

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

LEANDRO MOREIRA GONÇALVES

**CONFLITOS E POTENCIALIDADES DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA EM UMA ÁREA
DE ESPECIAL INTERESSE PEATONAL (AEIP) EM SÃO CARLOS - SP**

**SÃO CARLOS - SP
2021**

LEANDRO MOREIRA GONÇALVES

**CONFLITOS E POTENCIALIDADES DA ARBORIZAÇÃO VIÁRIA EM UMA ÁREA
DE ESPECIAL INTERESSE PEATONAL (AEIP) EM SÃO CARLOS - SP**

Trabalho de Graduação Integrado apresentado
como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil do Centro de
Ciências Exatas e de Tecnologia da
Universidade Federal de São Carlos

Orientadora: Profa. Dra. Sandra Regina Mota

**SÃO CARLOS - SP
2021**

Leandro Moreira Gonçalves
Conflitos e potencialidades da arborização viária em uma Área de Especial Interesse
Peatonal (AEIP) em São Carlos - SP:

Trabalho de Graduação Integrado apresentado
como requisito parcial para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil do Centro de
Ciências Exatas e de Tecnologia da
Universidade Federal de São Carlos

Aprovação: 18/06/2021

Prof. Dr. Profa. Dra. Sandra Regina Mota
Universidade Federal de São Carlos

Dr. Daniel Tonielli Caiche

Me. Caio Augusto Rabello Gobbo

À memória das mais de quinhentas mil vítimas da pandemia de Covid-19 do Brasil em homenagem.

À todas e todos que tem travado uma batalha incansável em defesa da vida em meio a tempos tão difíceis.

AGRADECIMENTOS

À professora Sandra Regina Mota Silva pelo dedicado e atencioso trabalho de orientação que enriqueceu muito este trabalho e pela motivação contínua sem a qual teria sido muito mais árduo todo o trajeto de pesquisa.

À minha família que nunca faltou em um segundo sequer no suporte, no carinho, no amor e incentivo incondicional em todos os aspectos da minha vida que de maneira alguma se separaram de minha vida acadêmica. Agradeço com todo o coração à Maria, minha mãe, Hilton, meu pai e Dayane, minha irmã.

Aos meus amigos com quem compartilhei grandes momentos, os bons e os difíceis, ao longo dos meus anos de graduação. Aos que ainda seguem próximos, aos que seguiram outros caminhos, a todos eles, meu profundo agradecimento.

Aos membros convidados da banca, Daniel e Caio, pela leitura atenciosa do trabalho, suas contribuições apresentadas no momento da defesa, mas por seus próprios trabalhos que foram base e motivação para o desenvolvimento deste.

À Universidade Federal de São Carlos, verdadeiro patrimônio nacional, a todas e todos os trabalhadores sem os quais esta Universidade não existiria e a todos os colegas estudantes que preenchem de vida o ambiente universitário e renovam os ânimos da Universidade a cada ano.

“Nada deve parecer impossível de mudar.”
Bertolt Brecht

RESUMO

Calçadas são espaços livres de edificação essenciais para a caminhada, encontro e lazer nas cidades e que vem perdendo espaço, nas últimas décadas, para os modos de transporte motorizados. O conceito de caminhabilidade compreende a necessidade não apenas de condições espaciais, mas também condições de estética da paisagem, segurança, usos mistos do solo e conforto que beneficiam o deslocamento a pé. A arborização urbana tem um importante papel na melhoria do microclima das ruas e qualificação da paisagem urbana, beneficiando em especial o pedestre. O presente trabalho investigou e analisou os conflitos e as potencialidades para a implantação do sistema de arborização urbana discutindo sua interação com a caminhabilidade. Para tanto, foi escolhida uma Área de Especial Interesse Peatonal (AEIP) de São Carlos – SP onde foram aplicados critérios de implementação da arborização previstos pelo Plano Diretor de Arborização do município em face dos elementos de infraestrutura. Foi realizado um levantamento em campo da localização de cada um dos elementos investigados (caixas de inspeção, bocas de lobo, hidrantes, pontos de ônibus, postes, placas de sinalização, semáforos e guias rebaixadas para acesso de veículos). Com os dados obtidos foi construído um mapa com auxílio do *software* AutoCad e então importado para o QGIS, onde foram realizadas operações de geoprocessamento como *buffers*, a partir das distâncias mínimas analisadas, uniões, subtrações e intersecções. As quadras estudadas apresentaram, em média 75% da extensão de suas calçadas sob influência de alguma infraestrutura e 35% das árvores identificadas na região estão em conflito com alguma infraestrutura construída. Foram verificados conflitos mesmo em lotes com grandes extensões de calçada evidenciando o desafio do planejamento e projeto dos espaços urbanos que permitam maximizar espaços adequados à arborização urbana. O rebaixamento de meios-fios para acesso de veículos a estacionamentos e as placas de sinalização correspondem, juntos, a 64% das ocorrências de conflitos com árvores. Foi identificado um potencial de plantio de árvores ao longo de uma extensão de até 759,16 m de calçada com e sem rebaixamento de meio-fio, que equivale a 28,91% da extensão total de meio-fio das quadras. A escolha de uma AEIP se revelou pertinente, pois os resultados indicam que os principais desafios a serem superados para efetiva implementação da arborização urbana passam pela reconfiguração do espaço urbano de modo a garantir a priorização do pedestre e conseqüente melhoria das condições de caminhabilidade.

Palavras-chave: Arborização urbana. Caminhabilidade. Infraestruturas Urbanas.

ABSTRACT

Sidewalks are free open spaces, essential for walking, meeting and leisure in cities that have been losing ground in the last decades to motor vehicles. The walkability understands the need not only for spatial conditions, but also for the aesthetics of the landscape, safety, mixed uses of land and comfort that benefit for pedestrians. Urban afforestation plays an important role in improving the microclimate of streets and improving the urban landscape. The present work investigated and analyzed the conflicts and potentialities for the implantation of the urban afforestation system, discussing its interaction with the walkability. For this purpose, an Area of Special Pedestrian Interest (ASPI) in São Carlos – SP was chosen, where afforestation implementation criteria were used in accordance with the municipality's Master Plan for Afforestation in view of the infrastructure elements. With the data obtained, a map was built with the help of the AutoCad software and then imported into QGIS, where geoprocessing operations such as buffers were used, for the minimum distances analysis, unions, subtractions and intersections. The studied blocks had, on average 75% of the extension of its sidewalks tailored to some infrastructure and 35% of the trees are in conflict with some built infrastructure. Conflicts were verified even in lots with large sets of sidewalks, highlighting the challenge of planning and designing urban spaces that return spaces to urban afforestation. Curb cuts for vehicle access to parking and signposts, together, account for 64% of the occurrences of conflicts with trees. A potential for planting trees along an extension of up to 759.16 m of sidewalk with and without curb lowering was identified, which is equivalent to 28.91% of the total curb extension of the blocks. The choice of an ASPI proved pertinent, as the results indicate that the main challenges to be overcome for the implementation of urban afforestation involve the reconfiguration of the urban space in order to guarantee the prioritization of pedestrians and the consequent improvement in walking conditions.

Keywords: Urban afforestation. Walkability. Urban Infrastructure.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Resultados de cada setor por categoria analisada do índice de caminhabilidade do.	25
Figura 2: Cobertura arbórea e arbustiva nas imediações do setor censitário 21	26
Figura 3: Localização do setor de estudo	27
Figura 4: Identificação das quadras de estudo	28
Figura 5: Critérios estabelecidos pelo PDAU	29
Figura 6: Dimensões mínimas da calçada segundo a ABNT 9050	32
Figura 7: Exemplo ilustrativo de aplicação do critério de distância mínima em elementos de infraestrutura pontuais	33
Figura 8: Exemplo ilustrativo de aplicação do critério de distância mínima em elementos de infraestrutura linear	33
Figura 9: Largura média de cada calçada (m)	35
Figura 10: Largura da faixa disponível para faixas de serviço e acesso ao lote (m)	36
Figura 11: Comprimento de cada calçada (m)	36
Figura 12: Área da faixa disponível de cada calçada (m ²)	37
Figura 13: Localização dos elementos de infraestrutura	37
Figura 14: Extensão de meio-fio sob influência de infraestrutura por calçada (m)	39
Figura 15: Maior trecho contínuo de calçada sob influência de elementos de infraestrutura	39
Figura 16: Porcentagem da extensão do meio-fio sob influência de infraestrutura por calçada	40
Figura 17: Localização aproximada da área de estudo em relação à microbacia do córrego do Gregório	41
Figura 18: Quantidades de caixa de inspeção por quadra e a respectiva extensão impactada	41
Figura 19: Localização das caixas de inspeção nas calçadas da quadra 7 (esquerda) e 3 (direita)	42
Figura 20: Ponto de ônibus localizado na calçada fora da área estudada	43
Figura 21: À esquerda, poste isolado situado na calçada 14. À direita, poste isolado situado na calçada 23	44
Figura 22: Distanciamento entre as placas da calçada 17	45
Figura 23: Calçadas ao longo de postos de combustível	46
Figura 24: Estabelecimentos da calçada 34 com meios-fios rebaixados para estacionamento de veículos	47

Figura 25: Mapa da distribuição das árvores.....	48
Figura 26: Distribuição das árvores entre as quadras.....	48
Figura 27: Distribuição das árvores entre as calçadas.....	49
Figura 28: Índice de árvores por quilômetro por calçada (árvores/Km).....	50
Figura 29: Localização das árvores e sua situação em relação aos conflitos.....	51
Figura 30: Distribuição das árvores em relação aos conflitos.....	51
Figura 31: Exemplos de árvores com múltiplos conflitos simultaneamente.....	52
Figura 32: Ocorrências de conflitos entre o elemento de infraestrutura construída e alguma árvore.....	53
Figura 33: Localização das áreas de potenciais canteiros sem meio-fio rebaixado.....	54
Figura 34: Localização das áreas de potenciais canteiros com meio-fio rebaixado.....	54
Figura 34: Localização das áreas de potenciais canteiros com meio-fio rebaixado.....	54
Figura 35: Áreas com potencial para plantio de árvores.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da extensão de meio-fio sob influência de elementos de infraestrutura por quadra.....	38
Tabela 2 -Informações gerais sobre as áreas de potenciais canteiros.....	55

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Informações obtidas em campo para cada elemento de infraestrutura.....	30
--	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	12
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 OBJETIVO GERAL	13
1.2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO	14
2. DINÂMICAS SOCIOESPACIAIS DO MEIO URBANO.....	15
2.1 SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES URBANOS.....	16
2.2 QUALIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES URBANOS.....	16
3. CALÇADAS E A CAMINHABILIDADE.....	18
3.1 CONCEITOS E CRITÉRIOS PARA CAMINHABILIDADE.....	18
4. SISTEMA DE ARBORIZAÇÃO URBANA.....	20
4.1 BENEFÍCIOS.....	20
4.2 CONFLITOS.....	21
4.3 DESAFIOS.....	23
5. METODOLOGIA.....	25
5.1 SETOR DE ESTUDO.....	25
5.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO.....	28
5.3 LEVANTAMENTO DE CAMPO.....	29
5.4 GEOPROCESSAMENTO.....	30
5.4.1 ANÁLISE DE CONFLITOS	31
5.5 ANÁLISE DE POTENCIALIDADES.....	33
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	35
6.1 TRECHOS DE CALÇADAS SOB INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS DE INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA.....	37
6.1.1 BOCAS DE LOBO E CAIXAS DE INSPEÇÃO	40
6.1.2 HIDRANTES	42
6.1.3 PONTOS DE ÔNIBUS	42
6.1.4 POSTES E TRANSFORMADORES	43
6.1.5 PLACAS DE SINALIZAÇÃO	44
6.1.6 SEMÁFOROS	45
6.1.7 ENTRADA DE VEÍCULOS	45
6.2 ARBORIZAÇÃO E CONFLITOS.....	47
6.3 ARBORIZAÇÃO E POTENCIALIDADES.....	53
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
APÊNDICE A – GRÁFICOS DA DISTRIBUIÇÃO DE CADA ELEMENTO DE INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA E OS RESPECTIVOS COMPRIMENTOS IMPACTADOS POR QUADRA.....	61
APÊNDICE B – MAPAS DAS LOCALIZAÇÕES DE CADA ELEMENTO DE INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA E DOS RESPECTIVOS COMPRIMENTOS IMPACTADOS POR QUADRA.....	63

1. INTRODUÇÃO

As cidades foram profundamente transformadas com o processo de industrialização onde seu valor de uso e sua realidade urbana com parques, praças, ruas e locais de encontro se submeteram aos interesses de acumulação industrial Lefebvre (2010). Os espaços livres, bem como a paisagem urbana de modo geral, são frutos de conflitos entre interesses públicos e privados onde, via de regra, o empreendedor almeja a menor taxa de áreas não edificáveis no momento do parcelamento do solo, pois apenas o lote apresenta valor de troca.

Nas últimas décadas, os modais ativos de transporte como a caminhada e a bicicleta vem perdendo espaço para os meios motorizados nas cidades brasileiras, na contramão das tendências internacionais. Ambos se situam nas ruas e calçadas que, para Queiroga (2012), são elementos fundamentais para a conectividade do Sistema de Espaços Livres de uma cidade que é formado pelo conjunto dos espaços não edificados. Com a prevalência dos interesses privados na concepção do espaço urbano e da priorização do transporte motorizado, ocorre uma perda de qualidade das calçadas em termos de regularidade dos pavimentos, declividades e dimensões (largura), que assegurem condições gerais de conforto e segurança.

Todo cidadão é um pedestre em algum momento, não importa o modal escolhido para seus deslocamentos (BEILER; PHILLIPS, 2016). Logo, o conjunto da população usufrui em seu cotidiano das ruas e calçadas e não apenas para o deslocamento, mas também para convívio, encontro e lazer (JACOBS, 2009).

Assim, uma série de condições devem então ser atendidas pelo desenho urbano para garantir o que Bradshaw (1993) definiu como caminhabilidade, ou seja, um ambiente amigável ao pedestre, multifuncional, com elementos ambientais que gerem conforto, reduzida poluição sonora e atmosférica e, por fim, que propicie contato entre as pessoas. É nesse sentido que a arborização urbana desempenha um papel importante para a caminhabilidade.

1.1 JUSTIFICATIVA

O sistema de arborização viária também se implanta nos passeios públicos e desempenha um papel amplamente reconhecido pela literatura na qualificação dos espaços livres de edificação. Se destacam as melhorias no conforto térmico, na qualidade do ar, nos aspectos paisagístico, estético e psicológico (ALVES et al., 2019; CHACALO, 2008;

LABAKI et al., 2013; MARTINI, 2013). Tais benefícios atendem direta e indiretamente os indivíduos que optam por modos ativos de transporte e, em especial, ao pedestre.

