



25 ANOS

PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA  
URBANA - PPGEU

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar

**ORGANIZADORAS**

Kátia Sakihama Ventura

Denise Balestrero Menezes

Luciana Márcia Gonçalves

Thais de Cassia Martinelli Guerreiro



**ORGANIZADORAS**  
KÁTIA SAKIHAMA VENTURA  
DENISE BALESTRERO MENEZES  
LUCIANA MÁRCIA GONÇALVES  
THAIS DE CASSIA MARTINELLI GUERREIRO

**25**ANOS

**PROGRAMA DE  
PÓS-GRADUAÇÃO  
EM ENGENHARIA  
URBANA - PPGEU**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS - UFSCar



PPGEU / UFSCar

**COMISSÃO PERMANENTE DE PUBLICAÇÕES  
OFICIAIS E INSTITUCIONAIS – CPOI  
SÃO CARLOS - SP  
2020**

## FICHA TÉCNICA

**Coordenação Geral | © 2020 by  
(organizadoras)**

Kátia Sakihama Ventura  
Denise Balestrero Menezes  
Luciana Márcia Gonçalves  
Thais de Cassia Martinelli Guerreiro

**Coordenação Editorial, Projeto Gráfico -  
Diagramação**

Elza Luli Miyasaka  
Rony Felipe Marcelino Corrêa

**Fotos**

Capa e Contra Capa: Kátia S. Ventura  
Rosto Saneamento: Imagem de  
PublicDomainPictures por Pixabay

Rosto Urbanismo: Cláudio R. Pierini  
Rosto Geotecnia: Denise B. Menezes  
Rosto Transportes: Thais C. M. Guerreiro

**Reitora**

Wanda Aparecida Machado Hoffmann

**Vice-Reitor**

Walter Libardi

**Coordenador do Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia Urbana**

Erick Kellner  
Érico Masiero

**Secretário Administrativo**

Alex Rogério Silva

**Normalização**

Marina P. de Freitas

**É proibida a reprodução total ou parcial desta obra sem citar as fontes**



### Dados internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

25 anos: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU :  
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar / Kátia Sakihama  
Ventura, Denise Balestrero Menezes, Thais de Cassia Martinelli  
Guerreiro, Luciana Márcia Gonçalves (organizadores). - São Carlos :  
UFSCar/CPOI, 2020.  
276 p.

ISBN: 978-65-86558-00-5

1. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana -  
Comemoração. 2. Engenharia Urbana. 3 Universidade Federal  
de São Carlos. Kátia Sakihama Ventura, org. I. Denise Balestrero  
Menezes, org. II. Thais de Cassia Martinelli Guerreiro, Luciana  
Márcia Gonçalves, org.



*Às professoras e aos professores que constituíram o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e aos pós-graduandos que contribuem à pesquisa científica.*

Ao se completar em 2019 os 25 anos do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, PPGEU, da Universidade Federal de São Carlos é importante registrar alguns aspectos desta efeméride e a importância deste Programa na formação de docentes, pesquisadores e técnicos de alto nível nesta específica área do conhecimento.

O processo de formação das cidades brasileiras necessitou desde o seu início da contribuição de mão-de-obra técnica para a implantação de infraestruturas e serviços que garantissem a funcionalidade destes territórios. Cabe ressaltar que inicialmente as obras das áreas públicas tais como os arruamentos e calçamentos eram executados pela população com técnicas precárias.

Os primeiros levantamentos topográficos no país foram executados por militares, no caso engenheiros, cartógrafos e astrônomos portugueses, que também orientavam a execução de obras públicas tais como hospitais, chafarizes e calçamentos, assim como edificações e quartéis. Esta participação dos engenheiros de formação militar se afirmou cada vez mais ao longo do tempo, indo dos levantamentos de cartas e mapas da província para os levantamentos topográficos urbanos, e até a abertura de caminhos e estradas de ferro, realização de alinhamentos viários, construção de calçamentos, pontes, fortificações e edifícios públicos em geral.

O aumento e a importância dessas atividades, concomitantemente com a ocupação do interior do país gerou a necessidade de se formar engenheiros, agora denominados civis, pois se ocupavam cada vez mais de empreendimentos de interesse não militar. As escolas formavam engenheiros civis com uma forte atuação nas cidades que se constituíam, responsabilizando-se pelos levantamentos topográficos, pelas edificações, pelos sistemas de estradas e canais, redes de água e esgoto, conservação das obras, como também nos planos e orçamentos para as obras que iriam ser necessárias tendo em vista a expansão das áreas urbanas. A primeira escola de engenharia criada no Brasil foi a Escola Politécnica do Rio de Janeiro fundada em 1874, oferecendo exclusivamente o curso de engenharia civil.

A palavra urbanismo foi empregada pela primeira vez no país em 1916 pelo engenheiro Victor da Silva Freire. Esta palavra se constitui em neologismo vindo do termo francês *urbanisme*, criado em 1910 e que por sua vez era uma tradução do termo inglês *town-planning*, empregado pela primeira vez em 1906. No entanto estas palavras já eram empregadas na Alemanha desde meados do século XIX como *stadtplan*

(1) Professor Titular em Gestão Habitacional e Urbana da Escola Politécnica da USP

(plano de cidades) e *stadtbau* (construção de cidades). Esta ciência urbana moderna, o urbanismo, nasce pela necessidade de se disciplinar as transformações que ocorrem nas cidades pelo processo de industrialização e consequente crescimento populacional. Freire inova não só pela introdução dos primeiros conceitos de análise urbana, mas sobretudo porque, sendo o primeiro a tratar do urbanismo enquanto ciência (e não unicamente como técnica de viação como tinha ocorrido até então) irá trazer a discussão teórica que se dava internacionalmente nesse campo do conhecimento.

A atuação dos engenheiros urbanos é pautada pelo entendimento da cidade como um todo, e na qual existe a necessidade de uma intervenção de natureza técnica mas também estética, contemplando os aspectos de circulação e das edificações. Os aspectos sanitários também são contemplados servindo como condicionante para o traçado de ruas e praças. É importante ressaltar que as dimensões administrativas e de gestão também eram contempladas com a constituição de órgãos com atribuições específicas na área de urbanismo com um corpo de profissionais especializados. Estes profissionais eram na sua grande maioria engenheiros civis ou engenheiros arquitetos, que, ao se formarem encontravam no serviço público uma das mais interessantes alternativas de trabalho, tanto como realização como prestígio e remuneração.

