

Guia Metodológico para **Implantação de** **Infraestrutura Verde**

patrocínio

Fundação de Apoio
ao Instituto de
Pesquisas Tecnológicas **fipt**

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS


SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
ESTADO DE RESPEITO



Equipe Técnica

Organizadora

Maria Lucia Solera

Projeto gráfico

Marina de Almeida Nunes

Ano de publicação: 2020

Autores (em ordem alfabética)

Aline Ribeiro Machado
Ana Candida Melo Cavani
Caroline Almeida Souza
Maria Lucia Solera
Mariana Hortelani Carnesecca Longo
Giuliana Del Nero Velasco
Priscila Ikematsu
Raquel Dias Aguiar Moraes Amaral

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Guia metodológico para implantação de
infraestrutura verde [livro eletrônico] /
[organizadora Maria Lucia Solera]. -- São Paulo :
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de
São Paulo : Fundação de Apoio ao Instituto de
Pesquisas Tecnológicas - FIPT, 2020. --
(IPT Publicação ; 3035)
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-5702-002-9

1. Desenvolvimento urbano sustentável -
São Paulo (SP) 2. Ecologia urbana (Sociologia)
3. Infraestrutura (Economia) - Aspectos ambientais -
São Paulo (SP) I. Solera, Maria Lucia. II. Série.

20-38130

CDD-307.14

Índices para catálogo sistemático:

1. Infraestrutura verde : Ecologia urbana 307.14

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

patrocínio

Fundação de Apoio
ao Instituto de
Pesquisas Tecnológicas **fipt**

ipt
INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLOGICAS

SÃO PAULO
GOVERNO DO ESTADO
ESTADO DE RESPEITO

Agradecimentos

Aos pesquisadores Caio Pompeu Cavalhieri, Edna Baptista dos Santos Gubitoso, Luiz Gustavo Faccini e Paula Kaori Yamamura Ielo

Aos estagiários Keila Karoline Magalhães Marques e Gabriel Queiroz Souza

À auxiliar administrativa Stephanie Marinho Cordeiro

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT

À Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas - FIPT

Sumário

Apresentação	05
1. O que é Infraestrutura Verde?	08
Escala de aplicação: Regional	12
Escala de aplicação: Local	14
Escala de aplicação: Particular	20
2. Serviços ambientais aplicados à Infraestrutura Verde	22
3. Passo a passo	27
Fichas descritoras dos indicadores	33
Matriz de correlação entre infraestrutura verde e serviços ambientais	66
4. Considerações	75
Referências	77
Lista de Siglas	78

The background of the slide is a close-up photograph of Monstera leaves, characterized by their large, deeply lobed shape and prominent veins. The leaves are covered in numerous small, glistening water droplets, which catch the light and create a shimmering effect. The overall color palette is a rich, monochromatic teal or seafoam green, with darker shadows and lighter highlights on the leaves and droplets. A solid teal rectangular box is positioned in the upper left quadrant, serving as a backdrop for the title text.

Apresentação

Apresentação

Quais os problemas de uma cidade? Ilhas de calor, má drenagem, solo exposto, arborização urbana inadequada, impermeabilização do solo, baixa qualidade da água... Quais as necessidades do município para promover a qualidade de vida dos cidadãos e o melhor uso dos recursos naturais? Como responder a essas questões para auxiliar os gestores públicos a encontrar soluções para os problemas da sua cidade e, ao mesmo tempo, fornecer melhor qualidade de vida a sua população?

É fato que a população urbana tem crescido significativamente e, conseqüentemente, as cidades enfrentarão inúmeros desafios para atender às necessidades de seus habitantes. É de suma importância que as cidades sejam planejadas, integrando seus diversos elementos naturais e construídos. Sempre visando a melhor qualidade de vida dos cidadãos e o melhor uso dos recursos naturais, a gestão de um município exige, obrigatoriamente, pensar em sustentabilidade, redução e aproveitamento de resíduos e, principalmente, em equilíbrio entre elementos antrópicos e naturais. As áreas verdes e permeáveis devem ser inseridas no contexto urbano, possibilitando a existência de uma cidade com maior qualidade de vida.

A conservação e restauração da paisagem natural, como florestas, banhados e áreas de inundação, são componentes essenciais da chamada infraestrutura verde. Quando estas áreas sensíveis são protegidas ou implantadas, ocorre uma melhoria na qualidade da água e nas condições do habitat da vida silvestre, além da geração de oportunidades de recreação, proporcionando aumento da qualidade de vida dos

Quais as necessidades do município para promover a qualidade de vida dos cidadãos?

cidadãos – os chamados serviços ambientais. Assim, a infraestrutura verde pode ser uma alternativa para mitigar a degradação da paisagem urbana, além de proporcionar serviços ambientais essenciais para a sustentabilidade das cidades.

Por reconhecer a importância desse tema, este guia apresenta uma metodologia para auxiliar os gestores públicos a identificar e priorizar áreas para a implantação da infraestrutura verde, principalmente no âmbito municipal, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida nas cidades e colaborar com programas de políticas públicas voltados ao desenvolvimento sustentável.



Apresentação

A base da metodologia desenvolvida foi identificar as funções ambientais relacionadas às tipologias de infraestrutura verde e seus respectivos indicadores, utilizando como área piloto de aplicação os distritos da subprefeitura do Butantã, no município de São Paulo. O resultado da aplicação da metodologia nessa área foi a indicação das tipologias multifuncionais da infraestrutura verde possíveis de serem implantadas nas áreas prioritárias identificadas.

Cada município, ou área de aplicação, poderá usufruir do guia para conhecer as situações ambientais de sua região por meio de indicadores, definir áreas prioritárias para ampliação do provimento de serviços ambientais e, finalmente, selecionar as tipologias de infraestrutura verde apropriadas à sua realidade.

Espera-se que, com este guia, os gestores públicos sejam capazes de identificar e priorizar as áreas com os maiores déficits de funções ambientais em seu município e de escolher diferentes tipologias de infraestrutura verde para implantação, especialmente na área urbana, ampliando a provisão de serviços ambientais para os cidadãos.

Este guia está estruturado em capítulos que abordam questões conceituais sobre infraestrutura verde e serviços ambientais (Capítulos 1 e 2), seguidos por capítulo que descreve o passo a passo da aplicação da metodologia (Capítulo 3) e pelo capítulo de fechamento, que aponta as limitações da aplicação da metodologia e indica recomendações para superá-las (Capítulo 4).

Este guia é resultado do Projeto de Capacitação “Desenvolvimento de soluções tecnológicas para infraestrutura verde”, executado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), por meio do financiamento da Fundação de Apoio ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas (FIPT) - Edital de 2017 – Projeto Multidisciplinar – Modalidade de Projetos de PD&I.

Bom trabalho!

The background of the entire page is a dense, repeating pattern of teal-colored fern fronds. The fronds are arranged in a slightly overlapping, diagonal pattern, creating a textured and organic feel. The color is a vibrant, slightly dark teal.

1.

O que é Infraestrutura Verde

1.

O que é Infraestrutura Verde?

Por que a infraestrutura verde é importante para o planejamento municipal?

A infraestrutura verde mantém os processos ecológicos naturais, assegura a qualidade do ar e dos recursos hídricos e contribui com a saúde e a qualidade de vida das comunidades (FIREHOCK, 2010). Busca imitar a natureza por meio da adoção de uma engenharia suave, trabalhando com a paisagem e se aproveitando dela para dar soluções multifuncionais e sustentáveis de longo prazo (BRANDÃO, CRESPO, 2016).

A infraestrutura verde adota o princípio da multifuncionalidade, como a capacidade de responder, de forma simultânea, às múltiplas funções e benefícios atribuídos aos espaços verdes, atuando em diferentes escalas, a depender da sua aplicação:

- **escala de paisagem:** prioriza a conexão da vida silvestre, e necessariamente, maximiza a cobertura florestal no local.
- **escala local:** abrange, primeiramente, a cobertura das copas das árvores, as condições de sanidade da arborização urbana, florestas ripárias, conexão entre os parques da cidade, estradas verdes, jardins comunitários, pavimentos permeáveis e as outras práticas de infiltração da água de chuva.
- **escala particular:** limita-se às áreas com necessidade de instalação de jardins verticais, telhados verdes e jardins particulares.

A infraestrutura verde abrange soluções diversas em diferentes escalas de aplicação e tem capacidade de promover espaços verdes multifuncionais e se integrar



com a infraestrutura cinza, que são intervenções com base na engenharia convencional. Dessa forma, tem a capacidade de agregar múltiplos serviços ambientais à infraestrutura cinza.

Quanto aos aspectos multifuncionais e multiescala da infraestrutura verde, estes se destinam a fortalecer as conexões entre diferentes tipos de espaços verdes e com a infraestrutura cinza.

A infraestrutura verde pode auxiliar na promoção das cidades compactas, propiciando melhor qualidade de vida, enquanto que sua redução, como efeito da ocupação urbana, leva a perda dos serviços ambientais existentes na cidade (ARTMANN; BASTIAN; GRUNEWALD, 2017).

O planejamento e implantação de infraestrutu-

ra verde, como componente de um ambiente sustentável, é intrinsecamente interdisciplinar (AHERN, 2009). Isso ocorre porque a maioria das tipologias de infraestrutura verde apresenta soluções para a prevenção e a recuperação de processos da degradação urbana, resultando na provisão de diversos serviços ambientais.

A abordagem do uso de infraestrutura verde no planejamento e ordenamento urbano é tendência mundial, dado que sua implantação pode colaborar com o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável indicados pela Organização das Nações Unidas (**BOX 1.1**). Já na esfera das políticas públicas locais, essa abordagem pode auxiliar no avanço dos resultados de programas de gestão, como o Programa Município Verde Azul do Estado de São Paulo (**BOX 1.2**).

1.1: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) foram estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) para compor uma nova agenda de desenvolvimento sustentável, substituindo os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. O compromisso foi estabelecido em setembro de 2015, quando 193 Estados-membros da ONU adotaram os ODS com o compromisso de erradicar a pobreza, a desigualdade, a injustiça e combater as mudanças climáticas

(ONU BRASIL, 2018).

Os 17 ODS, com suas 169 metas a serem alcançadas até 2030, formam uma agenda para o equilíbrio da prosperidade humana com a proteção do planeta. Além das questões econômicas, os ODS consideram as questões humanas e ambientais, visando atender às necessidades das gerações atuais e futuras. Mais detalhes no site da ONU <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>



1.2: Programa Município Verde Azul (PMVA)

O Programa Município Verde Azul (PMVA), do Governo do Estado de São Paulo, que tem como finalidade medir e apoiar a eficiência da gestão ambiental com a descentralização e valorização da agenda ambiental nos municípios, apresenta dez diretrizes norteadoras da agenda ambiental local que inclui temas estratégicos. O objetivo principal desse programa é incentivar e contribuir

com as prefeituras paulistas na elaboração e execução de suas políticas públicas estratégicas voltadas ao desenvolvimento sustentável do estado de São Paulo. Maiores informações sobre o PMVA e suas diretrizes podem ser consultadas no site do Programa: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/verdeazuldigital/>

1.1 Tipologias multifuncionais

Para auxiliar os gestores públicos a desenhar a rede de infraestrutura verde compatível à sua realidade, apresentam-se, neste guia, as diferentes tipologias multifuncionais de infraestrutura verde. Essas tipologias estão classificadas por escala de aplicação, contendo breve descrição, campo de aplicação, vantagens e limitações, visando auxiliar o gestor público na composição da infraestrutura verde mais adequada à realidade de seu município.



Áreas Verdes Urbanas



Foto: Parque da Cidade (Jundiaí - SP). IPT (2019)

Descrição

conjunto de áreas intraurbanas com cobertura vegetal arbórea nativa e introduzida, arbustiva ou rasteira contribuindo para a qualidade de vida e equilíbrio ambiental nas cidades

Limitações

não identificada

Aplicação

áreas públicas não edificadas

Vantagens

- melhoria do microclima e da qualidade do ar
- proteção do solo e corpos d'água
- atenuação do desequilíbrio climático
- refúgio para a vida silvestre
- qualidade de vida
- equilíbrio ambiental

Espaços Naturais Protegidos



Foto: Parque Natural Municipal Morro do Ouro (Apiaí, SP). IPT (2018)

Descrição

são Unidades de Conservação (UC) que asseguram a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente

Limitações

- restrição da expansão urbana

Aplicação

áreas públicas não edificadas

Vantagens

- proteção dos ecossistemas e biodiversidade
- regulação do microclima
- qualidade de vida
- equilíbrio ambiental
- turismo sustentável
- proteção de belezas naturais
- educação ambiental

Cinturão Verde (*greenbelt*)



Foto: Limeira, SP. IPT (2016)

Descrição

espaços territorialmente demarcados com a função de conservar e/ou preservar os recursos naturais e/ou culturais a eles associados, utilizados como estrutura para o desenvolvimento e preservação de ecossistemas naturais

Limitações

compatibilizar a manutenção do habitat com a agricultura

Aplicação

nas cidades

Vantagens

- melhoria da qualidade do ar
- qualidade de vida
- manutenção do microclima da região e da diversidade genética
- educação ambiental

Corredores Verdes Urbanos



Foto: Mairiporã, SP. IPT (2019)

Descrição

espaços livres lineares servindo como conexão entre fragmentos e que integram equipamentos e outras áreas com funções importantes para a cidade

Limitações

- restrição da expansão urbana

Aplicação

espaços livres para recreação

Vantagens

- conexão de fragmentos de vegetação
- melhoria do microclima
- manutenção da biodiversidade
- proteção dos cursos d'água

Ruas Verdes / Caminhos Verdes



Foto: Araraquara, SP.
Luccas Longo (2019)

Descrição

são ruas arborizadas que integram o manejo das águas pluviais compostas por canteiros pluviais; circulação viária mais restrita; preferência para pedestres e ciclistas e sem circulação de veículos pesados

Limitações

necessidade de calçada com espaço adequado para plantio de árvores

Aplicação

nas ruas das cidades

Vantagens

- conexão para avifauna e microfauna
- amenização do clima
- limitação do tráfego de veículos pesados
- redução da carga difusa

Vias de Uso Múltiplo / Ruas Completas



Foto: Santos, SP. IPT (2019)

Descrição

são vias que conciliam a arborização urbana com diversos usos: veículos, pedestres, ciclovias; paradas de ônibus; mobiliário urbano; bancos, áreas com mesas de bares e restaurantes, bancas de jornal e telefones públicos

Limitações

não identificada

Aplicação

nas vias das cidades

Vantagens

- conciliação de diversos usos como veículos, pedestres e ciclovias seguras

Agricultura Urbana / Hortas Comunitárias



Foto: São Paulo (SP).
Luiz Campanha (2019)

Descrição

são hortas comunitárias ou particulares onde se realizam cultivos, idealmente sem agrotóxicos, em espaços residuais, áreas não ocupadas, fachadas e tetos verdes podendo ser de diferentes tamanhos

Limitações

não identificada

Aplicação

- espaços residuais
- áreas não ocupadas
- fachadas

Vantagens

- socialização, educação e geração de renda monetária e não monetária

Lagoa Pluvial /Bacia de Retenção



Foto: Seattle, Washington.
Paulo R. M. Pellegrino e Nathaniel S. Cormier (2008)

Descrição

são lagoas que funcionam como bacias de retenção recebendo o escoamento superficial de outros sistemas, onde a água pluvial permanece retida na estrutura, como se fosse um alagado construído, porém não destinado a receber efluentes

Limitações

necessidade de grandes áreas

Aplicação

grandes áreas abertas

Vantagens

- armazenamento de grandes quantidades de água
- recuperação da qualidade da água
- cooperação com o habitat

Alagado Construído / Wetland



Foto: Parque Natural Municipal Fazenda do Carmo (São Paulo, SP). IPT (2019)

Descrição

superfície vegetada coberta por água formada por zona de entrada: bacia de sedimentação para remover sedimentos grossos e médios; zona macrófita: área rasa com vegetação para remover partículas finas e poluentes solúveis; e canal de "bypass": alto fluxo para proteger a zona de macrófitas

Aplicação

ambientes urbanos

Vantagens

- purificação das águas pluviais
- promoção da retenção/remoção de contaminantes

Limitações

não identificada

Lagoa Seca



Foto: Osasco (SP). IPT (2019)

Descrição

depressão vegetada que recebe as águas das chuvas contribuindo para diminuir o escoamento superficial, retardando a entrada das águas no sistema de drenagem e possibilitando a infiltração com a recarga de aquíferos

Limitações

não identificada

Aplicação

- vias urbanas
- rios
- parques lineares
- jardins públicos e privados

Vantagens

- redução do escoamento superficial
- quando seca, possibilita o uso para recreação

Canteiro Pluvial



Foto: Portland, Oregon.
Paulo R. M. Pellegrino e
Nathaniel S. Cormier (2008)

Descrição

são jardins de chuva compactados para pequenos espaços auxiliando no processo de evaporação, evapotranspiração e infiltração

Limitações

- risco de contaminar o solo
- risco de contaminar o lençol freático

Aplicação

- vias urbanas próximas ao meio fio
- edifícios

Vantagens

- purificação das águas pluviais
- redução do escoamento superficial e de ilhas de calor
- promoção da biodiversidade
- captura de CO₂

Jardim de Chuva



Foto: São Paulo (SP).
IPT (2019)

Descrição

são depressões topográficas existentes ou reafeiçoadas para receberem o escoamento da água pluvial proveniente de telhados e demais áreas impermeáveis limítrofes

Limitações

- necessidade de grandes espaços para implantação

Aplicação

- áreas residenciais
- vias urbanas próximas ao meio fio
- hortas

Vantagens

- purificação das águas pluviais
- manutenção da biodiversidade
- redução de ilhas de calor
- captura de CO₂
- redução do escoamento superficial

Biovaleta



Foto: Seattle, Washington.
Paulo R. M. Pellegrino e
Nathaniel S. Cormier (2008)

Descrição

são depressões lineares preenchidas com vegetação, solo e elementos filtrantes para promover a filtração de poluentes e a infiltração da água, podendo ou não direcionar a água para um outro sistema como o jardim de chuva

Limitações

não recomendada para áreas densamente urbanizadas

Aplicação

- vias urbanas próximas ao meio fio
- estacionamentos

Vantagens

- redução do escoamento superficial
- reposição do lençol freático
- elemento estético

Bioengenharia de Solos



Foto: Faxinal do Soturno (RS).
Fabrício J. Sutili (2005)

Descrição

tecnologia utilizada para estabilizar e/ou recompor ambientes em diferentes contextos de degradação – encostas e ambientes fluviais, combinando vegetação com materiais inertes, com ganhos ecológicos, estéticos e econômicos

Limitações

- necessidade de obra especializada
- limitação no período de dormência das sementes
- disponibilidade de espécies adaptadas às condições locais

Aplicação

taludes, encostas e ambientes fluviais degradados

Vantagens

- aumento da estabilidade de encosta
- melhoria do regime hídrico do solo
- criação e provisão de habitats

Pavimento Permeável



Foto: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (São Paulo, SP). IPT (2019)

Descrição

são pavimentos que permitem a infiltração da água das chuvas por não possuírem agregados miúdos em sua composição

Limitações

risco de contaminar o lençol freático

Aplicação

- calçadas
- estacionamentos
- quintais residenciais
- espaços públicos de lazer

Vantagens

- redução do escoamento superficial
- recarga do lençol freático
- filtragem de alguns poluentes
- redução de acúmulo de água da chuva

Interseção Viária



Foto: São Paulo (SP). IPT (2019)

Descrição

são ilhas de distribuição de trânsito viário com áreas vegetadas em seu interior

Limitações

não identificada

Aplicação

vias urbanas

Vantagens

- organização viária
- coleta de água das chuvas
- aumento da biodiversidade
- criação e provisão de habitats
- amenização do microclima
- melhoria do visual estético

Jardim Vertical



Foto: São Paulo (SP).
IPT (2019)

Descrição

são todas as formas de crescimento e desenvolvimento da vegetação em uma superfície vertical, podendo ser plantada diretamente no solo, em jardineiras ou em outras estruturas de suporte

Limitações

se mal empregada, pode gerar infiltrações e acúmulo de água

Aplicação

qualquer superfície delimitada verticalmente

Vantagens

melhoria do conforto térmico

Telhado Verde



Foto: Unidade de Conservação
Legado das Águas (Miracatu,
SP). IPT (2018)

Descrição

estrutura que pode substituir a área natural de infiltração das águas alterada pela edificação, podendo ser extensivas ou leves (plantas de pequeno porte - solo raso) e sistemas intensivos (plantas de grande porte - solo profundo)

Limitações

• ocorrência de infiltração e umidade na edificação

Aplicação

• recobrimento da cobertura de edificações

Vantagens

- detenção e retardamento da entrada das águas no sistema de drenagem
- redução da temperatura interna das edificações
- criação e provisão de habitats

Cisterna

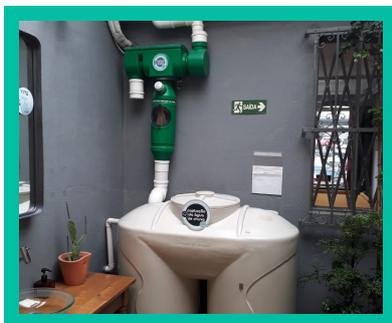


Foto: São Paulo (SP).
IPT (2019)

Descrição

estrutura utilizada para coletar a água das chuvas para reuso como o consumo humano ou animal, irrigação de culturas, limpeza ou fins sanitários

Limitações

necessidade de espaço

Aplicação

aumentar a eficiência do uso das águas das chuvas

Vantagens

redução do escoamento superficial

Espaços Verdes Particulares (jardins)



Foto: Vinhedo (SP).
Leo Longo (2019)

Descrição

são áreas verdes permeáveis inseridas em propriedades particulares (residências, clubes de lazer, escolas, áreas de lazer de condomínios, comércio), como quintais, jardins e pomares, onde o acesso para qualquer cidadão, nem sempre é permitido

Limitações

não identificada

Aplicação

- casas e condomínios residenciais
- condomínios comerciais

Vantagens

- beleza cênica
- sensação de bem estar
- contemplação
- recreação
- redução do escoamento superficial

The background of the entire page is a close-up photograph of Monstera leaves, which are large and have characteristic holes. The leaves are covered in small, glistening water droplets, giving them a fresh and vibrant appearance. The overall color palette is a rich teal or emerald green, which is consistent with the 'Verde' (Green) theme mentioned in the text. A semi-transparent teal rectangular box is positioned in the upper left quadrant, containing the main title and a large number '2.'.