Contudo, assim como os pedestres, as árvores enfrentam dificuldades e conflitos ao longo das vias urbanas. Podemos citar exemplos como a disputa de espaço físico com infraestruturas, problemas entre raízes e pavimentos, copas e redes de eletricidade e telefonia, troncos e espaço para os pedestres, etc (CAICHE et al., 2016; SCHUCH, 2006).

Alguns autores destacam que a arborização ao longo do viário já existente é mais desafiadora tecnicamente em relação à arborização implantada em espaços verdes. É fundamental que se desenvolvam técnicas, instrumentos, alternativas e iniciativas para o projeto de novas áreas urbanizadas, mas a realidade já consolidada nos municípios brasileiros precisa de alternativas (ROSSETTI; PELLEGRINO; TAVARES, 2010).

Um dos desafios do manejo da arborização nas vias urbanas é a identificação de espaços livres para plantios de novos exemplares. Existe uma carência de subsídios ao manejo da arborização urbana que estabeleça prioridades para a alocação de esforços do poder público. Uma possível abordagem é estabelecer regiões prioritárias para essa identificação.

Gobbo (2019) propõe a criação de Áreas de Especial Interesse Peatonal (AEIPs) como subsídio à formulação de políticas públicas de gestão do espaço urbano voltadas ao pedestre que priorizem áreas onde as condições de caminhabilidade são indispensáveis ou especialmente necessárias. Assim, ao considerar a contribuição da arborização para as condições de caminhabilidade, estudar sua situação nestas áreas prioritárias para o pedestre é uma possibilidade interessante.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar e analisar os conflitos e as potencialidades para a implantação do sistema de arborização urbana nas vias (localizadas em uma das AEIPs - Áreas de Especial Interesse Peatonal da cidade de São Carlos, SP.)

1.2.2 OBJETIVO SECUNDÁRIO

Discutir de que forma os critérios estabelecidos para a base conceitual e para a qualificação das AEIPs interagem com o sistema de arborização.

2. DINÂMICAS SOCIOESPACIAIS DO MEIO URBANO

As cidades já existiam e possuíam pujante vida social e política previamente à industrialização. A partir desta constatação, aparentemente consensual, Lefebvre (2010) afirma que, nas cidades pré-industriais da Europa e da Ásia, se encontravam as mais belas obras urbanas, onde se valorizava os espaços de encontro e festa.

No alvorecer da indústria, havia uma tendência de instalação das plantas industriais fora dos núcleos urbanos. Estas indústrias se aproximaram dos núcleos urbanos que concentravam ferramentas, matérias-primas e mão de obra, transformando-os segundo suas necessidades, fazendo com que sua realidade urbana orientada pelo valor de uso (obra) fosse subordinada ao valor de troca (produto) (LEFEBVRE, 2010).

A lógica do crescimento das cidades pós industrialização consolida a mercantilização do espaço urbano, cujo princípio é a especulação no mercado de terras. Este pensamento urbanístico coloca em segundo plano os elementos que, na visão de Lefebvre (2010), são expressão da realidade urbana: as ruas, praças, monumentos e espaços para encontros. Jacobs (2009) corrobora com a visão de que ruas e calçadas são os principais elementos da vida social urbana. São os órgãos vitais de uma cidade.

Para Silva et al. (2014) percebe-se diversos interesses em conflito na produção da paisagem urbana, de modo que a cidade não carrega uma verdade única, mas um resultado do acúmulo destas contradições ao longo do tempo. As ruas e calçadas são, por exemplo, frutos desta disputa onde o empreendedor busca maximizar seus lucros com o parcelamento do solo. No Brasil, a legislação federal busca limitar o alcance dos interesses privados ao determinar uma reserva de áreas livres mínima no momento do licenciamento dos parcelamentos do solo (BRASIL, 1999).

Ao discutir a produção da forma urbana de São Carlos - SP, Schenk; Peres; Fantin (2018) evidenciam como em diversos momentos históricos os interesses de agentes públicos e privados estiveram em conflito. Os pesquisadores observam, como resultado deste processo, as distintas morfologias entre regiões da cidade. Por um lado, em sua periferia sul, destacam-se empreendimentos de habitação de interesse social com espaços livres desqualificados e uma grande descontinuidade com a cidade, por outro lado, ao norte, empreendimentos de tipo condominial com espaços livres de dois tipos: intramuros bem qualificados e extramuros, geralmente abandonados, e vazios.

Silva e Bueno (2018) identificam esta relação socioespacial entre as periferias norte e sul do município como uma superação do binômio centro-periferia. Contudo, este

compartilhamento da periferia, não indica uma superação segregação socioespacial, mas sim sua ampliação e polarização, fazendo surgir dentro da periferia a “periferia da periferia”.

2.1 SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES URBANOS

Segundo Macedo (1995, p.16), se entende como espaços livres no contexto urbano “ruas, praças, largos, pátios, quintais, parques, jardins, terrenos baldios, corredores externos, vilas, vielas”. Também configuram como espaços livres os locais por onde as pessoas fluem para suas atividades cotidianas ou mesmo os locais onde de fato as realizam.

Rigatti (1998) diferencia os espaços livres de edificação quanto à restrição do uso. Assim, existem os espaços de uso público, que não possuem restrições a sua utilização, tendo acesso permitido a qualquer pessoa e constituem um contínuo (ruas, praças, parques, etc.); e os espaços de uso restrito cuja utilização apresenta alguma limitação e se separam dos espaços de uso público por alguma barreira física ou de domínios (quintais, pátios, jardins internos, etc.).

Em relação ao conjunto destes espaços, Queiroga (2012, p.28) parte “do princípio de que toda cidade possui um Sistema de Espaços Livres” (SEL) que compreende todos os espaços livres de um determinado recorte urbano, bem como os elementos e relações que organizam e estruturam estes espaços.

2.2 QUALIFICAÇÃO DO SISTEMA DE ESPAÇOS LIVRES URBANOS

No Brasil, a Lei Federal 6.766 de 1979 garantia a destinação mínima de 35% da área a ser loteada para uso público, o que incluía as áreas de uso institucional, áreas verdes e o sistema viário (BRASIL, 1979). Em 1999 a Lei Federal 9.785 transferiu ao município a atribuição de definir tais porcentagens de áreas reservadas para uso público, por meio de seu respectivo Plano Diretor (BRASIL, 1999). Em paralelo, o Código Florestal de 2012 (Lei Federal 12.651/2012) estabelece a reserva de Áreas de Preservação Permanente nas faixas de 30 m de largura para cada lado ao longo de corpos d’água com menos de 10 metros de largura, inclusive no perímetro urbano, assim como a possibilidade de incorporação das áreas de Reserva Legal para o conjunto de áreas verdes urbanas quando da inserção de um imóvel rural ao perímetro urbano (BRASIL, 2012). Estas leis garantem, portanto, um conjunto mínimo de espaços livres urbanos para todos os municípios brasileiros.

Contudo, “a legislação simplesmente estabelece onde não se pode edificar, não obriga o Estado ou o proprietário a cuidar ou dar alguma destinação a essas áreas” (GONÇALVES, 2002, p. 24). Dentre as áreas reservadas pela legislação federal incluem-se as de uso institucional, a serem construídas, mas também um conjunto de áreas livres que, para Gonçalves (2002), se tornam espaços frequentemente degradados onde ocorrem despejo de entulho e lixo ou ocupações irregulares como consequência da má gestão desses espaços pelo poder público.

“O espaço livre de edificação, como elemento de projeto, é praticamente desconhecido pelos profissionais e pela população” (MACEDO, 1995, p.52). Neste marco, Silva e Bueno (2018, p. 11-12) destacam a ausência de mecanismos de ordem legal, administrativa e institucional no âmbito das cidades brasileiras que garantam a produção de um sistema de espaços livres, contínuo e integrado, que esteja além do cumprimento do mínimo legal. As autoras constataam que esta lacuna de instrumentos gera, frequentemente, soluções de parcelamento do solo que asseguram, apenas, a demarcação das áreas públicas, sem uma lógica de qualificação ou integração com os demais setores urbanos. A destinação de áreas para espaços públicos durante o parcelamento do solo ocasiona, para Queiroga (2012), uma crescente dependência do mercado imobiliário na produção destes espaços.

Para constituir um Sistema de Espaços Livres de maior complexidade ambiental, Schenk, Peres e Fantin (2018) levantam a possibilidade de uma melhoria nas condições de impermeabilização e arborização das ruas e avenidas de São Carlos – SP associada à rede de reservas ligadas aos córregos.

3. CALÇADAS E A CAMINHABILIDADE

Queiroga (2012, p.29) destaca as ruas como “elemento fundamental de conexão na cidade”. Como parte do Sistemas de Espaços Livres, é necessário compreender seus aspectos multifuncionais Silva et al.(2014a), pois, além da circulação dos mais diversos modos de transporte, ruas e calçadas propiciam aeração, ventilação e iluminação para as edificações e comportam sistemas de infraestrutura urbana (água, esgoto, drenagem, energia, gás, arborização, etc).

Macedo (1995) observa um deslocamento dos espaços de lazer para os espaços intramuros, ou seja, de uso privado, dotados de soluções que não atendem ao conjunto da população. O autor destaca a necessidade de repensar os padrões de desenho e projeto das vias a partir do seu reconhecimento como espaço de lazer.

Um dos fatores que influenciam a qualidade de um espaço urbano é a sensação de segurança dos pedestres ao caminhar pelas ruas. Assim, esta questão não se resolve através da segurança nos espaços privados, mas sim pela ocupação dos espaços públicos. Jacobs (2009) propõe que ruas seguras dependem de uma separação clara entre espaços públicos e privados com fachadas ativas, janelas voltadas à rua e uma mistura de usos que motive deslocamentos a pé.

Em contrapartida, observa-se uma tendência à perda de espaço dos modos ativos como a caminhada e a bicicleta em relação aos veículos motorizados. Uma pesquisa realizada em Florianópolis – SC constatou uma queda nas viagens utilizando modo ativo até a escola por crianças (COSTA et al., 2012). A adoção dos veículos motorizados também é uma resposta à sensação de insegurança nas ruas (JACOBS, 2009) gerando um ciclo vicioso que agrava a situação indesejável.

Soluções para ruas e calçadas abrangem o conjunto da população, pois, segundo Beiler e Phillips (2016) todos são pedestres. Para o autor, qualquer modal adotado pelos indivíduos implica um inevitável deslocamento a pé até um ponto de ônibus, estação de metrô, carro, moto ou bicicleta. O mesmo ocorre no momento de desembarque no destino.

3.1 CONCEITOS E CRITÉRIOS PARA CAMINHABILIDADE

Diversos autores apontam a influência da forma urbana na escolha do modo de transporte e destacam uma série de características que promovem um incentivo à caminhada como: largura das calçadas, presença de arborização, presença de comércio com vitrines

permeáveis e atrativas, presença de pessoas na rua, uso misto do solo, conforto, probabilidade de encontros e convívios inesperados, morfologia das quadras, continuidade, entre outros (AMANCIO, 2005; ITDP, 2019; KHISTY, 1995; POZUETA, 2008; SINNETT et al., 2011).

Para nomear a influência de tais características do espaço urbano no caminhar, Bradshaw (1993) apresentou pela primeira vez o termo caminhabilidade como sendo uma medida de quanto um ambiente é amigável ao pedestre, multifuncional, com elementos ambientais que gerem conforto e reduzida poluição sonora e atmosférica e, por fim, que propicie contato entre as pessoas.

Sinnett et al. (2011) verificam, em um conjunto de estudos de casos, que investimentos em espaços amigáveis aos pedestres trazem retornos financeiros, mesmo em cenários onde não se consideram a totalidade dos benefícios gerados pela adoção de modais ativos. A pesquisa sugere ainda que investimentos voltados a pedestres e ciclistas tendem a ser mais eficientes que investimentos em outros modos de transporte devido à economia de recursos energéticos, redução da demanda de serviços de saúde e menores gastos com infraestrutura, por exemplo.

Gobbo (2019) propõe a delimitação de Áreas de Especial Interesse Peatonal (AEIP) como ferramenta de gestão do espaço urbano capaz de elencar áreas públicas prioritárias na tomada de decisões que incentivem o transporte peatonal. Os resultados indicam como áreas prioritárias uma porção equivalente a 20% da área urbana de São Carlos – SP, um recorte significativo que permite uma redução de esforços e recursos.

4. SISTEMA DE ARBORIZAÇÃO URBANA

Terra (1993) verifica uma relação entre a forma dos jardins com o pensamento das classes dominantes. Nos primeiros séculos após a colonização do Brasil o verde era contemplado através da própria paisagem natural. No século XVII, com a ocupação Holandesa, ocorreram em Pernambuco as primeiras iniciativas de introdução de árvores e jardins ao redor do palácio, numa tentativa de embelezamento e aproximação da cidade com o campo semelhantemente às cidades europeias. Já no século XIX, com a independência do país uma nobreza nacional consolida tipologias de casas afastadas dos muros para comportar jardins.

Henrique (2009) elabora uma periodização da relação entre cidade e natureza dividida em cinco períodos:

- a) Advento da irrigação para produção de alimentos;
- b) Separação física das cidades com os bosques e florestas feudais através de muralhas;
- c) Reaproximação com a natureza centrada em sua ordenação estética;
- d) Atração das camadas mais ricas para os locais em que elementos naturais se faziam mais presentes;
- e) A natureza passa a ser produzida na cidade enquanto um artifício para melhoria da qualidade de vida, período atual.

Para Henrique (2009, p.118) o elemento caracterizador da natureza na cidade é a vegetação que se encontra “confinada no desenho urbano” e, para Macedo (1989) a própria vegetação é um elemento definidor da forma urbana quando utilizado adequadamente através do paisagismo. Assim, como indicado por Rossetti, Pellegrino e Tavares (2010), a arborização urbana possui interfaces com o ambiente construído que requerem soluções para o desenho urbano e em especial dos espaços livres de edificação que integrem Sociologia Urbana, Geografia Física, Arquitetura e Urbanismo, Economia.

4.1 BENEFÍCIOS

Quanto ao escoamento superficial das águas pluviais, Alves et al. (2019) registraram, em áreas sob a copa de árvores e com pavimentos permeáveis ou semipermeáveis, uma taxa de infiltração de quase 100%. Já em relação ao atraso do pico da vazão de escoamento superficial, os valores chegaram à 7 min. Os resultados variaram conforme as características de cada espécie estudada, mas apontam o potencial da arborização urbana na minimização dos

impactos da ocupação do solo urbano. Resultados do trabalho de Silva (2008) corroboram a participação da arborização na interceptação das águas pluviais.

A partir da aplicação do modelo UFORE (Urban Forest Effects Model – Modelo de Efeitos da Floresta Urbana), Chacalo (2008) estimou uma descontaminação média de 2.161 toneladas de material particulado com menos de 10 μm ao longo do ano 2000 na Cidade do México. Arantes et al.(2018) aplica uma versão mais recente deste modelo juntamente a um inventário da arborização do bairro Cerqueira César em São Paulo – SP verificando ainda que árvores de maior porte possuem maior capacidade de remoção de material particulado com menos de 10 μm .

