premissas fundamentais, mas ajustando os parâmetros conforme as particularidades físicas, ambientais e sociais do local de estudo, assegurando coerência e aplicabilidade dos resultados ao contexto local.

a) Redução do Escoamento Superficial

A estimativa da redução do escoamento hídrico, conforme abordada na metodologia de Valck et al. (2019), baseia-se em uma classificação simplificada das superfícies de cobertura do solo, a partir das quais se determina a capacidade de recarga de água

proveniente da precipitação. Para o contexto climático da Bélgica, considerou-se uma média anual de precipitação de aproximadamente 800 mm, valor adotado como referência para a calibração dos coeficientes de infiltração de cada tipologia de superfície.

As áreas impermeáveis foram consideradas com um coeficiente de recarga bastante reduzido, permitindo uma infiltração anual estimada em 50 mm, o que equivale a apenas 6% da precipitação total esperada para o ano. Por outro lado, áreas recobertas por vegetação e corpos hídricos apresentaram um desempenho significativamente superior, com uma taxa de recarga média de 300 mm ao ano, correspondendo a cerca de 38% do total precipitado.

No caso dos corredores verdes e superfícies permeáveis, as categorias que representam SbN voltadas à gestão hídrica urbana, os cálculos adotaram um valor intermediário de infiltração, estimado em 250 mm por ano, equivalente a 31% da precipitação média.

Um aspecto no modelo de Valck et al. refere-se à introdução de coberturas vegetadas em edificações. O plano de requalificação previa que aproximadamente um terço dos telhados construídos contaria com sistemas de cobertura verde. Para essas estruturas, foi assumido um coeficiente de recarga correspondente a 50% da precipitação anual (400 mm), evidenciando seu desempenho mais eficaz em comparação com as demais tipologias analisadas. No entanto, os documentos técnicos do projeto original não especificam as características detalhadas desses telhados verdes, como profundidade do substrato, composição da vegetação ou tipo de sistema adotado, o que levou os autores a adotarem valores estimativos baseados em padrões consolidados da literatura técnica.

Essa abordagem permite quantificar de forma prática o potencial de mitigação de escoamento superficial por meio de soluções naturais e infraestruturas verdes, compondo um dos indicadores fundamentais para a valoração dos serviços ecossistêmicos urbanos.

b) Capacidade de Filtragem de Ar e Ventilação

A estimativa da contribuição das áreas verdes para a melhoria da qualidade do ar, por meio dos processos de filtragem e ventilação, segue uma lógica metodológica similar à aplicada para a redução do escoamento superficial, ou seja, baseada na classificação das diferentes tipologias de superfície presentes nas zonas de infraestrutura verde. Nesse

contexto, o papel da vegetação urbana é duplo: atua tanto como barreira física à propagação de poluentes quanto como elemento de renovação do ar local, contribuindo para a diluição das concentrações de contaminantes atmosféricos.

As vegetações, ao interceptarem partículas em suspensão e gases poluentes, desempenham função essencial na filtração do ar, sendo especialmente eficazes na retenção de material inalável com diâmetro inferior a 10 micrômetros (PM_{10}). Além disso, a presença de vegetação pode influenciar os padrões locais de circulação do ar, intensificando o fenômeno de mistura turbulenta, o que também reduz a concentração de poluentes em áreas densamente urbanizadas.

Para quantificar esse SE, o modelo metodológico associa os dados de cobertura vegetal e tipo de superfície a coeficientes médios de remoção de PM_{10} , expressos em quilogramas de poluente removido por hectare ao ano. Com base nesses valores, estima-se o volume total de partículas removidas pelas áreas vegetadas da área analisada.

A valoração econômica do serviço é realizada por meio da conversão da massa de poluentes retida em benefícios monetários, considerando os custos evitados com internações hospitalares, perda de produtividade e mortalidade precoce associadas à exposição à poluição do ar. Tal abordagem permite relacionar diretamente a presença de infraestrutura verde com ganhos expressivos em termos de saúde pública e qualidade de vida da população exposta. Conforme discutido por Michiels et al. (2012), essa estimativa incorpora não apenas os impactos evitados sobre o sistema de saúde, mas também externalidades econômicas associadas a doenças respiratórias e cardiovasculares induzidas por partículas inaláveis.

Dessa forma, o indicador de filtragem e ventilação atmosférica possibilita a compreensão do valor funcional e econômico das áreas verdes urbanas, evidenciando sua importância estratégica na mitigação dos efeitos negativos da urbanização sobre a saúde ambiental e humana.

c) Regulação Climática

O SE de regulação climática é particularmente relevante em contextos urbanos densamente ocupados, atuando como moderador dos efeitos adversos provocados pelas

ilhas de calor. Essas ilhas térmicas são causadas, em grande parte, pela predominância de superfícies impermeáveis, como asfalto e concreto, que acumulam radiação solar e dificultam a dissipação de calor, elevando significativamente as temperaturas locais. Os impactos dessa elevação térmica extrapolam o desconforto físico, alcançando também a saúde pública, com implicações como distúrbios de sono, aumento do estresse, doenças cardiovasculares e respiratórias.

A estimativa para a regulação climática proporcionada pelas infraestruturas verdes é realizada a partir da análise das tipologias de superfície presentes na área de estudo, considerando-se as respectivas extensões e sua capacidade de mitigar o calor urbano. Os cálculos incorporam fatores de avaliação específicos para árvores e vegetação rasteira, especialmente no que se refere ao potencial de economia energética decorrente da moderação térmica promovida por essas coberturas vegetais.

Dado o grau de heterogeneidade entre as superfícies analisadas, tanto em termos de cobertura quanto de função, o modelo adota uma abordagem que combina a média ponderada das medições existentes com parâmetros adicionais definidos a partir de consultas a especialistas locais, conforme metodologia proposta pela ferramenta “Nature Value Explorer”. Essa ponderação é fundamental para captar de forma mais realista as variações microclimáticas induzidas pelas diferentes composições de cobertura do solo.

Além de contribuir para o equilíbrio microclimático, essas intervenções resultam em benefícios colaterais importantes, como a diminuição da demanda por climatização artificial e, conseqüentemente, a redução do consumo energético. A moderação da radiação solar direta e a criação de áreas sombreadas também proporcionam maior conforto térmico durante os períodos de verão intenso, reforçando o papel da vegetação urbana como reguladora do clima e promotora da saúde e bem-estar nas cidades.

d) Sequestro de Carbono

A remoção de dióxido de carbono (CO_2) da atmosfera representa um dos pilares das estratégias internacionais de enfrentamento às mudanças climáticas. Desde a adoção do Protocolo de Quioto, em 1997, a captura e o armazenamento de carbono passaram a integrar as metas globais de mitigação do efeito estufa, com ênfase na promoção de ações

coordenadas entre países para reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera conforme UNFCCC (1998).

Entre os mecanismos naturais de sequestro de carbono, destaca-se o papel essencial das árvores e das áreas florestadas. Durante seu crescimento, os vegetais realizam fotossíntese, processo no qual assimilam carbono atmosférico e o armazenam em sua biomassa. Entretanto, práticas de desmatamento e degradação ambiental liberam grandes quantidades de carbono previamente estocado, intensificando o aquecimento global. Assim, a conservação e ampliação da vegetação urbana constituem instrumentos eficazes para a compensação de emissões e recuperação ambiental.

No modelo utilizado por Valck et al. (2019), a estimativa do sequestro de carbono é realizada com base na tipologia de superfície vegetada presente no território, considerando-se a capacidade média de absorção de CO₂ por hectare ao ano. Para cada classe de uso do solo com cobertura vegetal (sejam árvores isoladas, bosques urbanos ou faixas verdes contínuas) são aplicados coeficientes de absorção diferenciados, os quais resultam em duas projeções: uma de valor inferior (conservadora) e outra de valor superior (otimista), refletindo as variações naturais de crescimento, tipo de vegetação e condições ambientais.

As estimativas obtidas são, posteriormente, convertidas em valores monetários. Esses valores têm por base estudos de valoração do carbono no contexto europeu e refletem os custos sociais e econômicos evitados com a retirada do carbono da atmosfera.

Ao final do processo, as duas estimativas (conservadora e otimista) são somadas separadamente e, em seguida, o valor final do serviço ecossistêmico de sequestro de carbono é apresentado como a média aritmética entre os dois totais. Essa abordagem proporciona uma faixa de análise mais abrangente e precavida, permitindo representar a variabilidade natural dos dados e apoiar decisões de planejamento mais embasadas.

Com isso, o indicador de sequestro de carbono evidencia o papel estratégico da vegetação urbana como estoque natural de carbono, contribuindo não apenas para a neutralização de emissões locais, mas também para o cumprimento das metas climáticas de longo prazo, reforçando os benefícios ambientais e econômicos das soluções baseadas na natureza no contexto urbano.

e) Recreação / Lazer

Diferentemente dos SE anteriores, a estimativa do valor associado à função recreativa de uma área verde não se baseia na tipologia da cobertura do solo nem na extensão das superfícies. Neste caso, a metodologia empregada considera a acessibilidade da população ao espaço de lazer, utilizando a distância entre os residentes e as entradas da área como principal variável, conforme abordagem também presente na ferramenta “Nature Value Explorer”.

O cálculo é realizado a partir da definição de zonas concêntricas de influência (buffers) ao redor da área estudada, com raios de 400 m, 800 m, 1600 m e 3200 m, representando diferentes faixas de acessibilidade. Em cada buffer, estima-se o número de residentes inseridos, de forma exclusiva, em cada uma dessas zonas. Ou seja, os moradores são contabilizados uma única vez, em função da menor distância em que se encontram da entrada mais próxima da área verde.

Na segunda etapa, calcula-se a distância média euclidiana de deslocamento dos moradores até a entrada da área recreativa, considerando todos os indivíduos pertencentes a cada zona de influência. Para isso, somam-se todas as distâncias individuais até o ponto de acesso e divide-se pelo total de moradores daquele grupo.

A etapa seguinte envolve a aplicação de um fator de ponderação, o qual considera o fenômeno conhecido como efeito decaimento da distância. Esse princípio estabelece que a atratividade de uma área de lazer tende a diminuir à medida que aumenta a distância necessária para alcançá-la. O fator de ponderação é obtido a partir da razão entre 1 (um) e a distância média de acesso (em metros) de cada grupo populacional, multiplicada por 200, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Fator de Ponderação} = (1 / \text{Distância Média de Entrada}) \times 200$$

Com o fator de ponderação definido para cada grupo, calcula-se o número estimado de visitas anuais por meio da multiplicação do total de moradores da zona pelo respectivo fator, e por uma média de 50 visitas por residente ao ano, valor utilizado como referência no estudo de Valck et al. (2019). A somatória das visitas estimadas em todos os buffers gera o total anual projetado de visitas à área de lazer.

Finalmente, para atribuir um valor monetário a SE, multiplica-se o número total de visitas anuais pelo coeficiente de valoração econômica definido para recreação (Tabela 1), estabelecido em € 4,50 por visita. Esse valor reflete os benefícios indiretos do uso do espaço verde, tais como bem-estar físico e mental, fortalecimento de laços sociais e incentivo a estilos de vida mais saudáveis.

4.2.2 Adaptação da metodologia baseada em Valck et al. (2019)

Para a execução desta pesquisa, procedeu-se à adaptação da abordagem metodológica desenvolvida por de Valck et al. (2019), visando sua aplicação ao contexto urbano do município de São Roque. A metodologia foi direcionada à avaliação de cinco categorias de SE, tomando como base elementos efetivamente presentes na área de estudo, como a vegetação existente, os corpos hídricos identificados ao longo do eixo do parque linear e a extensão das superfícies territoriais passíveis de intervenção, conforme demonstrado na Tabela 2. Foram desconsiderados nesta pesquisa devido à sua não aplicabilidade ao contexto específico do parque linear proposto, que alguns componentes originalmente contemplados na metodologia de referência, como telhados verdes e áreas florestais extensas. Dessa forma, a adaptação metodológica buscou compatibilizar os parâmetros de análise com as características físicas, ambientais e urbanas da área estudada, permitindo estimar de maneira mais coerente os benefícios potenciais associados à implementação de SbN ao longo dos cursos d'água urbanos do município.

Tabela 2: *Classificação das áreas de acordo com a superfície*

Categoria	Tipo de superfícies	ÁREAS (m²)
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável	
	Superfícies permeáveis	
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água	
	Superfície úmida/encosta	
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes	
	Area verde seca	
Total Areas		

a) Adaptação Redução de Escoamento

A avaliação do SE relacionado à redução de escoamento superficial está diretamente associada à capacidade das áreas verdes e permeáveis de reter água durante os períodos de chuva intensa. Esse serviço contribui para a infiltração da água no solo, mitigando os volumes de escoamento superficial e promovendo a recarga hídrica, o controle de enchentes, a retenção de nutrientes e o suporte à biodiversidade local, especialmente nas zonas de vegetação nativa e margens de corpos d'água.

Para a cidade de São Roque, a precipitação média anual registrada é de aproximadamente 13.390 mm, conforme dados climáticos atualizados para o município no Climate-Data (2025). Esse volume é consideravelmente superior ao registrado no estudo original de Valck et al. (2019), desenvolvido para a região de Antuérpia (800 mm), exigindo assim uma adaptação proporcional dos coeficientes de recarga hídrica conforme o novo contexto territorial e climático.

Conforme descrito na Tabela 3, os valores serão ajustados para refletir as condições locais. Foram aplicados os seguintes coeficientes de recarga estimada: 87,5 mm para superfícies impermeáveis; 525 mm para áreas altamente permeáveis, como margens vegetadas de corpos hídricos e fragmentos florestais; e 437,5 mm para demais áreas permeáveis, como gramados e solo exposto. Para os casos em que há a presença de telhados verdes, foram desconsiderados neste método.

Todos os volumes de água retida serão convertidos para metros cúbicos (m^3), multiplicados pelas respectivas áreas identificadas em mapeamento temático, somados e posteriormente monetarizados com base na valoração do metro cúbico evitado conforme Tabela 4, considerando os custos evitados com infraestrutura de drenagem e tratamentos complementares de água. Dessa forma, o serviço ecossistêmico de redução de escoamento é traduzido em ganhos ambientais e econômicos para o território.

Tabela 3: Cálculo Adaptado Redução de Escoamento

	Precipitação anual (mm)	1.339	Redução de Escoamento		
	Valoração por m ³ /ano	R\$ 3,31			
	Categoria	Área (m²)	Capacidade de recarga anual	Capacidade de recarga anual em m³ por área m²	Capacidade de recarga anual (m³) por área (m²)
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável	0,00	87,5	0,875	0,00
	Superfícies permeáveis	0,00	437,5	4,375	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água	0,00	525	5,25	0,00
	Superfície úmida/encosta	0,00	437,5	4,375	0,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes	0,00	525	5,25	0,00
	Area verde seca	0,00	437,5	4,375	0,00
Valoração Redução de Escoamento				R\$	

b) Adaptação Capacidade de Filtragem e Ventilação

No contexto da implantação de um parque linear em São Roque, a capacidade de filtragem e ventilação atmosférica desempenha um papel importante na promoção da qualidade ambiental urbana, mesmo em cidades menores que, como São Roque, não enfrentam níveis críticos de poluição atmosférica. Embora o município apresente bons índices de qualidade do ar, favorecidos por sua localização geográfica, topografia e cobertura vegetal significativa — elementos também associados à sua vocação turística, a presença de vegetação em áreas estratégicas, como as margens de cursos d'água em zonas centrais, exerce função relevante na purificação do ar e no equilíbrio microclimático local.

Esse SE está diretamente relacionado à área de superfície ocupada pela vegetação, sendo que diferentes tipos de cobertura vegetal apresentam distintas capacidades de filtragem, a depender da morfologia das folhas, densidade da copa e estrutura arbórea. Espécies com folhas largas e dossel denso, por exemplo, apresentam maior eficiência na retenção de partículas inaláveis (como o PM₁₀), gases e outros poluentes atmosféricos. A arborização, portanto, não apenas atua como elemento paisagístico e de conforto térmico, mas também contribui para a saúde pública por meio da melhoria da qualidade do ar.

A valoração desse serviço, conforme demonstrado na Tabela 4, será realizada com base na classificação das superfícies identificadas no mapeamento temático do parque linear, considerando apenas as áreas vegetadas. As zonas sem cobertura vegetal não foram incluídas na estimativa. O cálculo consistiu na multiplicação da área (em hectares) pela taxa média de remoção de partículas PM10 por hectare/ano, com base em estudos de referência. Os resultados, em quilogramas de PM10 retidos anualmente, serão convertidos em valoração monetária a partir de coeficientes relacionados aos custos evitados com doenças respiratórias e cardiovasculares, perda de produtividade e mortalidade associada à poluição atmosférica.

Dessa forma, o serviço de filtragem e ventilação é traduzido como um benefício ambiental tangível que reforça a importância da infraestrutura verde em cidades médias, mesmo fora de contextos metropolitanos.

Tabela 4: *Cálculo Adaptado Capacidade de Filtragem e Ventilação.*

	Valoração por kg/ano	R\$ 350,96	Capacidade de Filtragem e Ventilação	
	Categoria	Entrada de área (ha) ou número de árvore	Média de kg PM10 por ano por há	Média de kg PM10 por ano por há
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável	0,00	0	0,00
	Superfícies permeáveis	0,00	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água	0,00	0	0,00
	Superfície úmida/encosta	0,00	30	0,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes	0,00	27	0,00
	Area verde seca	0,00	27	0,00
Valoração Capacidade de Filtragem e Ventilação				R\$

c) Adaptação Regulação Climática

O serviço ecossistêmico de regulação climática assume papel central na promoção do conforto térmico e na mitigação das ilhas de calor urbanas. A vegetação, especialmente aquela de maior porte e densidade, contribui para a redução da temperatura ambiente por

meio da evapotranspiração e do sombreamento, influenciando diretamente a demanda por energia elétrica em edificações próximas, sobretudo nos períodos de maior aquecimento.

Para estimar esse serviço, as áreas vegetadas foram classificadas conforme suas características de cobertura (arbórea, arbustiva ou herbácea), sendo atribuídos fatores de ponderação específicos para cada tipologia. O cálculo foi estruturado com base no potencial de reserva de energia que essas superfícies proporcionam, representando a economia indireta de consumo elétrico resultante da atenuação térmica. Após a aplicação dos coeficientes de regulação por tipo de superfície, os valores foram ajustados por um fator médio obtido a partir do intervalo entre estimativas mínimas e máximas do benefício climático, resultando em uma valoração baseada em um ponto médio ponderado.

Para propor a valoração do serviço ecossistêmico de regulação climática ao contexto do parque linear em São Roque, este estudo adotou uma abordagem alternativa à métrica convencional baseada em área. Em vez de mensurar os efeitos apenas em metros quadrados por ano, considerou-se a economia de energia elétrica como indicador principal, refletindo de forma mais concreta a contribuição das áreas verdes na redução da temperatura urbana e, por consequência, na diminuição do uso de sistemas de climatização artificial.

Essa abordagem monetariza os benefícios climáticos gerados pela vegetação ao relacioná-los diretamente à redução do consumo energético, oferecendo uma estimativa mais aplicável à realidade urbana. Para tal, foi utilizado o modelo de bandeiras tarifárias adotado no Brasil, que informa o custo real da geração de energia conforme as condições de oferta, demanda e estação do ano. Com base nas faixas praticadas em 2025 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), na qual o estudo adotará um valor de R\$ 395,64/MWh (residencial normal) como referência para a valoração do serviço, permitindo traduzir o impacto climático em ganhos econômicos tangíveis.

Esse valor médio foi então multiplicado pelo total da energia potencialmente economizada em função da regulação térmica promovida pelas áreas verdes do parque linear, permitindo a conversão do SE em benefício econômico tangível conforme Tabela 5. Tal abordagem reforça a relevância da infraestrutura verde urbana não apenas sob a ótica ambiental, mas também como instrumento de racionalização do consumo energético e redução de custos públicos e privados.

Tabela 5: Adaptação Regulação de Clima Sequestro de Carbono.