2.

Serviços ambientais aplicados à Infraestrutura Verde

2.

Serviços ambientais aplicados à Infraestrutura Verde



Figura 2.1 – Categorias de serviços ambientais (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

Os serviços ambientais são todas as atividades humanas que favorecem a conservação ou a melhoria dos ecossistemas e, como consequência, contribuem com a manutenção dos serviços ecossistêmicos fornecidos (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2019). Os espaços verdes das cidades, como parques urbanos, praças e ruas arborizadas, são exemplos de infraestrutura verde que fornecem serviços ambientais no ambiente urbano, relacionados ao bem estar da população, ao equilíbrio ambiental, à proteção dos recursos hídricos e do solo e à conservação da biodiversidade (**BOX 2.1**). A Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003) classifica os serviços ecossistêmicos em quatro categorias: provisão, regulação, culturais e de suporte (**Figura 2.1**).

É importante ressaltar que existem duas terminologias mais comumente usadas para se referir aos benefícios gerados pela natureza para a qualidade de vida: serviços ambientais e serviços ecossistêmicos (**BOX 2.2**). Neste guia adotou-se a terminologia serviços ambientais por se basear na intervenção humana sobre o ambiente urbano e por ser um termo amplamente difundido no Brasil, especialmente devido aos diversos programas de pagamento por serviços ambientais (PSA) em implantação no país. >

2.1 - Serviços ambientais associados à infraestrutura verde por categoria (MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT, 2003).

Categoria de Serviço Ambiental	Serviços Ambientais Associados à Infraestrutura Verde	Função Ambiental Relacionada
<p>Provisão: relacionados com a capacidade dos ecossistemas em prover bens: alimento (frutos, raízes, pescado, caça, mel); matéria-prima para a geração de energia (lenha, carvão, resíduos, óleos); fibras (madeiras, cordas, têxteis); fitofármacos; recursos genéticos e bioquímicos; plantas ornamentais e água.</p>	<p>Provisão de: alimentos, água, recursos medicinais e matéria-prima</p>	<p>Bem estar das Populações Humanas</p>
<p>Reguladores: benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana, como: purificação do ar, regulação do clima, purificação e regulação dos ciclos das águas, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças.</p>	<p>Manejo da água de chuva, Aumento da drenagem natural, Diminuição da sobrecarga do sistema de drenagens convencionais, Redução do escoamento superficial, Mitigação dos eventos hídricos extremos, Controle da poluição difusa, Aumento da área filtrante, Diminuição da perda de solo, Descompactação do solo, Manutenção da fertilidade do solo, Manutenção da umidade do ar, Redução do efeito das ilhas de calor, Melhoria da qualidade do ar, Captura de CO₂, Diminuição do gradiente térmico, Controle biológico, Polinização, Redução de ruído, Quebra-vento</p>	<p>Proteção dos Recursos Hídricos e do Solo, Equilíbrio Ambiental, Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora e Bem estar das Populações Humanas</p>

Categoria de Serviço Ambiental	Serviços Ambientais Associados à Infraestrutura Verde	Função Ambiental Relacionada
<p>Culturais: relacionados com a importância dos ecossistemas em oferecer benefícios recreacionais, educacionais, estéticos e espirituais.</p>	<p>Recreação, Saúde física e mental, Turismo, Experiência natural, Convívio social e cultural, Valorizar os imóveis, Diminuir a vulnerabilidade social, Identidade, Melhoria estética das cidades (beleza cênica) e Manutenção de habitat</p>	<p>Bem estar das Populações Humanas</p>
<p>Suporte: processos naturais necessários para que os outros serviços existam, como a ciclagem de nutrientes, a produção primária, a formação de solos, a polinização e a dispersão de sementes.</p>	<p>Manutenção da diversidade genética</p>	<p>Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora</p>

2.2: *Serviços ecossistêmicos e serviços ambientais*

Serviços ecossistêmicos são os bens e benefícios que os ecossistemas fornecem às pessoas e as contribuições (diretas e indiretas) dos ecossistemas para o bem-estar humano. Já os serviços ambientais são os benefícios à qualidade de vida, provenientes de

intervenções humanas. Portanto, tipologias de infraestrutura verde fornecem serviços ambientais, já que representam benefícios advindos dos ecossistemas manejados pelo homem.

O planejamento da implantação de uma combinação de tipologias de infraestrutura verde pode proporcionar múltiplas funções ecológicas, sociais e econômicas, melhorando a qualidade de vida no ambiente urbano, por meio da provisão de serviços ambientais de diferentes categorias. Diferentes tipologias de infraestrutura verde apresentam potencial de fornecimento de serviços ambientais, que dependem de sua natureza e escala de aplicação.

The background of the entire page is a dense, repeating pattern of teal-colored fern fronds. The fronds are arranged in a way that creates a sense of depth and texture, with some appearing more prominent than others. The color is a vibrant, slightly dark teal.

3.

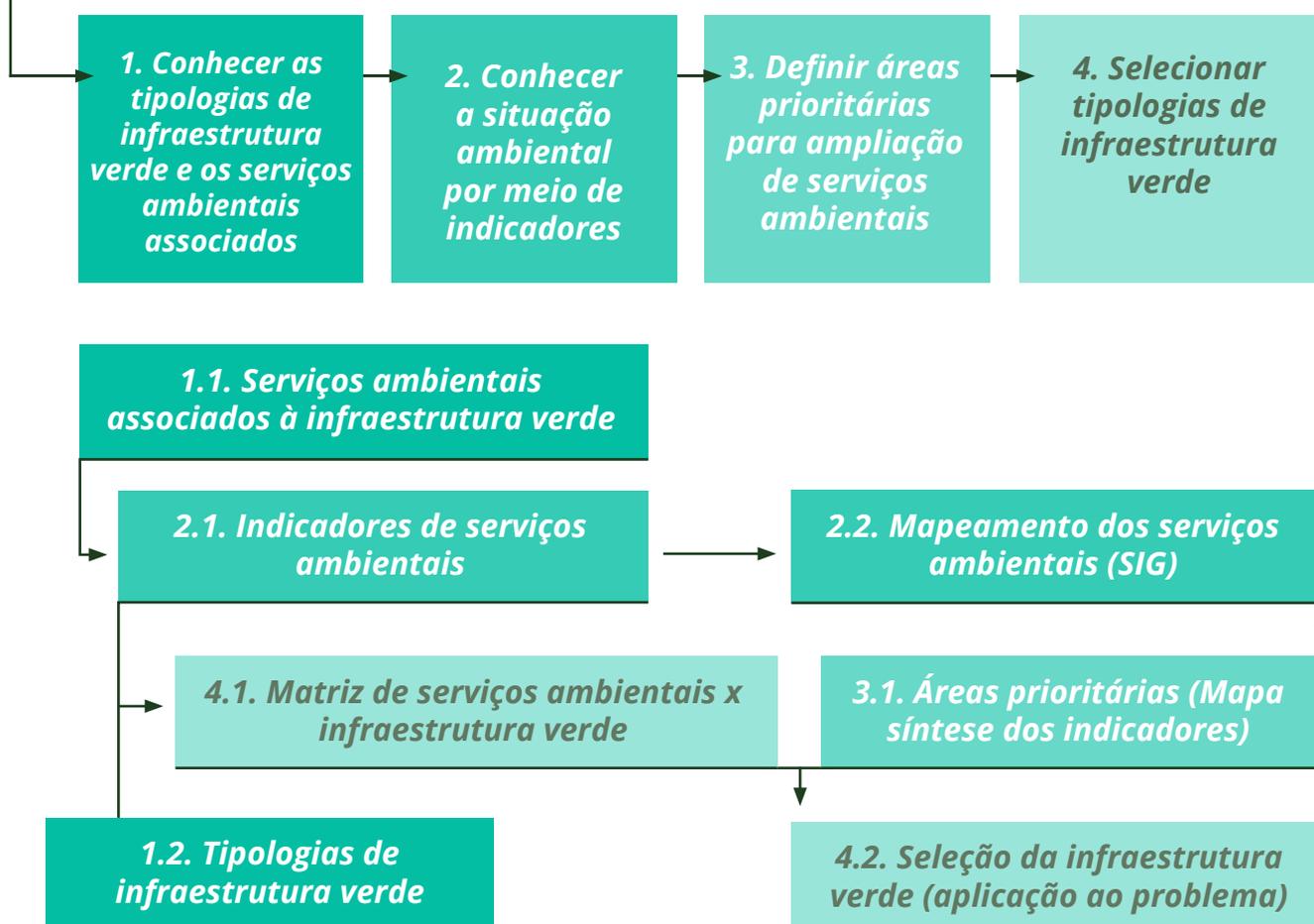
Passo a Passo

3.

Passo a Passo

Este guia sugere quatro passos principais para a escolha da melhor rede de infraestrutura verde para atender às necessidades de um município: 1) Conhecer as tipologias de infraestrutura verde e os serviços ambientais associados; 2) Conhecer a situação ambiental atual por meio de indicadores; 3) Definir as áreas prioritárias para ampliação do provimento de serviços ambientais por meio da implantação de infraestrutura verde; e 4) Selecionar as tipologias de infraestrutura verde apropriadas à realidade do município (**Figura 3.1**).

Figura 3.1: Passos para a seleção das tipologias de infraestrutura verde apropriadas à realidade do município.

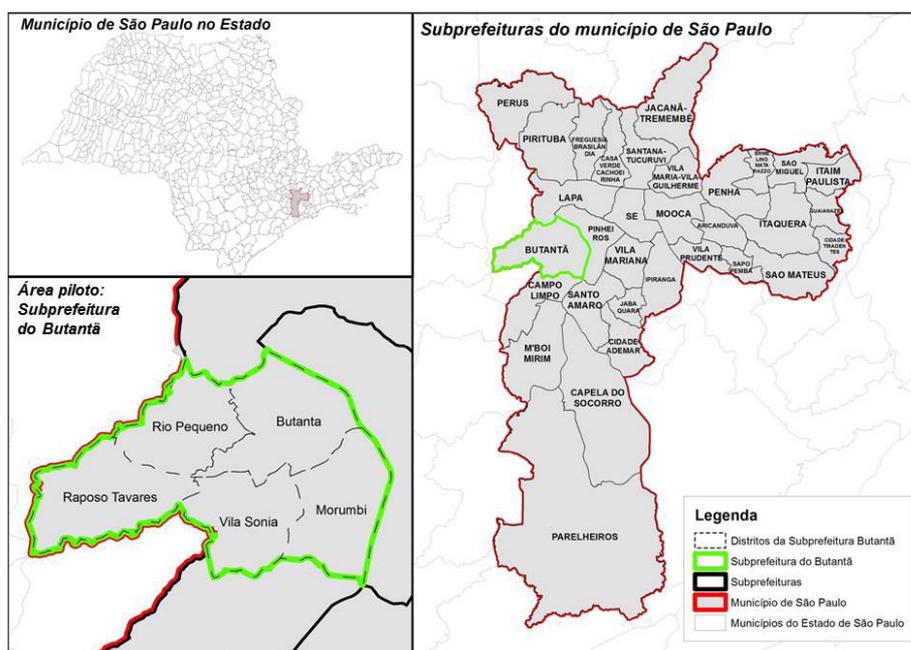


Para ilustrar o método proposto e permitir que ele seja replicado com sucesso em outros contextos, este guia traz uma experiência real de mapeamento das áreas prioritárias para ampliação do provimento de serviços ambientais, por meio da implantação de infraestrutura verde na Subprefeitura do Butantã, localizada no município de São Paulo-SP (**BOX 3.1**).

3.1: Área piloto

A Subprefeitura do Butantã é uma das 32 subprefeituras do município de São Paulo. Está composta por cinco distritos: Butantã, Morumbi, Vila Sônia, Raposo Tavares e Rio Pequeno, ocupando 56,4 km², o que corresponde a 3,7% da área do município. Caracteriza-se pelo uso predominantemente residencial, horizontal, de médio e alto padrão, principalmente nos Distritos de Morumbi, Butantã e Vila Sônia. O uso para comércio e serviços e a população de baixa renda se concentram nos Distritos Raposo

Tavares e Rio Pequeno. Existem importantes equipamentos públicos, institucionais e sociais, como a Universidade de São Paulo, o Instituto Butantan, o Palácio dos Bandeirantes e o Jôquei Clube. Abriga áreas verdes, parques municipais como os Parques da Previdência; Luís Carlos Prestes; Alfredo Volpi e Raposo Tavares, e um número significativo de praças públicas. Essa diversidade de usos justificou sua utilização como piloto para o projeto.



Subprefeitura do Butantã e seus Distritos (Área piloto).

3.1 Conhecer as tipologias de infraestrutura verde e os serviços ambientais associados

Nos capítulos anteriores, apresentamos as diferentes tipologias de infraestrutura verde (**Capítulo 1**), bem como os serviços ambientais que podem ser mantidos ou melhorados a partir da implantação dessas técnicas (**Capítulo 2**). A abordagem descrita neste guia parte desse levantamento, que permite aos gestores conhecerem as tipologias existentes e os serviços ambientais associados à infraestrutura verde. No entanto, outras tipologias, bem como outros serviços ambientais, podem ser adicionados ao método proposto nesse guia.

3.2 Conhecer a situação ambiental por meio de indicadores

Planejar uma rede de infraestrutura verde significa compreender determinada paisagem e definir quais são os espaços a serem preservados ou recuperados e de que forma eles serão incorporados à cidade. Uma das maneiras possíveis para fazer esse planejamento é a utilização de indicadores ambientais que representem a realidade atual e reflitam as potencialidades, fragilidades, acertos e conflitos a serem enfrentados pelos gestores.

Desse modo, essa etapa consiste na leitura do território por meio de indicadores que possam ser quantificados, analisados quanto à sua importância e associados ao conjunto de dados do município. Este guia recomenda a análise de 13 indicadores, os quais representam nove serviços ambientais e quatro funções ambientais (**Figura 3.2**). Tais indicadores foram propostos de forma a retratar as áreas prioritárias para a ampliação do provimento de serviços ambientais por meio da aplicação da infraestrutura verde no meio urbano.

O mapeamento dos indicadores ambientais no território é fundamental para fornecer subsídios ao planejamento e tomada de decisão. Os mapas auxiliam na avaliação e na visualização de áreas prioritárias para a implantação da infraestrutura verde visando à manutenção, recuperação ou ampliação dos serviços ambientais mais importantes no contexto municipal.

Para o mapeamento, devem-se reunir informações cartográficas da melhor qualidade possível, considerando os dados disponíveis em bases existentes. A descrição do processamento adotado para o cálculo de cada indicador está sistematizada nas fichas descritoras dos indicadores, a seguir apresentadas. Além da forma de obtenção dos dados e do cálculo do indicador, as fichas mostram a relação com os ODS, com vistas a incentivar e contribuir com as prefeituras na elaboração e execução de suas políticas públicas.

Figura 3.2: Funções, serviços e indicadores ambientais relacionados à infraestrutura verde.



F3 - Função Ambiental
Bem estar das populações humanas

S7 - Serviço Ambiental associado à infraestrutura verde
Diminuição da vulnerabilidade social - Cultural

I7 - Indicador Ambiental

I7 - Índice de Vulnerabilidade social

F4 - Função Ambiental
Equilíbrio ambiental

S8 - Serviço Ambiental associado à infraestrutura verde
Redução do efeito de ilhas de calor - Regulação

I8 - Indicador Ambiental

I8 - Temperatura de superfície

F4 - Função Ambiental
Equilíbrio ambiental

S9 - Serviço Ambiental associado à infraestrutura verde
Melhoria da qualidade do ar - Regulação

I9 - Indicador Ambiental

I9 - Arborização em vias movimentadas

As fichas descritoras dos indicadores apresentam dois mapas elaborados para a área piloto: um representando o cálculo do indicador bruto e outro indicando o resultado classificado em intervalos qualitativos conforme potencial para a implantação de infraestrutura verde. A quantidade de classes deve refletir os dados analisados e o objetivo de quem elabora o mapa. Se o número de intervalos ou classes for muito pequeno, pode impedir o leitor de perceber a complexidade da distribuição do dado. Por outro lado, se o número for muito grande, pode introduzir classificações sem significado prático.

Desse modo, todos os indicadores tiveram seus resultados classificados em três intervalos qualitativos: baixa, média e alta prioridade para a implantação de infraestrutura verde. O critério de priorização adotado para cada indicador está apresentado nas fichas descritoras dos indicadores.



ATENÇÃO: A forma de cálculo do indicador pode ser adaptada para diferentes situações, dependendo dos objetivos traçados, das informações disponíveis e da realidade na qual se está trabalhando. Um exemplo é espacializar a informação por meio de mapeamentos participativos, de forma a incorporar os aspectos trazidos pela comunidade ou pelos próprios técnicos da Prefeitura.

Fichas Descritoras dos Indicadores Ambientais

Nascentes Impermeabilizadas

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 01 - I1

Serviço ambiental: Manutenção da Vazão Hídrica

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

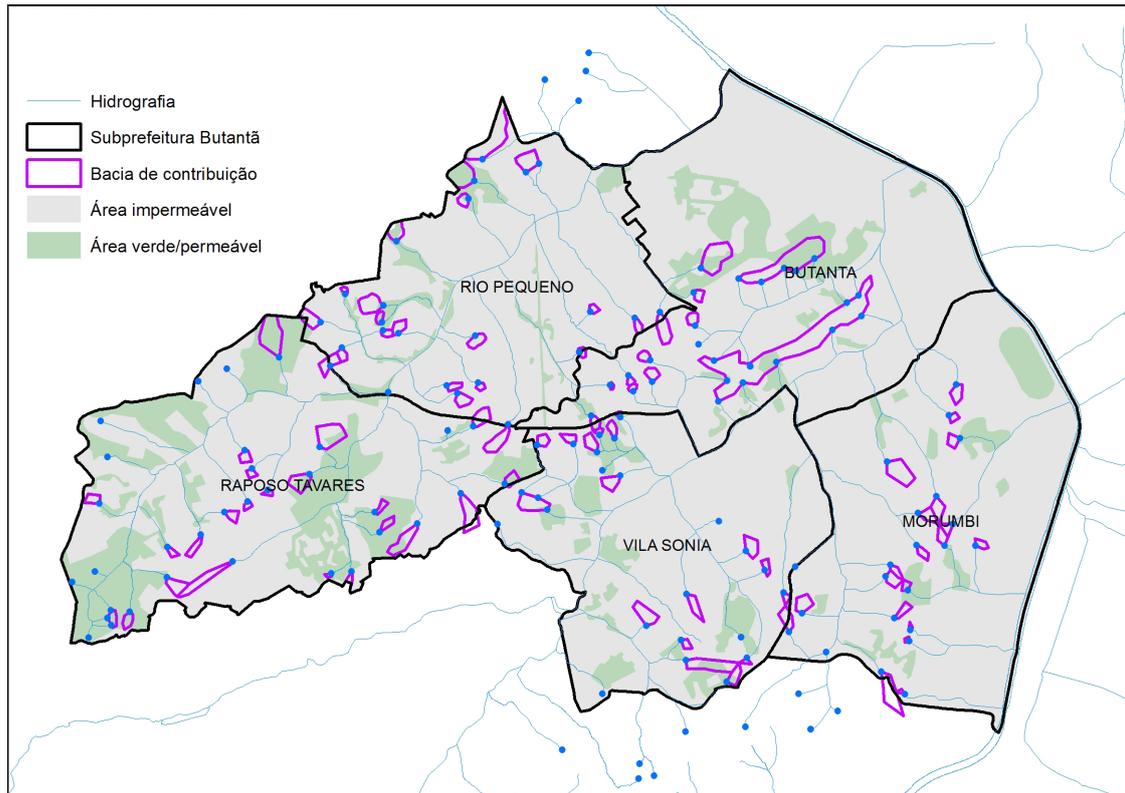
A impermeabilização do solo nas áreas de cabeceiras de drenagens alteram a condição e o volume do escoamento de água superficial e o fluxo de água subterrânea, interferindo na vazão das nascentes e na produção de água na área de estudo. Assim, quanto maior a porcentagem de área impermeável em relação à área da bacia de contribuição de cada nascente, maior é a prioridade para a instalação de infraestrutura verde.