Segundo Claude Martinard, a engenharia urbana é a arte de conceber, de realizar e de gerenciar sistemas técnicos urbanos; o termo sistemas técnicos urbanos tem dois significados: o primeiro enquanto rede suporte, isto é, uma dimensão física, e o segundo enquanto rede de serviços. Por exemplo, o sistema de abastecimento de água de uma cidade tem a dimensão física da rede de distribuição de água, com as tubulações, os equipamentos de tratamento de água, captação, etc. No entanto é também imprescindível levar em consideração a dimensão dos serviços prestados de operação e de manutenção da rede e dos equipamentos, tarifação e cobrança pelo serviço prestado, controle da qualidade da água e muitos outros aspectos de gerenciamento deste sistema. Um outro exemplo é o do engenheiro civil, especialidade engenheiro de transportes. Este engenheiro é o especialista que se ocupa dos sistemas de transporte terrestres, marítimos, fluviais e aéreos e as infraestruturas e os sistemas de gestão necessários para o seu desenvolvimento.

A EIVP, *École des Ingénieurs de la Ville* de Paris, Escola de Engenheiros da Cidade de Paris, fundada em 1959, e que oferece um curso de graduação em engenharia urbana, nos apresenta uma outra definição. Para eles a engenharia urbana lida com a concepção, construção e a gestão de cidades, com uma constante atenção ao desenvolvimento sustentável.

Tomando-se como base estas definições nos parece adequado definir engenharia urbana como aquela que incluiria de forma sistêmica todos os serviços de engenharia civil e ambiental relacionados com os complexos problemas referentes às questões de infraestrutura, serviços e edificações, ambientais e de uso do solo enfrentados nas áreas urbanas.

É neste complexo contexto que hoje se situa a atuação da engenharia urbana. As cidades com seus diversos tamanhos e importância social e política necessitam de engenheiros especializados e competentes, porém com uma visão sistêmica e gerencial abrangente. As cidades são ambientes complexos e exigem a participação de profissionais preparados para enfrentar os diversos desafios existentes, particularmente nos países em desenvolvimento.

Os desafios que ora se apresentam e para o qual devemos estar formando e capacitando estes engenheiros urbanos podem ser listados a seguir:

- a) aumento da população urbana, trazendo como consequência a necessidade de adequação dos existentes infraestruturas e serviços públicos;
- b) o aumento da população urbana tem se concentrado em aglomerações e na regiões metropolitanas, pois estas regiões têm a capacidade de atrair pessoas a partir das ofertas de trabalho e de serviços; no entanto existe no país apenas uma institucionalização formal e legal dessas regiões, sem que ela seja de fato um ente político, um nível de governo, com recursos, responsabilidades e compromissos;
- c) envelhecimento e obsolescência das atuais redes de infraestrutura tendo em vista as novas necessidades tanto técnicas como as relacionadas com a expansão e o crescimento das cidades;
- d) surgimento de novas tecnologias digitais, a inteligência artificial, as big data, a internet das coisas, enfim as cidades inteligentes;
- e) sistemas administrativos e governanças cada vez mais complexos, descentralizados e automatizados exigindo coordenação e acompanhamento eficientes e coerentes; disputa cada vez maior pelos recursos financeiros, exigindo dos gestores urbanos o desenvolvimento de critérios racionais para alocação destes recursos e eficiência na sua utilização;
- f) participação cada vez maior da comunidade exigindo por parte do poder público uma atuação mais transparente; a comunidade de forma direta e também através de suas organizações tem se posicionado defendendo os seus interesses tanto no nível do quarteirão e de bairro, como também atuando de forma mais abrangente chegando a influir diretamente na

- elaboração dos planos diretores e de outras leis urbanísticas;
- g) atuação cada vez maior da iniciativa privada por meio de concessões e de permissões exigindo sistemas complexos de licitação, contratação, controle e remuneração pelos serviços; as chamadas parcerias público-privadas abrem novas possibilidades para a prestação de serviços e o compartilhamento de responsabilidades entre as esferas públicas e privadas;
- h) exigências cada vez maiores de adequação ambiental dos processos e dos produtos desenvolvidos e utilizados nas cidades; estas exigências surgem não só a partir das novas legislações ambientais que são compulsórias, mas também como fruto das demandas sociais trazidas pelas comunidades e pelas ONGs e também como resultado da atitude pró-ativa e voluntária de empresas e de órgãos públicos prestadores de serviços;

Nos países em desenvolvimento como o Brasil existe um outro desafio, específico, que é a convivência entre uma cidade regular, formal, e uma cidade clandestina e informal, que não pode e não tem sido mais considerada como ilegal, devido principalmente à sua magnitude. São exemplos de cidade informal, as favelas e os loteamentos irregulares.

Finalizando cabe novamente registrar a importância de engenheiros com uma visão abrangente, sistêmica, calcados na experiência história dos engenheiros urbanos pioneiros do início do século passado. Apesar deles atuarem profissionalmente em uma realidade urbana distante da observada nos dias de hoje, ainda servem de referência como exemplos de lucidez e de dedicação à busca da melhoria da qualidade de vida dos habitantes das cidades brasileiras.

Este livro, organizado nas 4 áreas de conhecimento do PPGEU: Urbanismo, Saneamento, Transportes, Geotecnologia e Geoprocessamento, nos traz inúmeros artigos que demonstram com competência a missão de melhorar as nossas cidades e fazer com que os seus cidadãos sejam respeitados e atendidos da melhor forma possível pelos processos de gestão adequados e pela tecnologia disponível.



*Alex Abiko*

Engenheiro Civil. Professor Titular da Escola Politécnica da USP. Coordenador do Grupo de Ensino e Pesquisa “Engenharia e Planejamento Urbanos” do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica. Tem desenvolvido pesquisas, se envolvido em consultorias e orientado alunos de iniciação científica, mestrado e doutorado, além de possuir publicações em livros e periódicos em sustentabilidade urbana, planejamento e governança urbanos, gestão habitacional e habitação social.



Kátia Sakihama Ventura  
Denise Balestrero Menezes  
Luciana Márcia Gonçalves  
Thais de Cassia Martinelli Guerreiro

Este livro foi idealizado para que pudéssemos comemorar os **25 anos do Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana**, porém mais do que isso, gostaríamos de divulgar a identidade, o pioneirismo e a resistência ao longo dos anos, desde a sua criação até os aprimoramentos ocorridos atualmente.

Em 1993, foi criado o programa *stricto sensu* de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, que permaneceu com essa denominação por sete anos tendo a Engenharia Urbana como a única área de concentração.

Em 1994, iniciaram-se as atividades com a primeira turma de alunos selecionados no Programa e, em 1996, teve a 1ª dissertação defendida.