	Valoração por Mwh/ano	R\$ 395,64	Regulação Climática	
	Categoria	Entrada de área (ha) ou número de árvore	Ponderação qualitativa por tipo de superfície	Ponderação
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável	0,00	0	0,00
	Superfícies permeáveis	0,00	0,2	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água	0,00	0,6	0,00
	Superfície úmida/encosta	0,00	0,8	0,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes	0,00	0,6	0,00
	Area verde seca	0,00	0,4	0,00
TOTAL PONDERAÇÃO				0,00
PONTO MÉDIO - Valoração Regulação Climática				R\$

d) Adaptação Sequestre de Carbono

A valoração do SE de sequestro de carbono no parque linear de São Roque foi realizada a partir da estimativa da quantidade de dióxido de carbono (CO₂) que pode ser capturada pelas áreas vegetadas presentes ao longo dos cursos d'água analisados. O cálculo considerou exclusivamente as superfícies com cobertura arbórea significativa, desconsiderando áreas sem vegetação ou com vegetação rasteira, conforme sistematizado nas Tabelas 6, 7 e 8.

Cada tipo de cobertura vegetal foi associado a uma taxa de absorção média de carbono por hectare, utilizando duas faixas de projeção: uma estimativa conservadora (baixa) e outra otimista (alta), refletindo diferentes níveis de densidade e maturidade da vegetação. O valor final foi obtido a partir da média ponderada entre essas duas projeções, resultando em uma estimativa mais representativa das condições reais de captação de carbono no território estudado. Essa abordagem permite captar com maior precisão a contribuição efetiva do parque linear na mitigação das emissões urbanas de gases de efeito estufa.

A valoração monetária foi realizada com base em estimativas internacionais para o mercado de carbono. Considerou-se como valor médio de referência o montante de € 233 por tonelada de CO₂ projetado para o ano de 2030, cifra que representa o ponto médio entre a estimativa inferior (€ 100/t) e a superior (€ 366/t) para esse serviço ecossistêmico. Para fins de adaptação ao contexto brasileiro, esse valor será convertido em reais (R\$) com base na taxa de câmbio vigente no momento do estudo, sendo então multiplicado pela quantidade de toneladas estimadas de CO₂ sequestradas por ano.

Essa metodologia de cálculo reforça a importância das áreas verdes urbanas como aliadas na estratégia de enfrentamento à crise climática, destacando o papel do parque linear não apenas como elemento paisagístico e ecológico, mas também como infraestrutura funcional de captura de carbono e compensação ambiental urbana.

Tabela 6: *Adaptação Sequestro de Carbono – baixa estimativa.*

Sequestro de Carbono - Baixa Estimativa				
	Categoria	Entrada de área (ha)	Baixa estimativa de absorção de KG CO₂ por ha	Conversão em euros com base na baixa estimativa de €100 por tonelada
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	0,00	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	0,00	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	0,00	0	0,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	0,00	0,25	0,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	0,00	0,4	0,00
	Área verde seca - biovaleta	0,00	7,9	0,00
ESTIMATIVAS			BAIXA	€

Tabela 7: *Adaptação Sequestro de Carbono – alta estimativa.*

Sequestro de Carbono – alta estimativa				
	Categoria	Entrada de área (ha) ou número de árvore	Alta estimativa de absorção de KG CO2 por ha	Conversão em euros com base na baixa estimativa de €366 por tonelada
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	0	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	0	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	0	0	0,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	0	2	0,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	0	0,4	0,00
	Área verde seca - biovaleta	0	11,8	0,00
ESTIMATIVAS			ALTA	€

Tabela 8: *Adaptação Cálculo Sequestro de Carbono – Média Estimativa.*

Valoração Sequestro de Carbono (PONTO MÉDIO)	€
Valoração Sequestro de Carbono (PONTO MÉDIO)	R\$

e) Adaptação Recreação

No âmbito do SE quanto a recreação destaca-se como um dos principais benefícios promovidos em áreas urbanas, ao ampliar as oportunidades de lazer, bem-estar e integração social. No estudo, o conceito de sustentabilidade é compreendido de forma ampliada, englobando não apenas a preservação ambiental, mas também a promoção da sustentabilidade social e econômica dos espaços revitalizados. A valorização recreativa, portanto, não se restringe ao valor estético ou ambiental da área, mas também considera sua

capacidade de atrair e manter o uso contínuo por parte da população local, sendo fator essencial para a permanência e a vitalidade desses espaços no tecido urbano.

A valoração do SE da recreação foi realizada com base em dados demográficos oficiais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a partir da estimativa da população residente em um raio de influência de até 800 metros a partir de pontos de acesso ao parque linear. Esse raio foi dividido em zonas de proximidade (buffers) para estimar a frequência potencial de visita dos moradores locais, considerando que a acessibilidade influencia diretamente o uso efetivo do espaço público. A adoção do raio de influência de 800 metros justifica-se por sua aderência à escala de acessibilidade pedonal cotidiana para o acesso a espaços públicos de lazer em áreas urbanas. A ampliação desse raio para 3.200 metros implicaria a incorporação de áreas externas à região central de São Roque, incluindo porções de municípios adjacentes, o que comprometeria a coerência espacial da análise.

Aplicou-se, então, um fator de ponderação inversamente proporcional à distância da residência até o parque, com base na metodologia proposta por Valck et al. (2019). A fórmula adotada considera uma média de 50 visitas anuais por residente, sendo esse valor multiplicado pelo número estimado de moradores em cada zona de influência (buffers) e pelo fator de ponderação correspondente à sua distância do eixo do parque linear. Para fins de valoração, foi utilizado o coeficiente de € 4,50 por visita/ano, originalmente proposto no estudo belga. Esse valor foi convertido para a moeda brasileira com base na taxa de câmbio vigente no período da análise, resultando em aproximadamente R\$ 28,67 por visita/ano. Assim, o valor final do SE de recreação foi obtido a partir da multiplicação do total de visitas anuais projetadas pelo valor monetário em reais, expressando os benefícios econômicos associados ao uso cultural, social e recreativo do espaço urbano revitalizado.

Dessa forma, para Papanicolaou et al., (2025) o parque linear é compreendido não apenas como uma infraestrutura ecológica, mas também como um equipamento urbano voltado à promoção da qualidade de vida, do bem-estar social e da integração comunitária. Sua relação com o entorno urbano favorece a oferta de espaços acessíveis de lazer, convivência e recreação, fortalecendo a conexão entre população e natureza, conforme sistematizado na Tabela 9.

Tabela 9: Adaptação Recreação (Lazer).

Valoração por visita/ano	R\$ 28,67	RECREAÇÃO (LAZER)
DISTÂNCIA DE ENTRADA (buffer)	400m	800m
RESIDENTES	0	0
DISTÂNCIA MÉDIA	150	400
FATOR DE PONDERAÇÃO DA DISTÂNCIA	1,33	0,50
FATOR DE PONDERAÇÃO DA DISTÂNCIA * 50 VISITAS	0,00	0,00
TOTAL DE VISITANTES		0,00
Valoração Recreação (Cultural)		R\$

4.2.3 Resumo adaptação metodologia baseada em Valck et al. (2019)

A adaptação metodológica foi desenvolvida com base em dados secundários e parâmetros técnico-econômicos disponíveis em fontes oficiais, literatura científica e bases cartográficas. Foram utilizados dados demográficos, informações climáticas, imagens de satélite, bases territoriais, coeficientes de referência e valores monetários previamente consolidados em estudos nacionais e internacionais. Essa opção metodológica permitiu operacionalizar a valoração dos serviços ecossistêmicos em um contexto urbano com limitada disponibilidade de dados primários, mantendo coerência com o objetivo da pesquisa de adaptar um método de apoio à decisão para a implantação de parques lineares no planejamento urbano brasileiro. Com o objetivo de explicitar os procedimentos adotados na adaptação metodológica, a sistematização dos serviços ecossistêmicos foi reorganizada em tabelas específicas para cada serviço avaliado. Essa opção busca favorecer a leitura e tornar mais clara a relação entre o método de referência, os ajustes realizados para o contexto urbano brasileiro, os indicadores físicos utilizados, os critérios de valoração monetária e as limitações associadas a cada estimativa. Assim, as Tabelas 10 a 14 apresentam, de forma individualizada, a adaptação metodológica aplicada aos serviços de redução do escoamento superficial, filtragem e ventilação do ar, regulação climática, sequestro de carbono e recreação e lazer.

Tabela 10 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de redução do escoamento superficial

Elemento metodológico	Descrição
Serviço ecossistêmico avaliado	Redução do escoamento superficial
Soluções baseadas na natureza associadas	Áreas vegetadas, corredores verdes, superfícies permeáveis, corpos d'água, áreas de infiltração e recuperação de margens de cursos d'água.
Método de referência	O método de Valck et al. (2019) considera a capacidade de retenção e recarga hídrica das diferentes superfícies urbanas, atribuindo coeficientes conforme o grau de impermeabilização, presença de vegetação, corpos d'água e telhados verdes.
Adaptação ao contexto de São Roque/SP	A adaptação considerou a precipitação média anual local, estimada em aproximadamente 1.339 mm, superior à precipitação adotada no estudo original, de aproximadamente 800 mm. Assim, os coeficientes de recarga foram ajustados proporcionalmente às condições climáticas locais.
Indicador físico utilizado	Volume anual potencial de água retida, infiltrada ou não direcionada ao sistema convencional de drenagem urbana, expresso em m ³ /ano.
Base de mensuração	Classificação das superfícies do parque linear em áreas impermeáveis, áreas parcialmente permeáveis, áreas de alta permeabilidade, vegetação florestal e corpos d'água.
Critério de valoração monetária	Custos evitados com infraestrutura de drenagem urbana e sistemas complementares de tratamento e manejo das águas pluviais.
Valor monetário adotado	R\$ 3,31 por m ³ /ano.
Limitações metodológicas	A estimativa não considera medições diretas de infiltração em campo, variações locais de solo, declividade, compactação, microdrenagem existente ou eventos extremos de precipitação. Trata-se, portanto, de uma aproximação baseada em dados secundários e parâmetros adaptados.

Tabela 11 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de filtragem e ventilação do ar

Elemento metodológico	Descrição
Serviço ecossistêmico avaliado	Filtragem e ventilação do ar
Soluções baseadas na natureza associadas	Arborização urbana, vegetação arbustiva, corredores verdes, áreas florestadas e ampliação da cobertura vegetal.
Método de referência	O método de Valck et al. (2019) estima a capacidade de remoção de partículas inaláveis, especialmente PM10, a partir do tipo de superfície e da área vegetada, aplicando coeficientes de retenção atmosférica por hectare ao ano.
Adaptação ao contexto de São Roque/SP	A adaptação considerou as áreas vegetadas e os trechos propostos para o parque linear, associando a capacidade de filtragem atmosférica à presença de vegetação urbana no entorno dos cursos d'água.
Indicador físico utilizado	Quantidade anual estimada de partículas inaláveis retidas pela vegetação, expressa em kg de PM10/ano.
Base de mensuração	Delimitação das áreas vegetadas, classificação das superfícies e aplicação de coeficientes de remoção de partículas atmosféricas conforme a cobertura vegetal.
Critério de valoração monetária	Custos evitados em saúde pública, considerando a redução potencial de internações, tratamentos, óbitos associados a doenças respiratórias e cardiovasculares, além de perdas econômicas por afastamentos laborais.
Valor monetário adotado	R\$ 458,64 por kg/ano de PM10 removido.
Limitações metodológicas	A estimativa não incorpora medições locais da qualidade do ar, variações sazonais de concentração de poluentes, direção dos ventos, composição específica da vegetação ou exposição real da população. O resultado representa uma aproximação do benefício potencial da cobertura vegetal urbana.

Tabela 12 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de regulação climática

Elemento metodológico	Descrição
Serviço ecossistêmico avaliado	Regulação climática
Soluções baseadas na natureza associadas	Arborização urbana, sombreamento vegetal, corredores verdes, superfícies permeáveis, áreas vegetadas e recuperação paisagística de fundos de vale.
Método de referência	O método de Valck et al. (2019) considera diferentes superfícies urbanas e atribui coeficientes relacionados ao desempenho térmico da cobertura vegetal, estimando a contribuição das áreas verdes para a redução da demanda por climatização artificial.
Adaptação ao contexto de São Roque/SP	A adaptação substituiu o valor médio de energia utilizado no contexto europeu pelo custo médio de energia elétrica no Brasil, aproximando a valoração à realidade econômica nacional.
Indicador físico utilizado	Economia potencial de energia elétrica associada à melhoria microclimática proporcionada pela vegetação urbana, expressa em MWh/ano ou em valor monetário anual.
Base de mensuração	Classificação das superfícies vegetadas e estimativa do efeito de amenização térmica associado à infraestrutura verde.
Critério de valoração monetária	Economia potencial de energia elétrica decorrente da redução da demanda por climatização artificial nas áreas influenciadas pelo parque linear.
Valor monetário adotado	R\$ 350,96 como referência de custo médio da energia elétrica no Brasil.
Limitações metodológicas	A estimativa não mede diretamente a redução de temperatura em campo, nem considera características específicas das edificações, padrões de consumo energético, orientação solar, ventilação urbana ou variações microclimáticas locais. O resultado deve ser interpretado como benefício potencial associado à regulação térmica.

Tabela 13 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de sequestro de carbono

Elemento metodológico	Descrição
Serviço ecossistêmico avaliado	Sequestro de carbono
Soluções baseadas na natureza associadas	Arborização urbana, vegetação florestal, recuperação de margens de cursos d'água, ampliação da cobertura vegetal.
Método de referência	O método de Valck et al. (2019) identifica as superfícies cobertas por vegetação e associa cada tipologia a coeficientes de absorção de dióxido de carbono, expressos em toneladas por hectare ao ano.
Adaptação ao contexto de São Roque/SP	A adaptação considerou as áreas vegetadas existentes e propostas no traçado do parque linear, aplicando coeficientes de absorção compatíveis com a cobertura vegetal estimada.
Indicador físico utilizado	Quantidade anual estimada de dióxido de carbono sequestrado pela vegetação, expressa em toneladas de CO ₂ /ano.
Base de mensuração	Cálculo das áreas vegetadas em hectares e aplicação de coeficientes de absorção, considerando faixas mínima e máxima de sequestro anual de carbono.
Critério de valoração monetária	Conversão da quantidade estimada de CO ₂ sequestrado em valor monetário, com base em referência de valoração por tonelada de carbono.
Valor monetário adotado	R\$ 1.484,21 por tonelada de CO ₂ .
Limitações metodológicas	A estimativa não considera inventário arbóreo detalhado, idade das espécies, biomassa real, composição florística, taxa de crescimento, mortalidade vegetal ou manejo futuro. O resultado representa uma aproximação baseada na área vegetada e em coeficientes médios de absorção.

Tabela 14 - Adaptação metodológica para o serviço ecossistêmico de recreação e lazer

Elemento metodológico	Descrição
Serviço ecossistêmico avaliado	Recreação e lazer
Soluções baseadas na natureza associadas	Espaços públicos verdes, trilhas, áreas de permanência, equipamentos de lazer, mobilidade ativa e áreas de convivência associadas ao parque linear.
Método de referência	O método de Valck et al. (2019) estima o valor recreativo com base no número de moradores residentes no entorno da área revitalizada, distribuídos em zonas de influência definidas por buffers de distância em relação aos acessos ao parque.
Adaptação ao contexto de São Roque/SP	A adaptação considerou a população residente no entorno do traçado do parque linear, com delimitação de zonas de influência de 400 m e 800 m a partir dos pontos de acesso e do eixo do parque, de modo a estimar o potencial de uso recreativo pela população local.
Indicador físico utilizado	Número potencial de visitas anuais ao parque linear, estimado a partir da população residente nos buffers de influência.
Base de mensuração	Dados demográficos oficiais, delimitação espacial dos buffers, distância média dos moradores ao parque e aplicação de fator de ponderação inversamente proporcional à distância.
Critério de valoração monetária	Valor estimado por visita anual, considerando o benefício recreativo potencial associado ao uso do parque pela população residente no entorno.
Valor monetário adotado	R\$ 28,67 por visita/ano.
Limitações metodológicas	A estimativa representa potencial de uso recreativo, e não visitação efetivamente medida em campo. Não foram realizadas entrevistas, contagens de usuários, pesquisas de percepção, disposição a pagar ou avaliação direta dos valores simbólicos e culturais atribuídos pela população ao parque linear.

Embora as adaptações apresentadas permitam estimar os benefícios potenciais associados ao parque linear, reconhece que os resultados dependem de aproximações metodológicas e de premissas derivadas de dados secundários. A pesquisa não incorpora medições diretas de infiltração, temperatura, qualidade do ar, biomassa vegetal, visitação

real ou percepção social da população. Também não foram considerados custos de desapropriação, implantação, manutenção, licenciamento, gestão e possíveis conflitos territoriais. Assim, os valores obtidos devem ser compreendidos como estimativas potenciais de benefícios, e não como mensuração definitiva dos impactos ambientais, sociais e econômicos da implantação do parque linear.

A conversão monetária foi realizada por taxa de câmbio, procedimento que permite aproximação inicial entre valores internacionais e o contexto brasileiro. Contudo, a conversão direta não incorpora integralmente diferenças de poder de compra, estrutura de custos, renda média, padrões de uso e condições institucionais entre os países. Assim, a paridade do poder de compra pode constituir alternativa metodológica complementar em estudos futuros, especialmente para refinar comparações internacionais e reduzir distorções econômicas. A Tabela 15 demonstra a conversão dos valores monetários originalmente expressos em euro (€) para moeda nacional (Real – R\$)¹, bem como os respectivos parâmetros técnicos adotados para a valoração monetária de cada SE. Essa etapa foi necessária para adequar a aplicação metodológica à realidade econômica brasileira e permitir maior compatibilidade entre os resultados obtidos e o contexto local de análise.

Tabela 15 - Métricas de Avaliação e Equivalência Monetária dos SE (€, R\$).

Serviços Ecossistêmicos	Métrica	Valor Por Unidade (€)	Valor Por Unidade (R\$)
Redução de Escoamento	m ³ /ano	€ 0,52	R\$ 3,01
Capacidade de Filtragem e Ventilação	kg/ano	€ 72,00	R\$ 416,16
Regulação Climática	Custo Médio de Energia	€ 225,00	R\$ 350,96
Sequestro de Carbono	kg/ano	€ 233,00	R\$ 1.346,74
Lazer (Cultural)	visitas/ano	€ 4,50	R\$ 26,01

Por fim, a Tabela 16 apresenta uma análise comparativa entre o modelo originalmente aplicado em Antuérpia e a proposta metodológica adaptada para o município de São Roque, evidenciando os principais pontos de convergência e divergência entre os dois contextos. Essa comparação permitiu identificar as adequações necessárias à aplicação

¹ Nota: valores adaptados e convertidos do Euro para Real, com base no câmbio do dia 23.06.2026.

do método em um parque linear urbano inserido em realidade territorial, ambiental e urbanística distinta daquela adotada no estudo de referência.

Tabela 16 - Quadro comparativo - convergências e divergências.

Aspecto	São Roque (Parque Linear)	Blue Gate Antwerp (Valck et al., 2019)
Tipo de área	Cursos d'água	Brownfield portuário
Escala	Cidade brasileira, contexto metropolitano	Cidade europeia, contexto metropolitano
Serviços ecossistêmicos priorizados	Lazer, identidade cultural	Regulação climática, inovação empresarial
Abordagem metodológica	Adaptação qualitativa + percepção comunitária	Valoração monetária robusta, dados econômicos consolidados

4.3 PROCEDIMENTO DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para a obtenção e sistematização dos dados a serem analisados, adotou-se a segmentação do parque linear proposto em quatro unidades territoriais distintas, definidas a partir de critérios morfológicos, funcionais e de uso do solo, identificados por meio de análise espacial e interpretação visual da área de estudo. Tal procedimento metodológico permite uma leitura mais refinada das dinâmicas urbanas ao longo do eixo do parque, considerando que a heterogeneidade territorial influencia diretamente a eficácia das intervenções baseadas em SE e SbN.

A mensuração dos SE irá contar com o suporte de ferramentas digitais, como os softwares Autodesk AutoCAD e Google Earth. Esses recursos serão empregados na captação e interpretação de imagens de satélite, bem como na elaboração de mapas temáticos e representações gráficas. Adicionalmente, será utilizado o apoio de ferramentas baseadas em inteligência artificial para o refinamento visual das ilustrações, incluindo ajustes de legibilidade e melhoria na clareza das representações cartográficas, sem interferir no conteúdo técnico dos dados. Em conjunto, tais instrumentos possibilitarão a estimativa de áreas e a definição dos parâmetros utilizados como base para os cálculos. Ressalta-se que, para este estudo, foram desconsideradas as coberturas verdes (telhados verdes), em

razão da não aplicabilidade desse tipo de solução no contexto específico do parque linear analisado.