Metodologia de Obtenção dos Dados

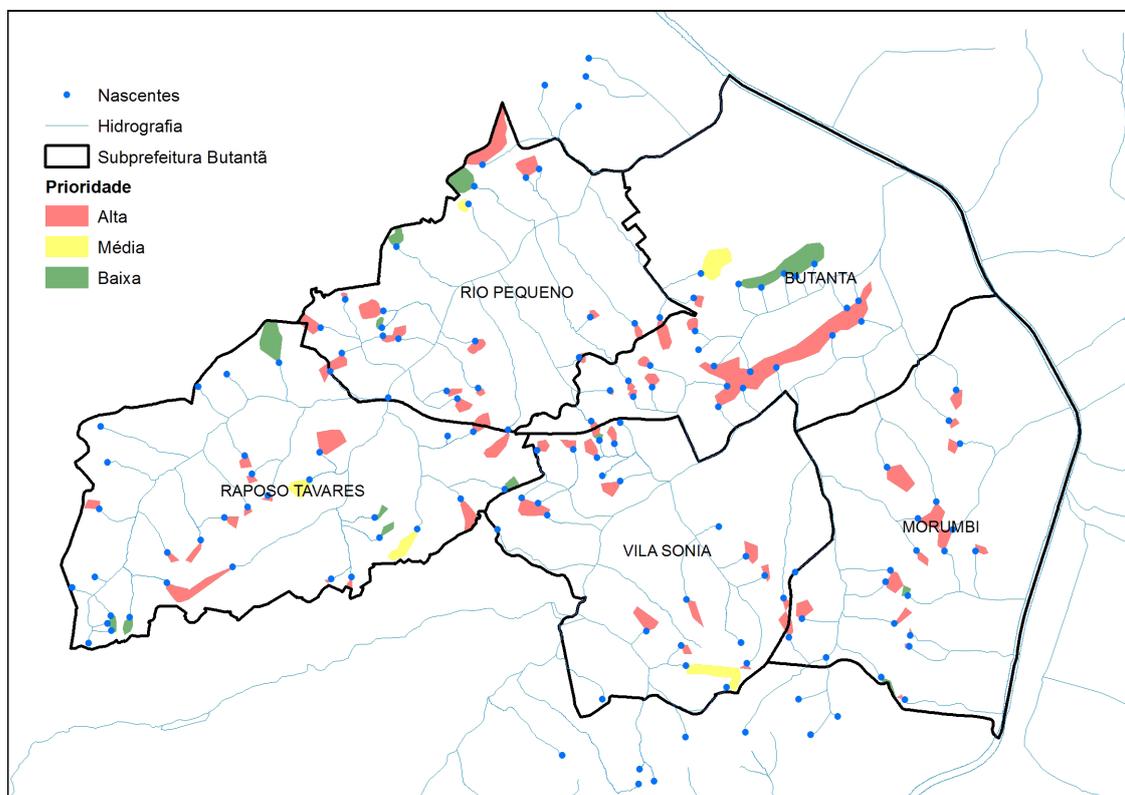
Digitalização das nascentes, delimitação das respectivas bacias de contribuição e cálculo da porcentagem de área impermeável em relação à área da bacia de contribuição de cada nascente. Todas as áreas impermeabilizadas são prioritárias para a instalação de infraestrutura verde, conforme a seguinte classificação:

- **Baixa prioridade:** até 20% da área da bacia de contribuição impermeabilizada;
- **Média prioridade:** entre 20 a 60% da área da bacia de contribuição impermeabilizada; e
- **Alta prioridade:** acima de 60% da área da bacia de contribuição impermeabilizada.

Área impermeável da bacia de contribuição das nascentes da área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Manutenção da Vazão Hídrica** na área piloto



Geração de Sedimentos

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 2.1 - I2.1

Serviço ambiental: Melhoria da Qualidade da Água

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

O potencial de geração de sedimentos indica áreas com suscetibilidade à erosão e com uso e ocupação do solo favorável aos processos de assoreamento de cursos d'água e reservatórios de abastecimento. As áreas com médio e alto potencial de geração de sedimentos são prioritárias para a instalação de infraestrutura verde.

Metodologia de Obtenção dos Dados

Cruzar as informações pedológicas e de declividade dos terrenos para determinar as classes de suscetibilidade à erosão (Quadro 1); integrar as classes de suscetibilidade à erosão e o uso e ocupação do solo na área de estudo (Quadro 2). A matriz de cruzamento resulta em cinco classes de potencial à geração de sedimentos: muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. A prioridade para instalação de infraestrutura verde é a seguinte:

- **Baixa prioridade:** áreas com médio potencial de geração de sedimentos;
- **Média prioridade:** áreas com alto potencial de geração de sedimentos; e
- **Alta prioridade:** áreas com potencial muito alto de geração de sedimentos.

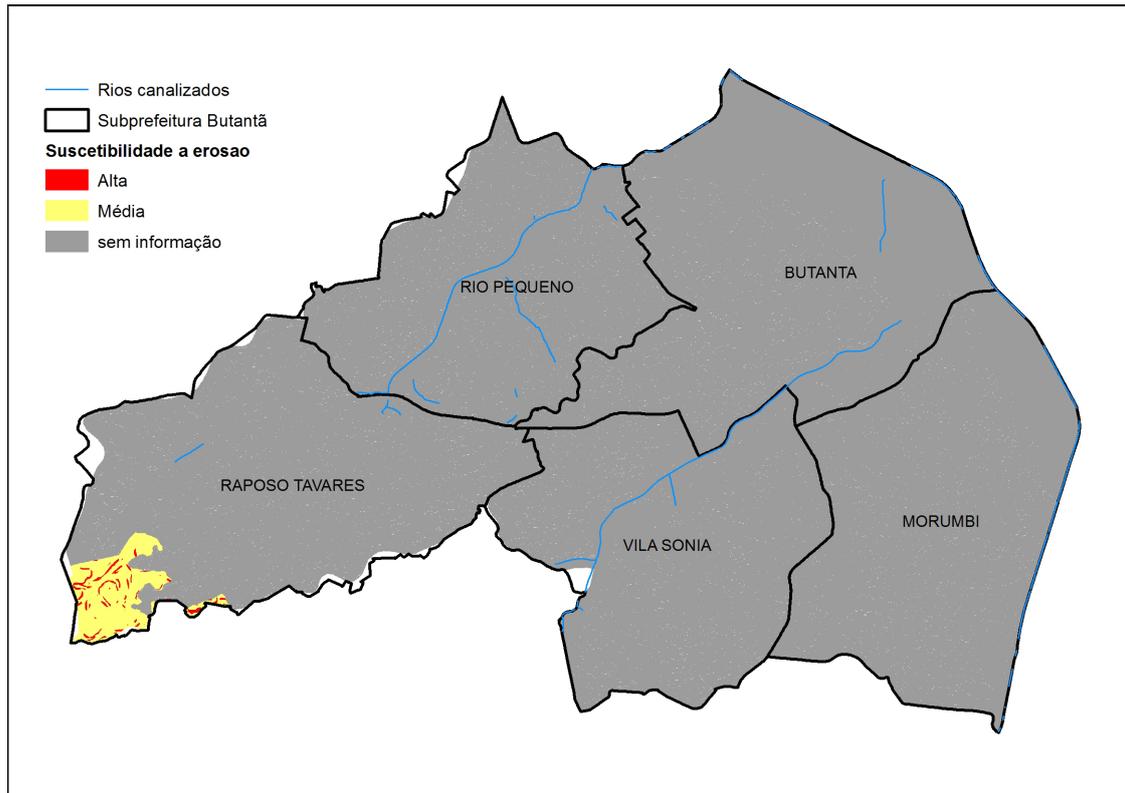
Quadro 1 - Matriz de cruzamento para a determinação da suscetibilidade à erosão.

Classes de Solo		Classes de Declividade			
		A (0 a 6%)	B (6 a 20%)	C (20 a 35%)	D > 35%
Argissolos	PVA18	M	A	MA	MA
	PVA19	M	A	MA	MA
	PVA23	M	A	MA	MA
	PVA25	M	A	MA	MA
	PVA26	M	A	MA	MA
	PVA37	M	M	A	MA
	PVA41	M	M	A	MA
	PVA42	M	M	A	MA
	PVA45	M	M	A	MA
	PVA55	M	M	A	MA
	Cambissolos	CX1	B	M	A
CX2		B	M	A	MA
CX10		B	M	A	MA
CX11		B	M	A	MA
Latossolos	LVA2	B	M	A	MA
	LVA14	B	M	A	MA
	LVA17	B	M	A	MA
	LVA19	B	M	A	MA
	LVA23	B	M	A	MA
	LVA41	B	M	A	MA
	LVA56	B	M	A	MA
Neossolos	RQ-1	B	M	A	A
	RL-1	B	M	A	A
Organossolos	GX-1	B	B	B	B

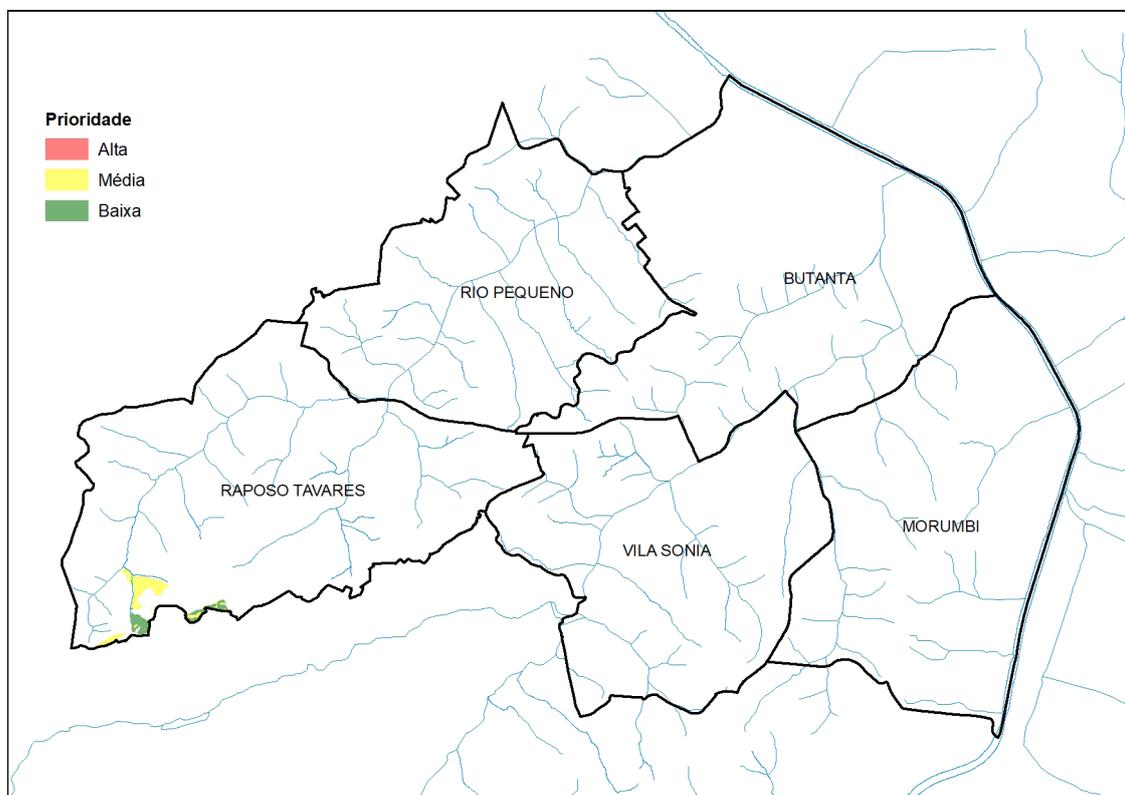
Quadro 2 - Matriz de cruzamento para a determinação do potencial da geração de sedimentos.

Classes de Uso e ocupação do solo	Classes de suscetibilidade à erosão			
	Baixa	Média	Alta	Muito Alta
Área Urbana Consolidada	B	B	B	B
Área Urbana em Consolidação	B	M	A	MA
Aterro Sanitário	B	M	A	MA
Campo Antrópico	B	M	A	A
Chácara	B	B	M	A
Espelho d'Água	B	B	B	B
Favela	M	A	MA	MA
Hortifrutigranjeiro	B	B	M	A
Lixão	B	M	A	MA
Loteamento Desocupado	M	A	MA	MA
Mata/Capoeira	B	B	B	B
Mineração	M	A	A	MA
Movimento Terra/Solo Exposto	A	MA	MA	MA
Outro Uso	B	M	A	MA
Reflorestamento	B	M	A	A
Vegetação de Várzea	B	B	B	B

Suscetibilidade à erosão observada na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental Melhoria da Qualidade da Água na área piloto



Áreas Desprotegidas dos Cursos da Água

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 2.2 - I2.2

Serviço ambiental: Melhoria da Qualidade de Água

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

As Áreas de Preservação Permanente (APP) no entorno de corpos d'água são essenciais para a filtração do escoamento da água das chuvas e diminuição do aporte de sedimentos aos mananciais. Nas cidades, a ocupação urbana das áreas no entorno de córregos, rios e lagos, a instalação de infraestrutura verde é prioritária.

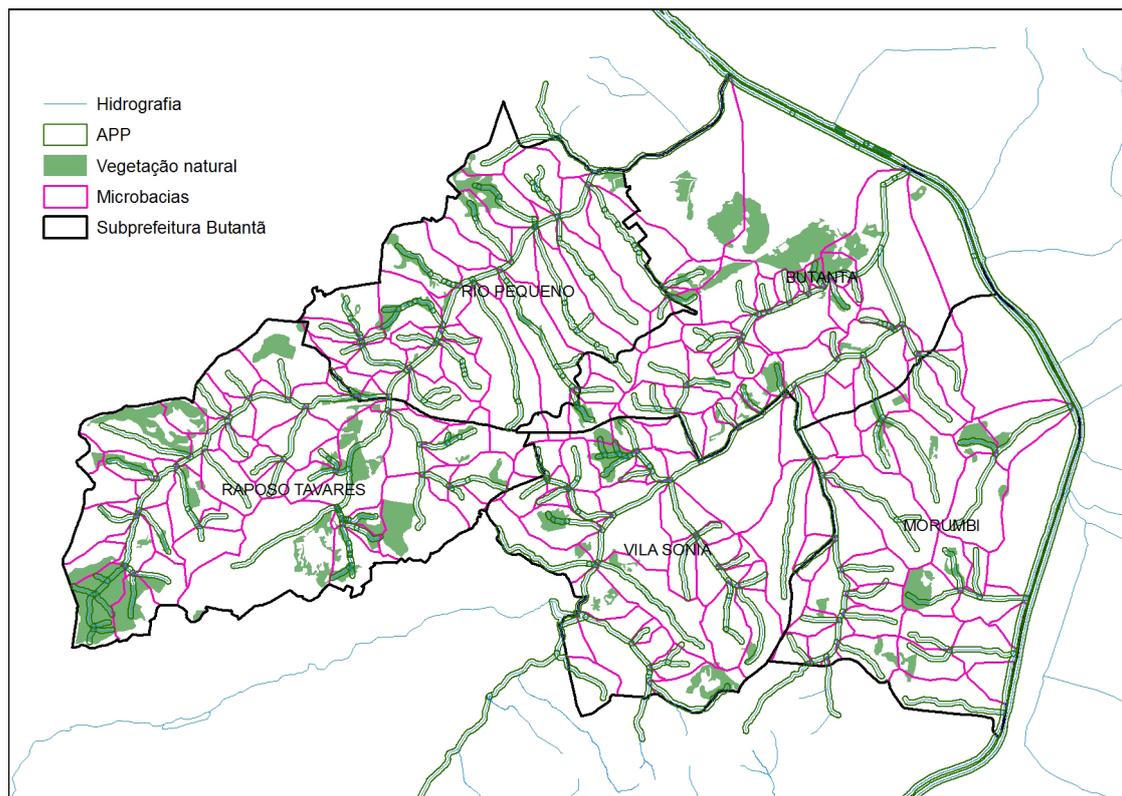
Metodologia de Obtenção dos Dados

Mapeamento dos cursos d'água do município e de sua faixa marginal de 30 m, conforme APP estipulada pelo Código Florestal Brasileiro vigente. Cruzar as informações das faixas marginais mapeadas com as do mapa de vegetação. As APP sem vegetação serão prioritárias para instalação de infraestrutura verde.

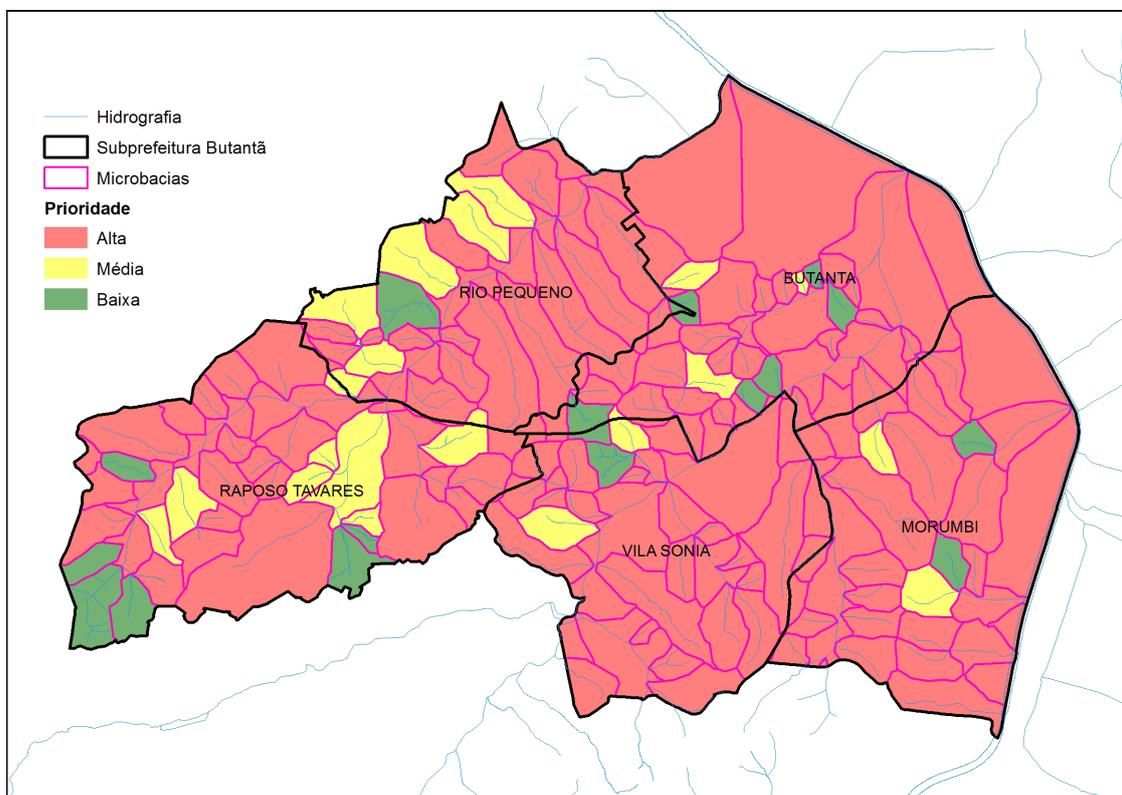
O nível de prioridade para instalação de infraestrutura verde será de acordo com a taxa de impermeabilização das bacias hidrográficas dos cursos d'água mapeados:

- **Baixa prioridade:** Bacias com taxa impermeabilização de até 20%;
- **Média prioridade:** Bacias com taxa impermeabilização entre 20 e 60%; e
- **Alta prioridade:** Bacias com taxa impermeabilização acima de 60%.