Em 1999, o programa mudou sua denominação, deixando de ser área de concentração em Engenharia Urbana, passando a denominar-se Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU. Assim, definitivamente, a partir dessa denominação, seu caráter pioneiro como programa, assumiu o tema urbano como central nos debates e abordagens de pesquisa em sistemas de engenharia aplicáveis no território urbanizado (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

Em 2002, a Universidade Federal da Paraíba, em João Pessoa, criou seu programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e, em 2006, foi a Universidade Estadual de Maringá que também criou o programa com a mesma denominação. Desta forma, houve fortalecimento do termo e de conteúdos, confirmando a importância do tema integrador em Engenharia enquanto área de pesquisa e garantindo a visão pioneira são-carlense (TEIXEIRA *et al.*, 2007).

Em 2002, a Universidade Federal de Uberlândia - UFU, criou a área de concentração com esta nomenclatura, tal qual a USP São Paulo que já possuía a área em Engenharia Urbana desde 1970 dentro do programa de Engenharia Civil, sendo a primeira no uso da denominação, porém ainda para designar uma das suas áreas de concentração. E assim permanece até hoje (TEIXEIRA *et al.*, 2007, ARREBOLA *et al.*, 2011).

Vale lembrar que todos os programas citados se vinculam na CAPES ao comitê ENGENHARIAS I.

Seja como denominação do programa ou da área de concentração, a abrangência

da Engenharia Urbana foi se ampliando e em 2006 a UFSCar criou o Doutorado no PPGEU (iniciado em 2007), único dentro de um Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana, fortalecendo, amadurecendo e aprimorando as pesquisas dentro das perspectivas da produção e gestão urbana. Novamente o PPGEU garante o pioneirismo e agora a exclusividade enquanto um programa de pesquisa *stricto sensu* destinado aos temas da Engenharia Urbana (TEIXEIRA *et al.*, 2006).

No período de criação do PPGEU as linhas de pesquisa surgiram com a demanda de melhoria em infraestrutura urbana, especialmente em cidades de pequeno e médio portes. Assim, questões decorrentes da ausência de planejamento e do crescimento desordenado em áreas de risco e nos núcleos periféricos tiveram destaque no Programa, tais como: poluição, escassez de recursos hídricos, enchentes, deficiências de transporte coletivo e problemas de tráfego e parcelamento inadequado do solo (Röhm *et al.*, 2006).

A análise fragmentada dos componentes urbanos teve destaque ao longo destas duas décadas. No entanto, a abordagem das pesquisas na época apontava um diferencial, em relação às demais linhas da Engenharia Civil, pela visão holística, integradora e voltada para o desenvolvimento sustentável (Röhm *et al.*, 2006).

No presente momento, o PPGEU acompanha as transformações socioambientais e urbanas, permitindo que pesquisas sobre a análise integrada de problemas complexos e abrangentes sejam aprimoradas e incorporem novas necessidades, tais com a inclusão e participação social, a tecnologia digital, mecanismos de gestão, entre outros, como subsídio à tomada de decisão dos gestores do serviço público.

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar obteve conceito “4” na última avaliação trienal da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ano de 2019. Possui duas linhas de pesquisa: “GESTÃO, PLANEJAMENTO E TECNOLOGIAS APLICADOS À ENGENHARIA URBANA” e “ESTUDO DE PROCESSOS E FENÔMENOS APLICADOS À ENGENHARIA URBANA”, a saber (PPGEU/UFSCar, 2020):

- Gestão, Planejamento e Tecnologias Aplicados à Engenharia Urbana – tem a finalidade de promover o desenvolvimento e a avaliação de modelos e instrumentos de gestão e planejamento do meio urbano e regional, por meio do estudo de políticas, programas e projetos contemplados pela Engenharia Urbana;
- Estudo de Processos e Fenômenos Aplicados à Engenharia Urbana - principal enfoque é identificar, sistematizar, avaliar, analisar, monitorar ou modelar diferentes processos e fenômenos que ocorrem no meio urbano.

Outra característica que dá identidade própria ao programa é que sempre foi aberto

a diferentes profissionais que integram conhecimento e experiências nas subáreas que definem os eixos estruturantes do curso, do perfil dos docentes e das vagas oferecidas anualmente. As subáreas atuais são: Urbanismo, Saneamento, Transporte e Geotecnia e Geoprocessamento Aplicado.

A maior parte dos docentes do PPGEU-UFSCar ministra aulas no curso de graduação de Engenharia Civil da mesma Universidade, de modo que a integração entre ensino, pesquisa e extensão tem se tornado mais presente no referido Programa.

Os Objetivos do Programa em Engenharia Urbana defendidos junto à CAPES são: capacitar docentes e pesquisadores a compreender, refletir e dar suporte ao enfrentamento da questão urbana, por meio da pesquisa e da inovação; incorporar a prática da investigação e reflexão, do método científico e da visão crítica sobre os fenômenos, as técnicas e a gestão do meio urbano, nas áreas da engenharia; produzir conhecimento integrado, científico e tecnológico nas áreas componentes da engenharia urbana.

Alguns dados sobre o PPGEU reforçam seu dinamismo e o crescente avanço nos números de pesquisadores, seja no nível de mestrado ou doutorado. Até dezembro de 2019, ou seja, 25 anos do Programa, já foram defendidas 425 dissertações de mestrado e com apenas 12 anos desde o início das pesquisas de doutorado foram defendidas 45 teses.

Neste momento, o PPGEU passa pela renovação do seu quadro de docentes e a troca de experiências pelos estudos anteriores com a demanda de novos temas de pesquisa amplia a capacidade de conhecimento científico do pós-graduando.

As pesquisas em **Saneamento** buscaram realizar estudos com experimentos práticos laboratoriais, análise computacional, investigação com visita técnica e atividades de levantamento em campo, aplicação de métodos de cálculo nos quatro eixos temáticos do saneamento básico e, de modo geral, estudos com integração a outras áreas do saber (ambiental, social, econômico).

Nos últimos anos, em função da demanda profissional e a importância do Programa em inserir aspectos inerentes aos serviços urbanos, houve abertura para estudos incluindo programação computacional, instrumentos de gestão de qualidade, uso de indicadores e métodos da gestão, a participação social nas decisões públicas e planejamento do setor e novos experimentos em laboratório.