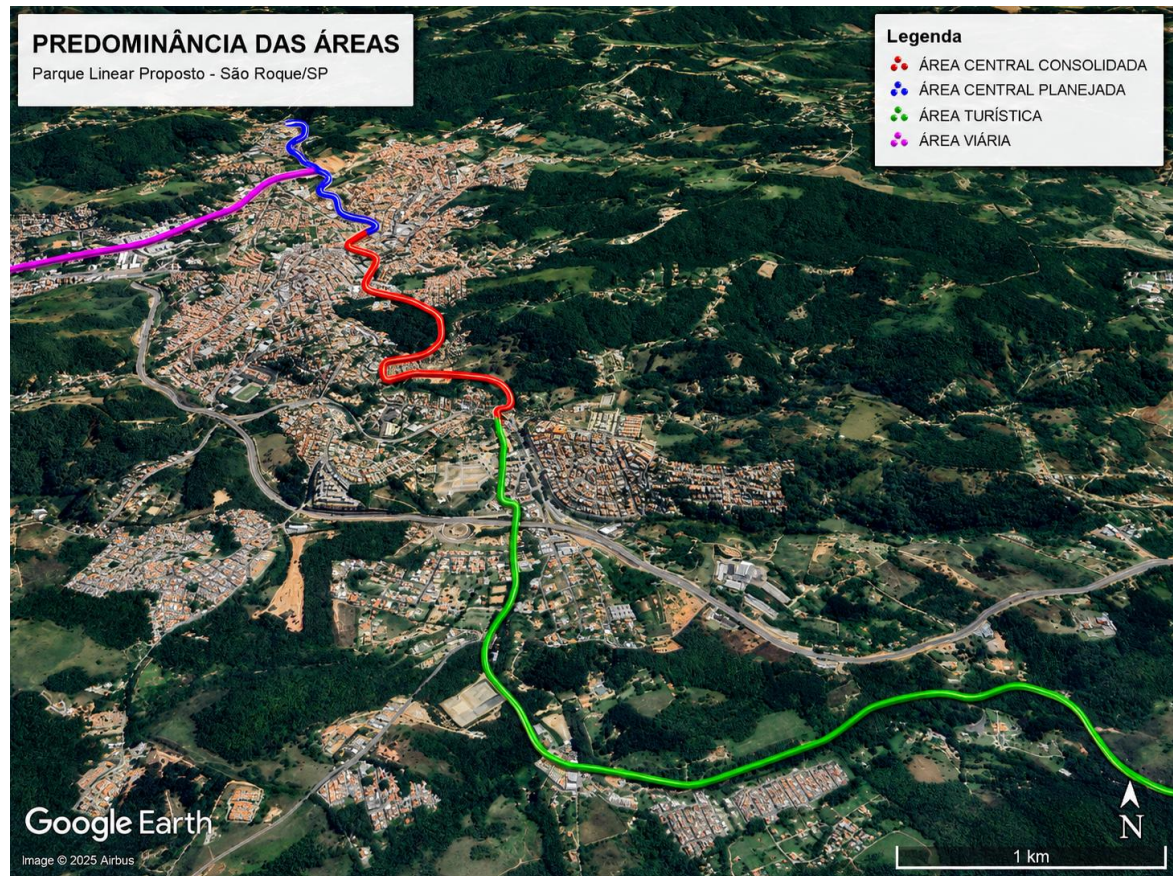
A subdivisão em trechos se justifica pela necessidade de adequação das diretrizes projetuais às especificidades locais, uma vez que parques lineares constituem sistemas multifuncionais capazes de integrar funções ecológicas, sociais e de mobilidade no ambiente urbano (Brndevska Stipanović et al., 2022).

Conforme apresentado na Figura 19, o traçado do parque linear foi compartimentado em quatro segmentos com características urbanas distintas, permitindo uma leitura territorial mais detalhada das potencialidades e desafios de cada setor. O primeiro trecho, representado na cor rosa, corresponde a um setor de predominância viária, caracterizado pelo intenso fluxo de veículos, incluindo transporte de carga, e por sua função estratégica de articulação entre áreas periféricas e os principais eixos rodoviários do município. Esse segmento possui extensão aproximada de 2350 metros. O segundo trecho, indicado na cor azul, compreende uma área com baixa consolidação urbana, ausência de pavimentação e reduzida intensidade de ocupação, também com aproximadamente 2350 metros de extensão. O terceiro trecho, destacado em vermelho, corresponde à área central consolidada do município, caracterizada por elevada densidade urbana, concentração de equipamentos públicos e intensificação das atividades urbanas. Com extensão aproximada de 3200 metros. Por fim, o quarto trecho, representado na cor verde, corresponde à área de vocação turística associada ao início da Estrada do Vinho, apresentando menor adensamento urbano e maior presença de paisagens naturais, com extensão aproximada de 4800 metros.

Para a quantificação das áreas de intervenção, adotaram-se diferentes configurações espaciais de implantação do parque linear, conforme demonstrado nas Figuras 16 e 17 quanto a “Seção transversal proposta para parque linear”. Na área central consolidada foi considerada a tipologia bilateral, em função da maior possibilidade de integração urbana em ambas as margens do curso d’água. Nos demais trechos, adotou-se a configuração unilateral, considerando as condicionantes físicas, ambientais e viárias identificadas ao longo da área de estudo. Com base nessa compartimentação territorial, os mapas temáticos foram elaborados com o auxílio do software Google Earth, permitindo a representação espacial dos principais elementos paisagísticos presentes na área analisada. Entre os

elementos considerados destacam-se os cursos d'água, encostas vegetadas, caminhos para pedestres, biovaletas, ciclovias, faixas arborizadas e vias asfaltadas, possibilitando a delimitação das superfícies analisadas e a posterior aplicação da metodologia proposta para avaliação das potencialidades de intervenção do parque linear, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Divisões do Parque Linear de áreas predominantes.



Fonte: Elaboração própria 2026

Inicialmente, esses mapas serão utilizados para a mensuração e classificação das superfícies presentes nas quatro áreas definidas para análise na Figura 19, servindo como base para a organização e interpretação dos dados de entrada da pesquisa. Além da delimitação espacial das diferentes superfícies, também identificar e quantificar a cobertura vegetal e os corpos d'água existentes ao longo do eixo do parque linear, possibilitando uma análise espacial mais detalhada dos elementos naturais e das potencialidades ambientais da área estudada.

Para a mensuração das categorias relacionadas aos tipos de superfície presentes no parque linear proposto, as áreas de intervenção foram classificadas de acordo com suas características físicas, hidrológicas e funcionais. As superfícies impermeáveis correspondem às áreas pavimentadas destinadas ao tráfego de veículos, representadas principalmente pelas faixas de asfalto, por apresentarem baixa capacidade de infiltração e maior potencial de geração de escoamento superficial. As superfícies permeáveis compreendem os espaços destinados à mobilidade ativa, como ciclovias e caminhos de pedestres, considerando a adoção de materiais drenantes ou semipermeáveis que favoreçam a infiltração da água no solo e reduzam os impactos associados à impermeabilização urbana.

Na categoria relacionada aos corpos hídricos e superfícies úmidas, será considerado o curso d'água que margeia o parque linear como principal elemento hídrico estruturador da paisagem. Já as superfícies úmidas serão representadas pelas encostas vegetadas adjacentes ao curso d'água,

Quanto à categoria vegetação, serão consideradas como áreas arborizadas ou bosques urbanos as faixas arborizadas implantadas ao longo do parque linear, já as áreas verdes de menor porte e cobertura vegetal rasteira, associadas principalmente às biovaletas, serão classificadas como vegetação herbácea ou áreas verdes secas.

A partir da classificação das diferentes superfícies e elementos ambientais presentes na área de estudo, será realizada a quantificação espacial das áreas de intervenção do parque linear, possibilitando a consolidação dos dados necessários para a análise das SbN e para a posterior valoração monetária dos SE, conforme apresentado na Tabela 17. Considerando a variabilidade dimensional das encostas vegetadas e dos cursos d'água ao longo do eixo analisado, adotou-se a utilização de valores médios para fins de mensuração espacial, buscando garantir maior padronização metodológica e coerência na estimativa das áreas avaliadas.

Tabela 17: Classificação das áreas conforme superfície – Parque Linear em São Roque-SP.

Categoria	Tipo de superfícies	Área Viária - Unilateral - 2350m	Área Central Planejada - Bilateral - 2350m	Área Central Consolidada - Unilateral - 3200m	Área Turística - Unilateral - 4800m	TOTAL - Tipo de superfícies (m²)
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	14.100,00	28.200,00	19.200,00	28.800,00	90.300,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	9.400,00	15.275,00	12.800,00	19.200,00	56.675,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	10.575,00	16.450,00	16.000,00	19.200,00	62.225,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	21.150,00	28.200,00	9.600,00	48.000,00	106.950,00
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	3.290,00	6.580,00	4.480,00	6.720,00	21.070,00
	Área verde seca - biovaleta	2.350,00	4.700,00	3.200,00	4.800,00	15.050,00
Total Áreas por predominância (m²)		60.865,00	99.405,00	65.280,00	126.720,00	0
Total Área de Intervenção (m²)		352.270,00				

Essa quantificação é essencial para a posterior conversão dos dados físicos em valoração monetária, os quais foram organizados na Tabela 15, já expressos em moeda nacional (Real - R\$), atribuindo objetividade a estimativas que antes se apresentavam de forma abstrata.

a) Aplicação Redução de Escoamento

A aplicação do cálculo relacionado à redução do escoamento foi realizada a partir dos parâmetros espaciais previamente obtidos na Tabela 17 ao longo da área de intervenção

do parque linear. Para essa etapa, foram considerados, permitindo a estimativa da capacidade potencial de infiltração e retenção hídrica associada às diferentes tipologias de superfície presentes na área analisada. Os respectivos valores calculados encontram-se apresentados na Tabela 18.

Tabela 18: *Aplicação Cálculo Redução de Escoamento.*

	Precipitação anual (mm)	1.339	Redução de Escoamento		
	Valoração por m³/ano	\$ 3,01			
	Categoria	Área (m²)	Capacidade de recarga anual	Capacidade de recarga anual em m³ por área m²	Capacidade de recarga anual (m³) por área (m²)
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	90300,00	87,5	0,875	79012,50
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	56675,00	437,5	4,375	247953,13
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	62225,00	525	5,25	326681,25
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	106950,00	437,5	4,375	467906,25
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	21070,00	525	5,25	110617,50
	Área verde seca - biovaleta	15050,00	437,5	4,375	65843,75
Valoração Redução de Escoamento				R\$ 3.901.312,01	

b) Aplicação Capacidade de Filtragem e Ventilação

Seguindo, a aplicação do cálculo referente à capacidade de filtragem e ventilação considerou as superfícies vegetadas e arborizadas mapeadas nos diferentes trechos do parque linear. A partir da quantificação da Tabela 17 dessas áreas, foram utilizados os

parâmetros metodológicos quanto aos dados obtidos para essa etapa da aplicação metodológica, assim apresentados na Tabela 19.

Tabela 19: *Aplicação Cálculo Capacidade de Filtragem e Ventilação*

	Valoração por kg/ano	R\$ 416,16	Capacidade de Filtragem e Ventilação	
	Categoria	Entrada de área (ha)	Média de kg PM10 por ano por há	Média de kg PM10 por ano por há
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	90,30	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	56,68	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	62,23	0	0,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	106,95	30	3208,50
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	21,07	27	568,89
	Área verde seca - biovaleta	15,05	27	406,35
Valoração Capacidade de Filtragem e Ventilação				R\$ 1.741.105,24

c) Aplicação Regulação Climática

Para a aplicação do cálculo associado à regulação climática, foram consideradas as áreas vegetadas, superfícies permeáveis e elementos arborizados identificados na delimitação espacial do parque linear, desconsiderando a superfície impermeável (asfalto). Essa etapa teve como objetivo estimar os parâmetros relacionados à interação entre cobertura vegetal e condições microclimáticas urbanas, utilizando como base as áreas previamente quantificadas e classificadas na metodologia. Os resultados correspondentes seguem sistematizados na Tabela 20.

Tabela 20: Aplicação Cálculo Regulação Climática.

	Valoração por Mwh/ano	R\$395,64	Regulação Climática	
	Categoria	Entrada de área (ha) ou número de árvore	Ponderação qualitativa por tipo de superfície	Ponderação
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	90,30	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	56,68	0,2	11,34
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	62,23	0,6	37,34
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	106,95	0,8	85,56
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	21,07	0,6	12,64
	Área verde seca - biovaleta	15,05	0,4	6,02
TOTAL PONDERAÇÃO				152,89
PONTO MÉDIO - Valoração Regulação Climática				R\$ 60.490,19

d) Aplicação Sequestro de Carbono

Já para a aplicação do cálculo de sequestro de carbono em cenário de baixa estimativa foi realizada considerando parâmetros conservadores de absorção de CO₂ pelas áreas vegetadas propostas para o parque linear. Para isso, foram utilizadas as áreas arborizadas previamente delimitadas, associadas aos coeficientes metodológicos adotados para estimativa da capacidade de armazenamento de carbono em ambiente urbano. Os valores obtidos nessa etapa apresentados na Tabela 21.

Tabela 21: *Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono - Baixa Estimativa.*

Sequestro de Carbono - Baixa Estimativa				
	Categoria	Entrada de área (ha)	Baixa estimativa de absorção de KG CO2 por ha	Conversão em euros com base na baixa estimativa de €100 por tonelada
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	90,30	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	56,68	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	62,23	0	0,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	106,95	0,25	26,74
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	21,07	0,4	8,43
	Area verde seca - biovaleta	15,05	7,9	118,90
ESTIMATIVAS			BAIXA	€ 15.406,05

De forma a complementar, foi aplicada a alta estimativa de sequestro de carbono considerando parâmetros máximos de absorção associados à vegetação proposta para o parque linear. Essa abordagem permitiu a aplicação metodológica de um cenário ampliado de captura de carbono, utilizando as mesmas bases espaciais previamente delimitadas. Os resultados calculados para essa condição demonstrados na Tabela 22.

Tabela 22: Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono - Alta Estimativa.

Sequestro de Carbono - Alta Estimativa				
	Categoria	Entrada de área (ha)	Alta estimativa de absorção de KG CO2 por ha	Conversão em euros com base na baixa estimativa de €366 por tonelada
SUPERFÍCIE	Superfície impermeável - asfalto	90,3	0	0,00
	Superfícies permeáveis - ciclovia e caminho pedestre	56,675	0	0,00
CORPOS D'ÁGUA	Corpos d'água - curso d'água	62,225	0	0,00
	Superfície úmida/encosta - encosta verde	106,95	2	213,90
VEGETAÇÃO	Bosques e Taludes - faixa arborizada	21,07	0,4	8,43
	Area verde seca - biovaleta	15,05	11,8	177,59
ESTIMATIVAS			ALTA	€ 146.369,99

Com o objetivo de estabelecer um cenário intermediário entre as estimativas baixa e alta de sequestro de carbono, foi aplicada uma média considerando os parâmetros obtidos. Essa etapa permitiu a consolidação de valores médios relacionados à capacidade de sequestro de carbono das superfícies arborizadas propostas. Os resultados correspondentes encontram-se organizados na Tabela 23.

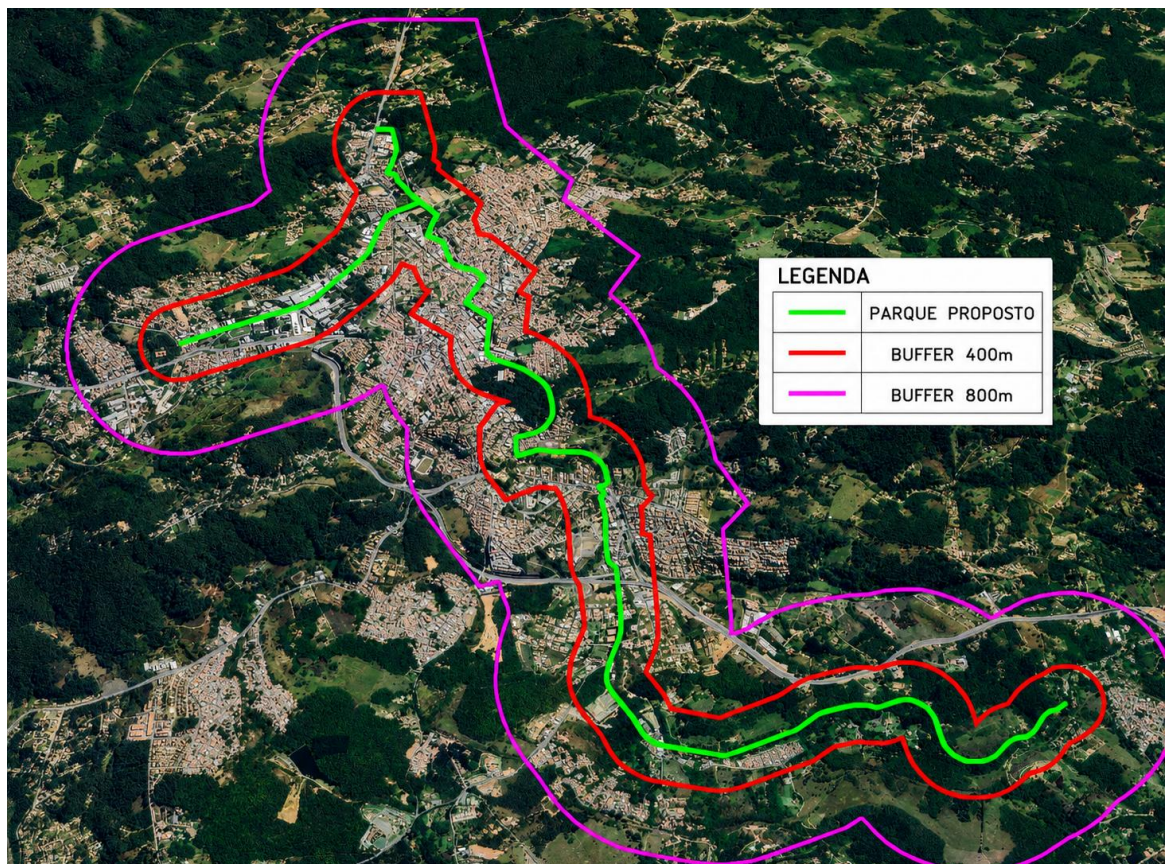
Tabela 23: Aplicação Cálculo Sequestro de Carbono – Média Estimativa.

Valoração Sequestro de Carbono (PONTO MÉDIO)	€ 80.888,02
Valoração Sequestro de Carbono (PONTO MÉDIO)	R\$ 467.532,75

e) Aplicação Recreação / Lazer

Diferentemente dos demais SE analisados, cuja mensuração está associada a parâmetros biofísicos e ambientais, a avaliação dos SE culturais relacionados à recreação e ao uso social dos espaços verdes demandou a utilização de métricas voltadas à dinâmica de ocupação urbana e ao potencial de visitas ao parque linear pela população. Foram empregados softwares livres como QGIS e Google Earth, que possibilitaram a visualização, edição e análise de dados georreferenciados, além da sobreposição de informações espaciais necessárias à estimativa da população potencialmente beneficiada pelas intervenções propostas. A utilização dessas plataformas permitiu a elaboração dos buffers de acessibilidade e proximidade em relação aos acessos da área de estudo, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Raio de moradores na interferência ao entorno do Parque Linear.



Fonte: Elaboração própria 2026

Para a estimativa da população potencialmente beneficiada pelas intervenções propostas, foram utilizados os dados demográficos disponibilizados pelo IBGE. A partir da população estimada nos buffers de influência definidos para a área de estudo, assim a aplicação dos fatores monetários adaptados à metodologia utilizada nesta pesquisa, permitindo a valoração econômica dos SE culturais relacionados à recreação e ao uso social do parque linear. Os parâmetros adotados e os respectivos valores monetários aplicados encontram-se apresentados na Tabela 24.