Segundo Labaki et al. (2013), espécies arbóreas com copas densas e folhas largas possuem maior capacidade de melhoria nas condições microclimáticas e, quando agrupadas, as árvores podem influenciar positivamente o microclima a distâncias de até 50 m. Giacomeli (2011) verifica, em estudo realizado em São Carlos – SP, condições de microclima mais amenas na escala do pedestre em trechos de calçada mais arborizados com melhores condições de temperatura e umidade do ar mesmo sendo a cobertura vegetal composta por árvores isoladas.

Em entrevistas com 6,97% da população de Mal. Cândido Rondon – PR, (MALAVASI; MALAVASI, 2001), constataram que 92% dos entrevistados identificavam alguma vantagem proporcionada pela arborização urbana sendo o sombreamento (65%) e a redução do calor (23%) as vantagens mais citadas. Martini et al. (2014) também verifica melhorias no microclima resultante da arborização nas ruas de Curitiba – PR a partir do índice UTCI e em consonância com a percepção dos pedestres entrevistados.

Milano e Dalcin (2000) apontam ainda um amplo conjunto de resultados de trabalhos diversos que incluem, além dos benefícios já citados, a melhoria nas condições de ruídos que caracterizam poluição sonora, a melhoria estética das cidades, a melhoria direta e indireta das condições de saúde e benefícios sociais, econômicos e políticos.

4.2 CONFLITOS

Costa e Iwata (2017) identificam na arborização de uma avenida do município de Corrente-PI a ocorrência de conflitos entre os galhos das árvores e a circulação de veículos pela via e elementos de infraestrutura como a fiação elétrica, o canteiro central e os postes de iluminação. Conflitos com a rede elétrica foram os mais frequentes.

A partir de uma análise das supressões de árvores do viário do município de São Carlos – SP entre 2003 e 2014, Caiche et al. (2016) verifica que apenas 10% dos indivíduos suprimidos estavam secos ou mortos. Mais da metade (51,9%) dos cortes analisados são motivados por conflitos com infraestruturas urbanas como incompatibilidade da espécie em relação ao passeio, canteiros subdimensionados, competição de espaço entre sistema radicular e infraestruturas subterrâneas e aéreas. Entre os conflitos com infraestrutura, os danos ao passeio ou canteiro foram os mais expressivos (CAICHE et al. , 2015).

Ao debater a situação da arborização viária perante as calçadas, Santos e Barbosa (2017) constata que equívocos na arborização urbana podem causar prejuízo ao direito de ir e vir dos cidadãos ao danificar pavimentos, restringir a largura disponível para circulação nas calçadas ou oferecer riscos ao pedestre.

Para a elaboração de uma proposta de reordenação da paisagem utilizando ferramenta de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), Schuch (2006) realizou um levantamento das seguintes interferências entre arborização e o meio urbano para buscar possibilidades de plantio. Foram elas: distância da rede água, rede elétrica, acesso a garagem, boca de lobo, placas de sinalização, distância da edificação, distância de outras árvores, largura da calçada.

Boschetti et al. (2018) utilizam SIG para inventariar a arborização presente ao longo de uma rua e em uma praça de Blumenau – SC e a distância entre as árvores e suas interferências com infraestruturas urbanas. Foram identificadas 225 árvores e um total de 342 infraestruturas, sendo as mais frequentes caixas de eletricidade, telefonia e outras (114), postes (68) e placas (65).

Malavasi e Malavasi (2001) identificam a importância de considerar a percepção da população. Na cidade estudada pelos autores, a população apontou como desvantagens da arborização: a sujeira das ruas e calçadas (56%), sujeira causada por pássaros (14%), redução na iluminação pública e problemas com a rede elétrica (8% cada).

Contudo, Caiche (2020, p. 115) ao analisar os conflitos entre normas urbanísticas e ambientais no município de São Carlos – SP aponta que “a árvore em si não cria um conflito” mas que os conflitos no processo de planejamento se materializam na realidade urbana na disputa por espaço enfrentada pelas árvores na cidade.

4.3 DESAFIOS

Rossetti, Pellegrino e Tavares (2010) destacam que a arborização ao longo do viário já existente é mais desafiadora tecnicamente em relação à arborização implantada em espaços

verdes, pois deve avaliar não apenas o privilégio do espaço público aos transportes motorizados, mas também as interfaces com equipamentos públicos. A resolução desses conflitos se revelam mais desafiadores do que outro desafio enfrentado no âmbito da ampliação da biodiversidade na arborização urbana (ROSETTI; PELLEGRINO; TAVARE, 2010).

Em relação à origem dos desafios enfrentados pela arborização urbana, Duarte et al. (2018, p.337) afirma que:

A falta de planejamento da urbanização introduz elementos hostilizadores à prática da arborização urbana, como calçadas estreitas, vias não projetadas ao plantio de árvores, rede elétrica, fachadas de empreendimentos comerciais, cercas elétricas, dentre outros.

Para Duarte et al. (2018) o incremento da arborização nas cidades passa pelo investimento em infraestruturas urbanas que considerem em seu planejamento o objetivo de inserir as árvores no espaço urbano, em especial nos bairros mais carentes buscando diminuir a desigualdade social no acesso à arborização urbana.

Milano (1987) destaca que a implementação do verde na cidade constitui mais do que uma atividade paisagística e exige a integração de diversos setores do serviço público buscando uma compatibilidade entre o porte das espécies plantadas e o espaço disponível que, quando bem-sucedida, podem reduzir custos com a manutenção das árvores urbanas.

Mascaro e Yoshinaga (2004) enfatizam a importância da articulação dos elementos das redes de infraestrutura urbana para conceber um espaço harmonioso. Para tanto, compreender os níveis em que as infraestruturas se encontram é fundamental. Os autores classificam as infraestruturas em 3 níveis, sendo eles: aéreo (rede elétrica), superficial (pavimento da calçada) e subterrâneo (tubulações de água e esgoto). Em todos eles, é possível notar alguma interferência com árvores seja com suas raízes, fuste, galhos e folhas.

Assim, a implementação do sistema de arborização urbana requer a compreensão de suas interferências com as redes de infraestrutura urbana em seus diversos níveis. E a sua identificação no espaço urbano, permitem a elaboração de perspectivas de implementação de novos indivíduos arbóreos sendo muito útil para esta tarefa a utilização de Sistemas de Informações Geográficas (AMEDURI, 2018; SCHUCH, 2006).

5. METODOLOGIA

5.1 SETOR DE ESTUDO

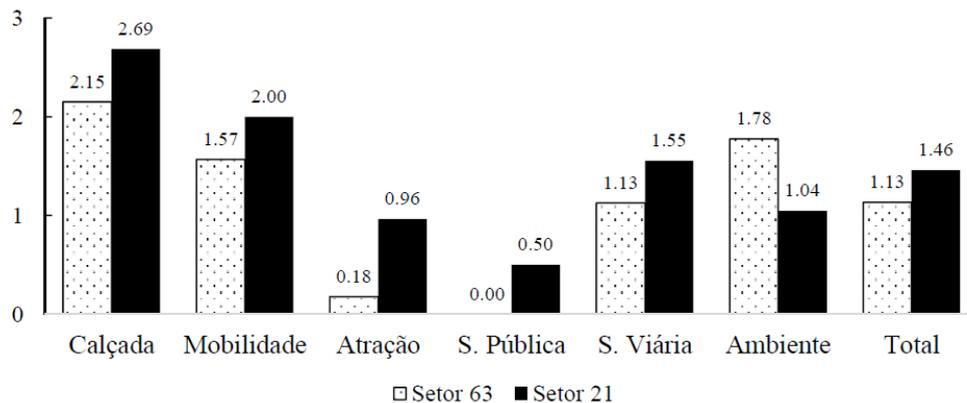
A escolha do fragmento urbano de estudo se baseou na revisão bibliográfica em que se verificam inúmeros benefícios e conflitos da arborização viária às condições de caminhabilidade do pedestre. Assim, optou-se pela realização do trabalho em uma das AEIPS delimitadas por Gobbo (2019) por representarem áreas de maior relevância para as intervenções que garantam a qualidade dos deslocamentos a pé.

As áreas se localizam na área urbana do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. O município é parte da mesorregião de Araraquara, possui uma área total de 1.136,91 Km² e tem uma população estimada de 254.484 habitantes no ano de 2020 (IBGE, 2021).

Como procedimento metodológico de escolha de uma das 79 AEIPs para as análises pretendidas, foram consideradas as duas áreas referentes aos setores censitários 63 e 21 que foram utilizadas por Gobbo (2019), em seus estudos das condições de caminhabilidade. Os resultados de Gobbo (2019) foram analisados em cada uma das categorias utilizadas para o cálculo do índice de caminhabilidade, e, em especial, aquelas que indicam uma demanda de arborização.

Gobbo (2019) verifica que a área representada pelo setor censitário 21 apresenta melhores escores em todas as categorias quando comparada à do setor censitário 63, exceto na categoria “Ambiente” (Figura 1). Este fato se deve à menor presença de árvores e maior circulação de veículos, e, portanto, maior poluição atmosférica e sonora (GOBBO, 2019).

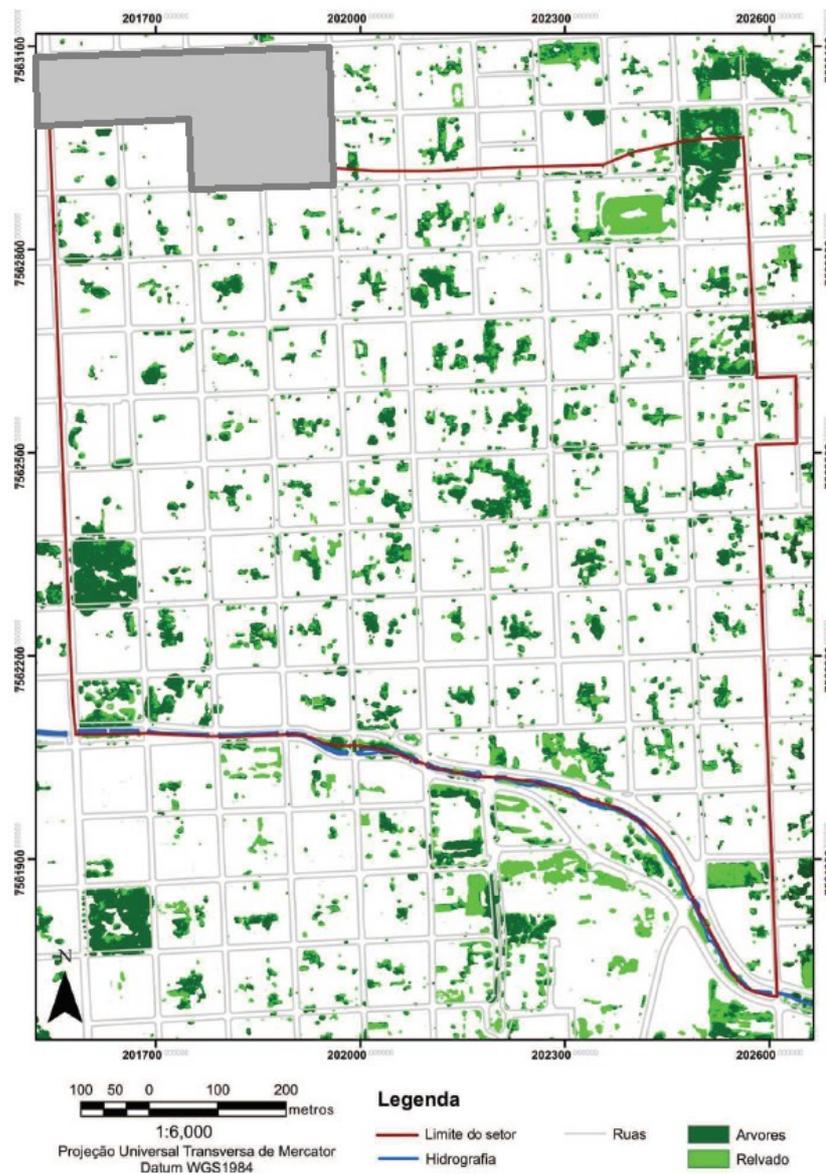
Figura 1: Resultados de cada setor por categoria analisada do índice de caminhabilidade



Fonte: Gobbo (2019)

A menor presença de árvores na região já havia sido registrada por (VIANA, 2013) que identificou índices medianos de arborização urbana que são, contudo, influenciados devido à presença do campus universitário da USP (a oeste do setor censitário 21), APP do córrego Tijuco Preto (ao norte do setor censitário 21) e a áreas particulares não edificadas (Figura 2).

Figura 2: Cobertura arbórea e arbustiva nas imediações do setor censitário 21



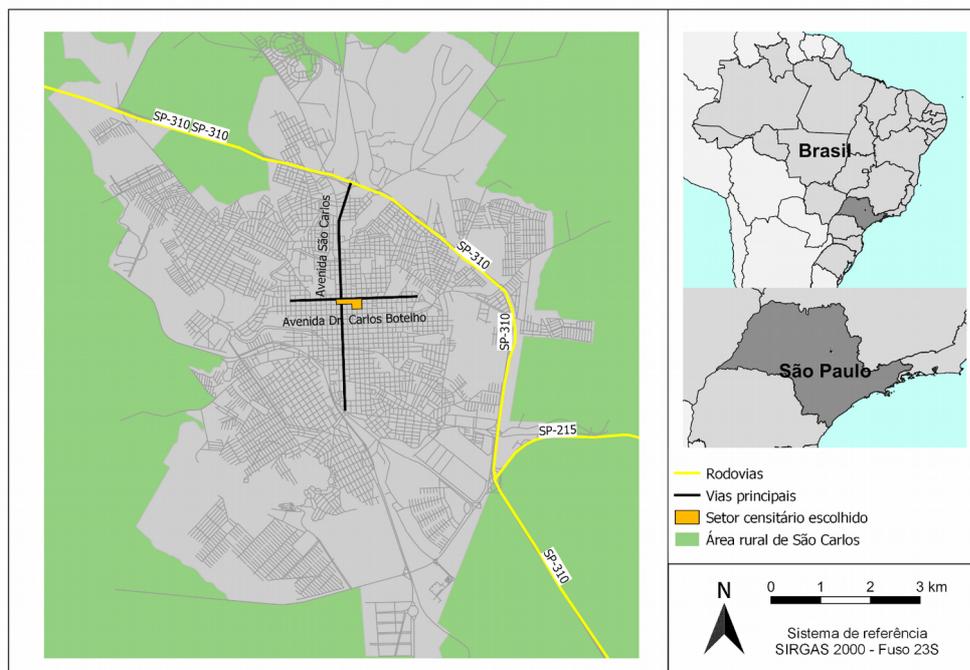
Fonte: adaptado de Viana (2013)

Em destaque na cor cinza, parte do setor censitário 21. O contorno vermelho indica um dos setores estudados por Viana (2013)

Foi então escolhida a AEIP correspondente ao setor censitário 21, pois a área possui baixos índices de arborização e, ao mesmo tempo, dois atributos relevantes ao caso. Em primeiro lugar, indica possuir demanda por arborização devido às suas condições ambientais e, em segundo, indica um potencial para a arborização devido às boas avaliações das calçadas.