Áreas de preservação permanente e cobertas por vegetação na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Melhoria da Qualidade da Água** na área piloto



Áreas Impermeáveis

Função Ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 2.3 - I2.3

Serviço ambiental: Melhoria da Qualidade de Água

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

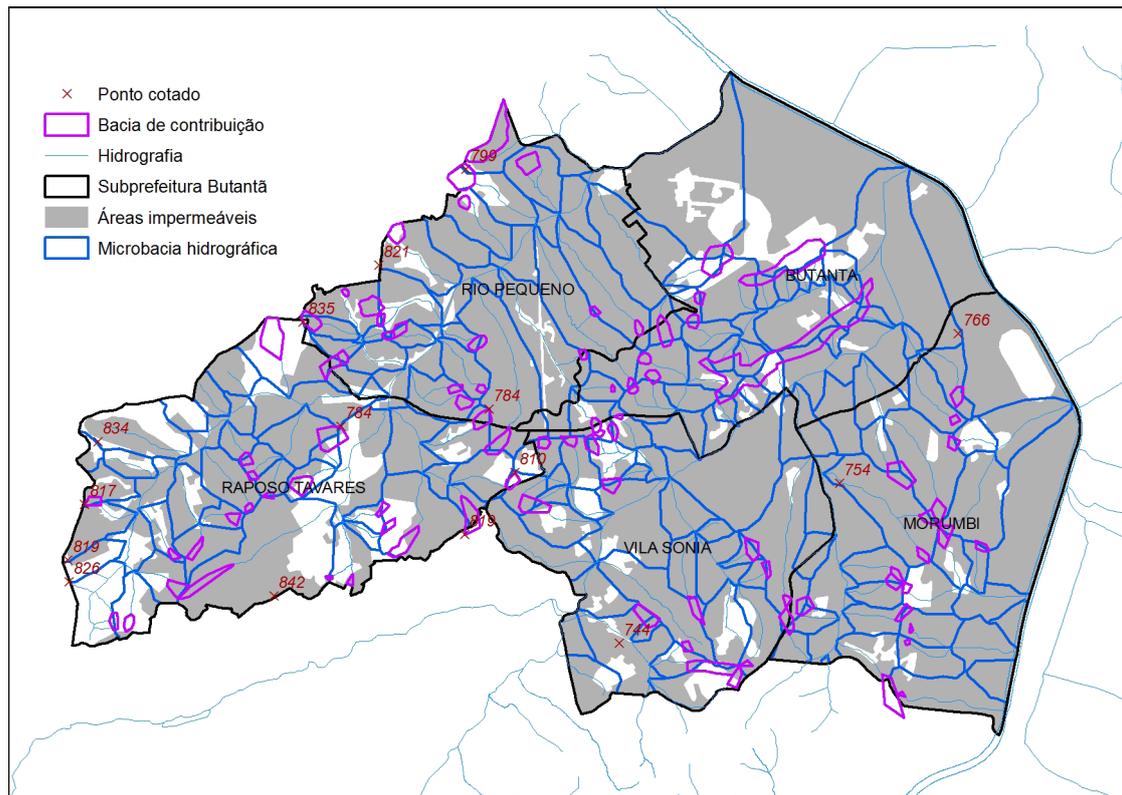
A urbanização nas bacias hidrográficas aumenta as áreas impermeáveis e de telhado, que interceptam a água das chuvas direcionando-a diretamente para sistemas de drenagem que desembocam em rios das cidades. Essa água é caracterizada por altas cargas de poluentes que se concentram nos telhados, calçadas, ruas e outras infraestruturas. Por isso, quanto maior a porcentagem de área impermeabilizada, pior a qualidade da água das chuvas que chegará aos rios das cidades. As áreas impermeáveis são prioritárias para introdução de infraestrutura verde para fins de retenção de poluentes da água das chuvas.

Metodologia de Obtenção dos Dados

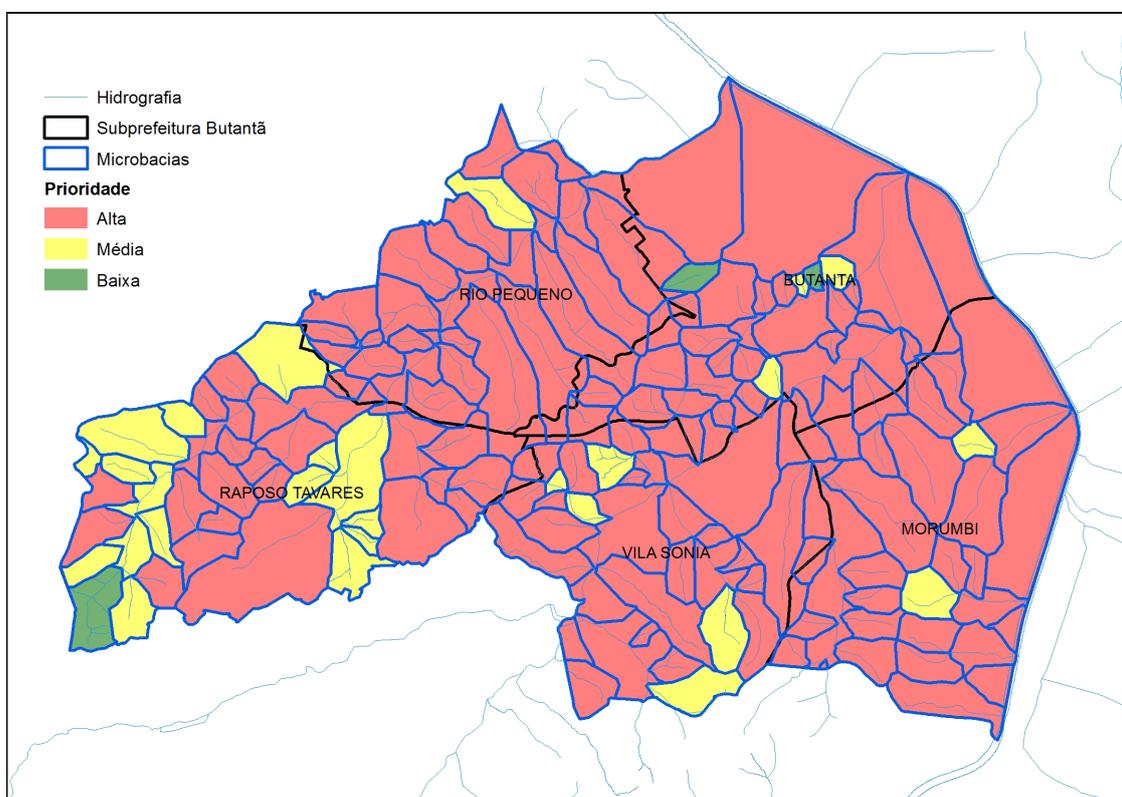
Digitalização das áreas impermeabilizadas da área. Cálculo da porcentagem de área impermeável em relação à área total da bacia hidrográfica mapeada no menor nível possível (microbacia hidrográfica). Priorizar a introdução de infraestrutura verde nas bacias hidrográficas com maior taxa de impermeabilização:

- **Baixa prioridade:** até 20 % de impermeabilização na bacia hidrográfica;
- **Média prioridade:** entre 20 % a 60 % de impermeabilização na bacia hidrográfica; e
- **Alta prioridade:** acima de 60 % de impermeabilização na bacia hidrográfica.

Áreas impermeáveis observadas na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental Melhoria da Qualidade da Água na área piloto



Densidade de Alagamentos

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 3.1 - I3.1

Serviço ambiental: Mitigação Eventos Hídricos
Extremos

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos



Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

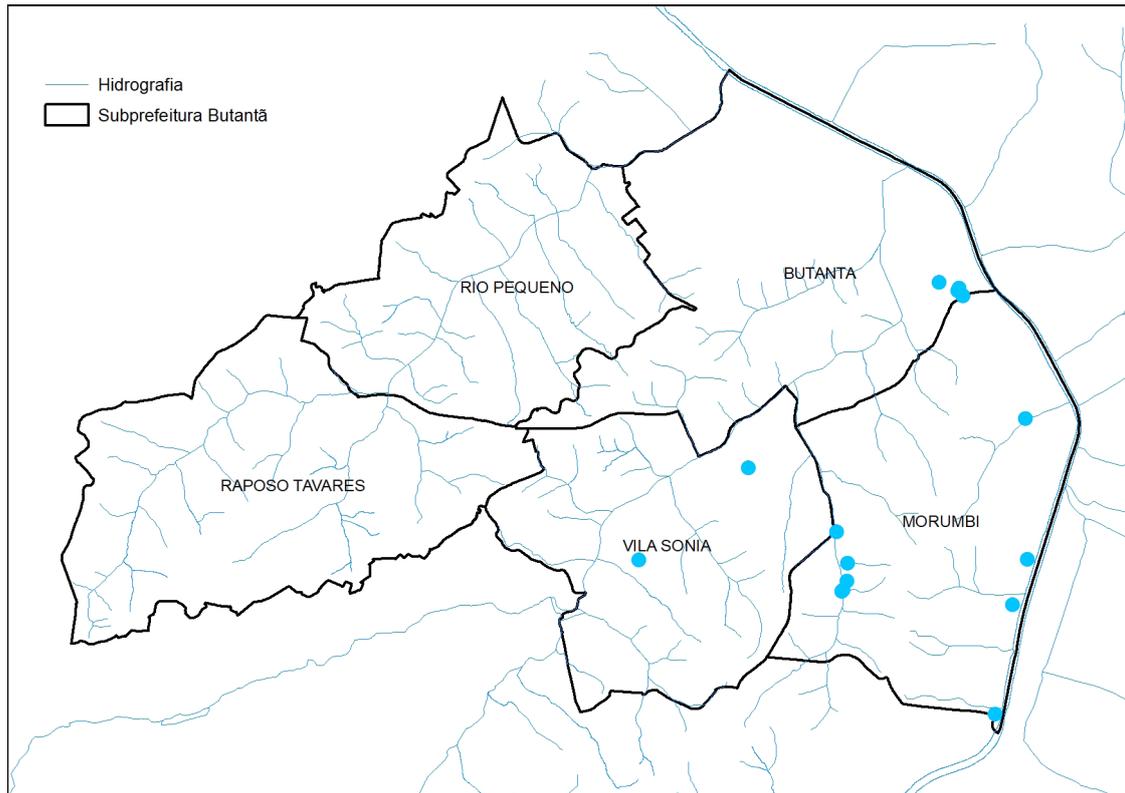
Os locais com maior histórico de alagamento são prioritários para a adoção de medidas de manejo de águas de chuvas, como a adoção de técnicas de infraestrutura verde.

Metodologia de Obtenção dos Dados

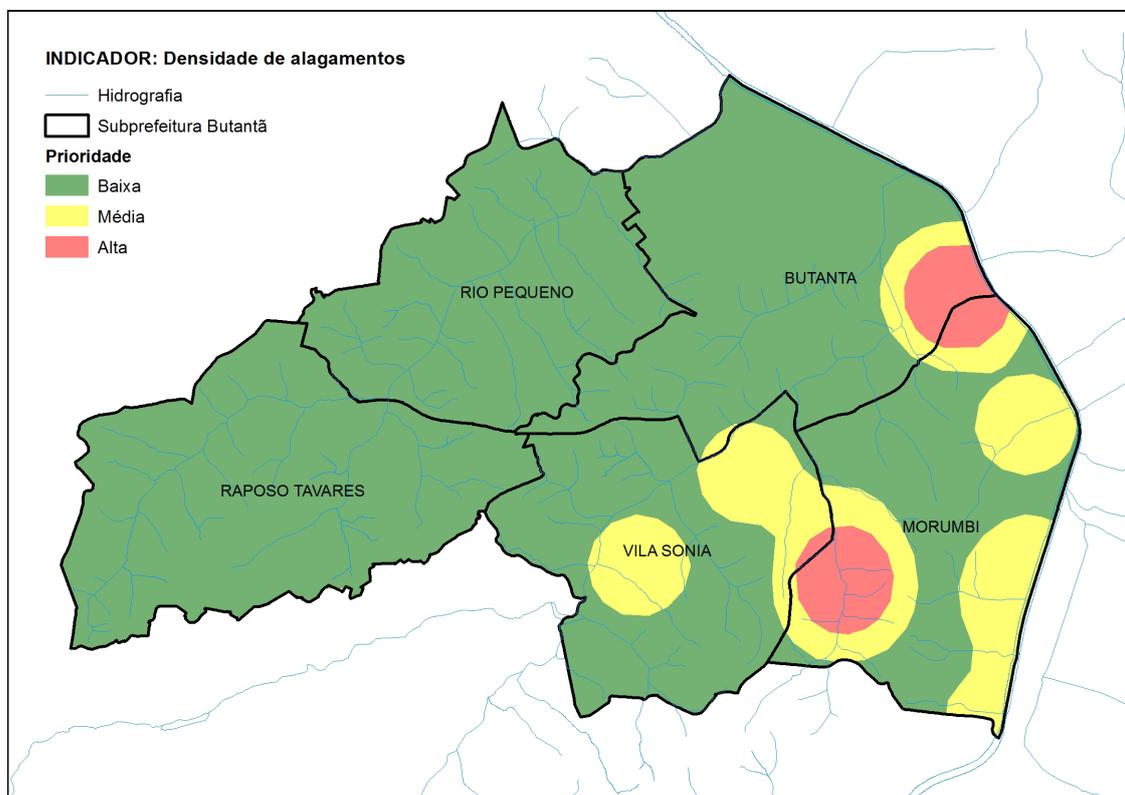
Espacializar os locais identificados pelos órgãos de defesa civil, gerar mapa de densidade de ocorrências utilizando a função de kernel no Sistema de Informações Geográficas e classificar o resultado em três níveis, por meio do método de classificação por intervalos naturais, resultando na prioridade para instalação de infraestrutura verde em:

- **Baixa prioridade:** menor classe densidade do kernel;
- **Média prioridade:** classe de densidade média do kernel; e
- **Alta prioridade:** classe de densidade alta do kernel.

Pontos com histórico de alagamento na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental Mitigação de Eventos Hídricos Extremos na área piloto



Potencial de Inundação

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 3.2 - I3.2

Serviço ambiental: Mitigação de Eventos Hídricos Extremos

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos



Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

Eventos de inundações e alagamentos são fenômenos naturais que ocorrem geralmente pela suscetibilidade do terreno e ocorrência de chuvas fortes e rápidas ou chuvas de longa duração. Estes eventos naturais têm sido intensificados, principalmente nas áreas urbanas, por alterações antrópicas. Nas cidades, as áreas com alta suscetibilidade à inundação são prioritárias para a instalação de infraestrutura verde.

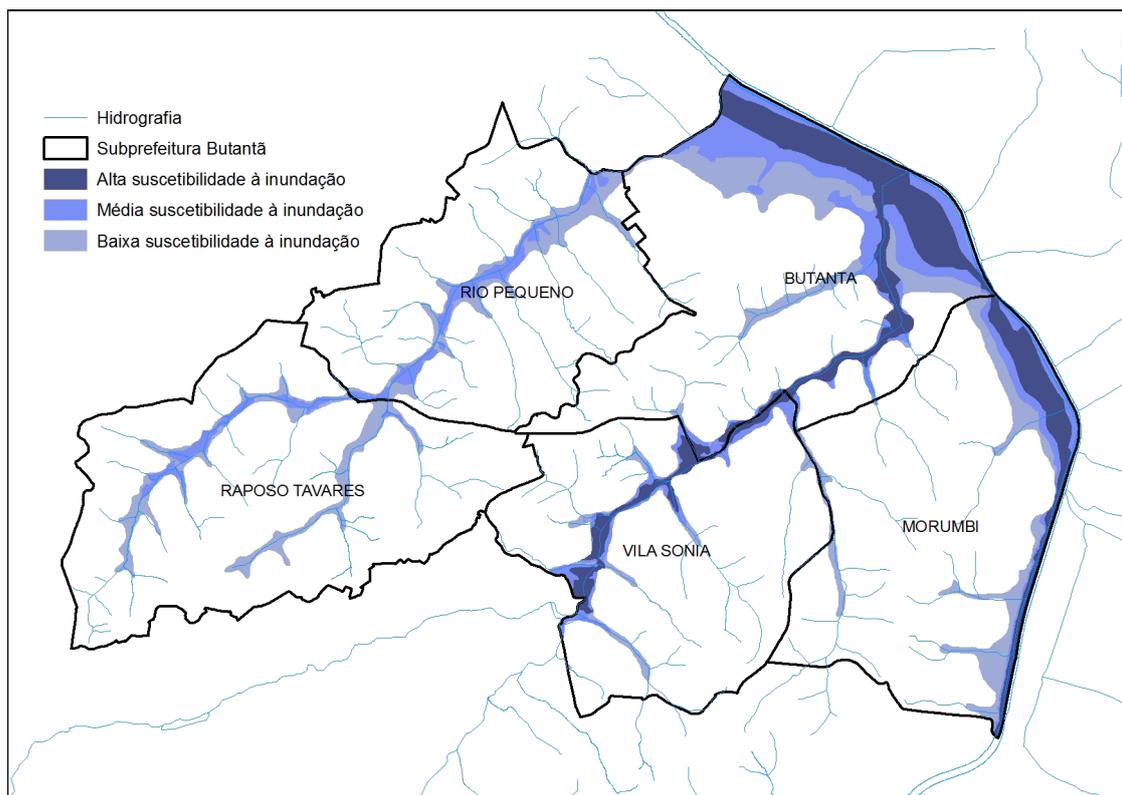
Metodologia de Obtenção dos Dados

A suscetibilidade à inundação pode ser calculada por meio da análise integrada da suscetibilidade das bacias hidrográficas, a partir de índices morfométricos, e dos graus de suscetibilidade a partir da aplicação do modelo denominado HAND (*Height Above Nearest Drainage*), recortado nas áreas de planícies e terraços. Para fins de priorização para aplicação de infraestrutura verde, adota-se a seguinte classificação:

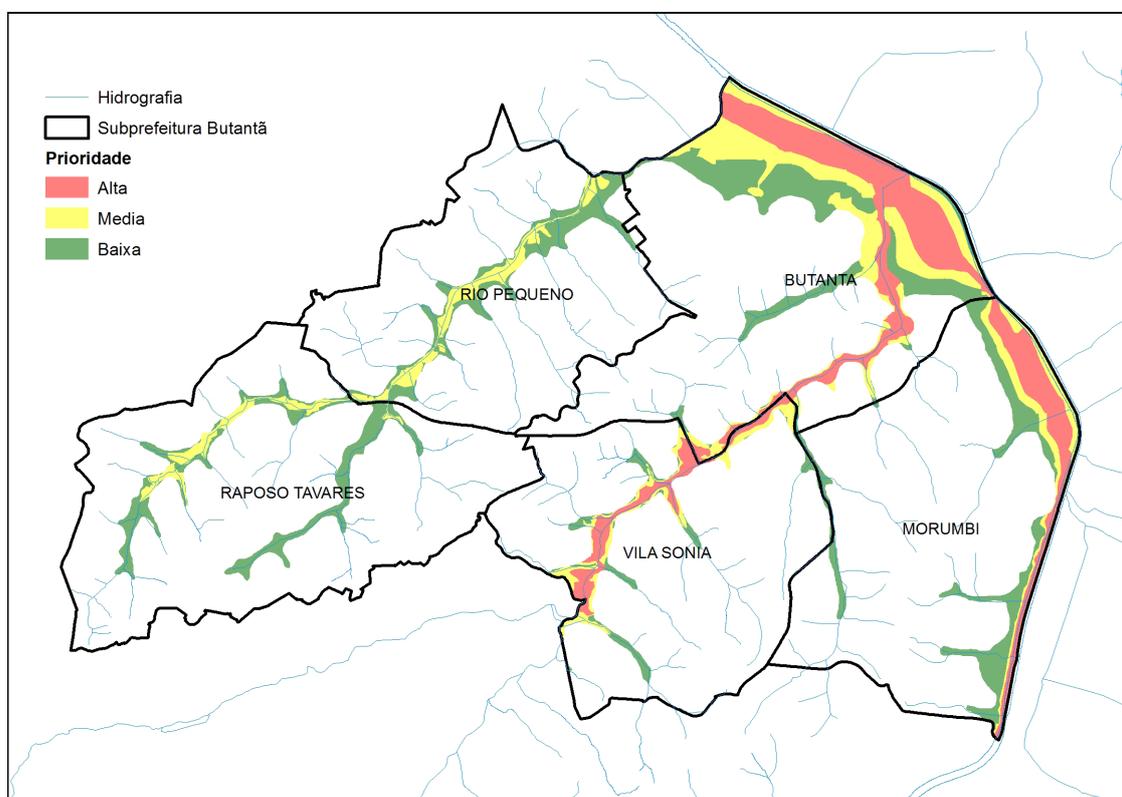
- **Baixa prioridade:** áreas de baixa suscetibilidade à inundação;
- **Média prioridade:** áreas de média suscetibilidade à inundação; e
- **Alta prioridade:** áreas de alta suscetibilidade à inundação.