Tabela 24: *Aplicação Recreação / Lazer.*

Valoração por visita/ano	R\$ 26,01	Lazer (Cultural)
DISTÂNCIA DE ENTRADA (buffer)	400m	800m
RESIDENTES	20658	22908
DISTÂNCIA MÉDIA	150	400
FATOR DE PONDERAÇÃO DA DISTÂNCIA	1,33	0,50
FATOR DE PONDERAÇÃO DA DISTÂNCIA * 50 VISITAS	1377200,00	572700,00
TOTAL DE VISITANTES		1.949.900,00
Valoração Recreação (Cultural)		R\$ 50.716.899,00

5 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A proposta de implantação de um parque linear através de SbN é uma estratégia que busca aliar recuperação ambiental, promoção da infraestrutura verde e melhoria da qualidade de vida urbana. Com base nos objetivos definidos e na metodologia de análise integrada de SE, a implementação do parque gere uma série de benefícios diretos e indiretos ao território, ampliando sua capacidade de resiliência frente às mudanças climáticas e fortalecendo a relação entre população e meio ambiente.

Entre os resultados, destacam-se ganhos significativos na provisão de SE de regulação, como a mitigação das ilhas de calor urbanas por meio do sombreamento e evapotranspiração da vegetação, a regulação hídrica com redução do escoamento superficial, e a melhoria na qualidade do ar. Espera-se ainda que a criação de áreas permeáveis, arborizadas e acessíveis incentive a biodiversidade urbana, contribua para o sequestro de carbono e melhore os ciclos ecológicos locais. No campo dos serviços culturais, o parque deverá proporcionar espaços de lazer, contemplação e práticas esportivas, promovendo bem-estar, pertencimento e apropriação do espaço público por parte da comunidade.

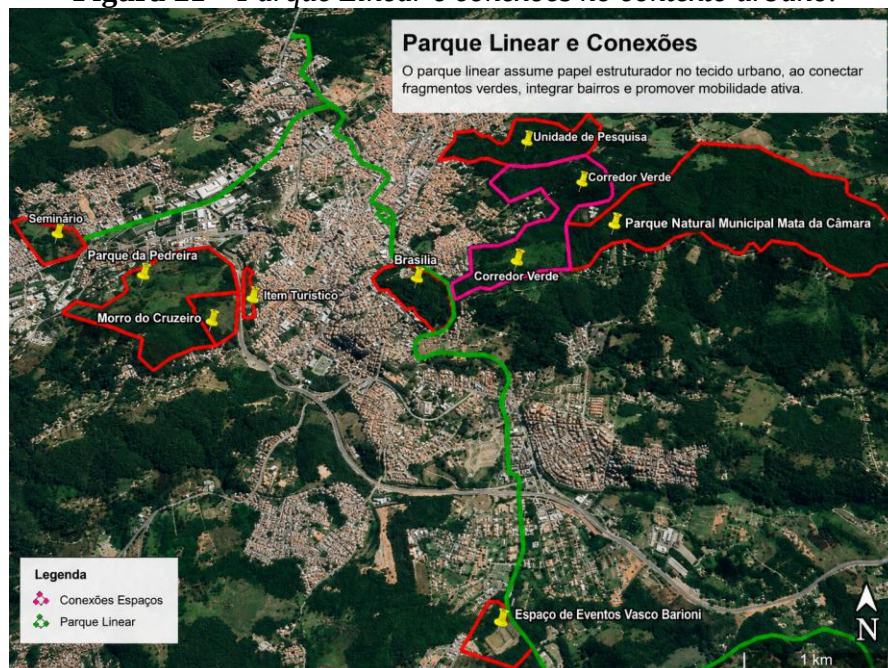
5.1 DIAGNÓSTICO DA INFRAESTRUTURA E DO ENTORNO DO PARQUE LINEAR

O parque linear assume função estruturadora no tecido urbano ao promover a conexão entre diferentes fragmentos verdes, equipamentos públicos, áreas de interesse paisagístico e setores urbanos atualmente pouco integrados, conforme ilustrado na Figura 19. A implantação desse eixo verde busca estabelecer continuidade espacial entre áreas ambientais e urbanas, favorecendo a integração entre bairros e estimulando a mobilidade ativa para pedestres e espaços públicos acessíveis. Além de ampliar a conectividade urbana e ecológica, a proposta contribui para a valorização territorial e para o fortalecimento de processos de requalificação urbana em áreas carentes de infraestrutura e qualificação paisagística.

O parque linear proposto assume papel estruturador na organização territorial da área central urbana de São Roque ao promover a integração entre fragmentos verdes, equipamentos públicos, áreas de interesse paisagístico e setores urbanos atualmente caracterizados por descontinuidades espaciais e funcionais, conforme ilustrado na Figura 21. Implantado ao longo do curso hídrico, o eixo verde busca consolidar uma rede de conectividade socioambiental capaz de articular diferentes bairros e espaços livres urbanos, favorecendo a mobilidade ativa, a acessibilidade e a reaproximação entre população, paisagem e recursos naturais urbanos.

A configuração do parque ao longo do curso da água permite a formação de corredores verdes multifuncionais, fortalecendo a conectividade ecológica e ampliando a integração entre áreas ambientais, culturais, turísticas e institucionais presentes no município. Em seu traçado, a proposta evidencia a capacidade do parque linear de associar diferentes usos urbanos em um único sistema integrado de infraestrutura verde, conectando espaços voltados ao esporte, lazer, turismo, educação, cultura e religiosidade. Tal abordagem contribui para a valorização territorial e para a requalificação de áreas urbanas marcadas por deficiência paisagística, baixa oferta de espaços públicos qualificados e limitações de infraestrutura ambiental.

Figura 21 – Parque Linear e conexões no contexto urbano.



Fonte: Elaboração própria 2026

Entre os principais pontos de interligação destaca-se a área ambiental, o Parque Natural Municipal Mata da Câmara, importante remanescente de Mata Atlântica com aproximadamente 54 alqueires, reconhecido como patrimônio natural associado à Reserva da Biosfera da Mata Atlântica pela UNESCO. A conexão entre o parque linear e essa área de preservação reforça a função ecológica do projeto, ampliando a conectividade entre fragmentos vegetados e favorecendo a conservação da biodiversidade regional. O parque proposto estabelece ainda conexão com a Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento do Estado de São Paulo (UPD) e com o complexo Brasital, patrimônio histórico-cultural tombado pelo IPHAN, reconhecido por suas atividades educacionais, culturais e turísticas. Essas interligações fortalecem o potencial do parque linear como elemento integrador entre patrimônio ambiental e histórico, ampliando as possibilidades de apropriação social e valorização da identidade urbana local.

No âmbito paisagístico e religioso, o traçado também conecta o Morro do Cruzeiro, importante espaço de expressão religiosa e contemplação da paisagem urbana; o Centro Teresiano de Espiritualidade (Seminário), de relevância institucional e religiosa. Interliga também o Parque da Pedreira, um dos principais cartões-postais do município e espaço que já foi voltado a práticas recreativas e esportes radicais, além do Trem Turístico, implantado na antiga estação ferroviária da cidade, importante marco da memória urbana e do turismo regional.

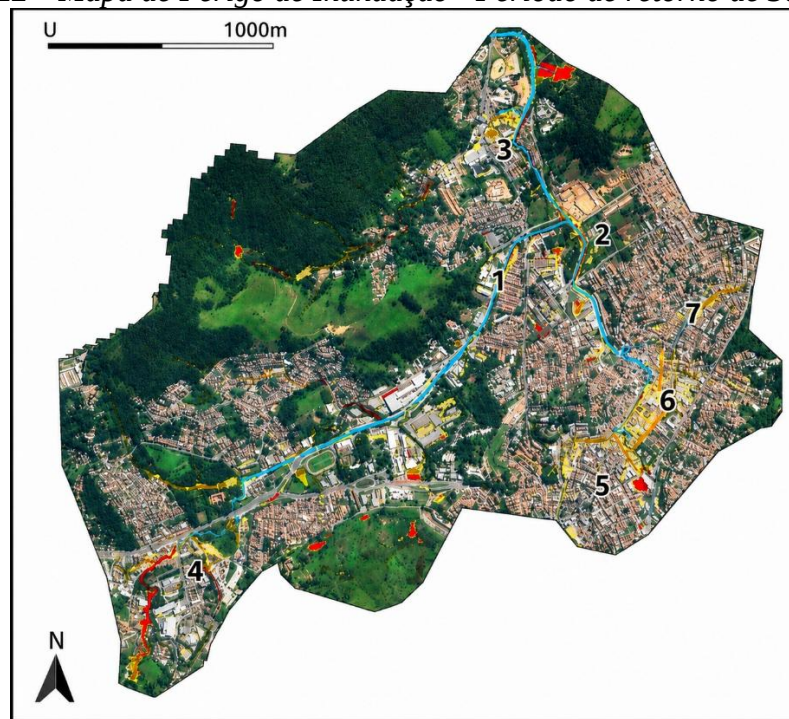
A proposta contempla ainda a conexão com o Espaço de Eventos Vasco Barioni, equipamento amplamente utilizado para eventos públicos, culturais e privados, reforçando o papel do parque linear como eixo articulador de convivência social, dinamização urbana e possível utilização de mobilidade não motorizada.

Essas interligações, podendo reconhecer que parques lineares como estruturas multifuncionais aptas a integrar funções ecológicas, sociais e urbanísticas, promovendo conectividade ambiental, mobilidade ativa, valorização paisagística e fortalecimento das dinâmicas socioculturais no espaço urbano (Brndevska Stipanović et al., 2022; Pochodyła et al., 2022).

A revitalização de espaços urbanos por meio de SbN e da implantação de parques lineares vem sendo reconhecida como uma estratégia eficiente para promover adaptação

climática, recuperação ambiental e melhoria da qualidade de vida nas cidades. No contexto dos estudos desenvolvidos pelo programa Euroclima para a região do CIOESTE, verifica-se que os municípios em suas áreas urbanas enfrentam problemas recorrentes relacionados à impermeabilização do solo, enchentes, ilhas de calor, fragmentação de áreas verdes e degradação dos cursos d'água urbanos. Nesse cenário, as SbN apresentam-se como instrumentos capazes de integrar infraestrutura ecológica, drenagem sustentável e qualificação do espaço urbano.

Figura 22 – *Mapa de Perigo de Inundação - Período de retorno de 30 anos.*



Fonte: Adaptado de CIOESTE (2023).

O projeto proposto pelo programa EUROCLIMA para parte da área de estudo, conforme ilustrado na Figura 22, foi concebido como uma estratégia integrada de adaptação urbana e recuperação ambiental, estruturada a partir da combinação entre infraestrutura cinza e Soluções Baseadas na Natureza (SbN). A proposta prioriza a requalificação do espaço urbano por meio da implantação de um parque urbano multifuncional associado à restauração da planície natural de inundação, permitindo maior capacidade de retenção e amortecimento das águas pluviais em períodos de eventos extremos. Entre as principais intervenções previstas destacam-se a utilização de jardins filtrantes e sistemas de

fitorremediação para melhoria da qualidade da água, associados à criação de áreas de lazer, recreação e práticas esportivas projetadas para suportar inundações temporárias sem comprometer sua funcionalidade urbana. Dessa forma, o projeto promove simultaneamente adaptação climática, qualificação paisagística, aumento da permeabilidade urbana e valorização ambiental dos cursos d'água, contribuindo para a redução significativa dos níveis de inundação e para o fortalecimento da resiliência urbana na área central analisada (CIOESTE, 2023).

5.1.1 Qualificação dos Serviços Ecossistêmicos (SE)

No contexto das superfícies urbanas analisadas, o parque linear incorpora diferentes tipologias espaciais associadas tanto à mobilidade quanto às funções ambientais. As superfícies impermeáveis são representadas predominantemente pelas vias asfaltadas existentes ao longo do eixo urbano, enquanto as superfícies permeáveis compreendem ciclovias, caminhos de pedestres e áreas vegetadas associadas aos espaços livres públicos. Essa diferenciação das superfícies torna-se relevante para a análise da capacidade de infiltração hídrica e para a compreensão da contribuição do parque linear na redução do escoamento superficial e no aumento da permeabilidade urbana.

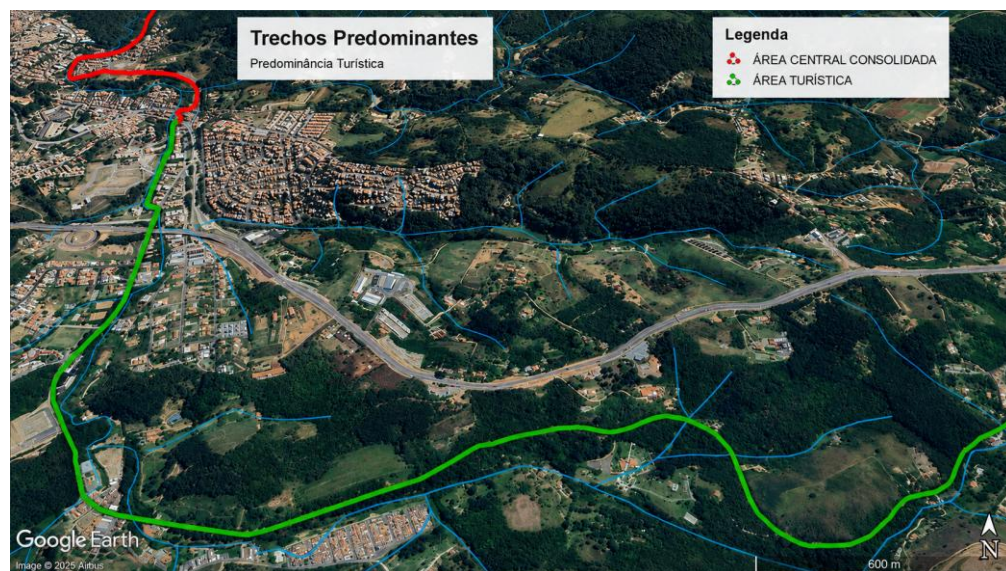
Em relação aos corpos hídricos e às superfícies úmidas, o curso d'água que estrutura o parque linear desempenha papel central na organização da paisagem e na definição das áreas de intervenção. Associadas a esse elemento hídrico, as biovaletas e encostas vegetadas atuam como dispositivos naturais de retenção, infiltração e filtragem das águas pluviais, contribuindo para a estabilidade ambiental e para o equilíbrio hidrológico da área urbana analisada.

Quanto à vegetação, destacam-se as faixas arborizadas e os fragmentos verdes interligados pelo parque linear, compostos predominantemente por vegetação arbórea de médio e grande porte. Esses elementos contribuem para o sombreamento, melhoria do conforto térmico, conectividade ecológica e qualificação ambiental da paisagem urbana. Complementarmente, as áreas vegetadas também desempenham funções associadas à

infiltração da água, mitigação de ilhas de calor e valorização cênica do entorno urbano, reforçando o caráter multifuncional da infraestrutura verde proposta.

A predominância de elementos naturais e a menor intensidade de urbanização contribuem para a ampliação dos serviços ecossistêmicos culturais e reguladores, especialmente aqueles relacionados ao conforto térmico, bem-estar psicológico, recreação e valorização da paisagem urbana. Além disso, a integração entre corredores verdes, percursos ciclopedonais e áreas vegetadas reforça o papel do parque linear como infraestrutura estratégica para promoção da sustentabilidade urbana e da qualidade de vida, em abordagens de planejamento urbano resiliente e infraestrutura verde conectada (Pochodyła et al., 2022; Franco Muñoz, 2019). Representado na cor verde na Figura 23, observamos o elevado potencial paisagístico, recreativo e ambiental, associado à presença de áreas com maior proximidade de elementos naturais e à interface com atividades vinculadas ao turismo local. Esse setor evidencia maior capacidade de integração entre infraestrutura verde, preservação ambiental e valorização territorial, favorecendo a consolidação do parque linear como espaço multifuncional de lazer, contemplação e conexão ecológica.

Figura 23 – Parque Linear – Predominância Turística.

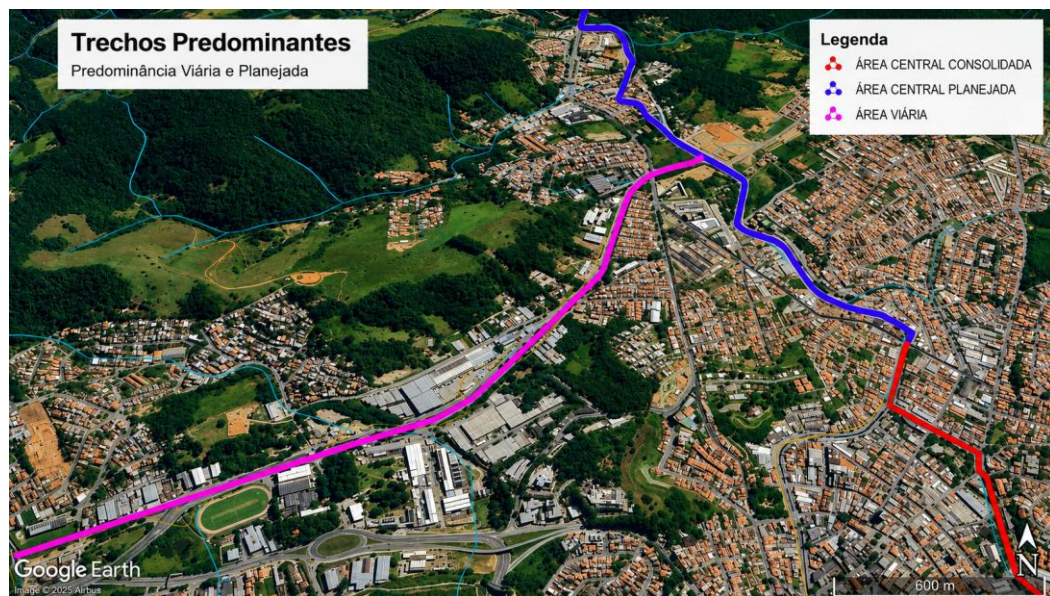


Fonte: Elaboração própria 2026

A inserção de dispositivos de infraestrutura verde e SbN tende a desempenhar papel fundamental na ampliação da permeabilidade do solo, na qualificação paisagística e na

recuperação da relação entre os espaços públicos e os cursos d'água urbanos, contribuindo para a construção de um tecido urbano mais resiliente e ambientalmente integrado (Maropo et al., 2019). O trecho representado na cor rosa na Figura 24, corresponde ao setor consolidação urbana e intensa transformação no meio ambiente, caracterizado pela predominância de superfícies impermeabilizadas, elevada circulação viária e fragmentação dos espaços livres. Essas condições reforçam a relevância da implantação do parque linear como estratégia de requalificação urbana e ambiental, sobretudo no que se refere à mitigação dos impactos associados à drenagem superficial e à baixa conectividade ecológica. Tais espaços contribuem para a recuperação de áreas degradadas e para a provisão de SE, integrando dimensões ambientais e sociais no planejamento urbano (Reis et al., 2025).