O setor escolhido é delimitado a oeste pela Rua Episcopal, a leste pela Rua Ruy Barbosa, ao norte pela Avenida Dr. Carlos Botelho e a sul pela Rua São Sebastião e é atravessada por vias relevantes para o sistema viário que comporta os deslocamentos motorizados (Figura 3). Esta área conta com 7 quadras e se encontra na Zona 1 – Zona de Ocupação Consolidada conforme estabelecido pela Lei Municipal 18.053 de 19/12/2016, o Plano Diretor do Município como Área de ocupação consolidada (SÃO CARLOS, 2016).

Figura 3: Localização do setor de estudo



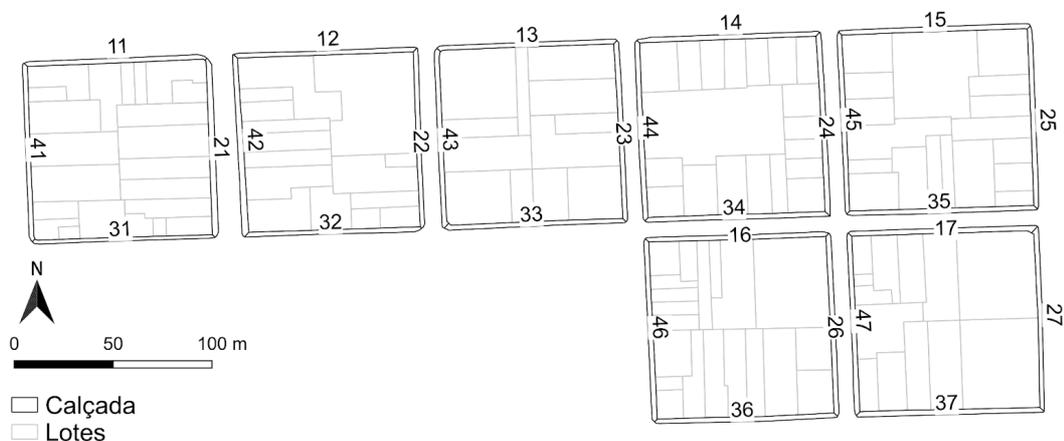
Fonte: Autor (2021)

Em termos de morfologia urbana, o setor está contido em área urbana caracterizada por malha viária ortogonal, prevalecendo o sistema binário em vias de mão única alternadas. Portanto, a partir dessa grade quadriculada, a hierarquização viária prioriza algumas vias no sentido norte-sul, e outras no sentido leste-oeste, configurando um sistema articulado adaptado às limitações impostas por uma ocupação urbana consolidada. Sendo assim, por não dispor de vias aptas ao cumprimento do papel de arteriais, observa-se uma adaptação funcional, a partir da articulação composta de vias paralelas.

Sendo assim, no sentido norte-sul, a área é atravessada por três vias de grande importância: a Avenida São Carlos que, articulada às ruas Episcopal e Dona Alexandrina, configuram o escoamento preferencial central no sentido norte-sul, como se fossem arteriais/coletoras, embora não correspondam ao dimensionamento previsto no Anexo 08 do Plano Diretor de São Carlos (SÃO CARLOS, 2016). Vale lembrar que esse dimensionamento serve como referencial mais recente, dirigido a novos empreendimentos, enquanto que o sistema viário resultante de áreas de ocupações consolidadas há muitas décadas atrás, têm procurado se adequar a recursos viários já existentes. No sentido leste-oeste, essa lógica é replicada ao se configurar o sistema binário articulado entre a Avenida Dr. Carlos Botelho e a Rua XV de Novembro, que asseguram o escoamento viário de maior fluidez no sentido leste-oeste.

As quadras e calçadas foram identificadas neste trabalho seguindo um método análogo à identificação utilizada por Gobbo (2019) conforme ilustrado pela Figura 4. A partir dessas especificações de quadras e calçadas é que foram realizadas as avaliações das variáveis de estudo.

Figura 4: Identificação das quadras de estudo



Fonte: Autor (2021).

5.2 VARIÁVEIS DE ESTUDO

As variáveis consideradas neste estudo foram definidas de modo a orientar o levantamento das condições de implementação da arborização urbana no fragmento urbano escolhido para essa investigação. Antes da listagem dessas variáveis, busca-se esclarecer algumas referências e adaptações utilizadas nesse levantamento.

A referência para se estudar a distância entre árvores e elementos urbanos, foi estabelecida a partir dos critérios utilizados no Plano Diretor de Arborização Urbana (PDAU) do município de São Carlos estabelecido pelo Decreto nº216 de 2009 da Prefeitura Municipal de São Carlos (SÃO CARLOS, (2009). A Figura 5 ilustra o conjunto de critérios indicados pelo PDAU em seu Anexo 01, item 3.

Figura 5: Critérios estabelecidos pelo PDAU

3 - DISTÂNCIAS ENTRE ÁRVORES E ELEMENTOS URBANOS:

- 5,0 m da confluência do alinhamento predial da esquinas;
- 8,0 m dos semáforos;
- 2,0 m das bocas-de-lobo e caixas de inspeção;
- 1,0 m de entrada de veículos;
- 4,0 m de ponto de ônibus;
- 4,0 m de postes e transformadores;
- 5,0 m de placas de sinalização;
- 3,0 m de hidrantes;
- 3,0 a 6,0 m de distância entre árvores, de acordo com o porte da espécie arbórea;
- 0,5 m do meio-fio viário, exceto em canteiros centrais;
- 0,5 m das redes de água e esgoto;
- Nos locais onde o rebaixamento de meios-fios for contínuo, deverá ser plantada uma árvore a cada 7 m, atendendo às distâncias e aos padrões estabelecidos.

4 - ESPECIFICAÇÕES DOS PASSEIOS PÚBLICOS:

- a) Nos passeios públicos o proprietário do imóvel deverá atender a legislação vigente e construir um canteiro em torno de cada árvore de seu lote, atendendo aos seguintes critérios:
- I – manter dimensões mínimas de 1,00 m x 2,50 m sem pavimentação;

Fonte: São Carlos (2009)

Cumprir observar duas adaptações realizadas com o intuito de viabilizar este trabalho. Devido à dificuldade em obter dados relativos à localização das redes subterrâneas de água e esgoto, estes elementos não foram verificados no presente trabalho. E, para o critério de distanciamento entre as árvores, foi verificada apenas a distância mínima de 3,00 m na análise dos conflitos e de 6,00 m na análise dos potenciais.

Para alcançar os objetivos deste trabalho foram obtidas não apenas a localização das interferências enfrentadas para cada indivíduo arbóreo, mas sim a localização de todos os elementos de interferências presentes no setor de estudo.

5.3 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Para localização dos elementos urbanos implantados nas calçadas consideradas, foi realizado levantamento presencial em campo. Os semáforos, bocas de lobo, caixas de inspeção, pontos de ônibus, postes, transformadores, placas de sinalização, hidrantes e árvores

tiveram sua locação realizada a partir de seu eixo ou ponto central. Por sua vez, os acessos de veículos tiveram sua localização obtida a partir da obtenção de seu comprimento e localização de suas respectivas extremidades.

As distâncias foram obtidas com auxílio de trena métrica. Para as distâncias transversais à calçada as distâncias foram sempre tomadas a partir da face externa do meio-fio e, para as distâncias longitudinais, a partir da divisa mais próxima entre dois lotes. Foi obtida ainda a largura da calçada medida em pelo menos 3 pontos de sua extensão e, a partir destes valores, foi calculada sua largura média.

No Quadro 1 são apresentadas as informações que foram obtidas em campo para avaliação da AEIP escolhida.

Quadro 1: Informações obtidas em campo para cada elemento de infraestrutura

Elementos de infraestrutura	Tipo	Posição longitudinal	Posição transversal	Comprimento
Bocas de lobo	Pontual	X	X	
Caixas de inspeção	Pontual	X	X	
Hidrantes	Pontual	X	X	
Pontos de ônibus	Pontual	X	X	
Postes e transformadores	Pontual	X	X	
Placas de sinalização	Pontual	X	X	
Semáforos	Pontual	X	X	
Confluência do alinhamento predial nas esquinas	Pontual	X	X	
Entrada de veículos	Linear	X		X

Fonte: Autor (2021)

5.4 GEOPROCESSAMENTO

Para as informações cadastrais que contemplam a base do arruamento, contorno das quadras e divisão dos lotes, foi utilizada planta disponibilizada pela SMH DU – Secretaria Municipal de Habitação e Desenvolvimento Urbano de São Carlos em formato .dwg.

Com auxílio do software Autocad da Autodesk (licença de estudante) foram adicionados ao mapa de base os elementos de infraestrutura de acordo com as medidas realizadas em campo. Nesta plataforma, os elementos medidos a partir de seu eixo ou ponto central foram representados como pontos e os acessos de veículos foram representados como linhas. Cada

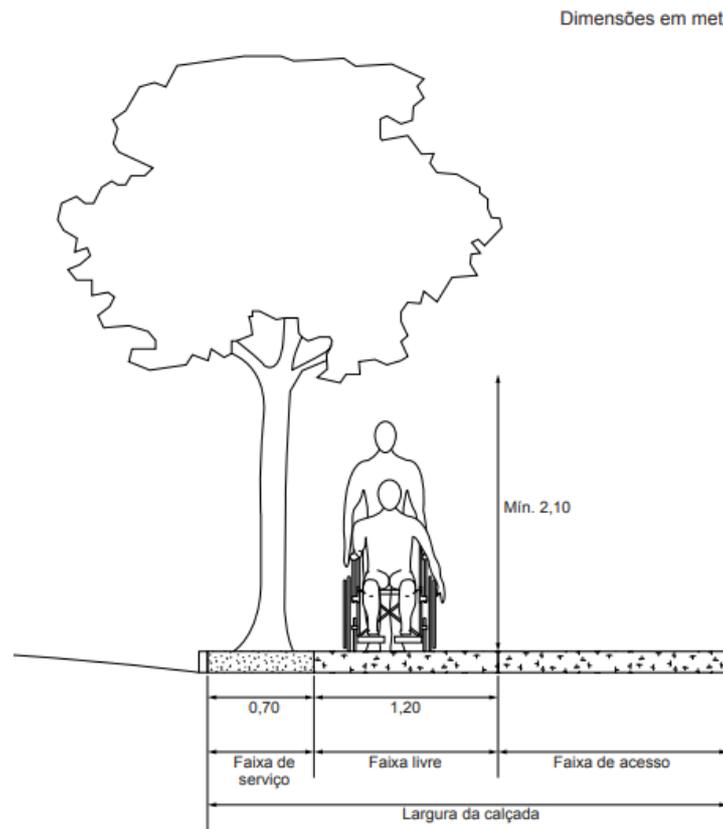
elemento de infraestrutura foi alocado em uma camada própria para permitir a aplicação dos respectivos critérios.

O mapa obtido no Autocad foi então importado para uma plataforma SIG com auxílio do Software QGIS versão 3.4.15. Na plataforma SIG, foi possível aplicar ferramentas de geoprocessamento como uniões, subtrações, recortes e fusões para permitir a devida avaliação dos conflitos e dos potenciais da arborização da AEIP estudada.

5.4.1 ANÁLISE DE CONFLITOS

Na plataforma SIG, foi possível aplicar buffers com as respectivas distâncias mínimas de cada elemento, conforme exigido pelo PDAU. Foi aplicado também um buffer a partir do alinhamento dos lotes referente à largura mínima de passeios públicos preconizada pela NBR 9050 de 1,20 m (Figura 6), permitindo a obtenção do que será chamado, neste trabalho de “faixa disponível”, correspondente à faixa da calçada que pode ser destinada às faixas de serviço e de acesso ao lote (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, (2015).

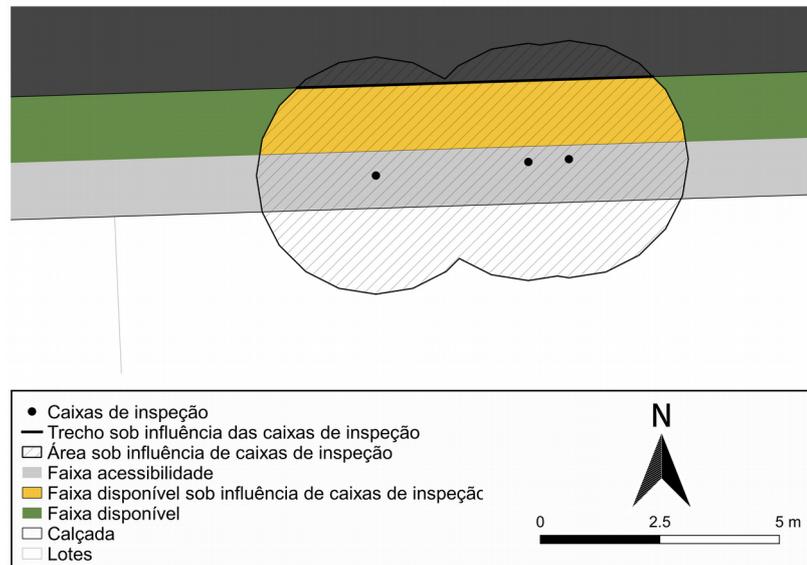
Figura 6: Dimensões mínimas da calçada segundo a ABNT 9050



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (2015)

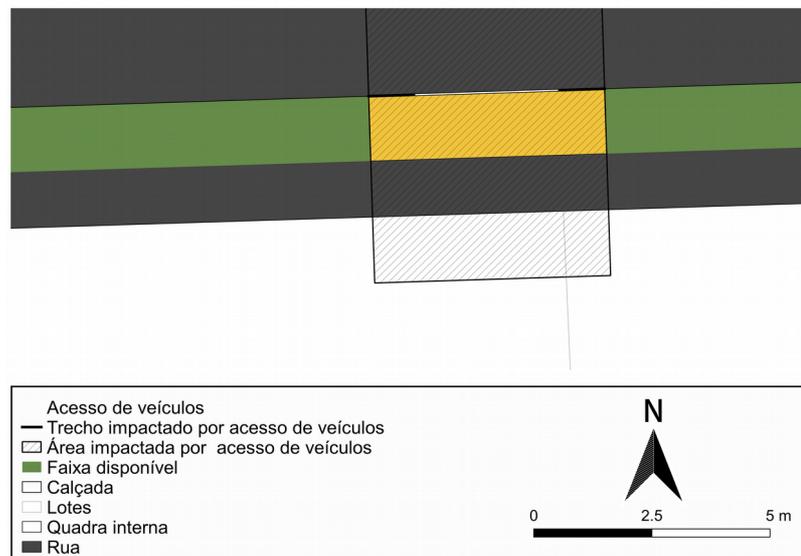
A partir da localização de cada elemento de infraestrutura foi aplicado um buffer equivalente à respectiva distância mínima prevista pelo PDAU. Determinando a área de influência de cada elemento. Com a intersecção da linha do meio-fio e da área da faixa disponível com a área sob influência da presença dos elementos de infraestrutura, foram determinadas os trechos do meio-fio e as áreas de calçadas sob esta influência (Figuras 7 e 8).