A área de **Urbanismo** trabalha com pesquisas de temas abrangentes e integradores, busca através das diferentes faces da produção da cidade discutir habitação social, planejamento urbano integrado e sustentável através de estudos de casos de Planos Diretores de cidade de pequeno médio e até regiões metropolitanas, assim como a aplicação de instrumentos urbanísticos e conforto ambiental urbano. A discussão

da produção do espaço urbano aborda também a ótica da desconstrução espacial e recentemente trabalha com temas como Infraestrutura verde e sustentabilidade urbana, cidades inteligentes e seus desdobramentos sociais e ambientais.

A área de Urbanismo é formada quase que exclusivamente por profissionais de arquitetura e urbanismo, porém tem no seu quadro de mestrands e doutorandos, alunos das mais diversas áreas do conhecimento: engenheiros civis e ambientais, cartógrafos, geógrafos advogados, urbanistas entre outros. Evidencia-se, portanto, a busca pela integração do conhecimento entre áreas que estudam e atuam na produção da cidade inteligente e sustentável.

A área de **Geotecnia e Geoprocessamento** desde o início teve uma grande integração entre as técnicas de mapeamento geológico-geotécnico e as ferramentas de geoprocessamento, com pesquisadores Geólogos e Engenheiros Civis. Inicialmente o foco era voltado para planejamento urbano e ambiental, ampliando-se para cartografias geoambientais regionais e sistema de informação geográfica (SIG) aplicado a temas urbanos diversos.

Com o ingresso de novos pesquisadores na área, os temas foram ampliando, sendo inseridos estudos com águas subterrâneas, áreas antropizadas, novas ferramentas de geoprocessamento e trabalhos em coordenação com outras áreas do PPGEU, como o urbanismo.

O caráter de integração de geologia, geotecnia, engenharia civil e geoprocessamento se mantém e ao passo que novos desafios em gestão urbana e ambiental vão sendo postos, novas técnicas abordagens vão sendo incorporadas aos estudos desenvolvidos.

No tocante à área de **Transportes** ao longo dos anos as pesquisas desenvolvidas acompanharam a mudança dos modais utilizados em face às mudanças na mobilidade urbana cada vez mais presentes. Atualmente, os temas estão relacionados à mobilidade urbana sustentável (correlacionados ao desenvolvimento de cidades inteligentes), à segurança viária, à infraestrutura de transportes e ao uso dos Sistemas de Informação Geográfica aplicado aos diversos problemas de transportes que ocorrem no meio urbano.

Ressalta-se que, sobretudo, as pesquisas desenvolvidas prezam pela integração entre os diferentes temas da área de Transportes, visto que é praticamente impossível desassociá-los. Somente com uma visão integrada é possível ter conhecimento sobre os problemas reais e propor soluções que de fato possam contribuir para a melhoria da mobilidade nas cidades.

O PPGEU realizou, de forma também pioneira, dois grandes eventos com intuito de reunir os programas de Engenharia Urbana em consonância com as oportunidades

de integração entre as suas sub áreas de conhecimento.

Buscando intercâmbio com outros países e a internacionalização, o PPGEU tem recebidos mestrandos pelo programa PAEC-CAPES e o doutorado está participando do Programa CAPES Print desde 2019 com intercâmbios com Inglaterra, Espanha e Portugal.

No ano de 2006, juntamente com a criação do doutorado em Engenharia Urbana, foi realizada na UFSCar São Carlos, a **1ª Edição do Simpósio de Pós Graduação em Engenharia Urbana - SIMPGEU** que teve suas duas edições seguintes sediadas na Universidade Estadual de Maringá e, nos dois eventos posteriores passou a incluir o Encontro Nacional de Tecnologia Urbana - ENURB, na Universidade Federal do Rio de Janeiro e na Universidade de Passo Fundo.

Em outubro de 2017, foi realizado no campus UFSCar São Carlos, a nova versão do SIMPGEU à partir do evento denominado **Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana - I SINGEURB 2017**, o qual representou uma oportunidade para que a comunidade de pesquisadores, profissionais e estudantes de diversos temas relativos às questões urbanas pudessem aprofundar a troca de experiências e reflexões e discutir assuntos relativos ao tema: “Cidades e Objetivos do Desenvolvimento Sustentável”. Foram abordados Gestão e Planejamento Urbano; Transportes e Mobilidade; Saneamento e Recursos Hídricos; Geotecnia e Geoprocessamento; Urbanismo e Habitação; e Tecnologias Aplicadas.

O SINGEURB acrescentou aos tradicionais temas da área os novos termos de questões cada vez mais complexas e integradas: Geotecnologias aplicadas, Cidades Inteligentes, Sustentabilidade Urbana, Cidades Para Pessoas, entre outros. O evento obteve grande adesão de participantes nos eixos temáticos propostos. Consolidou-se, assim, a nova e abrangente denominação e, em 2019, já foi realizada a 2ª edição do SINGEURB, na Escola Politécnica da USP, em São Paulo.

Eventos locais também são realizados, como os Tech In Cities que tratam de tecnologias e inovações nas cidades. Em sua primeira edição (2018), especialistas e envolvidos com o tema comentaram suas experiências quanto às tecnologias e inovações que têm ganhado espaço no planejamento urbano, abordando questões sobre meio ambiente e sustentabilidade no espaço urbano. Em 2019 o evento abordou ferramentas inovadoras no planejamento das cidades.

Internamente, pela disciplina Sistemas Integrados de Engenharia Urbana, foi realizado em 2016, o “I Workshop de Projetos em Engenharia Urbana: da Ciência à prática projetual”, com o intuito de promover a imersão aos problemas urbanos observados no local de estudo e permitir análise abrangente e integradora, pois contou com equipe de estudo multidisciplinar para os eixos do Programa (saneamento,

urbanismo, geotecnia e geoprocessamento, transportes).

Cabe destacar que o PPGEU teve artigos premiados pelos melhores trabalhos científicos no Encontro Nacional de Águas Urbanas, no Congresso da ASSEMAE, no II SINGEORB, na International Conference on Urban Climate, pelo Prêmio Capes de Tese na área de Engenharias I, o que denota caminho promissor de pesquisa proporcionado pelos docentes e pós-graduandos do Programa.

Assim, o PPGEU após 25 anos lança esse livro comemorativo com o objetivo de reforçar a importância e a pluralidade das pesquisas desenvolvidas, sempre buscando compreender e propor soluções às cidades, como também capacitar pesquisadores com uma visão holística dos problemas urbanos e ajudar a construir cidades mais humanas e sustentáveis.

É oportuno ressaltar a participação dos diferentes atores na construção do PPGEU, que constitui hoje um corpo de conhecimento e de experiências respaldados pela produção desenvolvida ao longo desses anos. Agradecendo nominalmente aos professores que fizeram e fazem parte desse processo e, não menos importante, aos alunos que continuamente contribuem ao aperfeiçoamento deste processo.