Caso o município não disponha dessas informações cartografadas, pode-se utilizar o conhecimento da equipe da prefeitura para a identificação das áreas de alta, média e baixa prioridade para a aplicação de infraestrutura verde.

Suscetibilidade à inundação na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Mitigação de Eventos Hídricos Extremos** na área piloto



Potencial de Inundação e Alagamento

Função ambiental: Proteção dos Recursos Hídricos

Identificador: Indicador 3.3 - I3.3

Serviço ambiental: Mitigar Eventos Hídricos
Extremos

Categoria: Regulação



Garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos



Tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

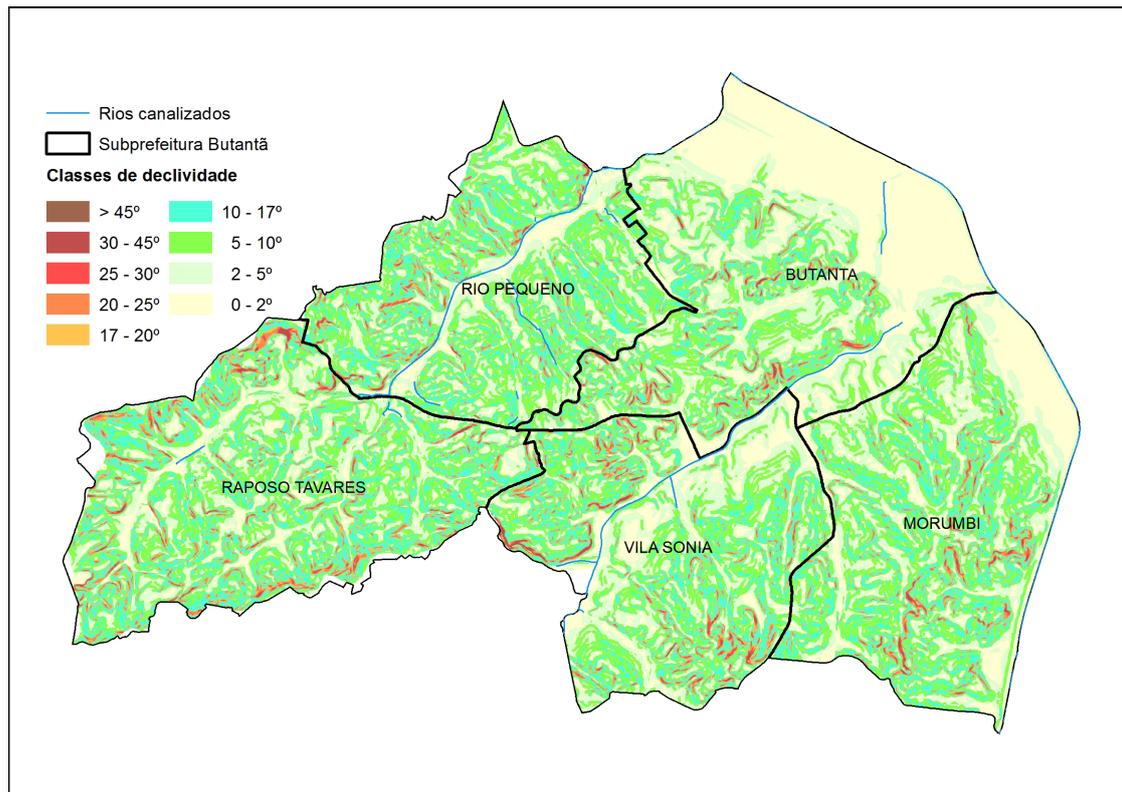
As áreas com relevo plano no entorno de rios canalizados estão mais sujeitas a processos de inundação e alagamento, problemas comuns nas cidades. Essas áreas são prioritárias para a instalação de infraestrutura verde.

Metodologia de Obtenção dos Dados

Elaboração da Carta de Declividade, gerada a partir do Modelo Digital de Elevação (MDE) ou da base cartográfica com curvas de nível e pontos cotados. Delimitação de faixa marginal de 30 m de rios canalizados, considerando os limites estabelecidos em lei para as Áreas de Preservação Permanente (APP). Cálculo das áreas com declividade entre 0 e 2% e 2 a 5%. A classificação de prioridade para a instalação de infraestrutura verde será a seguinte:

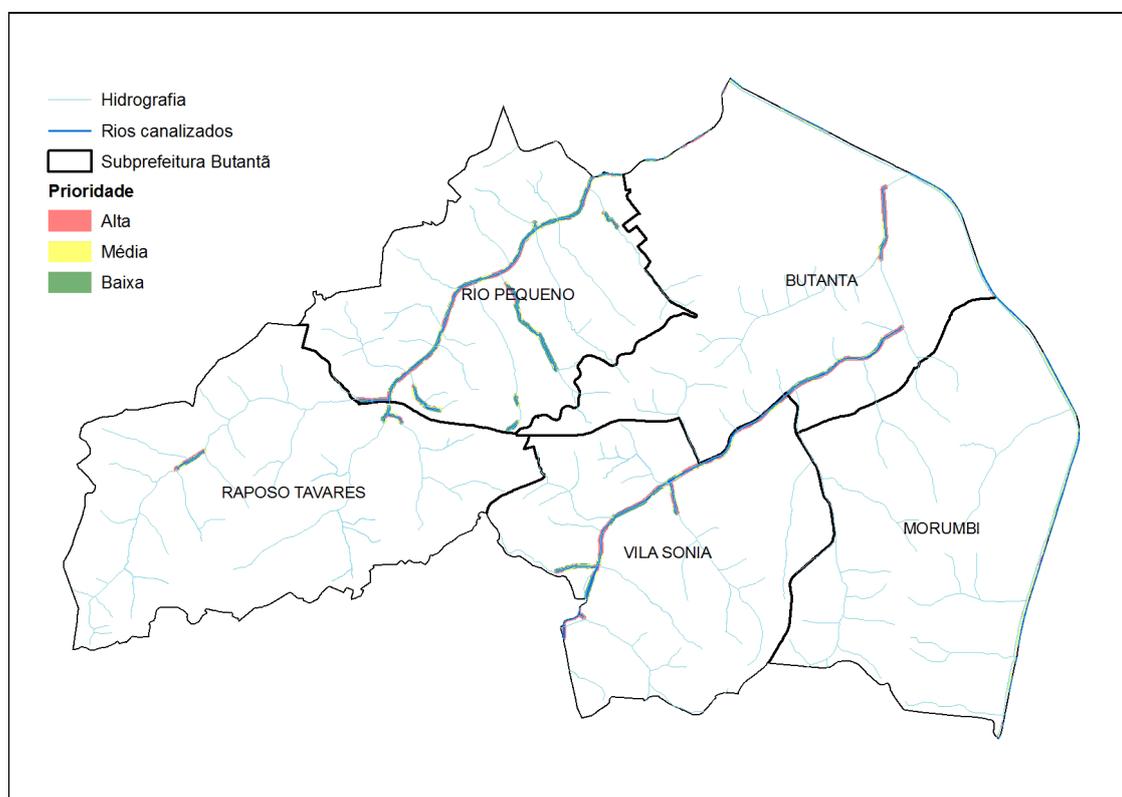
- **Baixa prioridade:** declividade acima de 5%;
- **Média prioridade:** declividade entre 2 a 5%;
- **Alta prioridade:** declividade de até 2%.

Declividade observada na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental

Mitigação de Eventos Hídricos Extremos na área piloto



Cobertura Vegetal Nativa

Função ambiental: Biodiversidade e Fluxo

Gênico de Fauna e Flora

Identificador: Indicador 4 - I4

Serviço ambiental: Manutenção de Habitat

Categoria: Suporte

15 VIDA TERRESTRE



Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de

forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

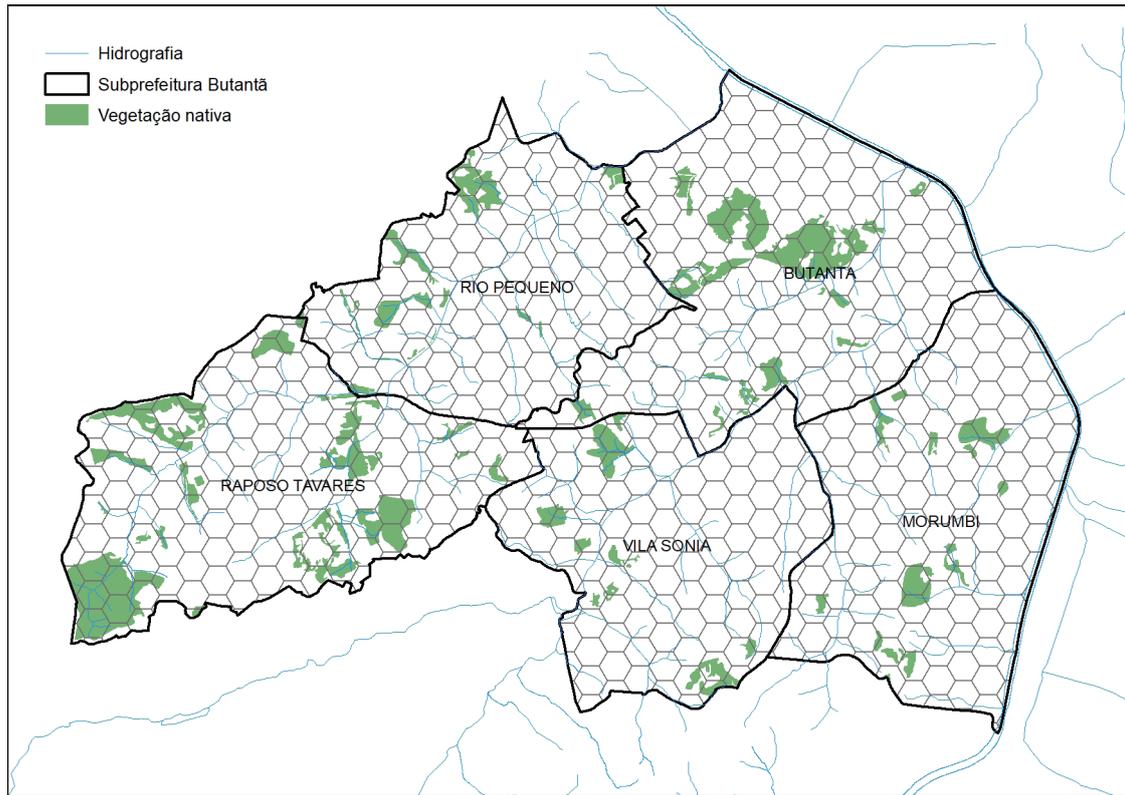
A cobertura vegetal nativa é a grande responsável pela conservação da biodiversidade, do equilíbrio e da manutenção de processos ecológicos essenciais de ecossistemas naturais. Identificar áreas com déficit de vegetação permite planejar a implantação de infraestrutura verde para fins de ampliação e manutenção de áreas com cobertura vegetal que servirão de habitat para a fauna e flora. O indicador representa a área com cobertura vegetal nativa existente em relação à área total analisada. Considera-se que quanto menor a área com vegetação nativa, maior deve ser a prioridade para implantação de infraestrutura verde.

Metodologia de Obtenção dos Dados

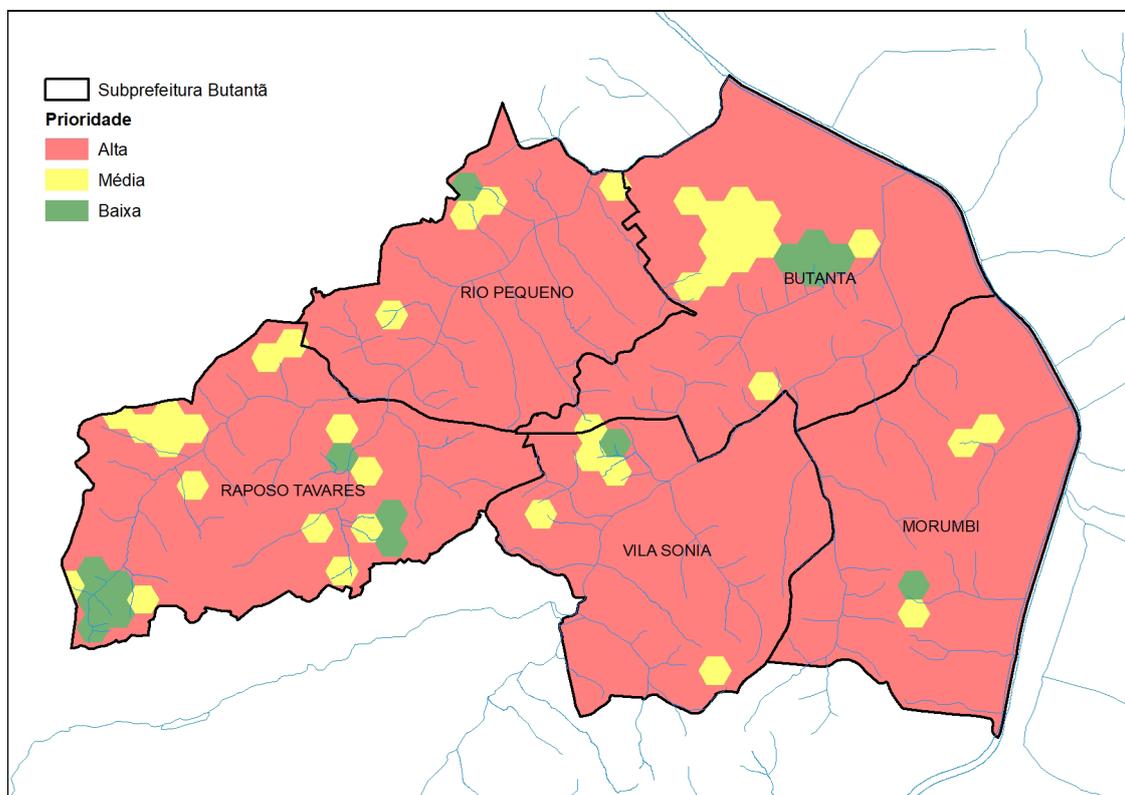
Divisão da área de estudo em unidades amostrais (na área piloto foram adotadas unidades amostrais hexagonais de 10 ha). Cálculo da porcentagem de cobertura vegetal nativa nas unidades amostrais da área de estudo. A classificação de prioridade para implantação de infraestrutura verde será a seguinte:

- **Baixa prioridade:** unidades amostrais com até 30% de cobertura vegetal nativa;
- **Média prioridade:** unidades amostrais com cobertura vegetal nativa entre 30% e 60%; e
- **Alta prioridade:** unidades amostrais com mais de 60% de cobertura vegetal nativa.

Cobertura vegetal nativa nas unidades amostrais da área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Manutenção de Habitat** na área piloto



Corredores Ecológicos

Função ambiental: Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora

Identificador: Indicador 5 - I5

Serviço ambiental: Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)

Categoria: Suporte

15 VIDA TERRESTRE



Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

A conectividade é a capacidade da paisagem de facilitar os fluxos biológicos de organismos, sementes e grãos de pólen, associada ao tamanho e à distribuição dos fragmentos de habitat. A conectividade da paisagem age nos processos de recolonização após perturbações locais, influenciando na manutenção das populações da fauna e flora. Este indicador calcula a proximidade entre os fragmentos, por meio da distância média entre cada fragmento e o vizinho mais próximo de mesma classe, dividido pelo número de fragmentos da classe na paisagem em análise. No contexto da Infraestrutura Verde, as áreas potenciais para criação de corredores ecológicos na paisagem urbana são aquelas relacionadas com o sistema viário (calçadas e canteiro central), bem como as Áreas de Preservação Permanente (APP) de cursos d'água. O indicador representa o índice de área potencial para criação de corredores ecológicos.

Metodologia de Obtenção dos Dados

Este indicador consiste em um índice composto de duas variáveis:

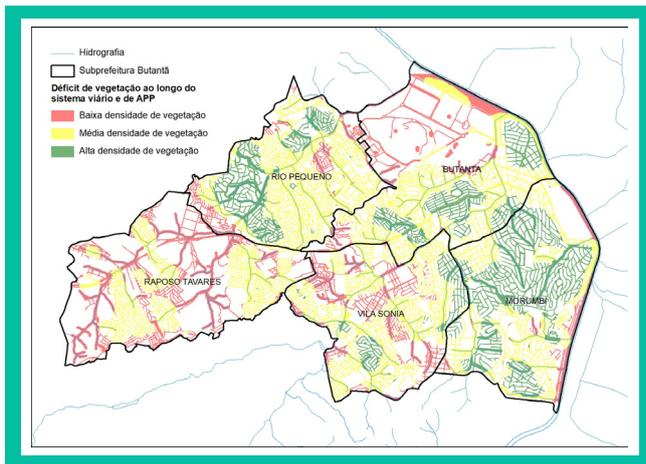
- 1) Identificação e quantificação da área com déficit de vegetação ao longo do sistema viário e da APP:
 - a) Selecionar a área composta pelas faixas marginais de 10 m do sistema viário e 30 m de cursos d'água (APP);
 - b) Recortar as árvores dentro do limite da área selecionada;
 - c) Calcular o adensamento de pontos (Point Density) e classificar em 3 classes, de acordo com o método Natural Breaks (Jenks);
 - d) Transformar o raster em vetor (Reclassify e Conversion) e recortar a informação da densidade dos pontos para a área selecionada.
- 2) Distância média do vizinho mais próximo - MNN (m) na área de estudo.

Cálculo do índice "Distância média do vizinho mais próximo - MNN" utilizando ferramentas auxiliares de análise espacial da paisagem, tais como o Fragstats ou a ferramenta Patch Analyst que podem ser operados por meio de Sistema de Informações Geográficas.

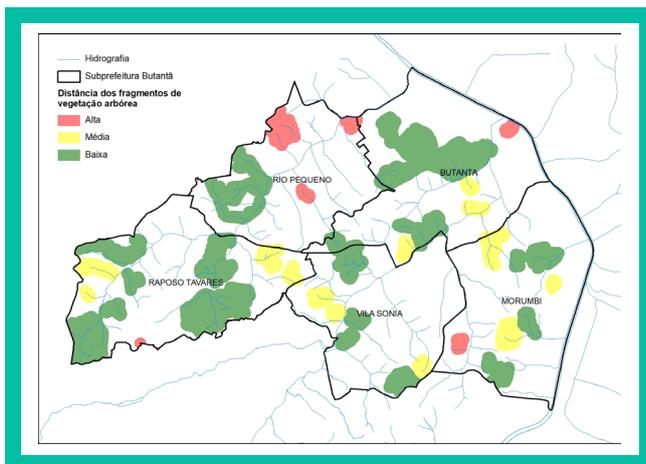
- a) Selecionar as classes de vegetação natural com predomínio de porte arbóreo e juntar em uma única classe;
- b) Calcular o índice MNN para os fragmentos da classe selecionada e classificar em 3 classes, de acordo com o método Natural Breaks (Jenks);
- c) Desenhar faixa marginal dos fragmentos utilizando como distância a medida da 1ª classe do índice MNN;
- d) Reclassificar as áreas das faixas marginais conforme as três classes do MNN.