Figura 7: Exemplo ilustrativo de aplicação do critério de distância mínima em elementos de infraestrutura pontuais



Fonte: Autor (2021)

Figura 8: Exemplo ilustrativo de aplicação do critério de distância mínima em elementos de infraestrutura linear



Fonte: Autor (2021).

5.5 ANÁLISE DE POTENCIALIDADES

Para a verificação das condições de implementação da arborização, a análise foi realizada a partir da área da faixa disponível onde podem se localizar os canteiros de plantio. Assim, foram obtidos dois conjuntos de áreas com potencial para plantio de árvores. O primeiro, corresponde aos fragmentos da faixa disponível que não se encontraram impactados

pela presença de nenhuma das infraestruturas. O segundo, corresponde à possibilidade de plantio de árvores ao longo de trechos de calçada com rebaixamento contínuo de meio-fio superior a 7,00 m de comprimento, prevista pelo PDAU em seu Anexo 01, item 03.

Buscando uma avaliação mais realista, foi considerada neste momento à distância de 6,00 m a partir das árvores existentes de modo a garantir a distância adequada para todos os portes de árvores presentes na área de estudo atualmente.

Por fim, foram verificadas as condições exigidas quanto às dimensões mínimas do canteiro de plantio e distância mínima entre as árvores não considerando áreas para potencial plantio aquelas com menos de 1,00 m de largura e menos de 2,50 m².

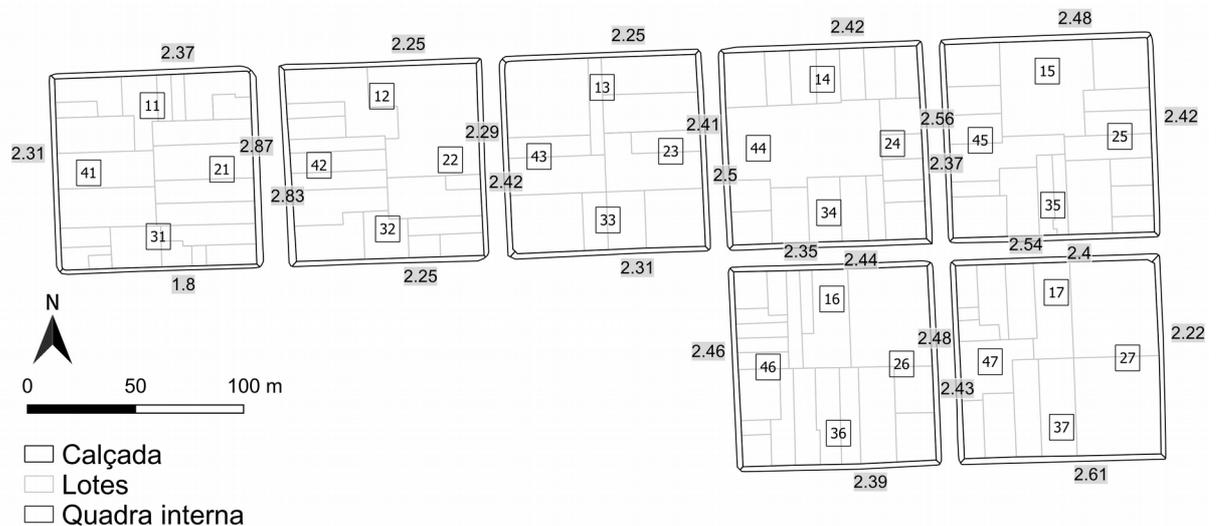
6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Na Figura 8 são apresentadas as larguras médias das calçadas da AEIP estudada. Todas as calçadas apresentam larguras superiores a 2,00 m exceto a calçada 31 que possui largura de 1,80 m. Esta é também a única calçada que apresenta largura da faixa disponível para as faixas de serviço e acesso ao lote inferior a 1,00 m, largura mínima para o plantio de árvores exigido pelo PDAU (Figura 10).

Nas calçadas situadas ao longo da Avenida São Carlos são verificadas as maiores larguras, chegando a atingir trechos com 3,05 m na calçada 31 e 3,20 m na calçada 42. Assim, a quadra 1 apresenta a maior discrepância entre as larguras de calçadas possuindo a maior (2,87 m) e a menor (1,80 m) largura média de calçada.

Estes resultados indicam que a AEIP estudada é de certa forma uma exceção às situações encontradas na cidade em que a largura da calçada é um dos principais conflitos com a arborização como indicado por Caiche et al. (2016).

Figura 9: Largura média de cada calçada (m)



Fonte: Autor (2021)

Figura 10: Largura da faixa disponível para faixas de serviço e acesso ao lote (m) (m)



Fonte: Autor (2021)

É possível notar como as diferentes larguras de calçadas propiciam maiores áreas das faixas disponíveis em algumas calçadas em relação às outras, apesar das calçadas possuírem comprimentos relativamente semelhantes (Figuras 11 e 12).

Figura 11: Comprimento de cada calçada (m)



Fonte: Autor (2021)

Figura 12: Área da faixa disponível de cada calçada (m²)



Fonte: Autor (2021)

6.1 TRECHOS DE CALÇADAS SOB INFLUÊNCIA DE ELEMENTOS DE INFRAESTRUTURA CONSTRUÍDA

Para análise da influência de elementos de infraestrutura construída na extensão das calçadas foi considerada a extensão do meio-fio evitando assim que a análise dos conflitos fosse influenciada pelas diferentes larguras de calçadas verificadas. A Figura 13 apresenta a localização dos elementos de infraestrutura obtida em campo.

Figura 13: Localização dos elementos de infraestrutura



Fonte: Autor (2021)

Ao considerar o conjunto dos elementos de infraestrutura estudados, verifica-se que todas as quadras apresentam mais da metade da extensão de seu meio-fio sob influência de ao menos 1 elemento. Na média, as quadras da região estudada apresentam 75,15% de sua extensão sob influência de algum elemento de infraestrutura. A diferença entre a quadra com maior extensão afetada por elementos de infraestrutura (quadra 1) e a com a menor extensão (quadra 7) é de 101,27 m. (Tabela 1).

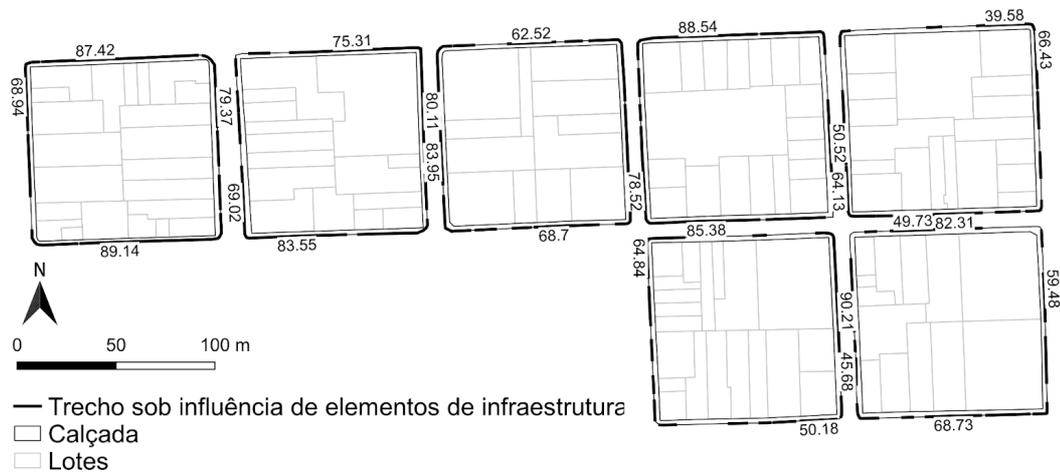
Tabela 1 - Resumo da extensão de meio-fio sob influência de elementos de infraestrutura por quadra

Quadra	Comprimento sob influência de infraestruturas (m)	Comprimento total de meio-fio da quadra (m)	% do meio-fio sob influência de infraestruturas
1	324,88	371,53	87,44%
2	307,98	370,53	83,12%
3	304,43	370,83	82,09%
4	302,96	374,66	80,86%
6	254,09	374,8	67,79%
5	252,45	382,51	66,00%
7	223,61	380,62	58,75%

Fonte: Autor (2021)

A discrepância entre o comprimento de calçadas sob influência de pelo menos um elemento também é verificada na análise de trechos de calçadas. A calçada 26 apresenta o maior valor entre as calçadas, 90,21 m enquanto, enquanto a calçada 15 apresenta o menor valor, 39,58 m. Uma diferença de mais de 50 m (Figura 14).

Figura 14: Extensão de meio-fio sob influência de infraestrutura por calçada (m)



Fonte: Autor (2021)

A calçada 26, possui ainda a maior extensão contínua afetada por elementos de infraestrutura entre todas as calçadas estudadas, com um total de 80,22 m. Deste trecho, 73,33 m correspondem ao rebaixamento do meio-fio para acesso de veículos (Figura 15).

Figura 15: Maior trecho contínuo de calçada sob influência de elementos de infraestrutura



Fonte: Autor (2021)

Quanto à porcentagem da extensão de meio-fio sob influência de elementos de infraestruturas em cada calçada, constatou-se que entre as 28 calçadas estudadas, 8 possuem mais de 90% e apenas 2 calçadas possuem menos de 50% (Figura 16).

Figura 16: Porcentagem da extensão do meio-fio sob influência de infraestrutura por calçada



Fonte: Autor (2021)

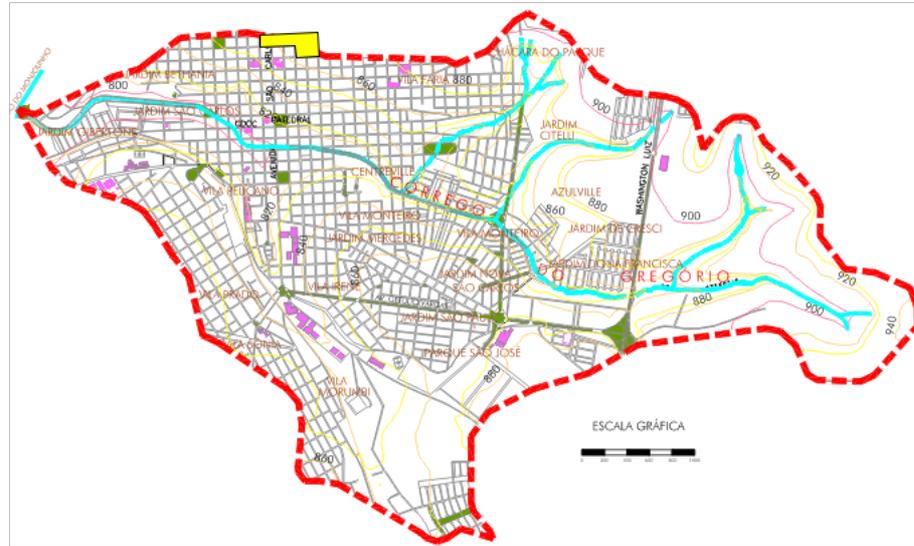
Nos APÊNDICES A a B se encontram gráficos com a distribuição de cada elemento entre as quadras e mapas com as respectivas localizações e trechos sob influência de cada um.

A seguir são apresentados resumidamente os resultados para cada um dos elementos de infraestrutura.

6.1.1 BOCAS DE LOBO E CAIXAS DE INSPEÇÃO

Nas calçadas estudadas não foi encontrada nenhuma boca de lobo. Isto pode ser explicado por sua localização nas imediações do divisor de águas entre as microbacias do córrego Tijuco Preto e do córrego do Gregório (Figura 17).

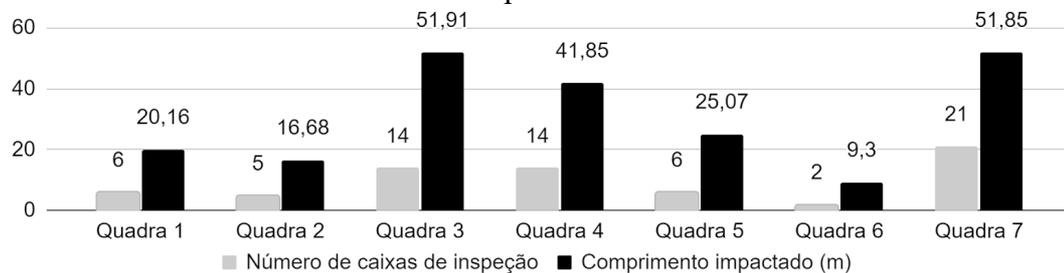
Figura 17: Localização aproximada da área de estudo em relação à microbacia do córrego do Gregório



Fonte: Adaptado de UFSCar/Hidro (2010)

Quanto às caixas de inspeção, é possível notar uma concentração nas quadras 3, 4 e 7 nas calçadas onde se localizam edifícios de múltiplos pavimentos (Figura 18). Apesar de possuir 50% mais caixas de inspeção, a quadra 7 possui quase a mesma extensão de meio-fio sob influência desses elementos que a quadra 3. Este fenômeno pode ser justificado pela concentração de caixas de inspeção próximas umas às outras na quadra 7, fazendo sobrepor suas influências em um mesmo trecho (Figura 19).

Figura 18: Quantidades de caixa de inspeção por quadra e a respectiva extensão impactada



Fonte: Autor (2021)

Figura 19: Localização das caixas de inspeção nas calçadas da quadra 7 (esquerda) e 3 (direita)



Fonte: Autor (2021)

Em algumas calçadas as caixas se localizam mais próximas ao meio-fio e, portanto, impactam uma maior extensão da faixa de serviço. Em outras, o contrário se verifica.

6.1.2 HIDRANTES

Os hidrantes se distribuem de maneira mais uniforme entre as quadras estando presentes em frente aos lotes de edifícios de múltiplos pavimentos e estabelecimentos comerciais de grande porte.

6.1.3 PONTOS DE ÔNIBUS

Nas calçadas estudadas, foi encontrado apenas um ponto de ônibus situado na Rua Alexandrina. Na Rua XV de Novembro, por exemplo, há um ponto de ônibus situado entre a Rua Alexandrina e a Avenida São Carlos, contudo, na calçada localizada ao outro lado da rua, fora do perímetro estudado (Figura 20).

Figura 20: Ponto de ônibus localizado na calçada fora da área estudada



Fonte: Autor (2021)
À esquerda, área estudada.

6.1.4 POSTES E TRANSFORMADORES

Não existem postes ou transformadores em 10 das 28 calçadas estudadas. Nas calçadas 14 e 23 existe apenas um poste em cada, localizados diante de edifícios de múltiplos pavimentos (Figura 21).