## REFERÊNCIAS

ARREBOLA, D. L. C. C., MACHADO, H. H. S., RODRIGUES, K. P., VANDERLEI, R. D., NETO, G. de A. Panorama do estudo de engenharia urbana no Brasil. Anais [...] XXXIX COBENGE. Blumenau: ABENGE/FURB, outubro de 2011. Disponível em <http://www.abenge.org.br/cobenge/arquivos/8/sexoestec/art2035.pdf>. Acessado em 15/02/2020.

RÖHM, S. A.; BONUCCELLI, T. J.; RAIA JR, A.; CORDEIRO, J. S. Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos. In: XXXIV CONGRESSO BRASILEIRO EM ENGENHARIA, 34., 2006. Passo Fundo: **ANAIS** [...]Ed. UFP Editora, 2006.

TEIXEIRA, B. A. do N.; RÖHM, S. A. ; CORRÊA, M. de A. ; GUIMARÃES, S. M. . Programa de pós-graduação em Engenharia Urbana. In: ROCHA FILHO, R. C.; KIMINAMI, C. S.; PEZZO, M. R.. (Org.). 30 anos de pós-graduação na UFSCar - Multiplicando conhecimentos. 1ed. São Carlos: Edufscar, 2007, p. 179-186.

TEIXEIRA, B. A. do N.; CORRÊA, M. de A.; RÖHM, S. A. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA UFSCar 1994-2006. In: I SIMPGEU – Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. Apresentação realizada. Disponível em <https://slideplayer.com.br/slide/376763/>. Acessado em 15/02/2020.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS. Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU). Disponível em: <http://www.ppgeu.ufscar.br/apresentacao-e-transparencia>. Acesso em: 20 fev 2020.

## ORGANIZADORAS

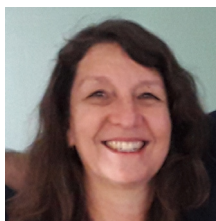
### ÁREA DE SANEAMENTO



*Kátia Sakihama Ventura*

Engenheira civil (UFSCar), Mestre em Engenharia Civil (PPGEU/UFSCar), Doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento (SHS-EESC/USP). Docente do PPGEU/UFSCar e DECiv/UFSCar. Atuou como pesquisadora/consultora IPEA e FUNASA. Área de pesquisa: resíduos sólidos, segurança da água, protocolos de avaliação, ferramentas de gestão e indicadores. Membro titular do Comitê de Bacia Hidrográfica Tietê Jacaré (CBH-TJ) e do Comitê de Águas da Associação de Universidades do Grupo Montevideu (AUGM).

### ÁREA DE GEOTECNIA E GEOPROCESSAMENTO



*Denise Balestrero Menezes*

Geóloga graduada na UNESP – Rio Claro, mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental (EESC – USP) e doutorado em Geociência e Meio Ambiente (UNESP – Rio Claro). Atua como professora na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) junto aos cursos de Graduação em Engenharia Civil e Gestão e Análise Ambiental, assim como junto ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU-UFSCar) em ensino, pesquisa e orientações em Geotecnia Ambiental e Geologia de Planejamento do Meio Físico.

### ÁREA DE URBANISMO



*Luciana Márcia Gonçalves*

Docente do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar é graduada em Arquitetura e Urbanismo pela EESC/USP (1989), Mestre em Planejamento Urbano (1995) pela EESC-USP, Doutora em Estruturas Ambientais Urbanas pela FAUUSP/SP (2005) e Pós-doutorado em Ciências Ambientais na Universidade Autônoma de Barcelona /UAB/Espanha (2014). Desenvolve atividades de pesquisa nas áreas de Planejamento e Gestão Urbana e Urbanização de Baixo Impacto.

### ÁREA DE TRANSPORTES



*Thais de Cassia Martinelli Guerreiro*

Engenheira Civil formada pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (2004), com mestrado em Engenharia de Transportes (2008) e doutorado em Ciências (2016) - área de concentração em Planejamento e Operação de Sistemas de Transporte pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Credenciada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar e atuando na aplicação de SIG aos temas relacionados à mobilidade urbana sustentável, transporte não motorizado e urbano.

## AUTORES



### *Ademir Paceli Barbassa*

Engenheiro Civil pela UFMG, mestre e doutorado pela EESC-USP, pós-doutor pela Universidade do Colorado em Boulder, EUA. Atualmente é professor Titular do DECiv, UFSCar - São Carlos e do PPGEU, líder do grupo GHIDRO. Pesquisa os temas: hidrologia urbana; técnicas sustentáveis de manejo de águas pluviais urbanas; desenvolvimento urbano de baixo impacto; remoção de material em suspensão; modelagem hidráulico-hidrológica; consulta e participação da comunidade; perdas de água em SAA.



### *Archimedes Azevedo Raia Junior*

Engenheiro FEB/UNESP, mestre e doutor em engenharia de transportes EESC/USP, professor titular aposentado PPGEU/DECiv/UFSCar. Foi chefe do DECiv e coordenador do PPGEU da UFSCar; coordenou diversos projetos e desenvolveu orientações mestrado/doutorado em engenharia tráfego e mobilidade PPGEU-UFSCar. Professor do curso engenharia civil nas Faculdades Integradas de Bauru. Coordenador de grupo de pesquisa NESTTRAL-Núcleo Estudos Trânsito, Transportes e Logística.



### *Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira*

Engenheiro Civil - UFMG, Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento - USP. Pós-Doutorado na UAB - Barcelona. Docente da UFSCar desde 1992, atualmente como Professor Titular. Foi Coordenador da Graduação em Eng. Civil e da Pós-Graduação em Eng. Urbana da UFSCar. Orientou 41 Mestrados e 6 Doutorados. Coordenou projetos financiados pela FAPESP, CNPq, FINEP, FUNASA, MCidades, MEC, CEF. Líder dos grupos de pesquisa SustenUrb, 3R – Nrr e GHidro. Foi Pró-Reitor de Pós-Graduação da UFSCar.



### *Cali Laguna Achon*

Engenheira civil UFSCar, doutora em Engenharia Hidráulica e Saneamento EESC/USP, pós-doutorado em Engenharia Urbana PPGEU/UFSCar. Professora Adjunta do DECiv/UFSCar, pesquisadora do PPGEU/UFSCar, coordenadora do curso de graduação em Engenharia Civil da UFSCar. Participou do PROSAB 2-Tema IV e coordena projeto universal financiado pelo CNPq na área de resíduos do saneamento. Desenvolve pesquisas na área de gestão e tecnologias aplicadas aos sistemas de tratamento de água e esgoto.