Para compor o índice os mapas gerados na etapa 1 e 2 (duas variáveis) foram somados, considerando as 3 classes de cada mapa (1 a 3), resultando em 6 classes (1 a 6). As classes de prioridade para implantação de infraestrutura verde são as seguintes:

- **Baixa prioridade:** Classes 5 e 6.
- **Média prioridade:** Classes 3 e 4; e
- **Alta prioridade:** Classes 1 e 2;

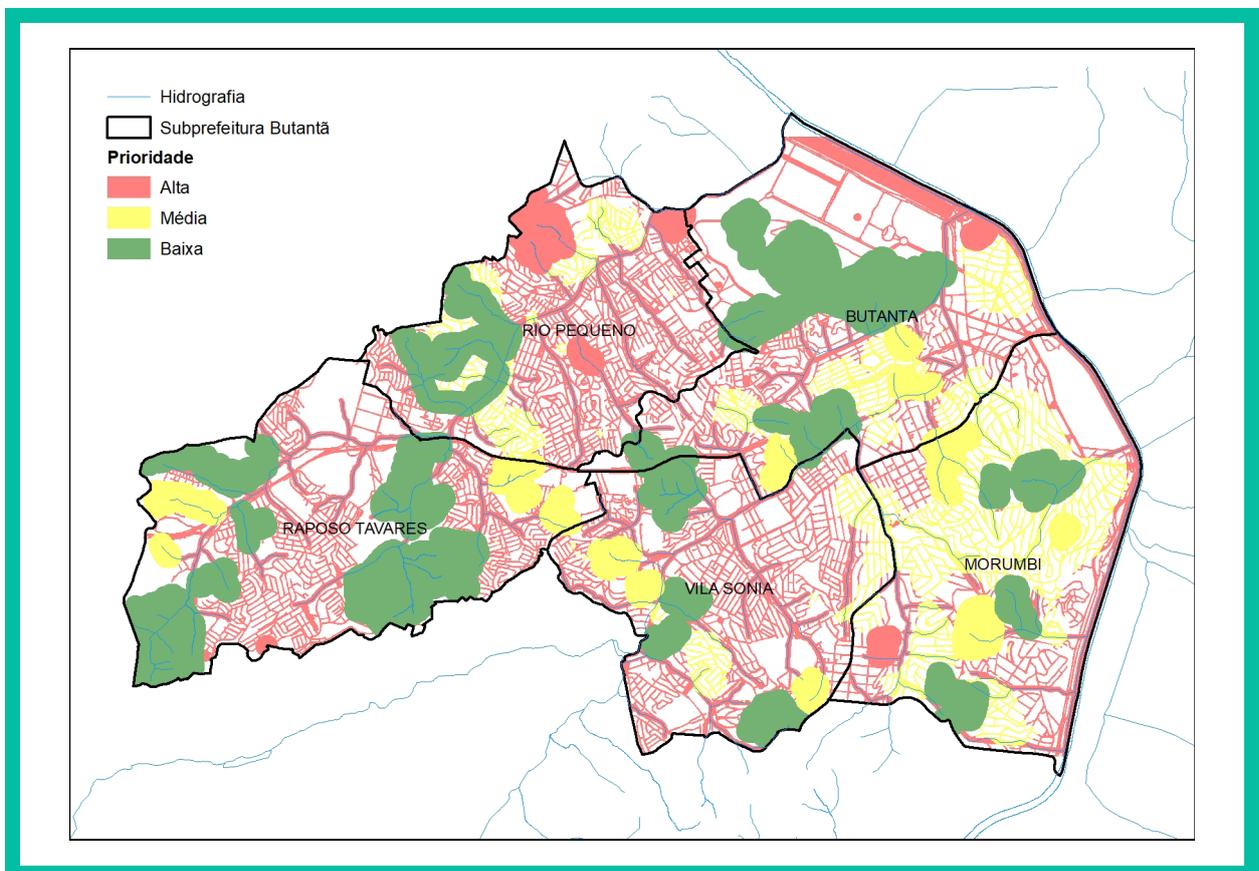


Área com déficit de vegetação ao longo do sistema viário e da APP na área piloto



Distância dos fragmentos de vegetação arbórea na área piloto

Abaixo: Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)** na área piloto.



Áreas Verdes e Número de Habitantes

Função ambiental: Bem estar das Populações Humanas

Identificador: Indicador 6 - I6

Serviço ambiental: Recreação, Saúde Física e Mental

Categoria: Cultural



Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

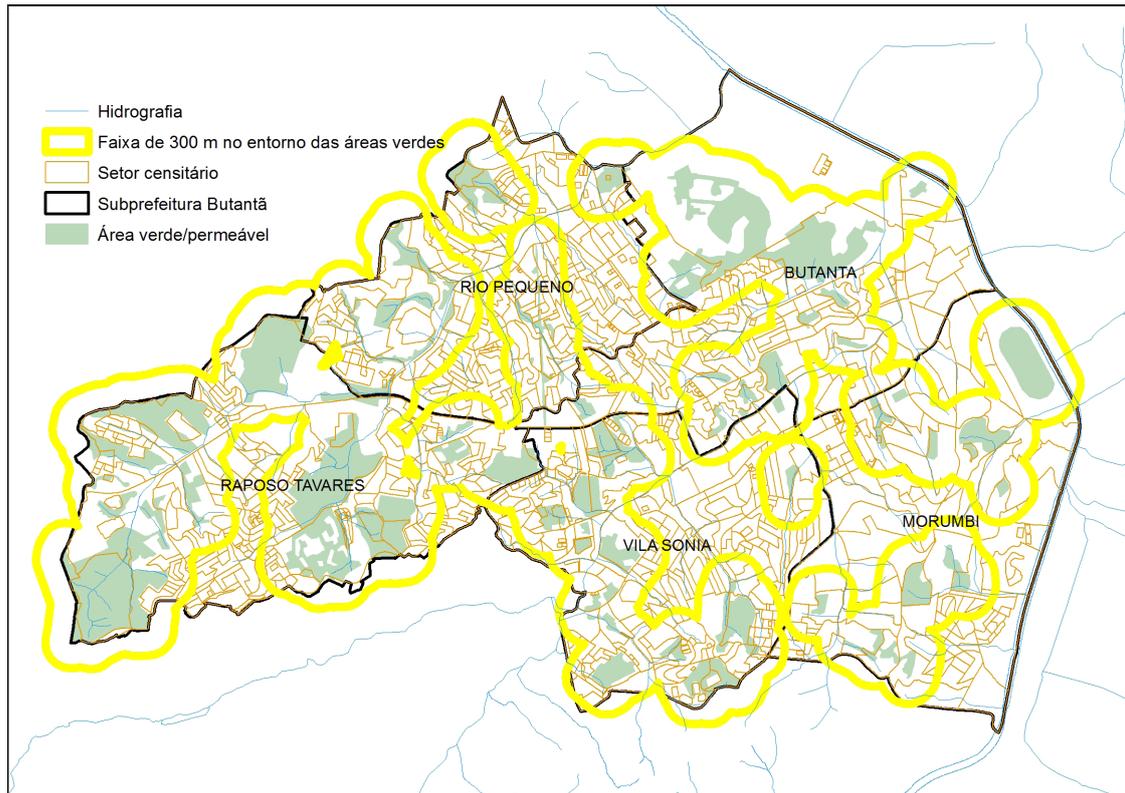
Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

A distribuição das áreas verdes e da população no território possibilita identificar a facilidade de acesso da população a essas áreas. Quando da ausência de área verde próxima da população, pode-se indicar áreas prioritárias para a introdução de infraestrutura verde, como parques e praças, com a participação da população que será beneficiada.

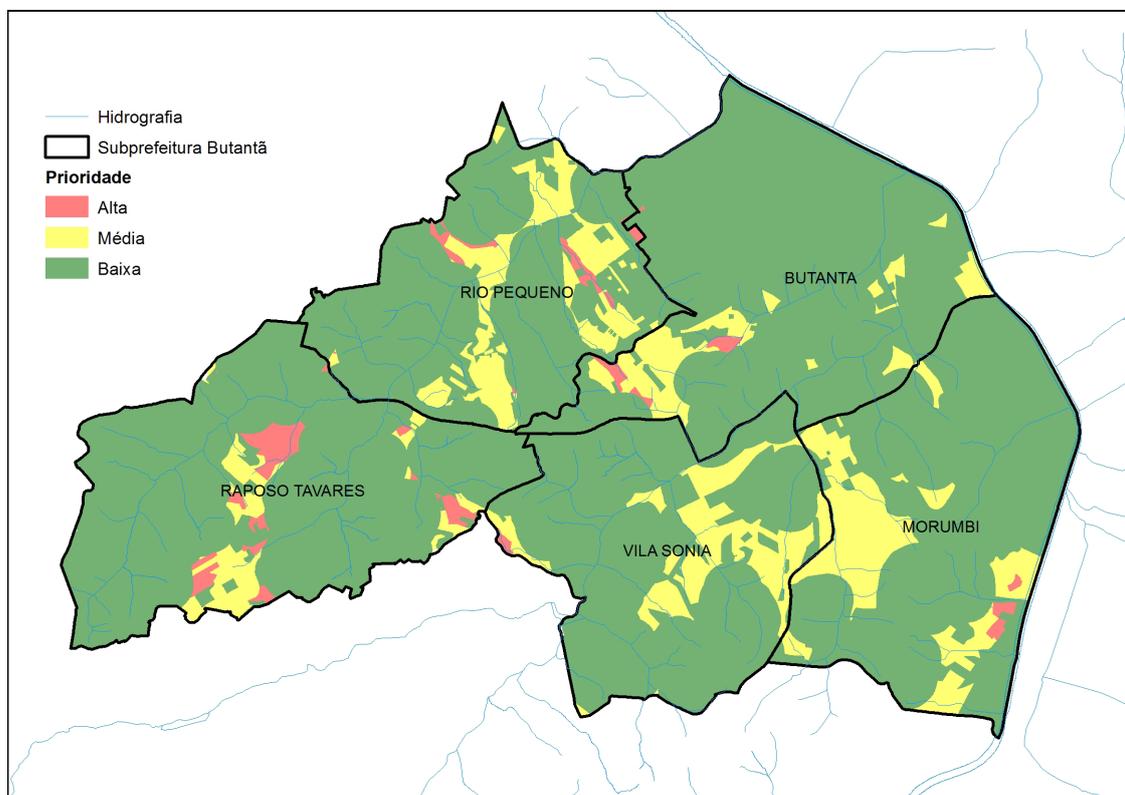
Metodologia de Obtenção dos Dados

Após o mapeamento das áreas verdes (incluindo áreas gramadas) por meio de imagens disponíveis, mapeiam-se os setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicando os habitantes. Traça-se faixa de 300 m a partir dos limites das áreas verdes mapeadas. Os setores censitários dentro dessa faixa são classificados como de baixa prioridade para instalação de Infraestrutura Verde. O restante da área é classificado em média ou alta prioridade, conforme os habitantes por setor censitário: mais habitantes indica maior prioridade.

Setores censitários inseridos no entorno de áreas verdes na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Recreação, Saúde Física e Mental** na área piloto



Vulnerabilidade Social

Função ambiental: Bem estar das Populações Humanas

Identificador: Indicador 7 - I7

Serviço ambiental: Diminuição da Vulnerabilidade Social

Categoria: Cultural



Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

A vulnerabilidade social está associada aos contextos de trabalho e renda, educação e saúde, condições de transporte, habitação e saneamento. O Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) caracteriza as condições dos grupos de indivíduos à margem da sociedade, em processo de exclusão social, principalmente econômicos. Identificar áreas com alta vulnerabilidade social para indicar a implantação de infraestrutura verde, como agricultura urbana, é relevante para planejar atividades produtivas para serem alternativa de geração de renda para a população local.

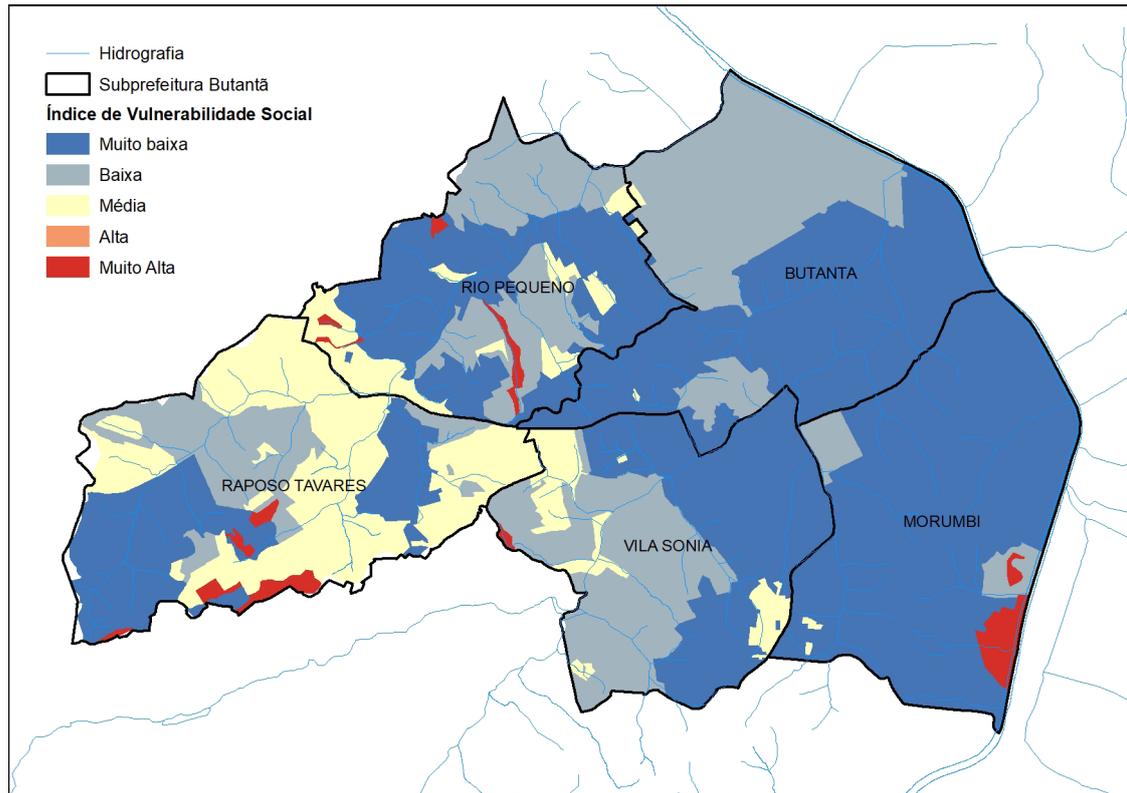
Metodologia de Obtenção dos Dados

O IVS varia entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1 (um), maior é a vulnerabilidade social do território e, quanto mais próximo de 0 (zero), menor será a vulnerabilidade social. Classificação do IVS: Muito Baixa (0 - 0,2); Baixa (0,2 - 0,3); Média (0,3 - 0,4); Alta (0,4 - 0,5); Muito Alta (0,5 - 1).

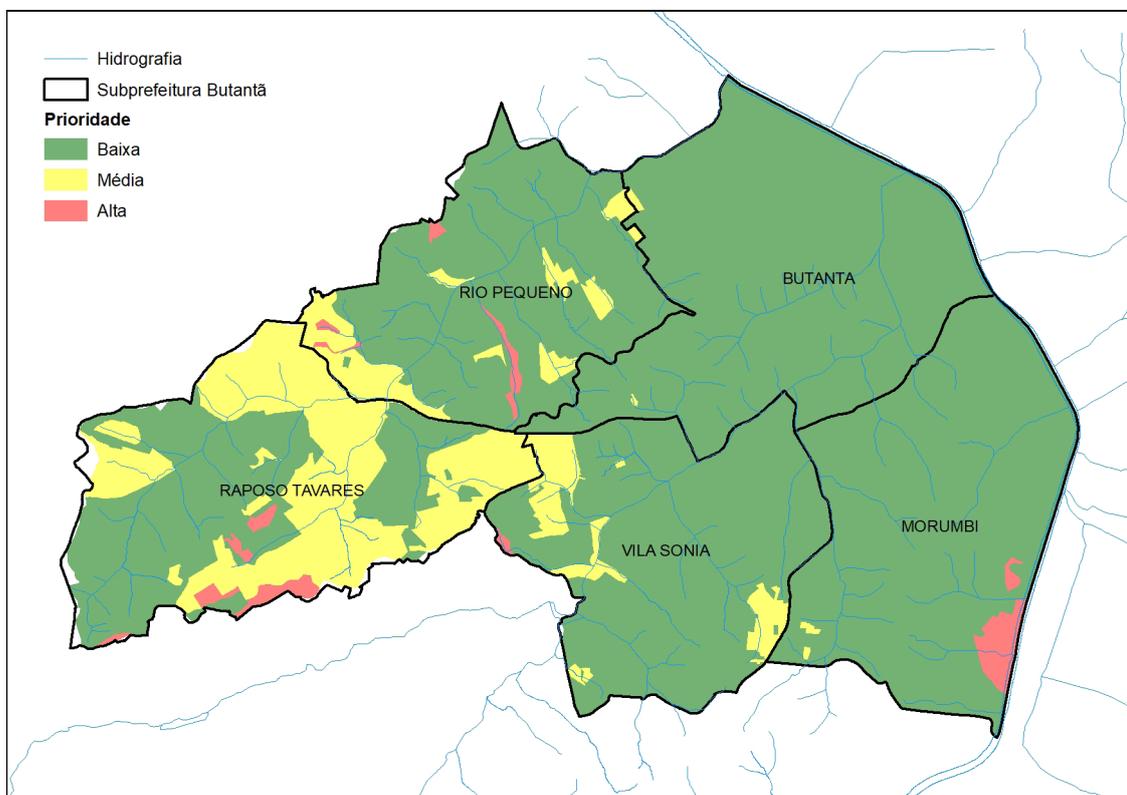
O Atlas da Vulnerabilidade Social do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) fornece mapa em arquivo shapefile com as Unidades de Desenvolvimento Humano (UDH) de todos os municípios de São Paulo. É necessário inserir o IVS no arquivo shapefile para cada UDH da região de interesse e depois classificar em três níveis de prioridade para aplicação de infraestrutura verde, conforme o IVS:

- **Baixa prioridade:** $0,0 < IVS < 0,3$;
- **Média prioridade:** $0,3 < IVS < 0,4$; e
- **Alta prioridade:** $0,4 < IVS < 1$.

Índices de Vulnerabilidade Social observados na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Diminuição da Vulnerabilidade Social** na área piloto



Temperatura de Superfície

Função ambiental: Equilíbrio Ambiental

Identificador: Indicador 8 - I8

Serviço ambiental: Redução do efeito de ilhas de calor

Categoria: Regulação

12 CONSUMO E PRODUÇÃO RESPONSÁVEIS



Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis

Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

Ilhas de calor são áreas com temperatura maior que as áreas vizinhas. Áreas com alta taxa de impermeabilização do solo promovem o aumento da temperatura da superfície. Identificar essas áreas num território indica onde é necessário introduzir infraestrutura verde para reduzir o efeito de ilhas de calor, melhorando a qualidade de vida da população e reduzindo o consumo de energia para aliviar o calor.