De modo geral os postes se situam apenas em uma das calçadas da rua. Apenas no trecho estudado da Avenida São Carlos é possível encontrar postes regularmente distribuídos em ambas as calçadas.

Figura 21: À esquerda, poste isolado situado na calçada 14. À direita, poste isolado situado na calçada 23



Fonte: Autor (2021)

6.1.5 PLACAS DE SINALIZAÇÃO

Todas as calçadas apresentam ao menos uma placa de sinalização. As calçadas 23 e 46 apresentam o maior número de placas por calçada, tendo 6 placas cada uma.

As calçadas 43, 45 e 17 apresentam todas 4 placas cada uma. Contudo, é possível perceber que, na calçada 17 encontram-se mais próximas umas às outras quando comparada com as demais. Na calçada 17, as quatro placas presentes possuem distanciamento médio de 11,80 m (Figura 22) enquanto as calçadas 23 e 46, com mais placas, possuem distanciamentos médios de 16,60 m e 17,30 m, respectivamente.

Figura 22: Distanciamento entre as placas da calçada 17



Fonte: Autor (2021)

6.1.6 SEMÁFOROS

Todas as quadras, exceto a quadra 7, possuem semáforos em alguma de suas esquinas, o que pode ser explicado pelo grande volume de tráfego das vias que atravessam o setor estudado. No cruzamento da Rua XV de Novembro e Rua São Joaquim se encontra a maior concentração de semáforos, 3 no total.

6.1.7 ENTRADA DE VEÍCULOS

Assim como as placas de sinalização, todas as calçadas estudadas possuem ao menos um trecho de meio-fio rebaixado para acesso de veículos.

A quadra 2 apresenta a maior extensão de meio-fio rebaixado para acesso de veículos, totalizando 232,70 m de trechos sob influência deste rebaixamento. Nesta quadra se encontram os 2 postos de gasolina situados na área estudada. Ambos possuem rebaixamento do meio-fio em toda a extensão de suas calçadas (Figura 23).

Figura 23: Calçadas ao longo de postos de combustível



Fonte: Autor (2021)

À esquerda, calçadas do posto de combustível situado na esquina da Avenida São Carlos com a Rua Alexandrina.

À direita, calçadas do posto de combustível situado na esquina da Avenida Dr. Carlos Botelho com a Rua Alexandrina.

Apesar da quadra 2 possuir a maior extensão de meio-fio sob influência do rebaixamento para acesso de veículos, as duas calçadas com os maiores trechos sob esta influência se situam na quadra 4. As calçadas 34 e 14 apresentam, respectivamente, 77,91 m e 77,11 m de meio-fio sob influência deste elemento.

Estas grandes extensões são causadas pelo grande número de lotes situados na Avenida Dr. Carlos Botelho e na Rua XV de Novembro que possuem estacionamento de veículos em frente aos imóveis. São imóveis majoritariamente de uso comercial que destinam parcial ou totalmente a testada dos lotes para o oferecimento de vagas de estacionamento frontal para seus clientes (Figura 24).

Figura 24: Estabelecimentos da calçada 34 com meios-fios rebaixados para estacionamento de veículos



Fonte: Autor (2021)

A calçada 46 apresenta o menor trecho de meio-fio em toda a área estudada, com 4,50 m localizado em frente a um imóvel residencial.

6.2 ARBORIZAÇÃO E CONFLITOS

Foram identificadas 60 árvores na AEIP estudada. Os indivíduos arbóreos estão distribuídos entre todas as 7 quadras da região de estudo, contudo 10 das 28 calçadas não apresentam árvores (Figura 25).

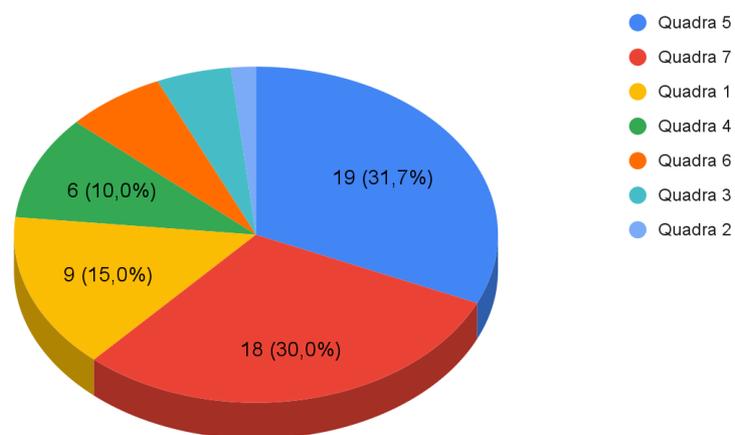
Figura 25: Mapa da distribuição das árvores



Fonte: Autor (2021)

É possível verificar uma distribuição desigual da arborização viária entre as quadras, onde 2 quadras (5 e 7) concentram mais de 60% das árvores (Figura 26). A quadra 2 se destaca por possuir apenas uma árvore em sua calçada 42.

Figura 26: Distribuição das árvores entre as quadras

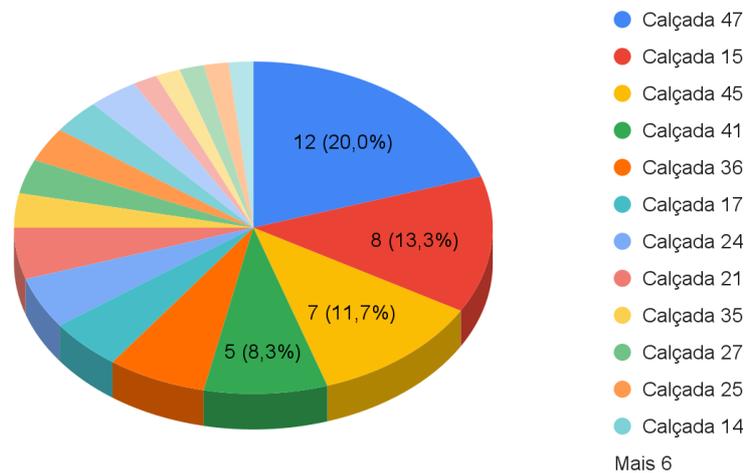


Fonte: Autor (2021)

Há também uma desigualdade entre as calçadas de modo que em 4 calçadas (47, 15, 45 e 41) se localizam mais de 50% das árvores. Por outro lado, 5 calçadas (11, 23, 34, 37 e 42) apresentam apenas uma árvore em cada uma (Figura 27).

As calçadas situadas na Rua Dom Pedro II totalizam 22 árvores, enquanto as situadas na Avenida Dr. Carlos Botelho totalizam 13 árvores. Assim, nas calçadas localizadas nestas duas vias representam 35 árvores, mais da metade do total encontrado na área de estudo.

Figura 27: Distribuição das árvores entre as calçadas

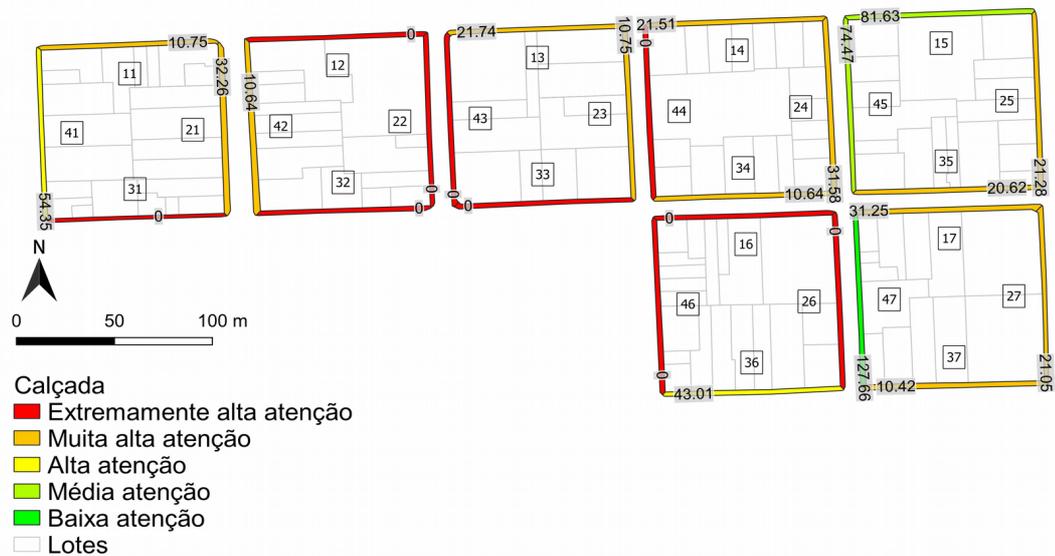


Fonte: Autor (2021)

Essa distribuição desigual pode ser mensurada também através do cálculo do índice de árvores por quilômetro (árvores/km). A Figura 28 apresenta o valor deste índice calculado para cada uma das calçadas. A calçada 47 apresenta o maior valor para o índice (127,66 árvores/km), que é 12 vezes maior que a calçada 37 que apresenta o menor valor (10,42 árvores/km). Ambas as calçadas se situam na quadra 7.

As diversas quadras sem árvores fazem com que, quando calculado para toda a extensão de calçadas da área estudada o índice seja de 22,85 árvores/km. Quando calculado apenas nas calçadas com alguma árvore, o índice é de 35,39 árvores/km. Na Figura 28 é apresentado mapa com a classificação de cada trecho a partir da proposta de Iwama (2015) que estabelece um parâmetro de referência para o índice de árvores por quilômetro quanto à atenção para a manutenção das árvores junto às vias públicas.

Figura 28: Índice de árvores por quilômetro por calçada (árvores/Km)



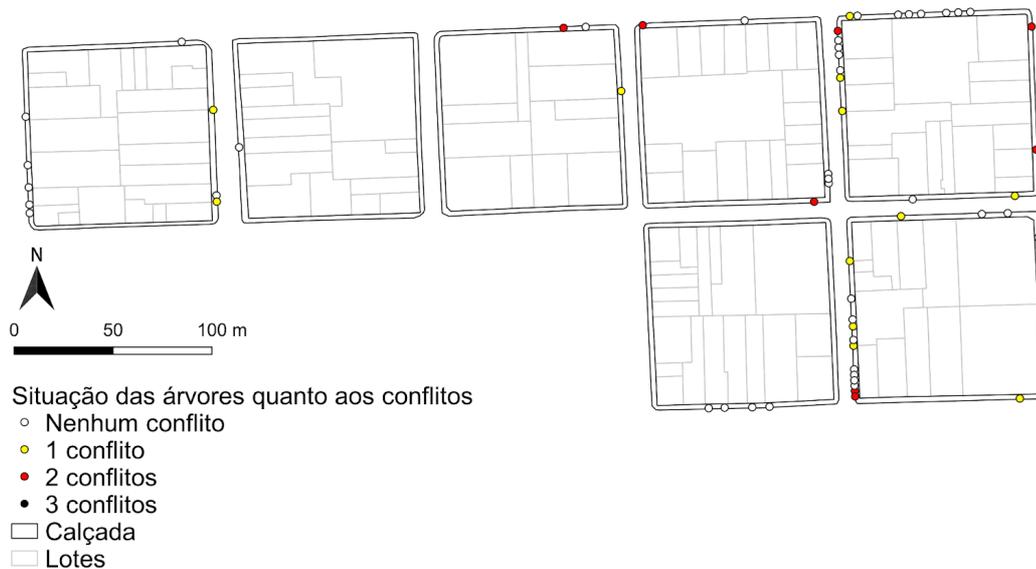
Fonte: Autor (2021)

As árvores foram avaliadas quanto aos critérios de distanciamento de elementos de infraestrutura e de distanciamento da esquina. Do total de árvores, 21 estão em conflito com ao menos um critério, das quais 8 estão em conflito com 2 critérios simultaneamente e 1 está em conflito com 3 critérios (Figuras 29 e Erro: Origem da referência não encontrada).

Caiche (2020) identificou em seu trabalho a quase inviabilidade da presença de árvores em lotes com testadas inferiores a 10 m concomitante à ocorrência de alguma infraestrutura, encontrando conflitos inclusive em lotes com testadas de 20 m. Na figura 29 é possível notar que a ocorrência de conflitos mesmo em lotes com testadas muito superiores a 20m. A árvore que submetida a conflito com 3 elementos de infraestruturas simultaneamente se encontra, por exemplo, localizada em uma face de lote com extensão de 44,00.

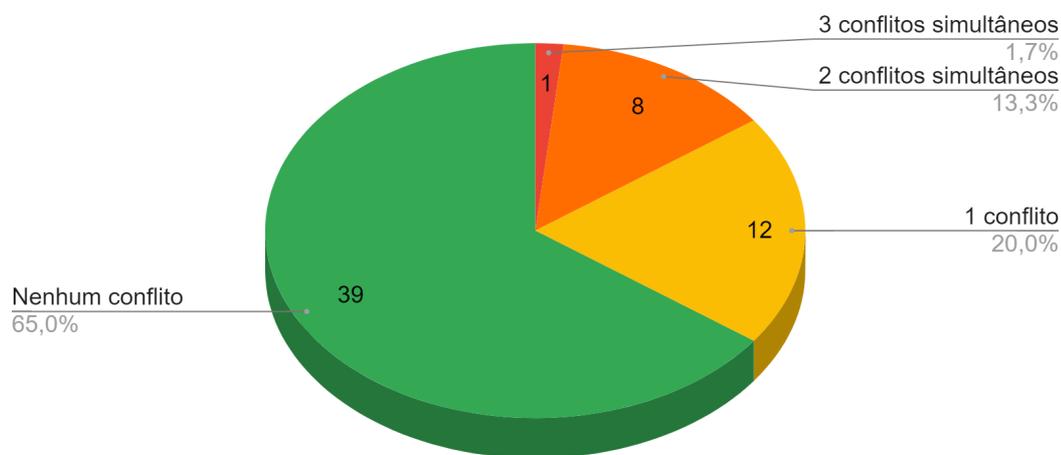
Este resultado indica que além do tamanho da testada do lote, a disposição dos elementos de infraestrutura ao longo da calçada é decisiva na determinação dos conflitos entre a arborização e o espaço urbano.

Figura 29: Localização das árvores e sua situação em relação aos conflitos



Fonte: Autor (2021)

Figura 30: Distribuição das árvores em relação aos conflitos



Fonte: Autor (2021)

A figura a seguir ilustra algumas árvores em situação de múltiplos conflitos com os critérios avaliados. Observa-se que nem sempre esses conflitos representam um dano visível ao indivíduo arbóreo ou a um elemento de infraestrutura (Figura 31).