Figura 24 – *Parque Linear – Predominância Central Planejada e Viária.*

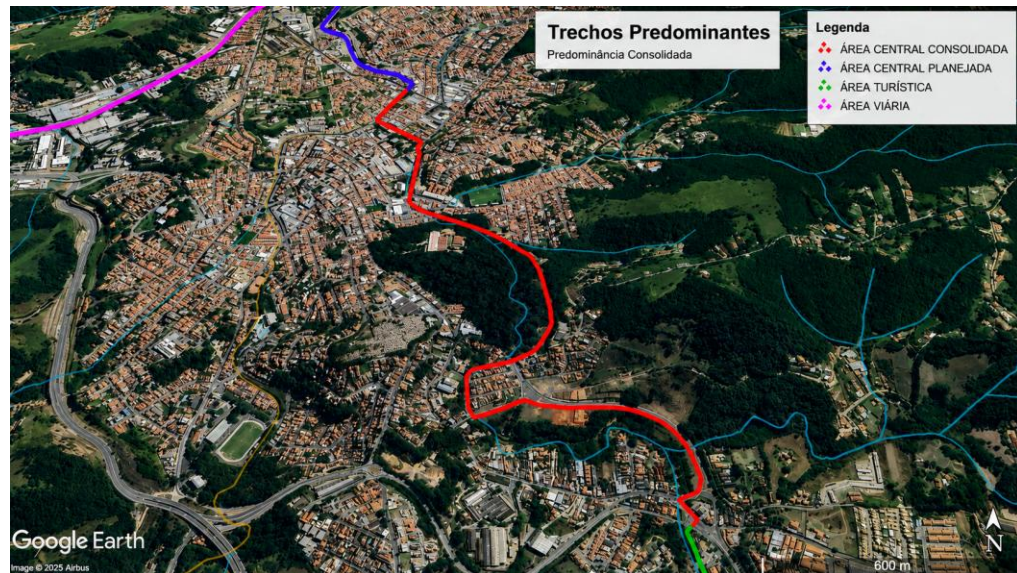


Fonte: Elaboração própria 2026

Conforme Brndevska Stipanović et al., (2022), reconhece-se os corredores verdes urbanos como estruturas capazes de promover simultaneamente benefícios ecológicos, sociais e funcionais no ambiente urbano. O trecho identificado na cor azul na Figura 25 apresenta menor densidade de ocupação e reduzido nível de consolidação urbana, configurando-se como uma das áreas de maior potencial para implementação de estratégias estruturantes associadas à infraestrutura verde multifuncional. A reduzida presença de interferências físicas e de barreiras urbanas possibilita maior flexibilidade projetual para a

incorporação de dispositivos voltados à drenagem urbana sustentável, recuperação ecológica e ampliação da conectividade ambiental entre os fragmentos verdes existentes. Além disso, este setor apresenta condições favoráveis para a implantação de corredores ecológicos, áreas de infiltração e espaços públicos voltados à mobilidade ativa, fortalecendo a função do parque linear como elemento integrador da paisagem urbana e da dinâmica hidrológica local.

Figura 25 – *Parque Linear – Predominância Central Consolidada.*



Fonte: Elaboração própria 2026

A integração entre infraestrutura verde e mobilidade ativa pode contribuir para a redução da dependência do transporte motorizado, melhoria do microclima urbano e fortalecimento da qualidade ambiental, aspectos amplamente discutidos sobre planejamento urbano sustentável e SbN (Franco Muñoz, 2019; Maropo et al., 2019). A adoção de estratégias como vias verdes favorece, sistemas de drenagem sustentável e dispositivos de infiltração, alinhando-se aos princípios da infraestrutura verde, que promovem a regulação hídrica e a resiliência urbana (Rigolo & Okimoto, 2025). O trecho destacado em vermelho na Figura 25, representa o setor de maior complexidade funcional do recorte analisado, marcado pela intensa interação entre mobilidade urbana, diversidade de usos do solo e elevada concentração de fluxos sociais e econômicos. Trata-se de uma área estratégica para ações de requalificação urbana associadas ao parque linear, especialmente pela capacidade de articular espaços livres públicos, mobilidade não

motorizada e valorização ambiental em uma região central consolidada. Nesse segmento, a implantação do parque linear assume caráter estruturador, ao potencializar a reconexão entre áreas fragmentadas do tecido urbano e ampliar a oferta de espaços públicos qualificados para lazer, permanência e convivência social.

5.2 VALORAÇÃO MONETÁRIA DOS SE NO PARQUE LINEAR

Após a análise dos benefícios ambientais, sociais e urbanos associados às Soluções Baseadas na Natureza SbN aplicadas ao parque linear, assim realizada à etapa de valoração econômica dos SE vinculados à proposta. Os quantitativos anuais foram estimados considerando as diferentes tipologias de cobertura vegetal, superfícies urbanas e elementos hídricos presentes na área de estudo, possibilitando a mensuração monetária dos benefícios proporcionados pela infraestrutura verde implantada. Para os SE relacionados à regulação ambiental, os cálculos foram realizados com base nas áreas correspondentes às diferentes categorias de vegetação, superfícies permeáveis e corpos d'água, utilizando coeficientes e parâmetros específicos definidos na metodologia adotada. Já para o SE de recreação, a estimativa fundamentou-se no potencial de uso do parque linear pela população, considerando o número projetado de visitantes e usuários inseridos na área de influência do empreendimento.

A valoração econômica dos serviços ecossistêmicos foi desenvolvida a partir da metodologia de referência, sendo adaptada a parâmetros técnicos, territoriais e econômicos compatíveis com a realidade local de São Roque. Nos casos em que os valores de referência foram originalmente apresentados em moedas estrangeiras, realizou-se a conversão monetária para Real (R\$), considerando a taxa de câmbio vigente no período de desenvolvimento da pesquisa, de modo a adequar os resultados ao contexto econômico brasileiro e permitir maior compatibilidade entre os dados internacionais e a realidade regional analisada. Como adaptação complementar a metodologia original, foi estabelecida uma associação entre os SE valorados e a algumas SbN possíveis no parque linear, permitindo identificar os principais elementos da infraestrutura verde responsáveis pela geração dos benefícios ambientais, sociais e econômicos estimados. Os resultados

consolidados da valoração econômica dos SE associados à implantação do parque linear, bem como sua relação com as SbN adotadas, são apresentados na Tabela 25.

Tabela 25: *Relação entre SbN, SE e valoração monetária do parque linear.*

Serviços Ecossistêmicos (SE)	Principais Soluções baseadas na Natureza (SbN) associadas	Valoração Ano (R\$)
Redução de Escoamento	Biovaletas, superfícies permeáveis e encosta verde	R\$ 3.901.312,01
Capacidade de Filtragem e Ventilação	Arborização urbana e encosta verde	R\$ 1.741.105,24
Regulação Climática	Arborização, áreas vegetadas e ciclovia	R\$ 60.490,19
Sequestro de Carbono	Arborização, Biovaletas e encosta verde	R\$ 467.532,75
Recreação (Lazer)	Parque linear, ciclovias e áreas de convivência	R\$ 50.716.899,00
Valoração Total/Ano	Conjunto integrado de SbN	R\$ 56.887.339,18

5.2.1 Quantificação dos Serviços Ecossistêmicos (SE)

A quantificação dos SE associados à implantação do parque linear foi estruturada a partir da caracterização das diferentes tipologias de superfícies presentes na área de estudo, considerando que cada elemento da infraestrutura verde possui capacidades distintas de provisão de benefícios ambientais, sociais e urbanos. A análise foi segmentada conforme as categorias predominantes de cobertura vegetal, superfícies permeáveis e elementos hídricos, permitindo uma avaliação mais detalhada da contribuição específica de cada componente para o desempenho ambiental. Essa divisão metodológica possibilita maior coerência analítica na interpretação dos resultados, além de favorecer a compreensão das relações entre tipologia superficial, funcionalidade ecológica e potencial de geração e valoração dos SE no contexto urbano estudado.

a) Vegetação

As superfícies vegetadas do parque linear apresentaram elevada relevância na provisão de SE reguladores. A aplicação da metodologia demonstrou que as áreas cobertas por vegetação possuem potencial para absorver aproximadamente 176.461,25m³ de escoamento superficial anualmente, considerando a precipitação média anual de 1.339mm. Embora inferior aos valores para os corpos d'água, esse quantitativo evidencia a

importância das áreas vegetadas na redução da sobrecarga dos sistemas convencionais de drenagem urbana, favorecendo processos de infiltração, retenção hídrica e mitigação de alagamentos em áreas urbanizadas.

No que se refere à qualidade do ar, a vegetação apresentou capacidade estimada de filtragem de aproximadamente 975,24kg de PM10 por ano, contribuindo significativamente para a melhoria das condições ambientais urbanas. Em comparação às superfícies urbanas sem vegetação significativa, as áreas vegetadas demonstraram desempenho substancialmente superior quanto à filtragem e ventilação ambiental.

Para os efeitos relacionados à regulação climática proporcionados pela vegetação urbana demonstraram potencial de redução da demanda energética em edificações localizadas no entorno do parque linear. A partir dos parâmetros metodológicos adotados, uma economia energética equivalente a aproximadamente R\$ 7.663,36 anuais, resultado associado principalmente ao sombreamento, à evapotranspiração e à mitigação das ilhas de calor urbanas proporcionadas pela cobertura vegetal.

Entre as três categorias superficiais analisadas, a vegetação apresentou os resultados mais expressivos em relação ao SE de sequestro de carbono, alcançando capacidade estimada de captura de aproximadamente 313,34 toneladas de CO₂ por ano. Esse comportamento evidencia a relevância da arborização urbana e dos corredores verdes como mecanismos de mitigação das mudanças climáticas e compensação parcial das emissões atmosféricas associadas à urbanização consolidada.

b) Corpos D'Água

Os corpos d'água presentes ao longo do complexo do parque linear configuraram a categoria superficial com maior contribuição quantitativa para os SE analisados, especialmente aqueles relacionados à drenagem urbana, capacidade de filtragem ambiental e regulação climática. A aplicação da metodologia indicou capacidade estimada de condução e retenção equivalente a 794.587,50m³ anuais de escoamento superficial, representando o maior quantitativo entre todas as categorias avaliadas. Esse resultado demonstra o papel estruturador dos cuidados com os cursos hídricos na estabilização

hidrológica do território e na redução dos impactos associados à retenção inadequada das águas pluviais em áreas urbanizadas.

Os corpos d'água também apresentaram os resultados mais expressivos quanto aos serviços de filtragem e ventilação atmosférica, atingindo capacidade estimada de aproximadamente 3.208,50kg de PM10 filtrado anualmente. Comparativamente às áreas vegetadas, o desempenho superior na circulação e renovação do ar urbano, especialmente em razão da associação entre corredores hídricos e ventilação natural ao longo do parque linear. Esse comportamento reforça a importância dos cursos d'água urbanos na melhoria da qualidade ambiental e no equilíbrio microclimático da área central do município.

Em relação à regulação climática, os resultados também demonstraram elevada relevância quantitativa e econômica. O efeito moderador promovido pelos corpos hídricos sobre o microclima urbano apresentou potencial estimado de redução da demanda energética equivalente a aproximadamente R\$ 50.465,60 MWh. Tal resultado pode ser associado à elevada capacidade térmica da água e à influência dos corredores hídricos na amenização das ilhas de calor urbanas.

Embora os corpos d'água não tenham apresentado os maiores valores de captura de carbono quando comparados às outras áreas, os resultados demonstraram capacidade média de sequestro estimada em aproximadamente 240,64 toneladas de CO₂ por ano, quantitativo considerado expressivo no contexto urbano analisado. Esse comportamento evidencia que os SE associados aos cursos hídricos não se restringem às funções hidrológicas, mas abrangem também contribuições relevantes à regulação climática e à manutenção da qualidade ambiental urbana.

c) Superfícies

As superfícies urbanas relacionadas às áreas de circulação e infraestrutura associadas ao parque linear (incluindo pavimentos, ciclovias e caminhos de pedestres) apresentaram contribuição mais restrita em relação aos SE reguladores quando comparadas às áreas vegetadas e aos corpos d'água. Ainda assim, os resultados demonstraram importância complementar dessas superfícies para a dinâmica funcional do sistema de infraestrutura verde proposto.

A aplicação da metodologia indicou potencial de redução de aproximadamente 326.965,63m³ anuais de escoamento superficial, valor intermediário em comparação às demais categorias analisadas. Mesmo compostas predominantemente por superfícies impermeáveis ou parcialmente permeáveis, essas áreas contribuem para a desaceleração do escoamento superficial quando associadas a dispositivos de drenagem sustentável, pavimentações drenantes e elementos de infraestrutura verde implantados ao longo do parque linear.

Os resultados relacionados à regulação climática indicaram potencial de redução da demanda energética equivalente a aproximadamente R\$ 4.654,60 MWh anuais, associado principalmente à reorganização espacial promovida pelo parque linear e à melhoria indireta das condições microclimáticas em seu entorno.

Entretanto, diferentemente das áreas vegetadas e dos corpos d'água, as superfícies urbanas apresentaram desempenho pouco significativo em relação aos serviços de filtragem e ventilação atmosférica, bem como ao sequestro de carbono. Tal comportamento decorre diretamente da metodologia adotada, que desconsiderou telhados verdes e áreas florestadas, concentrando a análise exclusivamente nas superfícies destinadas à utilização viária e circulação urbana. Dessa forma, considerando a ausência de cobertura vegetal significativa nessas áreas, os valores relacionados à captura de carbono e retenção de material particulado foram considerados nulos ou irrelevantes quando comparados às demais categorias superficiais avaliadas.

Apesar disso, a presença dessas superfícies é fundamental para a funcionalidade e conectividade do parque linear, sobretudo para garantir suporte à mobilidade ativa, acessibilidade urbana e integração entre os diferentes espaços livres e equipamentos públicos conectados pela infraestrutura verde proposta. Assim, mesmo apresentando menor desempenho ecológico isolado, as superfícies urbanas desempenham papel estratégico na consolidação da multifuncionalidade do parque linear e na articulação entre os diferentes SE promovidos pelo sistema implantado.

5.3 AVALIAÇÃO DA VALORAÇÃO DOS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS (SE)

A etapa de valoração dos SE possibilita compreender e comparar a magnitude dos benefícios ambientais, sociais e econômicos associados à implantação do parque linear. Os resultados foram obtidos a partir da relação entre os quantitativos físicos estimados para cada SE e os respectivos fatores de valoração monetária. A análise permite traduzir os benefícios proporcionados pelas SbN em valores econômicos, contribuindo para uma interpretação mais integrada da relevância da infraestrutura verde. A Tabela 26 apresenta a síntese dos resultados obtidos.

Tabela 26: *Resumo Método do Parque Linear.*

Serviços Ecosistêmicos (SE)		Principais SbN Associadas	CLASSIFICAÇÃO			TOTAL ANUAL SE
			SUPERFÍCIE	CORPOS D'ÁGUA	VEGETAÇÃO	
Redução de Escoamento	m³	Biovaletas, superfícies permeáveis e encosta verde	326965,63	794587,50	176461,25	1298014,38
Capacidade de Filtragem e Ventilação	kg de PM10	Arborização urbana e encosta verde	0,00	3208,50	975,24	4183,74
Regulação Climática	-	Arborização, áreas vegetadas e ciclovia	11,34	122,90	18,66	152,89
Sequestro de Carbono	toneladas de CO2	Arborização, Biovaletas e encosta verde	0,00	240,64	313,34	553,98
Recreação (Lazer)	visitantes	Parque linear, ciclovias e áreas de convivência				43566
Redução de Escoamento	-		R\$982.727,88	R\$ 2.388.212,19	R\$ 530.371,93	R\$ 3.901.312,01
Capacidade de Filtragem e Ventilação			R\$ -	R\$ 1.335.249,36	R\$ 405.855,88	R\$ 1.741.105,24
Regulação Climática			R\$ 4.654,60	R\$ 50.465,60	R\$ 7.663,36	R\$ 62.783,57
Sequestro de Carbono			R\$ -	R\$ 233.977,72	R\$ 233.555,03	R\$ 467.532,75
Recreação (Lazer)						
TOTAL POR CLASSIFICAÇÃO		Conjunto integrado de SbN	R\$ 987.382,49	R\$4.007.904,88	R\$ 1.177.446,20	R\$ 56.889.632,56

Os resultados apresentados na Tabela 26 evidenciam diferenças significativas entre as categorias superficiais analisadas, demonstrando que a magnitude da valoração econômica dos SE não depende exclusivamente da dimensão da área avaliada, mas também do tipo de cobertura superficial, das funções ecológicas desempenhadas e dos fatores metodológicos aplicados a cada SE. A categoria correspondente aos corpos d'água apresentou a maior valoração econômica entre as três superfícies analisadas, alcançando valores aproximados de R\$ 4 milhões anuais. Esse resultado está diretamente associado à elevada capacidade dos cursos hídricos em fornecer serviços relacionados à drenagem urbana, ventilação e filtragem ambiental e regulação climática, evidenciando o papel estratégico dos sistemas hídricos urbanos na provisão de benefícios ambientais em larga escala através de SbN.

Embora as áreas vegetadas não tenham apresentado a maior valoração total entre as categorias analisadas, os resultados demonstram relevância ecológica, especialmente em relação aos serviços de sequestro de carbono, nos quais essa categoria apresentou o melhor desempenho quantitativo. Tal comportamento reforça a importância da vegetação urbana como elemento central para mitigação das mudanças climáticas, melhoria microclimática e qualificação ambiental do espaço urbano. Já as superfícies urbanas vinculadas às áreas de circulação e infraestrutura apresentaram menor participação relativa na valoração total dos SE, sobretudo em razão da baixa capacidade de captura de carbono e filtragem atmosférica decorrente da ausência significativa de cobertura vegetal nessas áreas.

Em relação ao SE de recreação, vemos o potencial de atração de aproximadamente 2 milhões de visitantes por ano. A metodologia adotada considerou esse serviço sob a perspectiva de bem público urbano inclusivo, assumindo que a principal demanda de utilização do parque linear será proveniente da população residente no município e em seu entorno imediato, e não predominantemente de fluxos turísticos externos. Dessa forma, os resultados reforçam a relevância do parque linear como infraestrutura pública multifuncional capaz de integrar benefícios ambientais, sociais e econômicos no contexto do planejamento urbano sustentável

A análise consolidada indica que a valoração total dos serviços ecossistêmicos associados ao parque linear alcança aproximadamente R\$ 57 milhões anuais. Desse

montante, cerca de R\$ 51 milhões (aproximadamente 90% da valoração total) estão associados ao SE de recreação. Esse resultado evidencia a relevância potencial do parque linear como espaço público qualificado, capaz de promover benefícios relacionados ao lazer, ao bem-estar, à convivência social e à valorização do uso coletivo da paisagem urbana.

Entretanto, a expressiva participação da recreação na valoração total exige interpretação cautelosa. O valor estimado não representa a mensuração direta do uso efetivo do parque pela população, mas uma aproximação metodológica do potencial recreativo associado aos moradores localizados em sua área de influência. Assim, um benefício potencial calculado com base em dados secundários e em premissas de frequência estimada, e não em dados primários de visitação, percepção social ou disposição a pagar. Com o objetivo de conferir maior transparência à interpretação dos resultados, a Tabela 27 apresenta a comparação entre dois cenários de valoração. Essa comparação permite reconhecer a importância social do serviço de recreação, ao mesmo tempo em que explicita sua restrição metodológica e evita a interpretação superestimada da valoração total. Pesquisas futuras poderão incorporar contagens de usuários, entrevistas, questionários, avaliação da percepção social, disposição a pagar e monitoramento pós-implantação, a fim de validar ou recalibrar os resultados associados ao uso recreativo do parque linear.

Tabela 27: *Comparação dos cenários de valoração dos serviços ecossistêmicos com e sem recreação e lazer*

Cenário de valoração	Serviços considerados	Valor anual estimado	Interpretação
Cenário 1 Valoração total	Todos os serviços ecossistêmicos, incluindo recreação e lazer	R\$ 56.887.339,18	Representa o valor potencial total estimado para o parque linear.
Cenário 2 Valoração parcial	Serviços de regulação, excluindo recreação e lazer	R\$ 6.170.440,18	Evidencia os benefícios ambientais e reguladores sem o peso do uso recreativo potencial.

Ao desconsiderar o serviço recreativo para fins comparativos entre os serviços reguladores, vemos que a redução do escoamento superficial representa o SE de maior relevância econômica entre as categorias combinadas, alcançando valor aproximado de R\$

1,8 milhões anuais. Em seguida, a filtragem e ventilação atmosférica, com valoração aproximada de R\$ 3,9 milhões anuais, refletindo a contribuição da infraestrutura verde para mitigação de impactos hidrológicos urbanos e redução da pressão sobre os sistemas convencionais de drenagem.

O SE de sequestro de carbono apresentou valoração aproximada de R\$ 0,5 milhão anual, demonstrando contribuição relevante das áreas vegetadas e dos corredores ecológicos para mitigação das emissões gases atmosféricos. Os serviços associados à regulação climática apresentaram valoração estimada em aproximadamente R\$ 63mil anuais, representando a menor participação relativa entre os SE avaliados. Apesar da menor expressão econômica comparativa, esse serviço apresenta elevada importância funcional no contexto urbano, sobretudo em relação à melhoria do conforto térmico, redução das ilhas de calor e diminuição indireta da demanda energética elétrica.

Considerando o estudo desenvolvido pelo CIOESTE (2023), a projeção de implantação de Soluções Baseadas na Natureza (SbN) para o trecho denominado “Zona Piloto – Guaçu” apresenta investimento estimado em aproximadamente R\$ 22,3 milhões, conforme demonstrado na Tabela 28, na qual apresenta uma projeção exploratória de custos. O trecho analisado corresponde à área anteriormente representada na Figura 22, abrangendo setores classificados como predominância viária (2.350 m), predominância central planejada (2.350 m) e aproximadamente 800 metros da área de predominância central consolidada, totalizando cerca de 5.500 metros lineares de intervenção.