### *Carolina Maria Pozzi de Castro*

Arquiteta e urbanista-FAU/Santos, Mestrado em Arquitetura EESC/USP, Doutorado em Arquitetura e Urbanismo FAUUSP. Foi docente na UFSCAR/DECIV e é credenciada no PPGEU/UFSCAR. Aposentada pela UFABC/CECS e pesquisadora do LEPUR/UFABC. Desenvolve orientações, pesquisas e publicações sobre desenvolvimento e política urbana, produção e política habitacional, com destaque às cooperativas habitacionais autofinanciadas, dinâmicas imobiliárias na RMSP e ao Programa Minha Casa Minha Vida.



## AUTORES



*Cristiane Bueno*

Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar. Possui Graduação em Arquitetura e Urbanismo pela FAU-USP, Mestrado pela EESC-USP (2010), Doutorado e Pós-doutorado pelo IAU-USP. Credenciada aos Programas de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Engenharia Civil, desenvolve atividades de pesquisa nas áreas de Modelagem da Informação da Construção (BIM) e da cidade (CIM), e Metodologias de Avaliação de Sustentabilidade Urbana e de Edificações, com ênfase em Avaliação de Ciclo de Vida.



*Edson Augusto Melanda*

Engenheiro Civil UFSCar, mestre em Engenharia Civil UFSCar, doutor em Ciências da Computação ICMC-USP e pós-doutorado em Geomática na Universidade de Calgary, CA. Fundador e atual diretor do Núcleo de Geoprocessamento, tendo sido chefe do DECiv-UFSCar, coordenador do núcleo UFSCar-Municípios, bem como consultor da FAPESP em projetos PIPE. No PPGEU-UFSCar orienta pesquisas utilizando Inteligência Artificial, Drones e Análise Espacial de dados geográficos aplicados à Engenharia Urbana.



*Erich Kellner*

Engenheiro Civil pela UFSCar (1993), Mestre (1996) e Doutor (2000) em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP, Professor Associado DECiv/UFSCar, Professor Permanente PPGEU/UFSCar. Atuou na SABESP, Secretaria Estadual de Recursos Hídricos Saneamento e Obras, SAAE – São Carlos, Hidrosan Engenharia, OVJ Engenharia, Zacarin Engenharia de Fundações. Foi Vice-Chefe do DECiv, Prefeito Universitário (2016-2017). Atualmente é Coordenador do PPGEU/UFSCar.



*Érico Masiero*

Arquiteto e Urbanista UNESP, Mestre em Ciências da Engenharia Ambiental EESC USP, Doutor em Engenharia Urbana UFSCar. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e do Departamento de Engenharia Civil da UFSCar desde 2016. Líder do Núcleo de Pesquisas Acústicas e Térmicas nas Edificações e Redes Viárias. Desenvolveu projetos de consultoria para o Ministério das Cidades, para a FAI UFSCar e diversas instituições públicas e privadas nas áreas de arquitetura e planejamento urbano.



*João Sergio Cordeiro*

Engenheiro civil EESC/USP, mestre em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP, doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC/USP. Atuou como chefe do DECiv/UFSCar, Diretor do CCET /UFSCar, coordenou de projetos REEMGE e PROSAB e desenvolveu orientações em gestão e tecnologia em saneamento e meio ambiente na EESC/USP (colaborador) e no PPGEU-UFSCar. Foi Diretor e Presidente da ABENGE e membro da Comissão de Especialista de Ensino de Engenharia do MEC (2001).

## AUTORES



*José Francisco*

Arquiteto Mackenzie, Maîtrise e DEA Urbanismo Academia de Paris, Universidade Paris VIII, Vincennes, doutor e pós-doutor em geografia UNESP. Pesquisador e coordenador de projetos FAPESP, no núcleo UFSCar-Município e teses e dissertações PPGEU no aprofundamento prático-teórico do estudo e pesquisa do espaço social urbano, principalmente em projeto e planejamento via Desconstrução Espacial.



*Luiz Antonio Nigro Falcoski*

Arquiteto e Urbanista pela UnB em 1979. Mestre em Arquitetura pela EESC-USP (1989) e Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela FAUUSP em 1997. É Professor e Pesquisador na UFSCar (1983), e PPGEU (1997). Atualmente é Prof. Titular-Senior. Foi Secretário de Desenvolvimento Urbano da Prefeitura Municipal de Araraquara no período de 2002 a 2006. Foi Diretor do EDF e ASPLA-UFSCar de 2009 a 2014, sendo responsável pelos Planos Diretores Estratégicos dos Campi-UFSCar. Consultor em Planejamento e Projetos Urbanos, tendo sido responsável e autor de Planos Diretores Estratégicos Municipais.



*Nemésio Neves Batista Salvador*

Engenheiro Civil, UnB. Doutor em Saneamento EESC-USP. Pós-Doutor e Pesquisador Visitante em Impacto Ambiental, Oxford Brookes University. Prof. Titular Depto. Enga. Civil, UFSCar. Docente PPGEU-UFSCar e em Enga. Civil UFU. Docente PPG em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente, UNIARA. Prof. Visitante, Instituto Politécnico Júlio Mella, Santiago, Cuba. Prof. Visitante, UNDL, Santa Fé e UNT, Tucumán, Argentina. Engenheiro e Chefe de Divisão, CETESB. Engenheiro, IESA. Prefeito Universitário e Coordenador de Meio Ambiente UFSCar. Assessor, FAPESP, CNPq e CAPES; Consultor e Perito em Saneamento.



*Rochele Amorim Ribeiro*

Sou arquiteta e urbanista formada na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), com mestrado em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) e doutorado em Engenharia de Transportes pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP. Sou docente UFSCar desde 2009, onde desenvolvo minhas atividades de ensino, pesquisa e extensão no Departamento de Engenharia Civil e na Pós-graduação em Engenharia Urbana (PPGEU), nas áreas de Planejamento Urbano e Mobilidade Urbana



*Rodrigo Braga Moruzzi*

Engenheiro Civil-UFSCar. Mestre e Doutor em Engenharia Civil-USP. Pós-dout. em Eng. Química na Katholieke Universiteit Leuven; Química e Física Molecular-IQSC-USP; Eng. Civil, lab. Hidráulica Universidade de Coimbra. Academic Visitor no Departamento de Engenharia Civil da University of Birmingham. Professor visitante Eng Civil na University College London. Professor Associado, Livre-docente-Unesp. Ex-docente do PPGEU-UFSCar de 2008 a 2018. Pesquisa: Água para abastecimento e drenagem urbana.