Figura 31: Exemplos de árvores com múltiplos conflitos simultaneamente

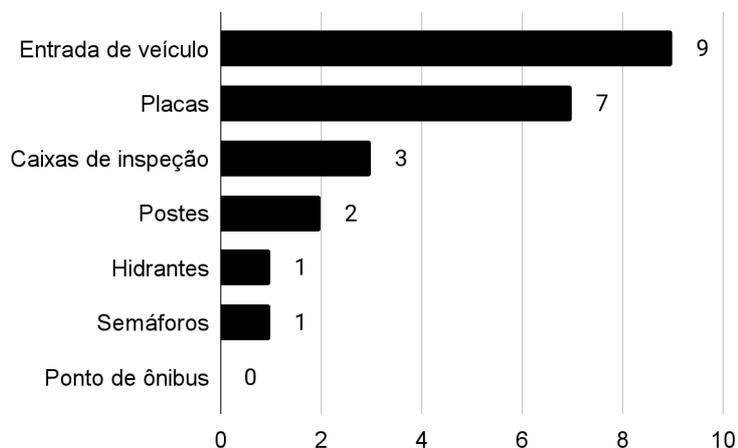


Fonte: Autor (2021)

- a) Árvore situada na calçada 27 em conflito simultaneamente com hidrante, caixa de inspeção e placa. b) Árvore situada na calçada 13 em conflito simultaneamente com hidrante e caixa de inspeção. c) Árvore situada na calçada 14 em conflito simultaneamente com a distância da esquina e placa. d) e e) árvores situadas na calçada 25 ambas em conflito simultaneamente com acesso de veículos e poste

Entre os 7 tipos de elementos de infraestruturas estudados, pelo menos 6 apresentaram alguma ocorrência de conflito com árvores no setor estudado. O único elemento de infraestrutura a não apresentar conflitos com nenhuma árvore foi o ponto de ônibus. Se destacam entre os conflitos mais frequentes, as entradas de veículos e placas de sinalização que, juntos, representam 16 das 25 ocorrências (64%) (Figura 32).

Figura 32: Ocorrências de conflitos entre o elemento de infraestrutura construída e alguma árvore



Fonte: Autor (2021)

6.3 ARBORIZAÇÃO E POTENCIALIDADES

Aplicando todas as restrições consideradas para esta investigação, obteve-se os dois conjuntos de áreas ilustrados nas Figuras 34 e 34. Para o conjunto das áreas com potencial para o plantio de árvores em trechos de calçada se rebaixamento do meio-fio, foram identificadas 42 áreas. Para o conjunto das áreas com rebaixamento de canteiro, foram 37 áreas.

Figura 33: Localização das áreas de potenciais canteiros sem meio-fio rebaixado



Fonte: Autor (2021)

Figura 34: Localização das áreas de potenciais canteiros com meio-fio rebaixado



Fonte: Autor (2021)

Verifica-se que as áreas para potencial alocação de canteiros para o plantio de árvores é superior nos trechos onde há rebaixamento do meio-fio, chegando a possuir uma extensão total equivalente a 1,3 vezes a extensão das áreas localizadas em trechos sem o rebaixamento (Tabela 2).

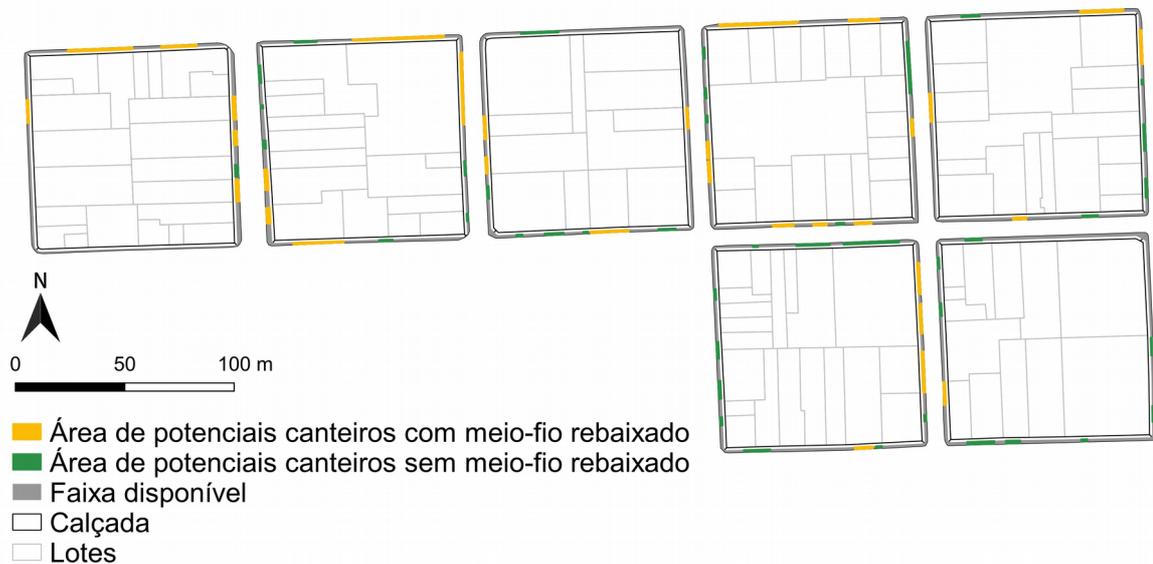
Tabela 2 -Informações gerais sobre as áreas de potenciais canteiros

Potenciais canteiros	Quantidade	Área total (m ²)	Área média (m ²)	Comprimento total (m)	Comprimento médio (m)
Sem rebaixamento	42	414,18	9,86	325,96	7,76
Com rebaixamento	35	547,23	16,10	433,20	12,38

Fonte: Autor (2021)

A Figura 35 apresenta, por fim, ambos conjuntos de áreas com potencial para plantio de árvores bem como a localização das árvores existentes na área de estudo. Os dois conjuntos de áreas totalizam uma extensão de 759,16 m de meio-fio o que equivale a 28,91% da extensão total de meio-fio das quadras estudadas e se distribuem por todas as calçadas, exceto a calçada 31, que não comporta canteiros com a largura mínima de 1,00 m.

Figura 35: Áreas com potencial para plantio de árvores



Fonte: Autor (2021)

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A área estudada permitiu verificar na cidade consolidada as dificuldades enfrentadas pela arborização conforme indicado na bibliografia em relação à articulação em harmonia dos diferentes elementos de infraestruturas situados nos espaços livres urbanos. Fica evidente que a pulverização de infraestruturas ao longo das calçadas em cada lote faz com que grande parte da extensão de calçadas, atendam às condições exigidas para a implementação da arborização urbana., chegando a 95% da extensão de uma calçada.

Faz-se necessário observar que a realidade é de conflitos ainda mais acirrados, pois, neste trabalho não foram consideradas as interferências com elementos de infraestrutura subterrânea, com a rede de fiação aérea, marquises, edificações ou ainda o distanciamento entre as próprias árvores.

Nesta pesquisa foi possível concluir que a não priorização do pedestre no espaço público também se reflete nos conflitos enfrentados pela arborização, pois 64% dos conflitos com elementos de infraestrutura ocorreram com elementos destinados à ordenação dos deslocamentos motorizados. Quando analisada a extensão de calçadas sobre influência destes elementos de infraestrutura foram encontrados trechos ultrapassando os 70,00 m contínuos de guia rebaixada. Assim, a priorização do espaço público para os deslocamentos motorizados faz com que o pedestre enfrente piores condições de caminhada com a ausência das árvores.

Contudo, foi possível verificar um potencial de arborização relevante com a possibilidade de plantio de árvores ao longo de 325,96 m. O potencial de arborização ainda chega a mais do que dobrar quando incluso o potencial de arborização em trechos com rebaixamento de meio-fio. Revelando assim que é possível enfrentar os conflitos sob os quais se encontram a arborização desde que haja uma inversão das prioridades.

A escolha de uma Área de Especial Interesse Peatonal para o estudo se revelou pertinente, pois os resultados indicam que os principais desafios a serem superados para efetiva implementação da arborização urbana passam pela reconfiguração das infraestruturas voltadas ao transporte motorizado de modo a garantir a priorização do pedestre e consequente melhoria das condições de caminhabilidade.

Os resultados apontam perspectivas positivas, mas desafiadoras visto que existem outros conflitos não verificados neste trabalho, como já citado, e que podem ser considerados em trabalhos posteriores.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. L. et al. Efeitos da arborização urbana na redução do escoamento pluvial superficial e no atraso do pico de vazão. **Ciência Florestal**, v. 29, n. 1, p. 193–207, mar. 2019.

AMANCIO, M. A. **Relacionamento entre a forma urbana e as viagens a pé**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**, 2015.

BEILER, M. R. O.; PHILLIPS, B. Prioritizing Pedestrian Corridors Using Walkability Performance Metrics and Decision Analysis. **Journal of Urban Planning and Development**, v. 142, n. 1, p. 04015009, 1 mar. 2016.

BRADSHAW, C. **Chris Bradshaw / Creating -- And Using -- A Rating System For Neighborhood Walkability Towards An Agenda For “Local Heroes” -- 1993**. Disponível em: <https://www.cooperative-individualism.org/bradshaw-chris_creating-and-using-a-rating-system-for-neighborhood-walkability-1993.htm>. Acesso em: 22 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 6766 de 19 de dezembro de 1979**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm>. Acesso em: 14 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.785 de 29 de janeiro de 1999**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9785.htm>. Acesso em: 15 out. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12651 de 25 de maio de 2012**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 14 out. 2019.

CAICHE, D. T. et al. Análise da supressão da arborização viária na cidade de São Carlos/SP no período de 2004 a 2013. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 11, n. 3, p. 93–103, 21 set. 2016.

CAICHE, D. T. Normatização da arborização urbana: produção, conflitos e perspectivas. 20 mar. 2020.

CHACALO, A. Estimación preliminar de la descontaminación atmosférica por parte del arbolado urbano de la Ciudad de México. **Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América**, ISSN 0378-1844, Vol. 33, Nº. 1, 2008, pags. 29-33, v. 33, 1 jan. 2008.

COSTA, F. F. DA et al. Mudanças no consumo alimentar e atividade física de escolares de Florianópolis, SC, 2002 - 2007. **Revista de Saúde Pública**, v. 46, p. 117–125, dez. 2012.

COSTA, L. S. DA; IWATA, B. DE F. ARBORIZAÇÃO DA AVENIDA ADOLFO JONH TERRY E OS CONFLITOS COM EQUIPAMENTOS URBANOS, CORRENTE-PI. **Cadernos Cajuína**, v. 2, n. 2, p. 134–144, 23 abr. 2017.

DUARTE, T. E. P. N. et al. Reflexões sobre arborização urbana: desafios a serem superados para o incremento da arborização urbana no Brasil. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 327–341, 29 mar. 2018.

GIACOMELI, D. C. Caracterização da arborização viária e sua influência no microclima urbano na escala do pedestre. 7 fev. 2011.

GOBBO, C. A. R. Identificação de Áreas de Especial Interesse Peatonal (AEIP) utilizando análise multicritério e ferramentas de geoprocessamento. 11 abr. 2019.

GONÇALVES, F. M. Discussões sobre o papel dos espaços livres públicos nos bairros de elite¹ contemporâneos. **Paisagem e Ambiente**, n. 15, p. 9–33, 30 jun. 2002.

HENRIQUE, W. **O direito à natureza na cidade**. [s.l.] EDUFBA, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE | Cidades | São Paulo | São Carlos | Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/panorama>>. Acesso em: 28 abr. 2021.

ITDP. **Índice de Caminhabilidade 2.0**. 1. ed. [s.l.: s.n.].

IWAMA, A. Y. INDICADOR DE ARBORIZAÇÃO URBANA COMO APOIO AO PLANEJAMENTO DE CIDADES BRASILEIRAS. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 9, n. 3, p. 156–172, 1 jun. 2015.

JACOBS, J. **Morte e vida de grandes cidades**. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2009.

KHISTY, C. J. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board. **Evaluation of Pedestrian Facilities: Beyond the Level-of-Service Concept**, n. 1438, p. 45–50, 1995.

LABAKI, L. C. et al. Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos. **Fórum Patrimônio: Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável**, v. 4, n. 1, 19 jan. 2013.

LEFEBVRE, H. **O direito à cidade**. 5. ed. São Paulo: Centauro, 2010.

MACEDO, S. S. Espaços Livres. **Paisagem e Ambiente**, n. 7, p. 15–56, 10 jun. 1995.

MALAVASI, U. C.; MALAVASI, M. DE M. Avaliação da arborização urbana pelos residentes - estudo de caso em Mal. Cândido Rondon, Paraná. **Ciência Florestal**, v. 11, n. 1, p. 189–193, 30 mar. 2001.

MARTINI, A. Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na Cidade de Curitiba - PR. 2013.

MARTINI, A. et al. Percepção da população sobre o conforto térmico proporcionado pela arborização de ruas de Curitiba-PR. **FLORESTA**, v. 44, n. 3, p. 515–524, 20 fev. 2014.

MASCARO, J. L.; YOSHINAGA, M. **Infraestrutura Urbana**. 1. ed. Porto Alegre - RS: Masquatro, 2004.

MILANO, M.; DALCIN, E. **Arborização de Vias Públicas**. [s.l.: s.n.].

MILANO, M. S. O PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO, AS NECESSIDADE DE MANEJO E TRATAMENTOS CULTURAIS DAS ÁRVORES DE RUAS DE CURITIBA-PR. **FLORESTA**, v. 17, n. 1/2, 1987.

POZUETA, J. E. Informe científico-técnico final. p. 47, 2008.

QUEIROGA, E. F. Sistemas de espaços livres e esfera pública em metrópoles brasileiras. **Resgate**, v. 19, n. 1, p. 25–35, 1 nov. 2012.

RIGATTI, D. O Processo de desenho urbano em conjuntos habitacionais. **Paisagem e Ambiente**, n. 11, p. 203–276, 10 dez. 1998.

ROSSETTI, A. I. N.; PELLEGRINO, P. R. M.; TAVARES, A. R. As árvores e suas interfaces no ambiente urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 5, n. 1, p. 1–24, 30 mar. 2010.

SANTOS, F.; BARBOSA, G. Arborização urbana de vias públicas: planejamento passeio-calçada. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, v. 11, p. 151, 2017.

SÃO CARLOS. **LEI Nº 18.053 de dezembro de 2016**. Disponível em: <<http://www.saocarlos.sp.gov.br/index.php/utilidade-publica/plano-diretor.html>>. Acesso em: 28 jun. 2021.

SÃO CARLOS. **Decreto nº 216 de 5 de junho de 2009. Institui o Plano de Arborização Urbana no Município de São Carlos, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/stories/legislacao_urbanistica_municipal/Decreto%20216-09-digital.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2021.

SCHENK, L. B. M.; PERES, R.; FANTIN, M. Sistema de espaços livres e sua relação com os agentes públicos e privados na produção da forma urbana de São Carlos. **Quadro geral da forma e do sistema de espaços livres das cidades brasileiras**, 2018.

SCHUCH, M. I. S. Arborização urbana: uma contribuição à qualidade de vida com uso de geotecnologias. 18 dez. 2006.

SILVA, J. M. P. DA et al. Critérios para intervenções e transformação do sistema de espaços livres: uma reflexão conceitual e metodológica. **Paisagem e Ambiente**, n. 33, p. 11–28, 25 jun. 2014.