Tabela 28 – Custo Estimado de Implantação Custos estimados das medidas cinzas e SbN na zona piloto Guaçu - CIOESTE (2023).

Zona Piloto	Projeto	Custo total (mil R\$)	Custo medidas cinza (mil R\$)	Custo SbN (mil R\$)
Guaçu	Projeto nº 1	2355	346	2009
	Projeto nº 2	2232	0	2232
	Projeto nº 3	11931	9398	2533
	20% eventualidades	3304	—	—
	15% estudos	2478	—	—
	Total	22300	—	—

A partir da referência de custos apresentada pelo estudo EUROCLIMA/CIOESTE, foi realizada uma projeção proporcional e exploratória para estimar uma ordem de grandeza

do investimento necessário à implantação integral do parque linear proposto nesta pesquisa, considerando sua extensão aproximada de 12.700 metros. Mantida a proporcionalidade entre extensão linear e investimento indicado no estudo de referência, obtém-se um valor aproximado de R\$ 51,5 milhões para a implantação do parque ao longo de todo o eixo analisado.

Essa estimativa não deve ser interpretada como orçamento executivo, tampouco como custo definitivo de implantação. Trata-se de uma projeção preliminar, utilizada apenas como base comparativa para discutir a relação entre a magnitude do investimento necessário e os benefícios potenciais estimados pela valoração dos serviços ecossistêmicos. O valor projetado pode variar significativamente em função das condições geomorfológicas de cada trecho, do grau de consolidação urbana, da necessidade de desapropriações, da complexidade das intervenções hidráulicas, das soluções paisagísticas adotadas, dos custos de projetos executivos, licenciamento, manutenção e gestão futura do parque.

Ainda que o valor projetado represente um investimento expressivo, os resultados da valoração econômica dos serviços ecossistêmicos indicam a possibilidade de benefícios ambientais, sociais e econômicos relevantes associados à implantação da infraestrutura verde proposta. A análise consolidada estimou aproximadamente R\$ 57 milhões anuais em benefícios potenciais quando considerados todos os serviços ecossistêmicos avaliados, incluindo recreação e lazer. Nesse cenário, a comparação entre o investimento estimado e os benefícios anuais sugere que a ordem de grandeza dos benefícios potenciais poderia se aproximar do valor de implantação em período próximo a um ano.

Todavia, considerando a elevada participação do serviço de recreação e lazer na valoração total e sua natureza metodológica mais sensível, também foi realizada uma leitura complementar excluindo esse serviço da análise. Nesse segundo cenário, os benefícios associados aos demais serviços ecossistêmicos, predominantemente de regulação ambiental, indicam uma compensação indireta em horizonte aproximado de dez anos. Essa comparação não deve ser compreendida como análise de retorno financeiro direto, mas como exercício de discussão sobre a relevância econômica potencial dos serviços ecossistêmicos e sua contribuição para subsidiar decisões públicas sobre investimentos em parques lineares e soluções baseadas na natureza.

A partir dessa referência, realizando uma estimativa proporcional dos custos de implantação para a totalidade do parque linear proposto nesta pesquisa, considerando extensão aproximada de 12.700 metros. Mantendo a proporcionalidade entre extensão linear e investimento apresentado pelo estudo do EUROCLIMA/CIOESTE, podemos estimar então um valor aproximado de R\$ 51,5 milhões para implantação integral do parque linear ao longo de todo o eixo estudado. Ressaltando, entretanto, que essa projeção possui caráter estimativo e exploratório, podendo variar em função das características geomorfológicas, nível de urbanização consolidada, desapropriações necessárias, complexidade das intervenções hidráulicas e soluções paisagísticas adotadas em cada trecho do parque.

Apesar do parecer um elevado investimento estimado, os resultados da valoração econômica dos SE demonstraram potencial de retorno indireto significativo associado à implantação da infraestrutura verde proposta. A análise consolidada dos SE indicou valor anual aproximado de R\$ 57 milhões em benefícios ambientais, sociais e econômicos proporcionados pelo parque linear. Sob a perspectiva da valoração ecossistêmica, podendo considerar que o investimento estimado para implantação do parque poderia ser indiretamente compensado em aproximadamente em um ano dos SE gerados pela intervenção e se desconiderarmos a recreação em aproximadamente de 10 anos.

6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS COM A LITERATURA

A aplicação do método proposto nesta pesquisa permite discutir os resultados obtidos à luz da literatura sobre planejamento urbano sustentável, infraestrutura verde, parques lineares, SbN, SE e valoração monetária. A implantação de parques lineares em áreas urbanas não deve ser compreendida apenas como uma intervenção paisagística ou como equipamento público de lazer, mas como uma estratégia integrada de planejamento territorial capaz de articular conservação ambiental, adaptação climática, mobilidade ativa, qualificação urbana, bem-estar social e geração de benefícios econômicos indiretos. Para o parque linear proposto em São Roque/SP reforça a perspectiva de que a infraestrutura verde pode atuar como elemento estruturador do desenvolvimento urbano sustentável, especialmente em municípios que apresentam cursos d'água urbanos, fragmentos vegetados, espaços urbanos desconectados e demandas crescentes por espaços públicos qualificados.

A literatura aponta que as cidades enfrentam desafios cada vez mais complexos associados à expansão urbana, impermeabilização do solo, fragmentação de ecossistemas, intensificação das ilhas de calor, perda de biodiversidade e aumento da vulnerabilidade a eventos extremos, como enchentes, secas e ondas de calor (Kabisch et al., 2017; IPBES, 2019; UN-Habitat, 2020). Uma vez que o diagnóstico realizado no entorno do parque linear evidencia as discontinuidades espaciais, áreas com baixa integração entre sistemas naturais e construídos, trechos com fragilidade ambiental e oportunidades de requalificação urbana. A necessidade de superar modelos tradicionais de planejamento baseados na fragmentação entre infraestrutura urbana e conservação ambiental, aproximando-se de abordagens que compreendem o território como um sistema socioecológico dinâmico, no qual processos naturais e antrópicos se inter-relacionam.

O estudo demonstra a necessidade de avançar para além dos modelos tradicionais de planejamento urbano baseados predominantemente em infraestruturas cinzas, isto é, em obras convencionais de engenharia voltadas à drenagem, contenção, canalização, pavimentação e organização física do território. Embora essas soluções continuem desempenhando papel relevante na estruturação das cidades, sua aplicação isolada tem se

mostrado insuficiente para responder a desafios como enchentes, ilhas de calor, perda de biodiversidade, impermeabilização do solo e carência de espaços públicos qualificados. Nesse sentido, Depietri & McPhearson (2017) apontam para a necessidade de integração entre infraestruturas cinzas e verdes, formando abordagens híbridas e adaptativas, nas quais processos naturais passam a complementar funções tradicionalmente atribuídas apenas às obras convencionais de engenharia. Essa perspectiva também é reforçada por Hansen et al. (2019), ao compreenderem a infraestrutura verde como elemento estruturante do planejamento territorial, capaz de articular funções ecológicas, urbanísticas e sociais.

Através de uma abordagem integrada, na qual o território é compreendido como um sistema socioecológico dinâmico, marcado pela interação entre processos naturais e antrópicos, e no qual a implantação de parques lineares pode contribuir simultaneamente para drenagem urbana sustentável, regulação microclimática, conectividade ecológica, mobilidade ativa e bem-estar da população (Kabisch et al., 2017; Raymond et al., 2017). Essa interpretação é coerente com a proposta desenvolvida em São Roque, pois o parque linear não se limita à criação de uma faixa verde ao longo do curso d'água, mas assume função estruturadora ao conectar fragmentos verdes, equipamentos públicos, áreas de interesse turístico, espaços de lazer, setores urbanos consolidados e áreas com potencial de requalificação. A aplicação do método demonstra que o parque linear pode contribuir para a reorganização territorial e para a criação de uma rede de conectividade socioambiental, fortalecendo a integração entre natureza, cidade e população.

As contribuições de Elmqvist et al. (2021), ao reconhecer que cidades sustentáveis e resilientes dependem da integração entre sistemas ecológicos e processos urbanos. A proposta de parque linear parte justamente da identificação de cursos d'água urbanos e áreas livres como elementos estruturantes para a implantação de SbN e provisão de SE. Essa abordagem permite que o planejamento urbano deixe de tratar a natureza como obstáculo ao crescimento urbano ou como elemento meramente ornamental, passando a reconhecê-la como infraestrutura funcional capaz de contribuir para drenagem, conforto térmico, qualidade do ar, sequestro de carbono, recreação e valorização territorial.

Os resultados obtidos também dialogam com o papel dos Planos Diretores Municipais como instrumentos de integração entre desenvolvimento urbano e

sustentabilidade ambiental (Brasil, 2001). Ao propor um método de avaliação e valoração monetária dos SE associados a parques lineares, esta pesquisa contribui para qualificar tecnicamente o debate sobre a incorporação de infraestrutura verde, SbN e SE no planejamento municipal. Essa contribuição é relevante diante de processos de revisão ou implantação do Plano Diretor, que representa uma oportunidade para inserir diretrizes territoriais voltadas à recuperação de cursos d'água urbanos, ampliação de áreas verdes, fortalecimento da mobilidade ativa e adaptação às mudanças climáticas.

No que se refere aos parques lineares, a literatura os compreende como infraestruturas verdes multifuncionais, capazes de articular funções ambientais, urbanísticas, sociais e paisagísticas em um mesmo eixo territorial. Essa multifuncionalidade permite que tais espaços ultrapassem a condição de áreas verdes destinadas exclusivamente ao lazer, assumindo papel estratégico na drenagem urbana sustentável, na qualificação paisagística, na ampliação da mobilidade ativa, na promoção de espaços públicos de convivência e na mitigação de impactos decorrentes da urbanização intensiva. Nesse sentido, Maropo et al. (2019) destacam que a infraestrutura verde contribui para aproximar os processos naturais do espaço urbano, reduzindo os efeitos negativos associados ao predomínio da infraestrutura cinza. De forma complementar, Evers et al. (2022) reforçam que parques lineares associados a SbN podem contribuir para adaptação climática, melhoria da qualidade da água, mobilidade ativa, equilíbrio ecológico e ampliação do acesso social a áreas verdes.

A partir dessa compreensão, o parque linear também pode ser interpretado como um corredor verde urbano, na medida em que sua configuração linear favorece a conectividade entre fragmentos ambientais, cursos d'água, áreas verdes, espaços públicos, equipamentos urbanos e setores com potencial de requalificação. Ahern (1995) destaca que os corredores verdes, ou greenways, constituem uma estratégia de planejamento voltada à conectividade, à conservação de recursos naturais e à organização da paisagem, sendo relevantes por sua capacidade de integrar áreas fragmentadas em uma rede territorial contínua.

Ao compararmos com experiências internacionais, na qual a efetividade dos parques lineares está associada à sua capacidade de articular recuperação ambiental e requalificação urbana em uma mesma estratégia territorial. Projetos como o Cheonggyecheon, em Seul, e

o Madrid Río, na Espanha, demonstram que a recuperação de cursos d'água, margens urbanas e áreas degradadas pode gerar benefícios múltiplos, incluindo melhoria microclimática, valorização dos espaços públicos, ampliação da mobilidade ativa, qualificação paisagística e fortalecimento da relação entre cidade e natureza (Cho, 2010; Lee & Anderson, 2013; Madureira & Andresen, 2014; Robinson, Alexander, & Hopton, 2011). No caso de São Roque/SP, indica que o curso d'água pode deixar de ser tratado como elemento residual ou barreira urbana, passando a constituir um eixo de estruturação ambiental e urbanística. Parques lineares concebidos como infraestrutura verde multifuncional podem contribuir não apenas para a recuperação ecológica, mas também para a reorganização do território, a ampliação da acessibilidade, a criação de espaços públicos qualificados e a valorização da paisagem urbana. O exemplo de Blue Gate Antwerp, na Bélgica, apresenta contribuição ainda mais direta para esta pesquisa, por integrar infraestrutura verde, SE e valoração monetária no processo de redensolvimento urbano de uma antiga área industrial degradada (Valck et al., 2019). A metodologia utilizada subsidiou a tomada de decisão a partir da valoração de serviços como regulação climática, sequestro de carbono, filtragem do ar, controle do escoamento superficial e recreação. A adaptação desse referencial ao contexto brasileiro, realizada nesta tese, representa uma das principais contribuições metodológicas, pois demonstra a possibilidade de traduzir benefícios ambientais e sociais em indicadores monetários aplicáveis ao planejamento urbano local.

No contexto nacional, experiências como o Parque Linear da Doca, em Belém do Pará, também reforçam o potencial dos parques lineares como estratégias de infraestrutura verde multifuncional. O projeto evidencia como a transformação de áreas urbanas em corredores verdes pode contribuir para qualificação paisagística, mobilidade ativa e apropriação social do espaço público (ArchDaily Brasil, 2024). A experiência brasileira demonstra que intervenções dessa natureza são viáveis e relevantes, especialmente quando associadas à requalificação de áreas degradadas e à ampliação do acesso da população a espaços livres qualificados. Ainda no Brasil, estudos sobre parques urbanos em São Paulo indicam que esses espaços apresentam potencial relevante para a melhoria do metabolismo urbano, sobretudo por meio da evapotranspiração e do aumento da área foliar da vegetação (Almeida et al., 2018). Embora a escala territorial e o contexto urbano sejam distintos,

ambos os casos reforçam a importância de ampliar a presença de áreas verdes urbanas como estratégia de mitigação dos efeitos da urbanização intensiva.

A comparação com esses exemplos permite afirmar que o parque linear proposto em São Roque/SP se insere em uma tendência mais ampla de utilização da infraestrutura verde e das SbN como instrumentos de regeneração urbana. Entretanto, esta pesquisa avança ao incorporar a valoração monetária dos SE como elemento de apoio à tomada de decisão. Em muitos casos, os benefícios dos parques lineares são apresentados de forma qualitativa, destacando ganhos ambientais, paisagísticos e sociais. Nesta tese, buscou-se mensurar esses benefícios de forma sistematizada, permitindo evidenciar sua relevância econômica e sua contribuição para o planejamento público.

A discussão dos resultados qualitativos, podemos enquadrar o parque linear como uma SbN. Cohen-Shacham et al. (2016) definem as SbN como ações inspiradas, apoiadas ou copiadas da natureza, voltadas ao enfrentamento de desafios sociais de forma simultaneamente benéfica ao bem-estar humano e à biodiversidade. Eggermont et al. (2015) complementam essa abordagem ao classificar as SbN em diferentes níveis de intervenção, incluindo a criação ou incorporação de elementos naturais em ambientes modificados pela ação humana. O parque linear proposto em São Roque podendo se enquadrar nessa terceira categoria, pois propõe a inserção planejada de elementos naturais e seminaturais em uma área urbana marcada por intervenções antrópicas, buscando recuperar funções ecológicas e ampliar a provisão de SE.

Os parques lineares atuam como SbN ao utilizar processos ecológicos para enfrentar problemas urbanos concretos. A ampliação de áreas permeáveis contribui para reduzir o escoamento superficial; a arborização favorece o sombreamento, a evapotranspiração e a regulação térmica; a vegetação contribui para a filtragem de poluentes atmosféricos e sequestro de carbono; e a criação de espaços públicos qualificados amplia as oportunidades de lazer, convivência e bem-estar. Esses resultados dialogam com Kabisch et al. (2017), Raymond et al. (2017) e Nesshöver et al. (2017), que destacam a multifuncionalidade das SbN e sua capacidade de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos simultaneamente.

A análise dos SE avaliados demonstram aderência ao referencial conceitual do MEA (2005), segundo o qual os benefícios proporcionados pelos ecossistemas à sociedade. No caso do parque linear proposto em São Roque/SP, os serviços mensurados concentram-se principalmente nas categorias de regulação e culturais, coerentes com a natureza urbana da intervenção e com os benefícios esperados de uma infraestrutura verde multifuncional.

O serviço de recreação/lazer, classificado como serviço ecossistêmico cultural, apresentou o maior resultado monetário, evidenciando a relevância do parque linear como espaço de convivência, bem-estar, lazer, contato com a natureza e qualificação da vida urbana. Em seguida, a redução do escoamento superficial, associada aos serviços de regulação hídrica, uma vez que a ampliação de áreas permeáveis e vegetadas contribui para retenção, infiltração e desaceleração das águas pluviais, reduzindo pressões sobre a drenagem urbana convencional. A capacidade de filtragem e ventilação do ar também se enquadra como serviço de regulação, pois está relacionada à remoção de poluentes atmosféricos, à melhoria da qualidade do ar e à redução de impactos à saúde pública. O sequestro de carbono, por sua vez, constitui serviço de regulação climática, ao representar a capacidade da vegetação de capturar e armazenar carbono atmosférico. Por fim, a regulação climática local, embora tenha apresentado menor expressão monetária em relação aos demais serviços, permanece relevante do ponto de vista urbanístico e ambiental. O valor monetário obtido para esse serviço deve ser interpretado como uma estimativa conservadora, pois representa apenas a parcela associada à economia energética, sem incorporar a totalidade dos benefícios climáticos, sanitários e sociais proporcionados pelo parque linear. Essa métrica não contempla integralmente os benefícios atribuídos à infraestrutura verde e às SbN urbanas, como sombreamento, evapotranspiração, redução da temperatura superficial, mitigação de ilhas de calor e sim apenas as melhorias das condições de conforto térmico em edificações ao seu entorno. Esses processos são amplamente reconhecidos como componentes essenciais da adaptação climática urbana, especialmente em áreas densamente urbanizadas e com elevada impermeabilização do solo (Marando et al., 2019; Seddon et al., 2020).

A predominância do serviço de recreação/lazer na valoração total está alinhada à literatura que reconhece os espaços verdes urbanos como elementos fundamentais para a

promoção da saúde, do bem-estar, da convivência social e da qualidade de vida. Wang et al. (2022) destacam a importância crescente dos SE culturais em áreas urbanas, especialmente em razão da maior valorização da interação entre população e natureza. Lahart et al. (2019) também apontam que áreas verdes urbanas contribuem para a saúde física e mental, favorecendo práticas de lazer, atividades ao ar livre e redução do estresse. Os resultados obtidos em São Roque indicam que a implantação do parque linear pode gerar benefícios sociais expressivos, fortalecendo seu papel como equipamento público de uso coletivo e como estratégia de inclusão territorial.

Os serviços de regulação avaliados evidenciam a importância ambiental da intervenção, especialmente na gestão das águas pluviais. A redução do escoamento superficial demonstra o potencial do parque linear para ampliar superfícies permeáveis e vegetadas, favorecendo a retenção, a infiltração e a desaceleração das águas pluviais. Esse resultado dialoga com Yao et al. (2015), que destacam a contribuição das áreas verdes urbanas para a redução do escoamento mesmo em contextos de elevada impermeabilização. No caso de São Roque/SP, essa função torna-se ainda mais relevante diante das fragilidades apontadas pelo estudo CIOESTE (2023), que identifica áreas suscetíveis a alagamentos na região central do município. Assim, o parque linear apresenta-se como estratégia de adaptação urbana, contribuindo para reduzir pressões sobre a drenagem convencional e mitigar riscos associados a eventos extremos.

Conforme Kabisch et al., (2017) aponta que a vegetação urbana pode contribuir para a redução da exposição da população a poluentes, gerando benefícios indiretos à saúde pública e à qualidade ambiental. A capacidade de filtragem e ventilação, reforça a contribuição da vegetação urbana para a melhoria da qualidade do ar. Sua relevância ambiental e sanitária é significativa, especialmente em áreas urbanas com circulação de veículos e presença de superfícies impermeáveis.

A regulação climática e o sequestro de carbono reforçam a contribuição do parque linear para a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, ainda que expressem dimensões distintas dos SE de regulação. Embora o parque linear não produza efeitos equivalentes aos de grandes áreas florestais, sua relevância reside na capacidade de integrar ações de arborização, qualificação ambiental e infraestrutura verde a uma agenda de

resiliência climática urbana. Essa interpretação dialoga com Seddon et al. (2020), ao destacarem que as SbN podem contribuir simultaneamente para adaptação, mitigação, conservação da biodiversidade e provisão de serviços ecossistêmicos, desde que planejadas às condições locais do território.