Definição

Obter imagens de satélite com banda termal. As imagens dos seguintes satélites são disponibilizadas gratuitamente na internet: *Landsat-8*, que dispõe de 2 bandas termais com resolução espacial original de 100 m, reamostradas para 30 m; *Aster*, que apresenta 5 faixas termais com resolução de 90 m; *CBERS-4*, que possui uma banda com resolução de 80 m. Outra forma de obtenção de imagens para o mapeamento da temperatura de superfície é por meio de sensores acoplados a aeronaves remotamente pilotadas (ARP). Para a obtenção da Temperatura da Superfície Terrestre (TST) a partir de imagens do satélite *Landsat-8*, utiliza-se as seguintes fórmulas e parâmetros: $L\lambda = ML * Qcal + AL$

Elementos da fórmula para conversão para Radiância:

$L\lambda$ = Radiância espectral do sensor de abertura em Watts ($m^2 \text{ sr } \mu m$)

ML = Fator multiplicativo de redimensionamento da banda 10 = 3.3420E-04

AL = Fator de redimensionamento aditivo específico da banda 10 = 0.10000

Qcal = Valor quantizado calibrado pelo pixel em DN = Imagem banda 10

onde:

T = Temperatura efetiva do satélite em Kelvin (K)

K2 = Constante de calibração 2 = 1.321.08 (K)

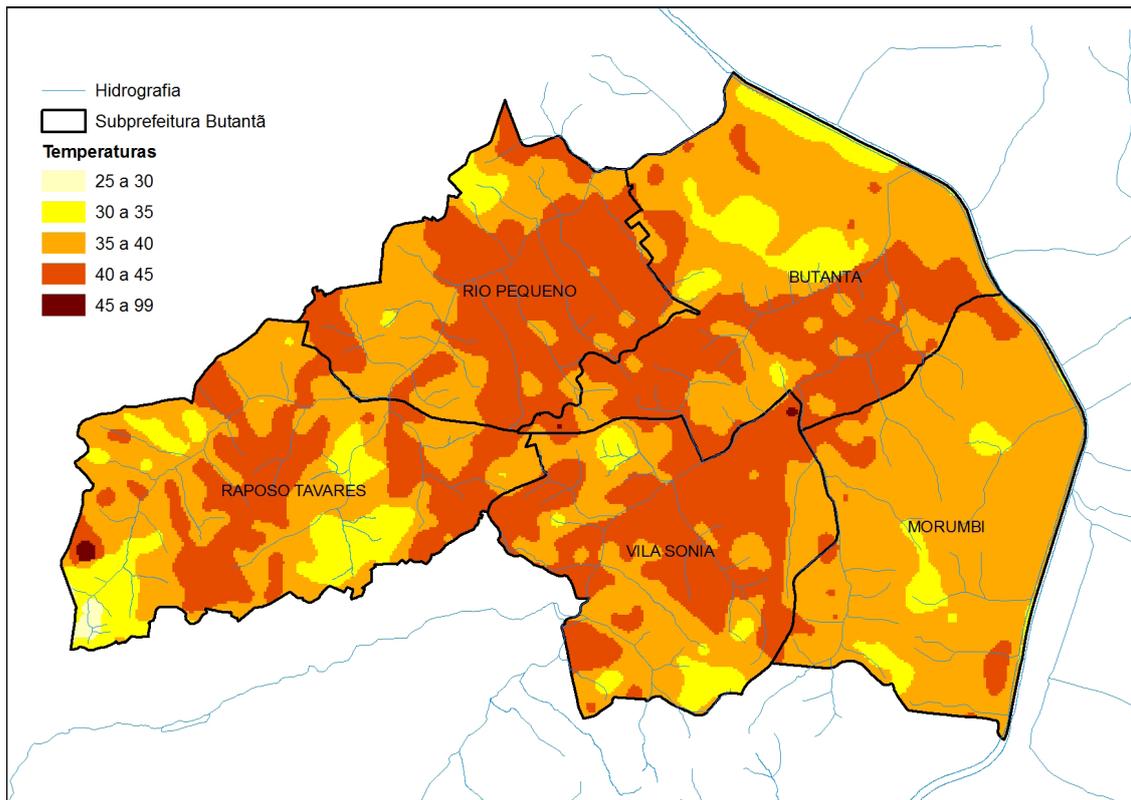
K1 = Constante de calibração 1 = 774.89 (K)

$L\lambda$ = Radiância espectral em Watts / ($m^2 \text{ sr } \mu m$)

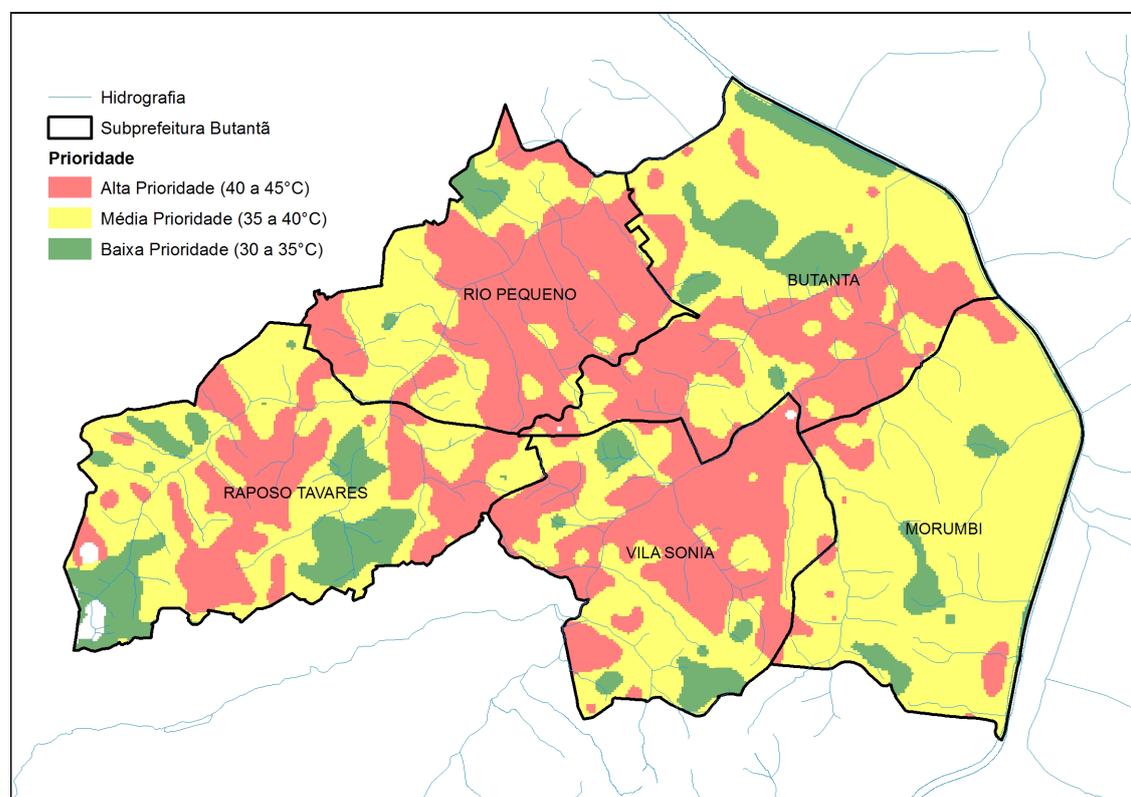
$$T = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)}$$

Após esses procedimentos realizados na banda 10 do *Landsat-8*, os valores de temperatura em Kelvin são subtraídos pelo seu valor absoluto, gerando uma nova imagem de temperatura em graus Celsius e gerado o mapa de temperatura de superfície. Para definição de classes de prioridade, devem-se avaliar os dados gerados para a área de interesse. Quanto maior a temperatura de superfície maior será a prioridade.

Temperatura de superfície na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Redução do Efeito de Ilhas de Calor** na área piloto



Arborização em Vias Movimentadas

Função ambiental: Equilíbrio Ambiental

Identificador: Indicador 9 - I9

Serviço ambiental: Melhoria da Qualidade do Ar

Categoria: Regulação



Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

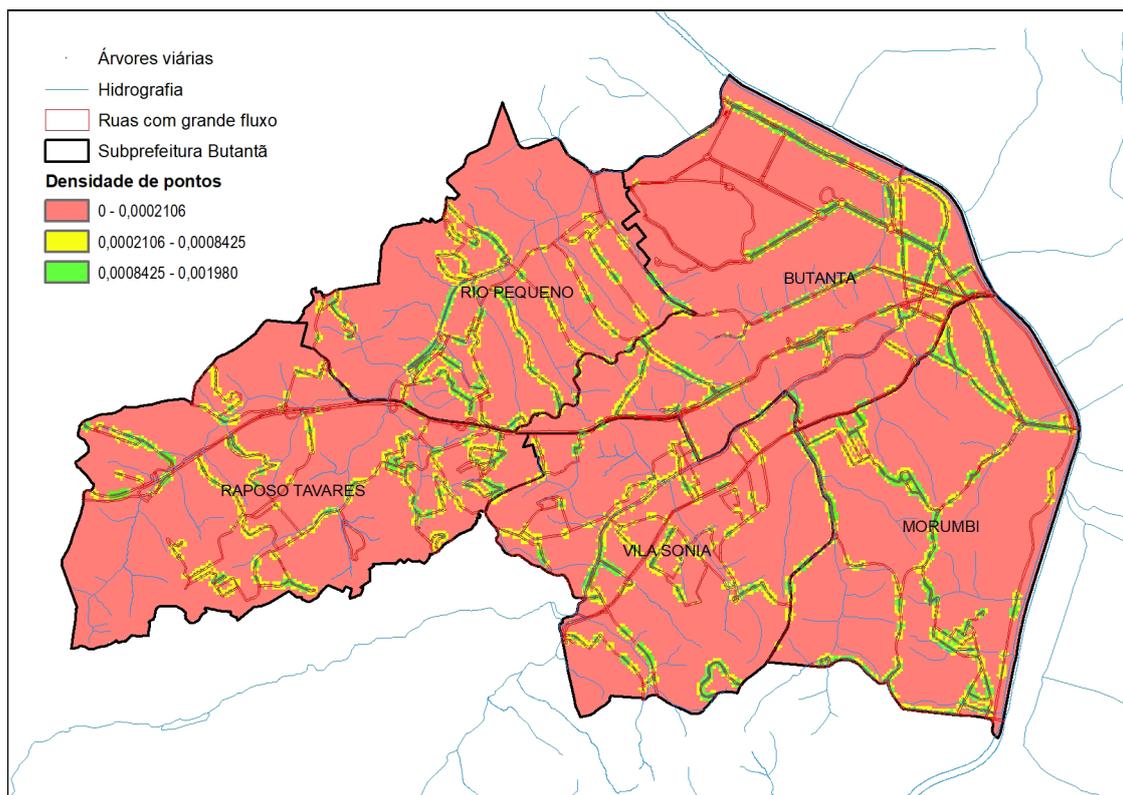
Definição: o que significa e porque é importante medi-lo?

O indicador refere-se à densidade de árvores em vias com grande trânsito de veículos. Identificar vias sem árvores permite planejar a implantação de infraestrutura verde para fins de redução da dispersão de material particulado – mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar. Os veículos são uma das principais fontes desse poluente, tornando importante a presença de árvores nas calçadas para formar uma barreira vegetal, possibilitando sua retenção na biomassa aérea, com consequente melhoria da qualidade do ar local.

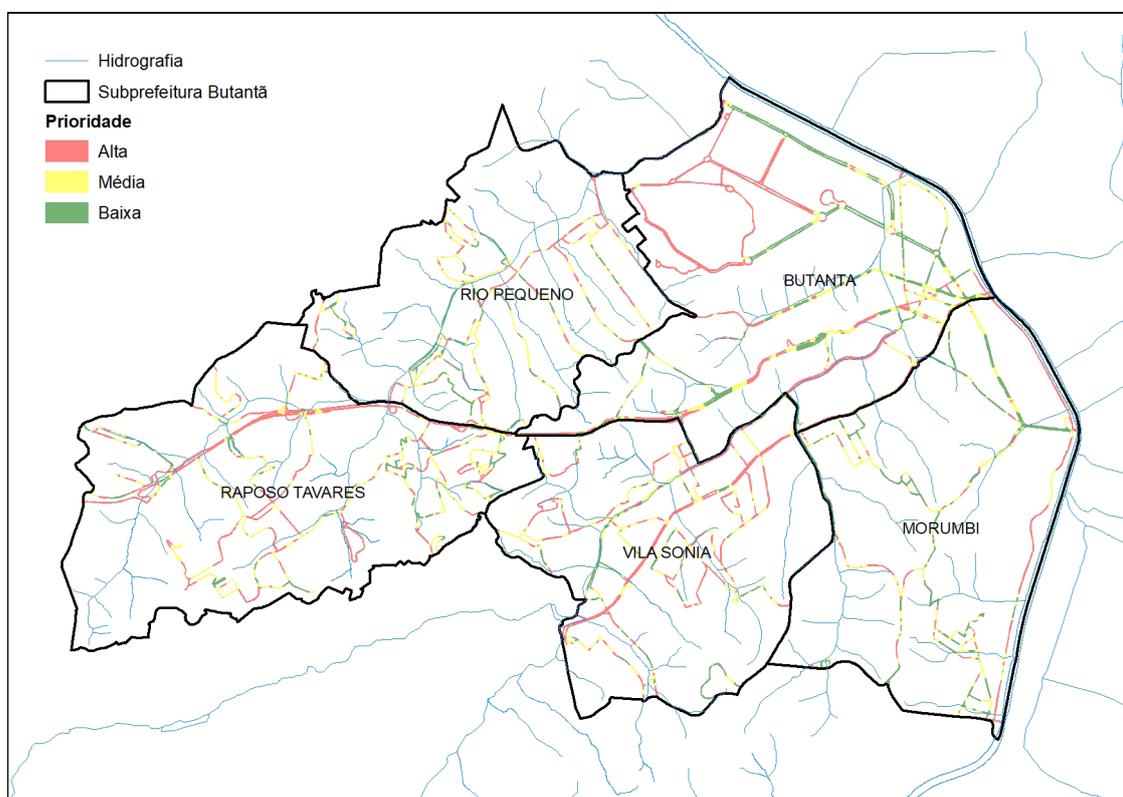
Metodologia de Obtenção dos Dados

As vias com grande fluxo de veículos e as rotas de ônibus são obtidas pela base de dados do município. Cada árvore da arborização urbana deve ser mapeada por pontos no limite de 10 m no entorno dessas vias. Alguns municípios têm as árvores mapeadas, bastando que seja recortada para o *buffer* de 10 m no entorno das vias. A partir dos dados de pontos de árvores, utiliza-se a ferramenta de densidade de pontos no Sistema de Informações Geográficas, com vizinhança (*Neighbourhood*) circular de 100 m de raio. Para a classificação do mapa gerado de densidade de pontos, é necessária a análise estatística dos dados, considerando apenas a amplitude útil para a classificação em três níveis, utilizando o método de classificação por intervalos naturais (método de otimização de *Jenks*). O próximo passo é vetorizar o mapa gerado, para fazer o recorte com os limites do *buffer* de 10 m no entorno das vias, classificando em alta, média e baixa prioridade para aplicação de infraestrutura verde: quanto menor a densidade de árvores, maior será a prioridade.

Densidade de árvores em vias com grande trânsito de veículos na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde para a provisão do serviço ambiental **Melhoria da Qualidade do Ar** na área piloto



3.3 Definir áreas prioritárias para ampliação de serviços ambientais

A representação cartográfica é apenas uma parte de um amplo resultado de coleta, edição, gerenciamento e análise de dados espaciais para gerar uma informação espacial. A aquisição, armazenamento, gerenciamento, manipulação, processamento, exibição e publicação de dados e informações geográficas são feitas por meio de um Sistema de Informações Geográficas (**BOX 3.2**).

3.2: Sistemas de Informações Geográficas

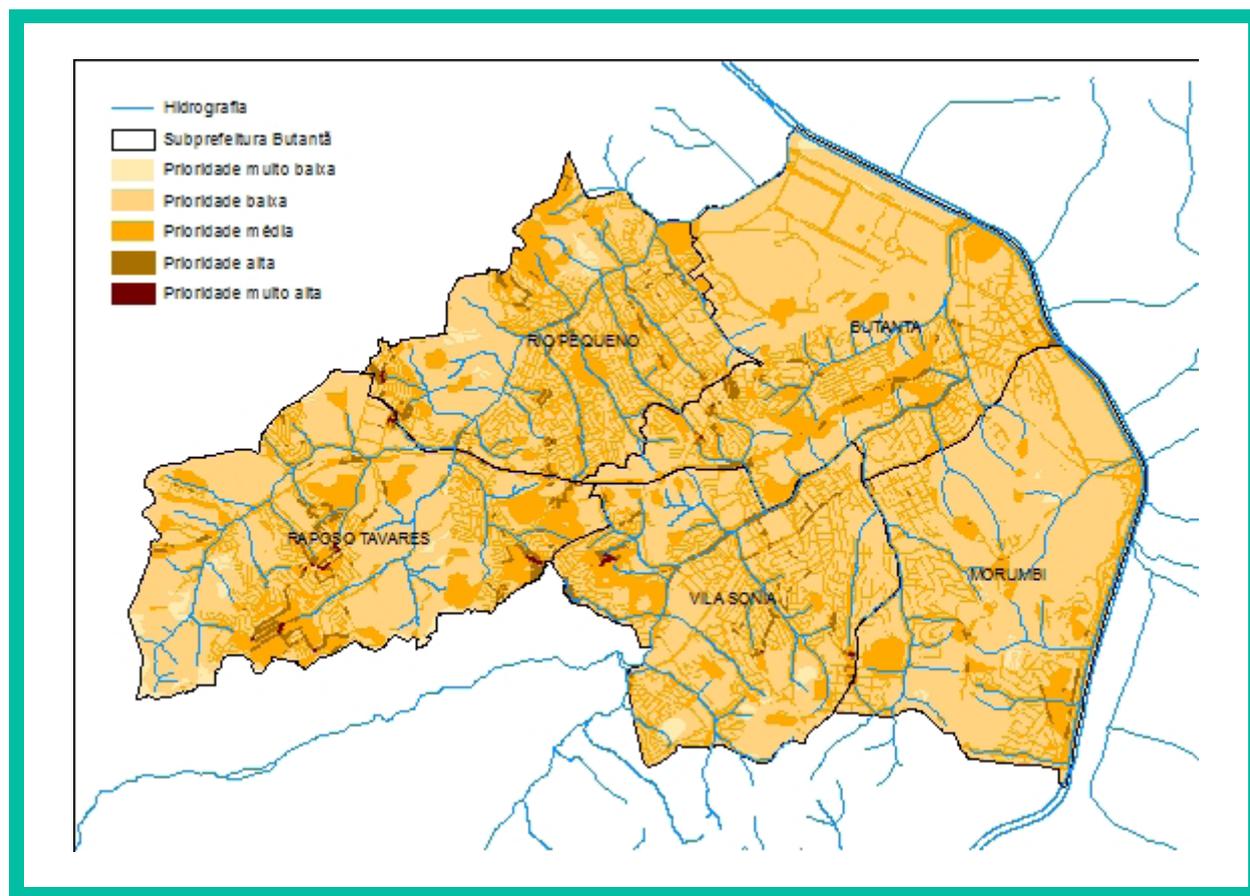
Sistemas de Informações Geográficas (SIG) são constituídos por uma série de programas e processos voltados à aquisição, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações referenciadas espacialmente.

Exemplos de softwares SIG livres: Quantum GIS (QGIS), disponível para download em: https://www.qgis.org/pt_BR e gvSIG, disponível para download em: <http://www.gvsig.com/pt>

A classificação final de prioridade para a implantação de infraestrutura verde na unidade territorial de análise é feita a partir da análise integrada dos indicadores gerados. No caso dos serviços ambientais compostos por mais de um indicador (**S2 e S3 na Figura 3.2**), é necessário calcular, primeiramente, o indicador síntese do serviço, denominados I2 e I3 na **Figura 3.2**. O indicador síntese é calculado por meio da função união, que transforma duas ou mais formas sobrepostas em uma. Esta tarefa pode ser realizada facilmente por meio das funções disponíveis na Caixa de Ferramentas de Processamento disponíveis dos *softwares* de SIG.

Os nove mapas relativos aos serviços ambientais apresentados na **Figura 3.2**, classificados em três níveis de prioridade (alta, média e baixa), foram integrados também por meio da função união, resultando no mapa síntese (**Figura 3.3**). O resultado final foi dividido em cinco classes de prioridade para implantação da infraestrutura verde (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa). O uso de cinco classes teve o objetivo de melhorar a visualização das áreas prioritárias identificadas.

Figura 3.3 - Áreas prioritárias para ampliação de serviços ambientais por meio da implantação de infraestrutura verde na área piloto – mapa síntese.



As áreas do mapa síntese consideradas com prioridade muito alta para implantação de infraestrutura verde são as que agregaram maior sobreposição de áreas de prioridade alta para cada indicador (de 19 a 21 áreas sobrepostas, na área piloto). Já as áreas do mapa síntese consideradas com prioridade muito baixa para aplicação de infraestrutura verde são as que agregaram menor sobreposição de áreas de prioridade alta para cada indicador (de 5 a 7 áreas sobrepostas, na área piloto). As demais classificações representam agregações intermediárias de áreas de prioridade alta para cada indicador, que, na área piloto, teve a seguinte distribuição: alta, de 16 a 18 áreas sobrepostas; média, de 11 a 15 áreas sobrepostas; e baixa, de 8 a 10 áreas sobrepostas. Deve-se salientar que a definição das cinco classes de prioridade (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa) dependerá do intervalo de sobreposições de áreas

com prioridade alta do mapa síntese, o qual vai variar de acordo com a área de estudo. Assim, quanto maior o intervalo, mais heterogênea será a situação ambiental da área de estudo, podendo ser considerada uma maior quantidade de classes diferentes para representá-la. Da mesma forma, quanto menor o intervalo, mais homogênea será a situação ambiental da área de estudo, requerendo menor quantidade de classes para representá-la.

A indicação das áreas prioritárias para criação de parques e unidades de conservação, é outro resultado que pode ser obtido na análise da situação ambiental da área de estudo. Esse resultado, descrito a seguir, gerou um mapa de oportunidades de criação de parques e unidades de conservação para a área de estudo, o que ampliará o fornecimento de serviços ambientais a partir da implantação de infraestrutura verde.