SILVA, S. R. M.; BUENO, C. Desafios da integração qualificada entre as cidades e seus cursos d'água: configurações das áreas de preservação permanente na cidade de São Carlos (SP), Brasil. 2018.

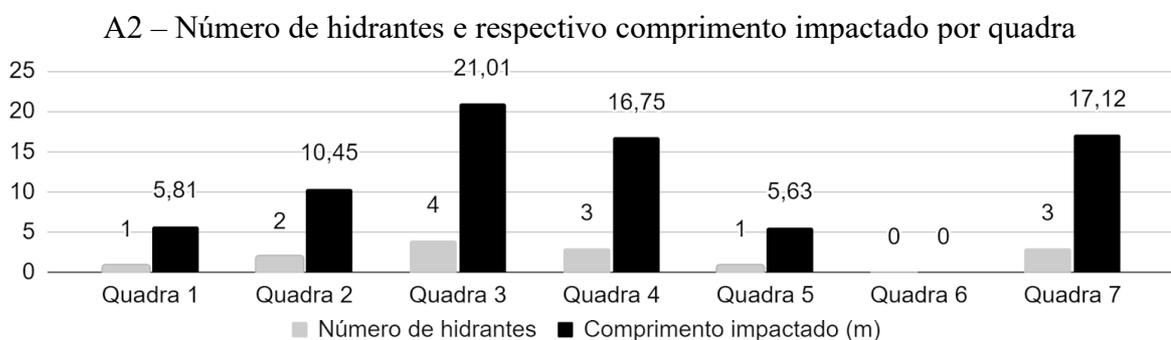
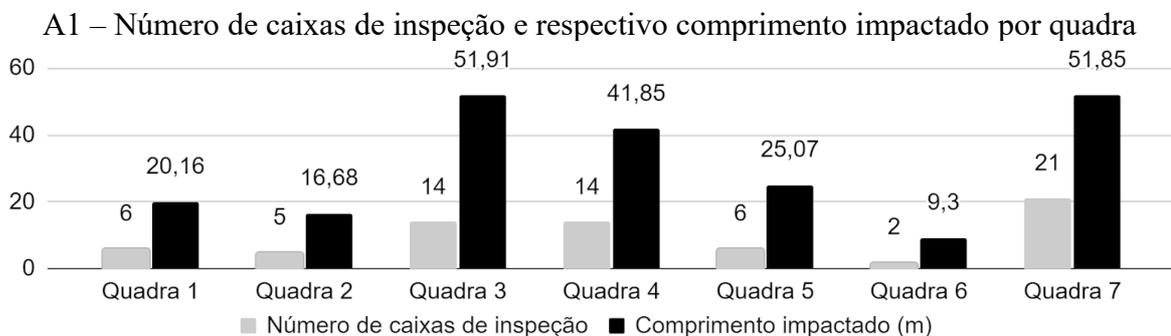
SINNETT, D. et al. Making the case for investment in the walking environment: A review of the evidence. 1 jan. 2011.

TERRA, C. G. Os jardins no Brasil do século xix: glaziou revisitado. dez. 1993.

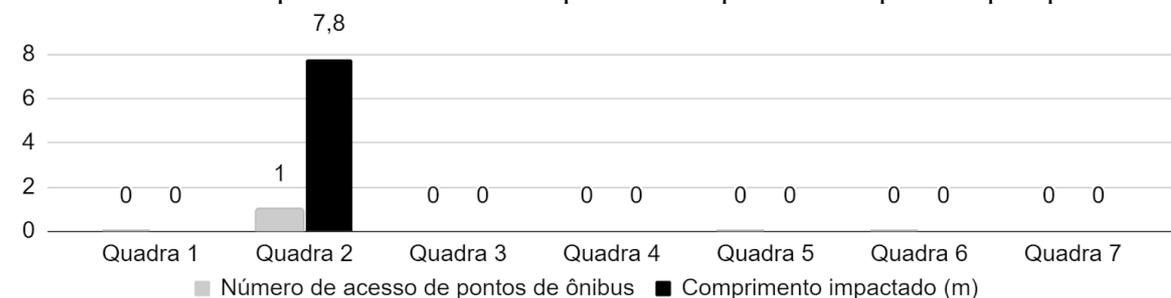
VIANA, S. M. **Percepção e quantificação das árvores na área urbana do município de São Carlos, SP**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 20 jun. 2013.

UFSCAR/HIDRO. Mapa da bacia hidrográfica do Gregório, 2010. Disponível em: <<http://www.ufscar.br/hidro/site/2010/10/mapa-da-bacia-hidrografica-do-gregorio/>, <http://www.ufscar.br/hidro/site/2010/10/mapa-da-bacia-hidrografica-do-gregorio/>>. Acesso em: 3 jun. 2021

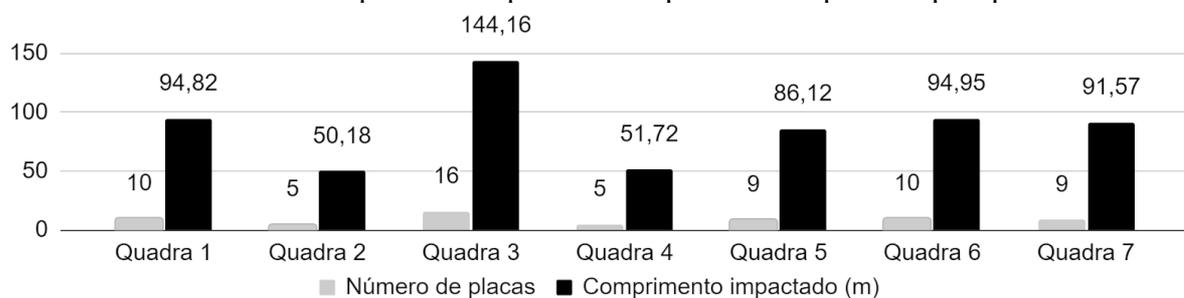
APÊNDICE A – Gráficos da distribuição de cada elemento de infraestrutura construída e os respectivos comprimentos impactados por quadra



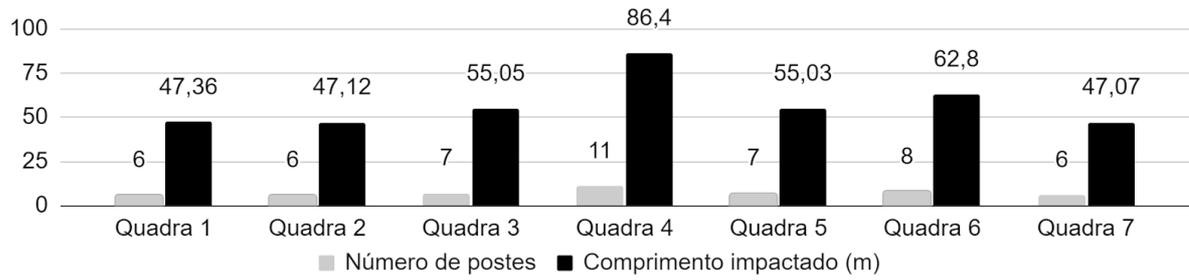
A3 – Número de pontos de ônibus e respectivo comprimento impactado por quadra



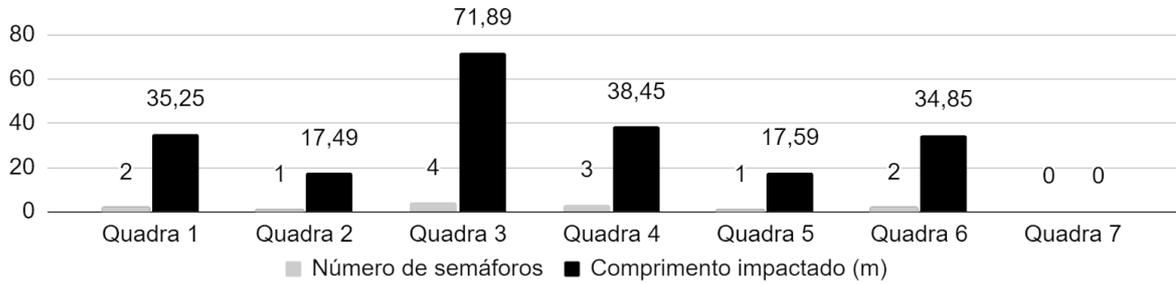
A4 – Número de placas e respectivo comprimento impactado por quadra



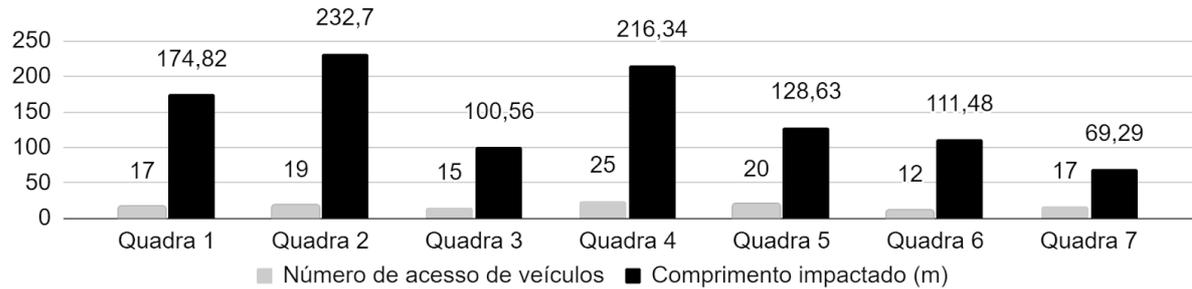
A5 – Número de postes e respectivo comprimento impactado por quadra



A6 – Número de semáforos e respectivo comprimento impactado por quadra



A7 – Número de acessos de veículos e respectivo comprimento impactado por quadra



APÊNDICE B – Mapas das localizações de cada elemento de infraestrutura construída e dos respectivos comprimentos impactados por quadra

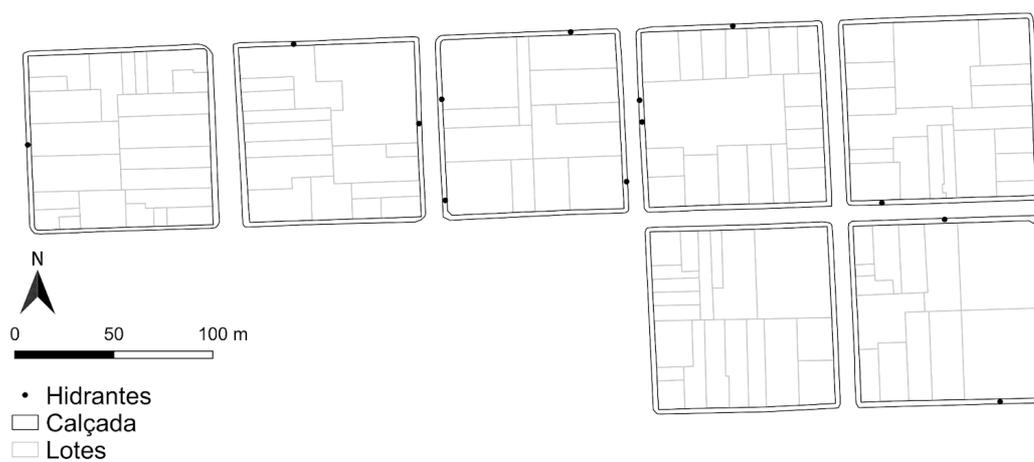
B1 – Localização das caixas de inspeção



B2 – Trechos de calçadas impactados por caixas de inspeção



B3 – Localização de hidrantes



B4 – Trechos de calçadas impactados por hidrantes



B5 – Localização de pontos de ônibus



B6 – Trechos de calçadas impactados por pontos de ônibus



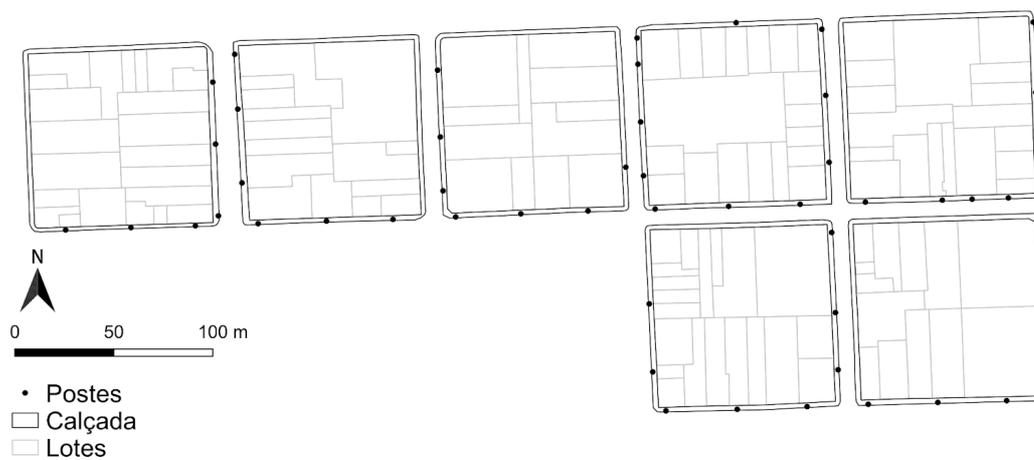
B7 – Localização de placas



B8 – Trechos de calçadas impactados por placas



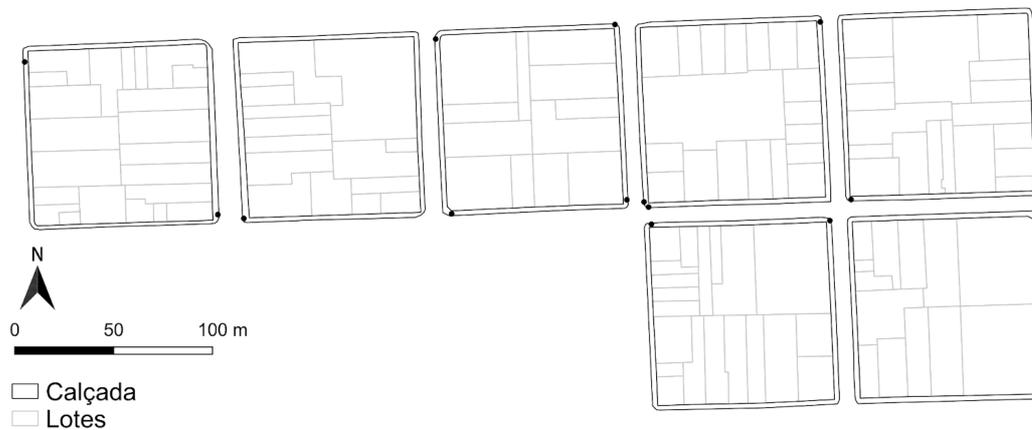
B9 – Localização de postes



B10 – Trechos de calçadas impactados por postes



B11 – Localização de semáforos



B12 – Trechos de calçadas impactados por semáforos



B13 – Localização de acessos de veículos



B14 – Trechos de calçadas impactados por acessos de veículos