Sobre valoração de serviços ecossistêmicos, diferentes abordagens podem ser utilizadas conforme a natureza do serviço avaliado, a disponibilidade de dados e o objetivo da análise. Entre os métodos mais recorrentes estão a transferência de benefícios, o custo evitado, o custo de reposição, o preço de mercado, o método do custo de viagem, a valoração contingente e a disposição a pagar. Métodos como custo de viagem e disposição a pagar apresentam maior aderência aos serviços culturais, como recreação e lazer, pois permitem captar de forma mais direta a percepção dos usuários e o valor social atribuído aos espaços verdes. Por outro lado, os métodos de custo evitado e custo de reposição mostram maior aplicabilidade aos serviços de regulação, como redução do escoamento superficial, filtragem do ar e regulação climática, ao estimarem benefícios a partir de despesas que poderiam ser reduzidas ou evitadas pela presença da infraestrutura verde. Nesta pesquisa, a adaptação metodológica adotou principalmente a lógica da transferência de benefícios e dos custos evitados, em consonância com Valck et al. (2019), que estimaram serviços ecossistêmicos urbanos em processos de redesenvolvimento sustentável, associando indicadores biofísicos a valores monetários de referência. Assim, embora outros métodos possam complementar a análise, especialmente no caso da recreação e lazer, a abordagem adotada mantém coerência com o objetivo da pesquisa, ao oferecer uma avaliação exploratória e aplicada, fundamentada em dados secundários, para subsidiar a tomada de decisão no planejamento de parques lineares urbanos.

Ainda que a valoração monetária não deve ser interpretada como tentativa de reduzir a natureza a um preço. Sua função nesta pesquisa é tornar visíveis benefícios frequentemente negligenciados nos processos tradicionais de planejamento, orçamento e tomada de decisão. Costanza (2024) e Pinke et al. (2022) destacam que a valoração dos SE pode contribuir para demonstrar a relevância econômica de funções ecológicas que, embora essenciais, não são consideradas em análises convencionais de projetos urbanos. Assim, a valoração monetária atua como ferramenta de comunicação e apoio técnico, permitindo que

gestores públicos, planejadores e tomadores de decisão compreendam de forma mais objetiva os benefícios gerados por intervenções baseadas na natureza. Essa discussão também dialoga com Chelli et al. (2025) e Neumann e Hack (2022), que apontam a dificuldade de mensurar benefícios ambientais, sociais e econômicos como uma das principais barreiras para a adoção de SbN em projetos urbanos. A aplicação do método em São Roque contribui para enfrentar essa lacuna, de estimar benefícios monetários associados aos SE em um contexto brasileiro. A pesquisa fortalece a defesa técnica de investimentos em infraestrutura verde, demonstrando que parques lineares podem gerar benefícios recorrentes e mensuráveis ao longo do tempo.

A valoração realizada permitiu traduzir parte dos benefícios ecossistêmicos do parque linear em termos econômicos, contribuindo para tornar mais tangíveis os ganhos associados à infraestrutura verde urbana, conforme recomendações de Frantzeskaki et al. (2019), que apontam a necessidade de produzir evidências quantitativas capazes de demonstrar os benefícios das SbN e apoiar processos de tomada de decisão.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa dialogam diretamente com a literatura ao demonstrar que parques lineares, quando concebidos como infraestrutura verde e SbN, podem ampliar a provisão de SE e fortalecer o planejamento urbano sustentável. A adaptação metodológica permite tornar esses benefícios mais visíveis e mensuráveis, oferecendo subsídios técnicos para a tomada de decisão pública. No caso de São Roque/SP, a valoração monetária evidencia que a implantação do parque linear não representa apenas um custo de infraestrutura urbana, mas um investimento estratégico capaz de gerar benefícios ambientais, sociais e econômicos recorrentes, contribuindo para a resiliência urbana, a qualificação dos espaços públicos e a integração entre conservação ambiental e desenvolvimento territorial.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente tese conclui que a adoção de SbN, por meio da implantação de um parque linear, possui capacidade de gerar múltiplos SE passíveis de valoração monetária, evidenciando que os benefícios promovidos pela infraestrutura verde extrapolam a dimensão ambiental e se refletem diretamente na economia urbana e na qualidade de vida da população. A aplicação do método permitiu demonstrar que as SbN constituem uma alternativa para contribuir no enfrentamento dos desafios relacionados à drenagem urbana, qualidade do ar, regulação climática, sequestro de carbono e oferta de espaços recreativos, produzindo benefícios econômicos e sociais que podem subsidiar processos de tomada de decisão no planejamento urbano. A valoração monetária dos SE demonstra ser uma ferramenta estratégica para tornar visíveis os benefícios gerados pelas SbN, aproximando a linguagem ecológica da linguagem econômica tradicionalmente utilizada na gestão pública. Ao quantificar tais benefícios, o método contribui para ampliar a legitimidade das intervenções baseadas na natureza e fortalecer sua incorporação em políticas, programas e projetos voltados à sustentabilidade e à resiliência das cidades.

Foram identificados e valorados cinco principais SE associados à proposta de parque linear, evidenciando a relevância da infraestrutura verde como instrumento de planejamento urbano sustentável:

- O SE relacionado à redução do escoamento superficial foi estimado a partir da capacidade potencial das áreas vegetadas, permeáveis e associadas ao parque linear em reter, infiltrar ou retardar o direcionamento das águas pluviais ao sistema convencional de drenagem urbana. Para esse cálculo, foram consideradas as superfícies propostas no traçado do parque, a precipitação média anual. Com base nesse procedimento, estimou-se a retenção ou redução potencial de m³ de água por ano. Esse volume foi monetarizado mediante a aplicação do valor unitário de referência adotado para custos evitados em infraestrutura de drenagem, resultando em benefício anual estimado de aproximadamente R\$ 4 milhões. O resultado evidencia a contribuição potencial das SbN para a melhoria da drenagem urbana, a redução da pressão sobre sistemas convencionais, a conservação dos cursos hídricos e a mitigação de vulnerabilidades

associadas a eventos hidrológicos extremos e contribuindo para a resiliência do município frente aos desafios impostos pelas mudanças climáticas.

- O SE de filtragem e ventilação do ar foi estimado a partir da capacidade potencial da cobertura vegetal do parque linear em reter partículas inaláveis, especialmente material particulado fino associado à poluição atmosférica urbana. Para esse cálculo, foram consideradas as áreas vegetadas propostas no traçado do parque, às quais foram aplicados coeficientes médios de remoção de partículas por hectare ao ano. Esse quantitativo físico foi monetarizado mediante a aplicação do valor unitário de referência adotado para os custos evitados em saúde pública, resultando em benefício anual estimado de aproximadamente R\$ 1,8 milhão. O resultado indica que a infraestrutura verde pode contribuir para a melhoria da qualidade ambiental urbana e para a redução indireta de custos associados a doenças respiratórias e cardiorrespiratórias.
- O SE de regulação climática contribui para a mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbanas, promovendo melhorias microclimáticas e redução do consumo energético nas edificações do entorno do parque linear. A valoração aproximada de R\$ 60 mil anuais refere-se exclusivamente à economia de energia elétrica, não contemplando outros benefícios associados ao conforto térmico, à redução do estresse térmico e à adaptação climática. Embora apresente menor valor monetário em comparação aos demais serviços analisados, sua relevância está diretamente relacionada à melhoria das condições ambientais urbanas e ao aumento da capacidade adaptativa da cidade frente ao aquecimento urbano.
- O SE de sequestro de carbono foi calculado a partir da estimativa de áreas vegetadas associadas ao parque linear, considerando a aplicação de coeficientes médios de absorção de CO₂ por hectare ao ano. Com base nesse critério, estimou-se a captura anual aproximada de toneladas de CO₂. Esse valor físico foi monetarizado, resultando em benefício anual aproximado de R\$ 0,5 milhão. Assim, a estimativa demonstra o potencial da infraestrutura verde em contribuir para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa e para o alinhamento do município a agendas climáticas mais amplas.
- O SE de recreação apresentou a maior valoração monetária entre os serviços analisados, atingindo aproximadamente R\$ 50,8 milhões anuais, considerando apenas a projeção

de uso pela população residente no entorno imediato do parque linear, delimitado pelo buffer de 800 metros. Esse resultado evidencia que os principais benefícios gerados pelo parque linear estão relacionados à dimensão social do espaço urbano, refletindo o valor atribuído pela população ao acesso a áreas de lazer, convivência, mobilidade ativa e contato com a natureza. Além dos benefícios diretamente valorados, a implantação do parque linear possui potencial para estimular a valorização imobiliária, fortalecer atividades econômicas locais, ampliar a atratividade para moradores e promover maior dinamismo urbano, consolidando-se como um investimento capaz de gerar retornos socioeconômicos duradouros para o município e stakeholders interessados em investimentos sustentáveis.

Este estudo podemos concluir que o uso de SbN, mensurados os benefícios pelos SE, apresenta potencial para o planejamento urbano sustentável, conciliando a mitigação de problemas urbanos e associando benefícios diversificados. O estudo de caso demonstra que mais de R\$ 6 milhões/ano poderiam ser poupados diretamente no enfrentamento de problemas urbanos relacionados a redução do escoamento superficial, a filtragem e ventilação do ar e a descarbonização urbana.

A comparação entre o valor estimado de implantação e a valoração anual dos SE reforça a relevância econômica potencial do parque linear. Considerando o custo estimado de implantação em aproximadamente R\$ 51,5 milhões e a valoração anual total dos SE associados às SbN em aproximadamente R\$ 56,9 milhões, observa-se que os benefícios potenciais estimados alcançam ordem de grandeza semelhante ao investimento inicial em horizonte aproximado de um ano. Esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que parte expressiva da valoração total está associada ao serviço cultural de recreação e lazer, cuja estimativa depende da população residente no entorno e do potencial de uso do espaço público. Assim, a valoração dos SE contribui para demonstrar que investimentos em infraestrutura verde produzem benefícios que ultrapassam a lógica restrita do custo inicial de implantação.

Os resultados desta pesquisa permitem considerar para o:

- Diagnóstico e Potencial de implantação de Parques Lineares: O diagnóstico do curso d'água selecionado na região central de São Roque/SP revelou um cenário que, apesar

da descontinuidade de áreas verdes e da carência de infraestrutura ecológica, apresenta significativo potencial para a implantação de SbN. Foram identificadas vulnerabilidades, como a urbanização desordenada e a degradação de cursos d'água, e potencialidades, a exemplo da vocação ambiental e da presença de remanescentes naturais, que justificam e demandam intervenções planejadas para promover a multifuncionalidade desses espaços.

- **Proposição e Aplicação do Método de Valoração Monetária:** A proposta de aplicar um método de valoração monetária dos SE de SbN, adaptado ao contexto urbano brasileiro. A partir da metodologia de Valck et al. (2019) e de ajustes para a realidade local (utilizando fontes de dados brasileiras e fatores de conversão apropriados), foi possível estimar os benefícios associados à implantação de parques lineares. Este método busca demonstrar ser uma ferramenta promissora para quantificar a valoração dos SE, contribuindo para superar a falta de padronização e de casos avaliados em projetos de engenharia urbana no Brasil.
- **Subsídio à Tomada de Decisão e Políticas Públicas:** A aplicação do método e a valoração dos serviços ecossistêmicos permitirão subsidiar o processo de tomada de decisão e a formulação de políticas públicas no planejamento urbano de São Roque/SP. Os resultados entregam evidências tangíveis dos benefícios econômicos e socioambientais decorrentes da implantação de SbN em parques lineares, ressaltando a importância de sua integração em instrumentos para planejamento urbano. Isso reforça de que a valoração é uma ferramenta eficaz para convencer gestores sobre o valor da natureza e suas contribuições para a sustentabilidade urbana, a resiliência socioambiental e o planejamento integrado.

A aplicação da abordagem de SE como instrumento de apoio à identificação de problemas urbanos e à formulação de projetos mais sustentáveis, uma vez que sua valoração econômica permite evidenciar, de forma objetiva, os benefícios ambientais, sociais e econômicos proporcionados pelas SbN, alinhada aos princípios da Agenda 2030. Os resultados demonstram que a implantação do parque linear proposto contribui simultaneamente para diversos ODS, especialmente ao promover a melhoria da qualidade do ar, a ampliação das oportunidades de recreação e o bem-estar da população (ODS 3 –

Saúde e Bem-Estar), a recuperação do curso d'água urbano, o controle do escoamento superficial e o aumento da infiltração das águas pluviais (ODS 6 – Água Potável e Saneamento), a incorporação de infraestrutura verde, tecnologias ambientais e soluções urbanas resilientes (ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura), a qualificação dos espaços públicos, a integração urbana, a mobilidade ativa e o acesso equitativo às áreas verdes (ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis), a adoção de estratégias sustentáveis de implantação, manutenção e gestão de recursos (ODS 12 – Consumo e Produção Responsáveis), a mitigação das ilhas de calor, o sequestro de carbono e a adaptação às mudanças climáticas (ODS 13 – Ação Contra a Mudança Global do Clima), e o fortalecimento da cooperação entre poder público, iniciativa privada, universidades e sociedade civil para o planejamento, implantação e gestão do parque linear (ODS 17 – Parcerias e Meios de Implementação).

A valoração monetária dos serviços ecossistêmicos pode apoiar a tomada de decisão ao tornar visíveis benefícios que, em geral, permanecem subestimados nos processos tradicionais de planejamento urbano. Ao quantificar economicamente ganhos associados à redução do escoamento superficial, melhoria da qualidade do ar, regulação climática, sequestro de carbono e recreação, a metodologia permite comparar alternativas de intervenção, justificar investimentos públicos, priorizar áreas estratégicas e demonstrar que as Soluções Baseadas na Natureza produzem retornos ambientais, sociais e econômicos de longo prazo. Assim, a valoração fortalece a capacidade técnica dos gestores ao transformar benefícios ecológicos em evidências objetivas para políticas públicas, captação de recursos e formulação de projetos urbanos sustentáveis.

O parque linear pode ser incorporado à discussão do Plano Diretor de São Roque/SP como diretriz estratégica de ordenamento territorial, recuperação ambiental e qualificação dos espaços livres urbanos. Sua inserção pode ocorrer por meio da definição de corredores verdes associados aos cursos d'água, da proteção e requalificação das áreas de preservação permanente urbanas, da ampliação da mobilidade ativa e da criação de instrumentos urbanísticos que priorizem a infraestrutura verde como componente estruturante do desenvolvimento urbano. Deixa assim de ser tratado apenas como projeto pontual e passa

a compor uma estratégia territorial, articulada ao zoneamento, à política ambiental, à drenagem urbana, à mobilidade e à oferta equitativa de áreas verdes.

A pesquisa não pretende esgotar a complexidade ambiental, social e econômica associada à implantação de parques lineares, mas oferecer um instrumento metodológico de apoio à decisão, capaz de tornar mais visíveis benefícios frequentemente negligenciados no planejamento urbano tradicional.

Dessa forma, os resultados obtidos podem subsidiar futuras diretrizes e políticas públicas voltadas à implantação de parques lineares associados à infraestrutura verde em outras cidades, contribuindo para a consolidação de uma abordagem urbana mais integrada, resiliente, ecológica e socialmente justa. A proposta de revitalização apresentada compreende o território como um espaço multifuncional, no qual a infraestrutura ecológica atua como elemento estruturador da qualidade de vida, da inclusão social e do desenvolvimento urbano sustentável.

7.1 IMPACTO DA PESQUISA NA SOCIEDADE

Esta tese oferece contribuições significativas tanto para o campo acadêmico quanto para a prática do planejamento e gestão urbana:

- **Contribuição Acadêmica:** o debate sobre a aplicabilidade e adaptação de metodologias de valoração de serviços ecossistêmicos em contextos urbanos brasileiros, preenchendo uma lacuna na literatura nacional. A proposição de um método adaptado, que integra a análise de SbN e SE, enriquece o corpo de conhecimento sobre as interações socioecológicas em ambientes urbanos e a importância de abordagens interdisciplinares. A ênfase na monetização dos benefícios oferece uma linguagem compreensível para tomadores de decisão.
- **Contribuição Prática:** O método adaptado busca oferecer uma ferramenta técnico-analítica concreta para gestores públicos, planejadores urbanos e stakeholders para cidades brasileiras com desafios semelhantes. Ao tangibilizar os benefícios da natureza em termos monetários, o método facilita a justificação de investimentos em infraestrutura verde e a

formulação de políticas públicas mais eficazes, promovendo uma gestão territorial mais sustentável e equitativa. Isso se alinha a iniciativas como o "Bairro Paulista" em São Paulo, que buscam a transformação sustentável das cidades por meio de SbN.

7.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA E SUGESTÕES DE PESQUISAS FUTURAS

Apesar das contribuições, esta pesquisa apresenta limitações que abrem caminhos para futuras investigações, visando a contínua evolução do método proposto e aprofundamento da temática:

- **Limitações Metodológicas na Adaptação:** A adaptação do modelo de Valck et al. (2019), embora robusta, dependeu significativamente da disponibilidade de dados secundários e de fatores de conversão para o contexto brasileiro. Futuras pesquisas poderiam explorar a coleta de dados primários mais detalhados para cada SE, aprimorando a precisão das valorações e refinando os coeficientes de valoração monetária localmente.
- **Escala e Tipologias de Áreas Livres:** O estudo focou um traçado em um curso d'água na região central de São Roque, com ênfase em parque linear. Investigações futuras podem expandir a análise para outras tipologias de áreas livres urbanas (e.g., praças, áreas remanescentes, recuperação de *brownfields*), considerando a interconectividade dos sistemas de infraestrutura verde em um contexto mais amplo.
- **Valoração Qualitativa e Percepção Social:** Embora a valoração monetária seja um foco central, a integração de aspectos mais qualitativos e sociais da percepção dos SE pela população poderia ser aprofundada por meio de pesquisas participativas diretas (ex: entrevistas, grupos focais), complementando a análise econômica com uma dimensão mais profunda do bem-estar humano e do engajamento comunitário.
- **Viabilidade e Governança na Implementação:** futuras pesquisas aprofundem os desafios práticos e mais detalhados nas intervenções para a implementação das SbN em São Roque. Isso inclui explorar modelos de governança mais inovadores e participativos, fontes de financiamento diversificadas (públicas, privadas e híbridas) e mecanismos para superar barreiras burocráticas e políticas na adoção de projetos baseados na natureza.

- Sistema de monitoramento pós-implantação: podem ser o mecanismo que assegura que as SbN deixem de ser experiências pontuais e passem a constituir uma infraestrutura viva, mensurável e passível de aprimoramento contínuo, condição indispensável para a resiliência urbana e para o alcance de metas de sustentabilidade e segurança hídrica. A fase de monitoramento pode consolidar as SbN, permitindo verificar o desempenho real das intervenções, ajustar parâmetros de projeto e assegurar a continuidade dos benefícios ambientais e sociais esperados. Diferentemente de obras de infraestrutura convencionais, cujo funcionamento tende a ser estático, as SbN possuem dinâmica ecológica própria, com processos de crescimento vegetal, infiltração e decomposição que evoluem ao longo do tempo e respondem às condições locais de solo, clima e manejo.

Embora a valoração monetária dos SE seja ferramenta estratégica para demonstrar benefícios ambientais em termos econômicos, não foram medidos valores que a natureza pode vir a ser traduzidos financeiramente. Aspectos como identidade cultural, pertencimento e valor simbólico do espaço público demandam abordagens complementares.

Além disso, reconhece-se que a implantação de um parque linear envolve uma série de desafios práticos, institucionais e financeiros. Os custos com desapropriações, infraestrutura básica, paisagismo e manutenção são elevados e muitas vezes não estão plenamente contemplados nos orçamentos municipais. A morosidade dos trâmites burocráticos, exigência de licenças ambientais, instâncias de aprovação e a necessidade de cumprir legislações urbanísticas e ambientais, muitas vezes fragmentadas, tornam o processo lento e sujeito a entraves. Essas dificuldades apontam para a urgência de políticas públicas integradas, com marcos regulatórios atualizados, fontes de financiamento permanentes e modelos de governança participativos que deem suporte à implementação e à gestão dessas estruturas verdes, na qual possibilitem a superação desses entraves e viabilizem a implementação efetiva de SbN.