Criação de Parques e UC

Função ambiental: Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora

Serviço ambiental: Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)

Categoria: Suporte

15 VIDA TERRESTRE



Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir

de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade

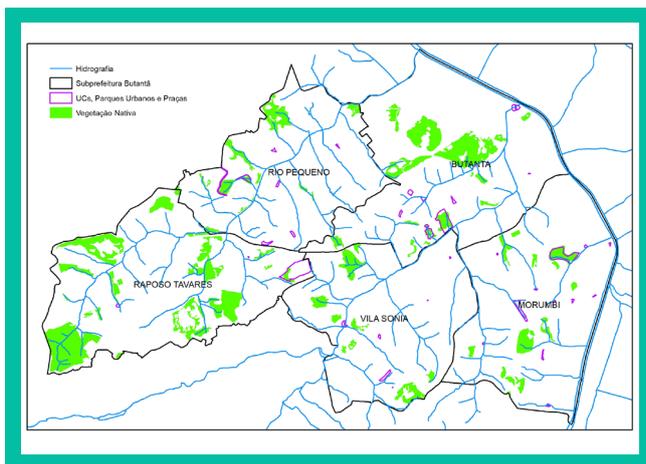
Definição: o que significa e porque é importante

A oportunidade de criação de parques e UC consiste no cruzamento do mapa síntese de déficit de infraestrutura verde com a informação das áreas ocupadas por vegetação natural. O resultado permitirá visualizar e quantificar as áreas de vegetação nativa em áreas classificadas como de maior prioridade para implantação de infraestrutura verde. Essas áreas de vegetação nativa são prioritárias para a conservação, por meio de criação de parques e UC e tipologias de infraestrutura verde de escala regional.

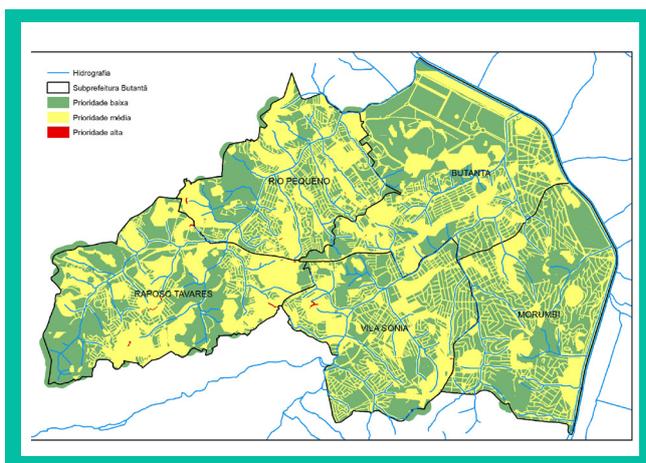
Metodologia de obtenção dos dados

Obter por meio de Sistema de Informações Geográficas:

1. **Mapa de vegetação nativa fora de UC, parques urbanos e praças:** Espacialização da vegetação nativa na área de estudo, considerando somente as áreas com vegetação nativa fora de UC (federal, estadual, municipal ou privada), de parques urbanos e praças;
2. **Mapa síntese de déficit de infraestrutura verde:** Mapa síntese das áreas prioritárias para implantação de infraestrutura verde, que contem três classes de prioridade: Alta, Média e Baixa;
3. **Mapa de oportunidade de criação de parques e UC:** Sobreposição dos mapas de vegetação nativa fora de UC, parques urbanos e praças e do Mapa síntese de déficit de infraestrutura verde

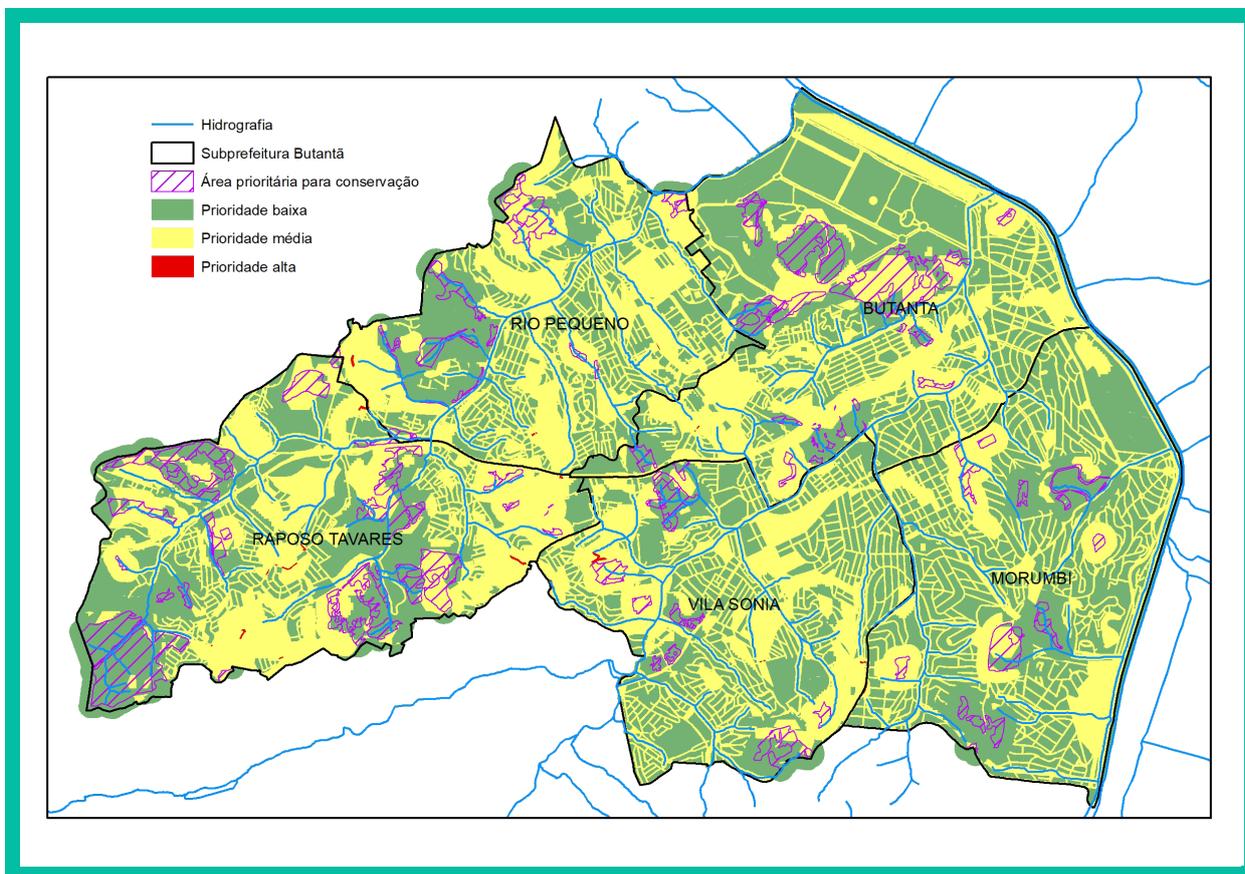


Vegetação nativa fora de UC, parques urbanos e praças na área piloto



Áreas prioritárias para a instalação de infraestrutura verde na área piloto (**Mapa Síntese de Déficit de Infraestrutura Verde**)

Abaixo: Oportunidades de criação de parques e UC na área piloto



3.4 Selecionar as tipologias de infraestrutura verde

A última etapa consiste na leitura integrada com a Matriz de Correlação entre Infraestrutura Verde e Serviços Ambientais (**Figura 3.4**). Essa matriz foi construída a partir do agrupamento das tipologias por escala de aplicação – regional, local e particular, com base no potencial que essas tipologias têm para a melhoria de importantes funções ambientais para a manutenção da qualidade de vida nas cidades: proteção dos recursos hídricos; bem estar da população; equilíbrio ambiental e biodiversidade.

Uma escala de avaliação foi definida e aplicada para identificar o potencial de cada tipologia em fornecer os serviços ambientais, onde: (-) significa potencial nulo ou não se aplica; (+) significa menor potencial e (++) significa maior potencial. Para esta avaliação foram consideradas as tipologias prioritárias que pudessem atender às necessidades dos gestores, procurando entender a escala de aplicação para situações reais da cidade.

Figura 3.4: Matriz de correlação entre infraestrutura verde e serviços ambientais

Funções e serviços ambientais x Tipos de infraestrutura verde	Escala Regional (Paisagem, Bacia Hidrográfica)								
	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora			F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição da Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar
Áreas Verdes Urbanas (parques urbanos, praças, zoo)	(+++)	(+)	(+++)	(+)	(+++)	(+++)	(+)	(+++)	(+++)
Espaços Naturais Protegidos (UC, RL, TI - periurbano, rural)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+)	(+)	(+)	(+)
Cinturão Verde- <i>greenbelt</i> (conecta áreas urbanas e rurais)	(+++)	(+++)	(+++)	(+)	(+++)	(+)	(+)	(+)	(+)
Corredores Verdes Urbanos (corredores ripários, parques lineares)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+++)	(+)	(+++)	(+++)

Funções e serviços ambientais x Tipologias de infraestrutura verde	Escala Local (Ruas, Bairros e Praças)								
	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora			F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição da Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar
Ruas Verdes / Caminhos Verdes	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(+)	(++)	(+)
Vias de Uso Múltiplo / Ruas Completas	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(++)	(+)	(++)	(-)
Agricultura Urbana / Hortas Comunitárias	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(++)	(+)	(+)	(+)
Lagoa Pluvial / Bacia de Retenção*	(++)	(++)	(++)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(++)

Funções e serviços ambientais x Tipologias de infraestrutura verde	Escala Local (Ruas, Bairros e Praças)								
	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora		F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental	
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição a Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar
Alagado Construído / Wetland *	(++)	(++)	(++)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)
Lagoa Seca *	(++)	(+)	(++)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
Canteiro Pluvial *	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)
Jardim de Chuva *	(+++)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)

Funções e serviços ambientais x Tipologias de Infraestrutura Verde	Escala Local (Ruas, Bairros e Praças)								
	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora			F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhororia da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuição a Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhororia da Qualidade do Ar
Biovaleta *	(++)	(+)	(++)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)
Bioengenharia de Solos *	(++)	(++)	(++)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)
Pavimento Permeável*	(++)	(++)	(++)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)
Interseção Viária *	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)

Funções e serviços ambientais x Tipologias de Infraestrutura verde	F1 Proteção dos Recursos Hídricos			F2 Biodiversidade e Fluxo Gênico de Fauna e Flora			F3 Bem estar das Populações Humanas		F4 Equilíbrio Ambiental	
	S1. Manutenção da Vazão Hídrica	S2. Mitigação de Eventos Hídricos Extremos	S3. Melhoria da Qualidade da Água	S4. Manutenção de Habitat	S5. Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico)	S6. Recreação, Saúde Física e Mental	S7. Diminuir a Vulnerabilidade Social	S8. Redução do Efeito de Ilhas de Calor	S9. Melhoria da Qualidade do Ar	
Escala Particular (Edificação)										
Jardim Vertical	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(+)	
Telhado Verde	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	
Cisterna	(+)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)	
Espaços Verdes Particulares (jardins)	(+++)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(+)	(+++)	

(*) Melhores Práticas de Manejo de Águas Pluviais (MPM); Práticas de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID)

(-) potencial nulo; (+) < potencial; (++) > maior potencial

No ambiente de SIG, consultando a tabela de atributos do mapa síntese resultante do cruzamento do mapeamento dos diferentes indicadores de serviços ambientais, é possível reconhecer os serviços ambientais mais deficitários em cada área mapeada. Assim, por meio da consulta da Matriz de Correlação entre Infraestrutura Verde e Serviços Ambientais será possível identificar o grupo de tipologias mais adequadas para implantação na área, levando-se em consideração a escala de aplicação, bem como os recursos disponíveis.



ATENÇÃO: Se a Prefeitura não dispuser de profissional com experiência em SIG, pode-se utilizar somente a Matriz de Correlação entre Infraestrutura Verde e Serviços Ambientais aplicada ao conhecimento dos gestores sobre a realidade local.

Além de permitir selecionar as tipologias de infraestrutura verde, a metodologia permite analisar cada indicador de serviço ambiental separadamente. Isso é possível conhecendo-se a área de ocupação de cada classe referente aos três níveis de prioridade (alta, média e baixa), o que possibilita calcular o índice para cada indicador avaliado e mapeado, conforme as seguintes fórmulas:

$$Sn_{pn} = (ESn_{pn} \times \text{Peso}_{pn})$$
$$ISn = (Sn_{p1} + Sn_{p2} + Sn_{p3}) / Sn_{p3}$$

Onde:

Sn_{pn} = Desempenho da n-ésima classe de prioridade (pn) para instalação de infraestrutura verde para a provisão do n-ésimo serviço ambiental (Sn). Onde: p1= classe de baixa prioridade; p2= classe de média prioridade; p3= classe de alta prioridade; S1= Manutenção da Vazão Hídrica; S2= Mitigação de Eventos Hídricos Extremos; S3= Melhoria da Qualidade da Água; S4= Manutenção de habitat; S5= Manutenção da Diversidade Genética (Fluxo Gênico); S6= Recreação, Saúde Física



e Mental; S7= Diminuição da Vulnerabilidade Social; S8= Redução do Efeito de Ilhas de Calor; e S9= Melhoria da Qualidade do Ar;

ESn_{pn} = Escore da classe de prioridade (pn) para instalação de infraestrutura verde, para a provisão do n-ésimo serviço ambiental (Sn), representado pela porcentagem da área da unidade territorial de análise ocupada pela classe de prioridade (pn) do serviço ambiental (Sn);

$Peso_{pn}$ = Peso da classe de prioridade (pn) para instalação de infraestrutura verde para a provisão do n-ésimo serviço ambiental (Sn) definido como: $Peso_{p1} = 1$; $Peso_{p2} = 2$; e $Peso_{p3} = 3$;

ISn = Índice de prioridade para instalação de infraestrutura verde para a provisão do n-ésimo serviço ambiental (Sn) na unidade territorial de análise.

O ISn de cada serviço ambiental para cada unidade territorial a ser analisada na área de estudo, permite responder algumas questões importantes para o planejamento regional da paisagem relacionado à implantação de infraestrutura verde:



ATENÇÃO: A unidade territorial de análise pode ser tanto o município como um todo, quanto a subprefeitura, bairro, etc.

1. Qual serviço ambiental apresentou pior desempenho na unidade territorial de análise?

O ISn varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior será a prioridade para a instalação de infraestrutura verde para o provimento do serviço ambiental (Sn) na unidade de análise. Dessa forma, o pior serviço ambiental da unidade de análise será aquele que apresentar o maior valor de ISn . As tipologias de infraestrutura verde mais adequadas para a ampliação do provimento desse serviço

podem ser identificadas na Matriz de Correlação entre Infraestrutura verde e Serviços Ambientais (ver Figura 3.4).

Essa análise pode ser feita para a área de estudo como um todo (por exemplo: subprefeitura do Butantã), utilizando-se a área total de cada classe de prioridade para o cálculo do ISn, ou para uma porção da área de estudo, calculando-se o ISn para cada unidade territorial de análise (por exemplo: distritos do Butantã, Morumbi, Raposo Tavares, Rio Pequeno ou Vila Sônia).

Na subprefeitura do Butantã, o serviço ambiental “Manutenção da vazão hídrica”, medido pelo indicador “Nascentes Impermeabilizadas” apresenta a pior situação, destacando-se como o serviço ambiental que deverá ser prioritário para identificar tipologias de infraestrutura verde para aumentar sua provisão. No entanto, se a análise for realizada por distrito, outros serviços são identificados como críticos: no distrito Raposo Tavares, o serviço ambiental mais crítico é o “Melhoria da qualidade do ar”, medido pelo indicador “Arborização em vias movimentadas”; e no distrito Rio Pequeno, o serviço ambiental mais crítico é o “Redução do efeito de ilhas de calor”, medido pelo indicador “Temperatura da superfície”.

2. Qual é a pior unidade territorial de análise em termos de situação ambiental?

O cálculo da média dos valores individuais de ISn dos serviços ambientais considerados possibilita identificar a unidade territorial que apresenta a pior situação ambiental da área de estudo. A unidade territorial de análise com valor médio de ISn mais próximo de 1 apresentará a pior situação ambiental da área de estudo quanto à provisão de serviços ambientais. Na área piloto, o distrito Vila Sônia apresenta a pior situação ambiental, comparado aos outros distritos da subprefeitura do Butantã. Essa informação é importante como critério de priorização para implantação de infraestrutura verde, considerando as unidades territoriais da área de estudo.

3. Qual é a unidade territorial mais crítica para a provisão de um determinado serviço ambiental?

Caso a área de estudo contenha mais de uma unidade territorial de análise, o cálculo de ISn de cada unidade possibilita reconhecer aquela com maior déficit ou a que contribui menos para o provimento de um dado serviço ambiental (Sn). Essa informação é importante para priorizar unidades territoriais para melhorar o fornecimento de um benefício específico para a população.

Na área piloto, para o serviço ambiental “Diminuição da vulnerabilidade social (S7)”, medido pelo indicador “Índice de Vulnerabilidade Social”, o distrito Raposo Tavares apresentou valor de IS7 (referente ao serviço ambiental “Diminuição da vulnerabilidade social - S7) mais próximo de 1, se comparado aos demais distritos, indicando ser o distrito prioritário para o uso de tipologias de infraestrutura verde que permitam reduzir a vulnerabilidade social, com a promoção de atividades produtivas. Consultando-se a “Matriz de Correlação entre Infraestrutura verde e Serviços Ambientais” pode-se escolher, por exemplo, a tipologia agricultura urbana para atingir esse objetivo.

4.

Considerações

4.

Considerações

Como qualquer outro método, o apresentado neste guia apresenta algumas limitações já identificadas:

- O método teve como base o uso de recurso tecnológico (Sistema de Informações Geográficas) que depende de recursos humanos capacitados para utilizá-lo nos municípios. Sabe-se que nem sempre esses recursos estão disponíveis nos municípios;
- O método foi desenvolvido usando-se como estudo de caso uma subprefeitura do município de São Paulo, com disponibilidade de dados para calcular e mapear os indicadores de serviços ambientais, o que nem sempre acontecerá para municípios fora da região metropolitana de São Paulo.

Além destas limitações, outras certamente surgirão da experiência de uso deste guia. O guia pode ser útil para os municípios identificarem áreas importantes para a implantação de infraestrutura verde e geração de serviços ambientais, utilizando-se a Matriz de Correlação entre Infraestrutura verde e Serviços Ambientais e o conhecimento técnico acumulado da equipe da prefeitura sobre o território do município e sobre seus problemas ambientais prioritários. Mesmo que o método apresentado não possa ser 100% replicado em todos os municípios, este guia é uma ferramenta para auxiliar nas discussões e tomada de decisão acerca da implantação de infraestrutura verde nos municípios, podendo ser adaptada às situações e à realidade de cada município. Assim, recomendamos que os usuários deste guia usem o seu conteúdo da melhor maneira para atender às suas necessidades.

Referências

AHERN, Jack. **Sustainability, Urbanization and Resilience**, First International Conference of Humanities and Creative Industry, National Chin-Yi University of Technology, Taichung, Taiwan, 4 de junho de 2009. p. 4-22.

ARTMANN, M.; BASTIAN, O.; GRUNEWALD, K. Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities-the example of the landscape plan of Dresden (Germany). **Sustainability**, v. 9, n. 2, p. 198, 2017.

BRANDÃO, F.C.A., CRESPO, H. A. **Diretrizes relacionadas à implantação da infraestrutura verde para aumentar a resiliência urbana às mudanças climáticas**, Rio de Janeiro. 2016. Graduação (Monografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infra-estrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. **Paisagem e Ambiente**, n. 25, p. 127-142, 2008

FIREHOCK, K. A short history of the term green infrastructure and selected literature. **Retrieved February**, v. 3, p. 2012, 2010.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT. **Ecosystems and human well-being: a framework for assessment**. Washington, DC: Island Press, 2003. 245 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Serviços ambientais**. Disponível em: <<https://mma.gov.br/biodiversidade/economia-dos-ecossistemas-e-da-biodiversidade/servi%C3%A7os-ecossist%C3%AAmicos.html#servi%C3%A7os-ambientais>>. Acesso: 19 dez. 2019.

ONU NO BRASIL. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2018. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br/sobre/>>. Acesso em: 4 jan. 2019.

Lista de Siglas

UC – Unidades de Conservação

IV – Infraestrutura Verde

TI – Terra Indígena

ONU – Organização das Nações Unidas

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PMVA – Programa Município Verde Azul

RL – Reserva Legal

APP – Área de Preservação Permanente

SIG – Sistema de Informações Geográficas