REFERÊNCIAS

- Abdeljaber, A., Adghim, M., Abdallah, M., Ghanima, R., & Aljassem, F. (2022). Comparative performance and cost-integrated life cycle assessment of low impact development controls for sustainable stormwater management. *Environmental Impact Assessment Review*, 95, 106805. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106805>
- Ahern, J. (1995). Greenways as a planning strategy. *Landscape and Urban Planning*, 33(1–3), 131–155. [https://doi.org/10.1016/0169-2046\(95\)02039-V](https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)02039-V)
- Albala, P. L. R., & Mülfarth, R. C. K. (2023). Avaliação de percursos de pedestres: proposta de um índice a partir das inter-relações entre caminhabilidade e conforto ambiental. *ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 17(1), 1–10. <https://doi.org/10.46421/encac.v17i1.4138>
- Allendorf, T. D., & Yang, J. (2013). The role of ecosystem services in park-people relationships: The case of Gaoligongshan Nature Reserve in southwest China. *Biological Conservation*, 167, 187–193. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.08.013>
- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Almeida, C. M. V. B., Mariano, M. V., Agostinho, F., Liu, G. Y., Yang, Z. F., Coscieme, L., & Giannetti, B. F. (2018). Comparing costs and supply of supporting and regulating services provided by urban parks at different spatial scales. *Ecosystem Services*, 30, 236–247. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.07.003>

ArchDaily Brasil. (2024). *Parque Linear da Doca / Natureza Urbana*. <https://www.archdaily.com.br/br/1036218/parque-linear-da-doca-natureza-urbana>

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). (2020). NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. ABNT.

BANDEIRAS TARIFÉRIAS - Disponível em <https://www.cpfl.com.br/bandeiras-tarifarias>.

Baró, F., Gómez-Baggethun, E, & Haase, D. (2017). Ecosystem service bundles along the urban–rural gradient: Insights for landscape planning and management. *Ecosystem Services*, 24, 147–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.021>

Brasil. (1997). Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. Institui o Código de Trânsito Brasileiro. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm

Brasil. (2001). Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001: Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10257.htm

Brasil. (2012). *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012: Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa*. Presidência da República. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm

Brndevska Stipanović, V., Čukanović, J., Orlović, S., Petrović, N., & Kovačević, B. (2022). Linear greenery in urban areas and green corridors: Case study of Blvd. Bosnia and Herzegovina and Blvd. Hristijan Todorovski Karposh, Skopje, North Macedonia. *Contemporary Agriculture*, 71 (3–4). <https://doi.org/10.2478/contagri-2022-0028>

Bouma, J. A., & van Beukering, P. J. H. (2015). Ecosystem services: From concept to practice. In R. K. Turner & I. J. Bateman (Eds.), *Ecosystem services: From concept to practice* (pp. 3–22). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107477612.002>

Bueno, M., Haag, R., Heeb, N., Mikhailenko, P., Boesiger, L., & Poulikakos, L. D. (2021). Functional and environmental performance of plant-produced crumb rubber asphalt mixtures using the dry process. *Materials and Structures*, 54, 194. <https://doi.org/10.1617/s11527-021-01790-y>

Caiche, D. T., Peres, R. B., Schenk, L. B. M., & Guerrero, J. V. (2026). Scenarios analysis of sidewalk trees: Conflicts between urban and environmental policies. *Urban Forestry & Urban Greening*, 120, 129452. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2026.129452>

Chelli, A., Brander, L., & Geneletti, D. (2025). Cost-benefit analysis of urban nature-based solutions: A systematic review of approaches and scales with a focus on benefit valuation. *Ecosystem Services*, 71, 101684. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101684>

CIOESTE. (2023). Programa Euroclima – Estratégias de adaptação climática urbana. <https://cioeste.sp.gov.br/euroclima>

Climate-Data.org. (2025). Clima: São Roque. Disponível em <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-roque-25095/>

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C., & Maginnis, S. (2016). Nature-based solutions to address global societal challenges. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.13.en>

Cortinovis, C., & Geneletti, D. (2018). Mapping and assessing ecosystem services to support urban planning: A case study on brownfield regeneration in Trento, Italy. *One Ecosystem*, 3, e25477. <https://doi.org/10.3897/oneeco.3.e25477>

Cortinovis, C., Olsson, P., Boke-Olén, N., & Hedlund, K. (2022). Scaling up nature-based solutions for climate-change adaptation: Potential and benefits in three European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 67, 127450. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127450>

Costanza, Robert (2024). Misconceptions about the valuation of ecosystem services. *Ecosystem Services*, 70, 101667. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101667>

Depietri, Y., & McPhearson, T. (2017). Integrating the grey, green, and blue in cities: Nature-based solutions for climate change adaptation and risk reduction. In N. Kabisch et al. (Eds.), *Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas* (pp. 91–109). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_6

Diep, L., Parikh, P., Duarte, B. P. S., Bourget, A. F., Dodman, D., & Martins, J. R. S. (2022). “It won’t work here”: Lessons for just nature-based stream restoration in the context

of urban informality. *Environmental Science & Policy*, 136, 542–554. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.020>

Elmqvist, T., Andersson, E., McPhearson, T. et al. Urbanization in and for the Anthropocene. *npj Urban Sustain* 1, 6 (2021). <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00018-w>

Eggermont, H., Balian, E., Azevedo, J. M. N., Beumer, V., Brodin, T., Claudet, J., Fady, B., Grube, M., Keune, H., Lamarque, P., Reuter, K., Smith, M., Van Ham, C., Weisser, W. W., & Le Roux, X. (2015). Nature-based solutions: New influence for environmental management and research in Europe. *GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society*, 24(4), 243-248. <https://doi.org/10.14512/gaia.24.4.9>

Evers, H., Incau, B., Caccia, L., & Corrêa, F. (2022). *Soluções baseadas na natureza para adaptação em cidades: o que são e por que implementá-las*. WRI Brasil. <https://www.wribrasil.org.br/noticias/solucoes-baseadas-na-natureza-para-adaptacao-em-cidades-o-que-sao-e-por-que-implementa-las>

Franco Muñoz, M. A. (2019). Antecedentes urbanos, infraestructura de esparcimiento y recreación: Parques lineales. *Labor & Engenho*, 13, 1–11. <https://doi.org/10.20396/labore.v13i0.8656735>

Frantzeskaki, N., McPhearson, T., Collier, M. J., Kendal, D., Bulkeley, H., Dumitru, A., ... & Pintér, L. (2019). Nature-based solutions for urban climate change adaptation: Linking science, policy, and practice communities for evidence-based decision-making. *BioScience*, 69(6), 455–466. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz042>

Gallardo, A. L. C. F., Bond, A., Mizutani, N. M., Siqueira-Gay, J., & Monteiro, G. F. (2026). An assessment of the ecosystem services content of green plans as an evaluation proxy for the delivery of urban green infrastructure. *Land Use Policy*, 160, 107765. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2025.107765>

Gaudereto, G. L., Gallardo, A. L. C. F., Ferreira, M. L., Nascimento, A. P. B., & Mantovani, W. (2018). Avaliação de serviços ecossistêmicos na gestão de áreas verdes urbanas: Promovendo cidades saudáveis e sustentáveis. *Ambiente & Sociedade*, 21(1), e01203. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0120r3vu18L4TD>

Giannakis, E., Bruggeman, A., Poulou, D., Zoumides, C., & Eliades, M. (2016). Linear parks along urban rivers: Perceptions of thermal comfort and climate change adaptation in Cyprus. *Sustainability*, 8(10), 1023. <https://doi.org/10.3390/su8101023>

GreenView. (s.d.). *Valoração econômica de serviços ecossistêmicos: como funciona?* <https://greenviewgv.com.br/valoracao-economica-de-servicos-ecossistemicos/>

Hansen, R., Olafsson, A., van der Jagt, A., Rall, E., & Pauleit, S. (2019). Planning multifunctional green infrastructure for sustainable urban development: The role of spatial planning. *Landscape and Urban Planning*, 140, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.042>

Herzog, C. P., & Rosa, L. Z. (2010). Infraestrutura Verde: Sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, 1, 92-115. <https://doi.org/10.11606/issn.2179-2275.v0i1p92-115>

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estatísticas e downloads. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/downloads-estatisticas.html>.

International Institute for Sustainable Development (IISD). (2021). *Nature-based infrastructure*. <https://www.iisd.org/articles/nature-based-infrastructure>

IPBES. (2019). Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>

IPCC. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>

Kaam, E. N., & Gallardo, A. L. C. F. (2023). Soluções baseadas na natureza em projetos de revitalização de brownfields urbanos: Novos paradigmas para problemas urbanos. *Estudos Avançados*, 37(109), 303–326. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.018>

Kabir, T., Oyeyi, A. G., Al-Bayati, H., & Tighe, S. (2020). Performance evaluation of porous rubber pavement (PRP) in the Canadian climate. Transportation Association of Canada (TAC) Conference & Exhibition. https://www.researchgate.net/publication/345149933_Performance_evaluation_of_Porous_Rubber_Pavement_PRP_in_the_Canadian_climate

Kabisch, N., Korn, H., Stadler, J., & Bonn, A. (Eds.). (2017). *Nature-based solutions to climate change adaptation in urban areas: Linkages between science, policy and practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5>

Lahart, Ian et al. The effects of green exercise on physical and mental wellbeing: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 16, n. 8, p. 1352, 2019. <https://doi.org/10.3390/ijerph16081352>

Lee, J., & Anderson, C. (2013). The restoration of the Cheonggyecheon stream in Seoul. *Journal of Urban Technology*, 20(4), 3–22. <https://doi.org/10.1080/10630732.2013.855511>

Li, H., Yang, X., Yu, Y., Zhang, F., et al. (2026). Optimizing soil and water conservation at the sub-basin scale: A multi-objective approach balancing ecosystem services, costs, and erosion control. *International Soil and Water Conservation Research*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2026.100632>

Lima, S. M. S. A., Lopes, W. G. R., & Façanha, A. C. (2019). Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20190037. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180037>

Madureira, H., & Andresen, T. (2014). **Planning for multifunctional urban green infrastructures: Promises and challenges**. *Urban Design International*, 19(1), 38–49. <https://doi.org/10.1057/udi.2013.11>

Maropo, V. L. B., Moraes, E. E., Nunes, A. C., & Silveira, J. A. R. (2019). Planejamento urbano sustentável: um estudo para implantação de infraestrutura verde no Bairro Bancários, João Pessoa-PB, Brasil. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 11, e20180005. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.002.AO09>

Martín-López, B., Gómez-Baggethun, E., García-Llorente, M., & Montes, C. (2014). Trade-offs across value-domains in ecosystem services assessment. *Ecological Indicators*, 37, 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.003>

McClymont, K., Cunha, D. G. F., Maidment, C., Ashagre, B., Vasconcelos, A. F., de Macedo, M. B., dos Santos, M. F. N., Gomes Júnior, M. N., Mendiando, E. M., Barbassa, A. P., Rajendran, L., & Imani, M. (2020). Towards urban resilience through sustainable drainage systems: A multi-objective optimisation problem. *Journal of Environmental Management*, 275, 111173. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111173>

Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning*, 147, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>

Millennium Ecosystem Assessment (MEA). (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. E-book. Disponível em: <http://biblioteca.cehum.org/bitstream/123456789/143/1/Millennium%20Ecosystem%20Assessment.%20ECOSYSTEMS%20AND%20HUMAN%20WELL-BEING%20WETLANDS%20AND%20WATER%20Synthesi.pdf>

Michiels, H., Mayeres, I., Int Panis, L., De Nocker, L., Deutsch, F., & Lefebvre, W. (2012). PM_{2.5} and NO_x from traffic: Human health impacts, external costs and policy implications from the Belgian perspective. *Transport Policy*, 17(8), 569–577. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2012.07.001>

Nesshöver, C., Assmuth, T., Irvine, K. N., Rusch, G. M., Waylen, K. A., Delbaere, B., ... & Wittmer, H. (2017). The science, policy and practice of nature-based solutions: an

interdisciplinary perspective. *Science of the Total Environment*, 579, 1215–1227. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>

Neumann, V. A., & Hack, J. (2022). Revealing and assessing the costs and benefits of nature-based solutions within a real-world laboratory in Costa Rica. *Environmental Impact Assessment Review*, 93, 106737. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106737>

Nunes Candido, H. M., Endreny, T. A., & Alvim Carvalho, F. (2025). With Great Ecosystem Services Comes Great Responsibility: Benefits Provided by Urban Vegetation in Brazilian Cities. *Plants*, 14(3), 392. <https://doi.org/10.3390/plants14030392>

Orta-Ortiz, M. S., & Geneletti, D. (2023). Prioritizing urban nature-based solutions to support scaling-out strategies: A case study in Las Palmas de Gran Canaria. *Environmental Impact Assessment Review*, 102, 107158. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107158>

Papanicolaou, M., Katafygiotou, M., & Dimopoulos, T. (2025). *Improving urban accessibility and quality of life: A case study of a linear park neighborhood. Preprints*. <https://doi.org/10.20944/preprints202505.1538.v1>

Pinke, Z., Vári, Á., & Tormáné Kovács, E. (2022). Value transfer in economic valuation of ecosystem services – Some methodological challenges. *Ecosystem Services*, 56, 101443. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101443>

Pochodyła, E., Jaszczak, A., Illés, J., Kristianova, K., & Joklová, V. (2022). Analysis of green infrastructure and nature-based solutions in Warsaw: selected aspects for planning urban space. *Acta Horticulturae et Regiotecturae*, 25, 44–50. <https://doi.org/10.2478/ahr-2022-0008>

Porto, M. A., & Castro, M. A. F. de. (2018). Proposta de metodologia para desenvolvimento de brownfields revitalizados. Anais da 18ª Conferência Internacional da LARES, São Paulo, Brasil.

Potschin-Young, M., Haines-Young, R., Görg, C., Heink, U., Jax, K., & Schleyer, C. (2018). Understanding the role of conceptual frameworks: Reading the ecosystem service cascade. *Ecosystem Services*, 29, 428–440. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.05.015>

Rall, E. L., Hansen, R., & Pauleit, S. (2019). The added value of public participation GIS in urban green infrastructure planning. *Urban Forestry & Urban Greening*, 40, 264–274. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.06.016>

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Nita, M. R., ... & Calfapietra, C. (2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. *Environmental Science & Policy*, 77, 15–24. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>

Reis, L. N. G. dos, Moreno, F. da L., Alves, Érica M., Martins, M. T., Souza, J. dos R. de, Monteiro, M. C., & Porfírio, L. M. de O. (2025). Planejamento de parque linear suspenso em área úmida: estudo de caso em Itapuranga, Goiás. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES*, 18(10). <https://doi.org/10.55905/revconv.18n.10-153>

Remme, R. P., Meacham, M., Pellowe, K. E., Andersson, E., Guerry, A. D., Janke, B., Liu, L., Lonsdorf, E., Li, M., Mao, Y., Nootenboom, C., Wu, T., & van Oudenhoven, A. P. E. (2024). Aligning nature-based solutions with ecosystem services in the urban century. *Ecosystem Services*, 66, 101610. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2024.101610>

Ribeiro, Joyce Brito Santana; RAMOS , Kleber Anderson; MARTINS, Larissa Fernanda Vieira. Análise da contribuição dos parques lineares para a redução de inundações : estudo de caso no parque linear canivete na cidade de São Paulo - SP. Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes, [S. l.], v. 13, n. 41, 2025. <https://doi.org/10.17271/23178604134120255769>

Rigolo, F. N., & Okimoto, F. S. (2025). Infraestruturas verdes de drenagem e o projeto arquitetônico de parques lineares: Uma revisão. *Fórum Ambiental da Alta Paulista*, 21(1). <https://doi.org/10.17271/1980082721120255781>

Robinson, Alexander, e Myvonwynn Hopton. “Projeto de Restauração do Riacho Cheonggyecheon”. *Série Desempenho da Paisagem*. Fundação de Arquitetura Paisagística, 2011. <https://doi.org/10.31353/cs0140>

Rojas, C., Páez, A., Barbosa, O., & Carrasco, J. (2019). Accessibility to urban green spaces in Chilean cities using adaptive thresholds. *Journal of Transport Geography*, 75, 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.10.012>

Rolo, D. de O., Gallardo, A. L. C. F., Ribeiro, A. P., & Siqueira-Gay, J. (2021). Local society perception on ecosystem services as an adaptation strategy in urban stream recovery programs in the city of São Paulo, Brazil. *Environmental Management*, 69, 684–698. <https://doi.org/10.1007/s00267-021-01471-0>

Sánchez Gómez, I. (2017). *Greening cities: Assessing the implementation of nature-based solutions – A comparative case study between Malmö and Málaga* (Master’s thesis, Lund University). <https://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8927374>

São Paulo (Estado). (2014). Lei Complementar nº 1.241, de 8 de maio de 2014. Institui a Região Metropolitana de Sorocaba – RMS e dá outras providências. Diário Oficial do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei.complementar/2014/lei.complementar-1241-08.05.2014.html>

São Roque (Município). (2020). Lei Complementar nº 103, de 8 de junho de 2020. Institui o Plano Diretor Ambiental da Estância Turística de São Roque. Disponível em: <https://www.legislacaodigital.com.br/SaoRoque-SP/LeisComplementares/103>

Secretaria de Habitação do Estado de São Paulo. (s.d.). Bairro Paulista: Governo de São Paulo cria iniciativa para acelerar a transformação sustentável das cidades do estado. Governo do Estado de São Paulo. Disponível em: <https://www.habitacao.sp.gov.br/habitacao/noticias/bairro-paulista-governo-de-sao-paulo-cria-iniciativa-para-acelerar-a-transformacao-sustentavel-das-cidades-do-estado>

Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 375(1794), 20190120. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>

Shrestha, K., Shakya, B., Adhikari, B., Nepal, M., & Shaoliang, Y. (2023). Ecosystem services valuation for conservation and development decisions: A review of valuation studies and tools in the Far Eastern Himalaya. *Ecosystem Services*, 61, 101526. <https://doi.org/10.3390/su16124920>

Simões, G. S., Fiore, F. A., & Silva, L. C. (2022). Mapeamento dos serviços ecossistêmicos providos pela Área de Proteção Ambiental do Rio Paraíba do Sul. *Ambiente & Sociedade*, 25. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4422asoc20210188r2vu2022L2AO>

Stewart, I. D., & Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00019.1>

UN-Habitat. (2020). World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization. United Nations Human Settlements Programme.

UNFCCC. (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Disponível em <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1.

Valck, D., Jeremy & Beames, Alistair & Liekens, Inge & Bettens, Maarten & Seuntjens, Piet & Broekx, Steven, 2019. "Valuing urban ecosystem services in sustainable brownfield redevelopment," *Ecosystem Services*, Elsevier, vol. 35(C), pages 139-149. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2018.12.006>

VITÓRIA, Tayná de Oliveira; SANTOS, Rosângela Leal; CHAVES, Joselisa Maria. Parque Linear: instrumento urbanístico para promoção de sustentabilidade urbana. *Scientific Journal ANAP*, [S. l.], v. 3, n. 13, 2025. Disponível em: <https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/anap/article/view/5714>.

Wang, Y., Shi, X., Cheng, K., Zhang, J., & Chang, Q. (2022). How do urban park features affect cultural ecosystem services: Quantified evidence for design practices. *Urban Forestry & Urban Greening*, 76, 127713. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2022.127713>

Yang, S., Zhu, H., Tan, Q., Yang, X., Chen, Y., & Lei, L. (2024). Application of TOR as a secondary modifier for the preparation of crumb rubber modified asphalt with excellent storage stability. *Construction and Building Materials*, 428, 135863. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135863>

Yao, L., Chen, L., Wei, W., & Sun, R. (2015). Potential reduction in urban runoff by green spaces in Beijing: A scenario analysis. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(2), 300–308. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.02.014>

Zhao, L., Lee, X., Smith, R. B., & Oleson, K. (2014). Strong contributions of local background climate to urban heat islands. *Nature*, 511, 216–219. <https://doi.org/10.1038/nature13462>

Zhou, K., Zheng, X., Huang, S., Li, H., & Yin, H. (2025). Quantifying the combined and individual impacts of climate and human activity on the urban green space carbon sink capacity in Beijing. *Sustainable Cities and Society*, 122, 106253. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106253>