## AUTORES



*Ricardo Siloto da Silva*

Arquiteto pela FAU-USP, doutor pela UNESP. Na UFSCar foi Prefeito Universitário, Pró-reitor de Administração, diretor do Escritório de Desenvolvimento Físico e Coordenador do PPGEU. Na UFABC foi Pró-reitor de Planejamento e Desenvolvimento Institucional. Foi líder do Grupo de Pesquisa em Gestão do Ambiente Urbanizado (GestAU) e vice-líder do Grupo de Pesquisa de Sustentabilidade Urbana e Regional (SusteUrb), No PPGEU-UFSCAR orientou 36 mestrados, 5 doutorados e supervisionou 5 pós-doutorados.

## COORDENAÇÃO EDITORIAL



*Elza Luli Miyasaka*

Arquiteta e urbanista pelo CUBM, mestre pela EESC-USP e Doutora pelo IAU-USP, docente DeCiv - UFSCar na área de Representação Gráfica, Bolsista CAPES no Programa Sanduíche - Itália 2015/2016, Pesquisa processos de produção de superfícies complexas com ênfase tecnologias industriais avançadas, estágio no Japão - escritório Homma Toshio Sekkei Jimusho - Yamagata (2015). Curadora do acervo de Tony Miyasaka. Trabalhou nas BACs do arquiteto João Filgueiras Lima - Lelé.



*Rony Felipe Marcelino Corrêa*

Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar (2020), engenheiro ambiental pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro (FMPFM) de Mogi Guaçu, SP (2015), tecnólogo em gestão ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Inconfidentes (2008) e especialista em educação ambiental e desenvolvimento sustentável pela Faculdade de Educação São Luís (2009). Foi professor universitário na FMPFM na área de gestão e engenharia ambiental. Atua na área de saneamento.

## Sumário

PREFÁCIO.....	5
---------------	---

*Alex Abiko*

APRESENTAÇÃO.....	9
-------------------	---

*Kátia Sakihama Ventura; Denise Balestrero Menezes; Thais de Cassia Martinelli  
Guerreiro; Luciana Márcia Gonçalves*

### SANEAMENTO

ESTIMATIVA E DINÂMICA DA IMPERMEABILIZAÇÃO URBANA E CONTROLES DE ENCHENTES NA FONTE E COM O DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO.....	24
--	----

*Ademir Paceli Barbassa; Rodrigo Braga Moruzzi; Anaí Floriano Vasconcelos*

PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM A PARTICIPAÇÃO DO CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (COMDEMA) DE BRAGANÇA PAULISTA-SP, BRASIL.....	37
--	----

*Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira; Isadora Vilela de Camargo Silva*

GESTÃO AMBIENTAL E TECNOLÓGICA DE RESÍDUOS DE ETE: A CONTRIBUIÇÃO DO PPGEU PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.....	48
---	----

*Cali Laguna Achon; Renan Felício dos Reis; João Sérgio Cordeiro*

APONTAMENTOS DA EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO EM SÃO CARLOS(SP) A PARTIR DOS TAMPÕES DAS REDES COLETORAS DE ESGOTO.....	61
---	----

*Erich Kellner; Alex Rogério Silva*

LEITOS DE DRENAGEM PARA RESÍDUOS DE ETAs: CONTRIBUIÇÃO DO PPGEU PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE.....	71
--	----

*João Sérgio Cordeiro; Cali Laguna Achon; Renan Felício dos Reis*

PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E SEGURANÇA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA:  
INDICADORES E PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO.....83

*Katia Sakihama Ventura; Paulo Vaz Filho; Karina Shibasaki*

SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS INTEGRADOS AO MEIO URBANO PARA  
TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS.....97

*Nemésio Neves Batista Salvador; Maximilium Borges Mariano; Poliana Arruda  
Fajardo*

AVALIAÇÃO DA DESCARGA E DA REMOÇÃO DE POLUENTES EM DRENAGEM  
URBANA.....110

*Rodrigo Braga Moruzzi; Ademir Pacelli Barbassa; Leonardo Maeda*

## **URBANISMO**

O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA: CONDICIONANTES, INSTRUMENTOS DO  
FINANCIAMENTO E OFERTA DE MORADIA.....125

*Carolina Maria Pozzi de Castro; Adriana Jesus Guilhen; Eduardo Meireles*

NOVAS ABORDAGENS E FERRAMENTAS DE GESTÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA:  
O CONCEITO DE CITY INFORMATION MODELLING (CIM) .....138

*Cristiane Bueno; Letícia de Souza*

A Disciplina Sistemas Integrados em Engenharia Urbana (SIEU): Desenvolvimento  
Metodológico e Produção.....146

*Érico Masiero; Cristiane Bueno; Geovana Geloni Parra*

ANÁLISE DOS VAZIOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA.....167

*Luiz Antônio Nigro Falcoski; Cláudio Robert Pierini*

ENGENHARIA URBANA E DESCONSTRUÇÃO ESPACIAL.....179

*José Francisco*

ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS QUANTO AO POTENCIAL USO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM EM ÁREAS PÚBLICAS URBANAS: ESTUDOS DE CASO EM GUARULHOS, SP.....198

*Luciana Márcia Gonçalves; Alinne Prado de Oliveira*

DIRETRIZES PROJETOVAIS PARA CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS.....209

*Ricardo Siloto da Silva; Nicolas Guerra R. Tão*

## **GEOTECNIA E GEOPROCESSAMENTO**

MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS ANTROPOGÊNICOS GERADOS POR RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO.....222

*Denise Balestrero Menezes; Vinícius Gustavo de Oliveira*

INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL NO CONTEXTO URBANO.....234

*Edson Augusto Melanda; Tatiane Ferreira Olivatto; João Mateus M. Domingues*

## **TRANSPORTES**

VISÃO ZERO NA HUMANIZAÇÃO DO TRÂNSITO.....246

*Archimedes Azevedo Raia Jr.; Ana Carolina Oliveira Prado*

CITY BUILDING GAMES PARA SIMULAÇÕES URBANAS EM PLANOS DE MOBILIDADE.....258

*Rochele Amorim Ribeiro; Bruno Joaquim Lima; Edson Augusto Melanda*

MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA COMO AUXÍLIO À REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO.....265

*Thais de Cassia Martinelli Guerreiro; Wilson Ferreira Chaves Filho; Marcus Vinícius Gomes de Lima; Camilo Andres Mora Olm*



**SANEAMENTO**

# ESTIMATIVA E DINÂMICA DA IMPERMEABILIZAÇÃO URBANA E CONTROLES DE ENCHENTES NA FONTE E COM O DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO

ESTIMATE AND DYNAMICS OF URBAN IMPERVIOUS AREA, FLOOD CONTROLS AT SOURCE AND WITH LOW IMPACT DEVELOPMENT

*Ademir Paceli Barbassa<sup>1</sup>*

*Rodrigo Braga Moruzzi<sup>2</sup>*

*Aná Floriano Vasconcelos<sup>3</sup>*

## RESUMO

O manejo de águas pluviais, convencional até 1970, ganhou sustentabilidade pela introdução de técnicas compensatórias. Ao final dos anos 1990 surgiram métodos como o desenvolvimento de baixo impacto (LID). Neste capítulo investigaram-se a impermeabilização, suas estimativa, conectividade e dinâmica; o controle das enchentes por meio de técnica compensatória e por LID. Estudou-se a área impermeabilizada estatisticamente e em cidade de porte médio. O controle de enchentes na fonte foi feito em escala real e com chuva simulada. Para o LID usou-se microbacia experimental. A área impermeabilizada diretamente conectada atingiu 80% em média; ela pode ser usada como coeficiente de escoamento superficial e é um método robusto por representar a urbanização brasileira. O poço de infiltração apresentou rápido esvaziamento para o solo local, fácil construção e operação. O LID permitiu redução expressiva do escoamento gerado, ganhos ambientais e à paisagem urbana, além de abrir diversas outras possibilidades de intervenção interessantes.

**Palavras-chave:** impermeabilização urbana; técnica compensatória; desenvolvimento de baixo impacto; engenharia urbana.

## ABSTRACT

The stormwater management, conventional until 1970, gained sustainability through the introduction of best management practices. In the late 1990s, methods such as low impact development (LID) emerged. In this chapter urban impervious was studied, its estimation, connectivity and dynamics; flood control using best management practice and LID. The impervious area was investigated statistically

(1) Docente do PPGEU-UFSCar, Titular, Universidade Federal de São Carlos. email: [barbassa@ufscar.br](mailto:barbassa@ufscar.br)

(2) Docente do PPGEU-UFSCar, Livre-docente, Universidade do Estado de São Paulo – Rio Claro. email: [rmoruzzi@rc.unesp.br](mailto:rmoruzzi@rc.unesp.br)

(3) Mestre, Doutoranda PPGEU-UFSCar – Docente CCN-UFSCar. email: [anai.vasconcelos@ufscar.br](mailto:anai.vasconcelos@ufscar.br)



and in a medium-sized city. Flood control at the source was done on a full scale and simulated rainfall. For the LID, an experimental watershed was used. The directly connected impervious area reached 80% on average; It can be used as a surface runoff coefficient and is a robust method for representing Brazilian urbanization. The infiltration well showed rapid drainage to local soil, easy construction and operation. The LID allowed a significant reduction in the generated runoff, environmental and urban landscape improvement and opened several other interesting intervention possibilities.

**Keywords:** urban impervious area; best management practice; low impact development; urban engineering.

## 1. INTRODUÇÃO

As enchentes urbanas decorrem de fatores climáticos, das características fisiográficas da bacia e suas transformações, da concepção urbanística, do sistema de manejo pluvial adotado, de fatores sociais presentes, entre outros. A hidrologia urbana, notadamente a quantificação da impermeabilização urbana, a sua dinâmica relativamente ao tempo e ao espaço urbano, e as formas de manejo pluviais auxiliam a busca de soluções. Este conhecimento, em conjunto com outras áreas do conhecimento, possibilita a adoção de técnicas que compensem os impactos da urbanização.

A impermeabilização urbana ocorre devido às edificações, aos pavimentos e às diversas coberturas superficiais que impedem a passagem de água para o solo e têm impacto direto no sistema de drenagem. Segundo Booth, Jackson (1997), parcela importante da área impermeabilizada total (AIT) é a área impermeabilizada diretamente conectada (AIDC), cujo escoamento superficial direto (ESD) é lançado no sistema de drenagem, sem oportunidade de infiltração. Lee, Heaney (2003) apontam que, na versão original britânica do Método Racional, 100% do ESD era gerado pela AIDC, portanto seu percentual foi adotado como coeficiente de escoamento superficial (C). O C pode ser adotado de tabelas com características detalhadas da superfície e também baseadas na urbanização (WILKEN, 1978); segundo ainda estes autores grandes diferenças na vazão de pico ocorrem na estimativa de C, devido ao nível de detalhamento do método adotado. Diversas são as formas de quantificação de AIDC entre elas citam-se Boyd *et al.* (1993,1994); Lee e Heaney (2003); Fontes, Barbassa (2001, 2003), Garotti, Barbassa (2010).

Uma vez investigada a impermeabilização do lote, individualmente ocupado, tem-se a questão de como ocorre a impermeabilização da cidade como um todo e ao longo do tempo. Há modelos teóricos de crescimento urbano como o isotrópico,

por anéis concêntricos, pelo sistema linear, por elementos radiais, por cidades satélites, conforme Puppi (1981). Os planos diretores urbanos orientam as formas de crescimento. Fontes, Barbassa (2003) fizeram um estudo experimental, usando a área urbana de São Carlos – SP e levantaram vários parâmetros urbanísticos, como taxa de ocupação e impermeabilização (TOI), densidade populacional, entre outros. Os mesmos autores inter-relacionaram estas variáveis para entender a dinâmica da impermeabilização urbana ao longo do tempo.

O aumento e antecipação das vazões de pico e elevação do volume de ESD decorrentes dos fatores apontados podem ser controlados utilizando-se técnicas compensatórias (TCs) no lote deste 1970, tais como: poços de infiltração, trincheiras, biorretenção, planos de infiltração, pavimentos permeáveis, telhados verdes, microrreservatórios. Poços, em particular, foram investigados por Reis, Ilha (2014), Carvalho (2008, 2013), Barbassa, Angelini Sobrinha, Moruzzi (2014) e Santos, Barbassa, Moruzzi (2018).

O uso de TCs configurou um manejo sustentável por não transferir impacto para jusante, recarregar aquíferos etc. Entretanto, a partir de 1998, surgiu o desenvolvimento de baixo impacto (LID) que objetivou controlar a geração de escoamento no projeto do sistema e mimetizar as condições de pré-urbanização. Para isto identificam-se as normas e regulamentos aplicáveis na área, reduz-se a movimentação de terra, respeitam-se os atributos locais, usa-se o sistema de drenagem como elemento de projeto, minimiza-se a área impermeabilizada e a conexão destas áreas, aumenta-se o caminho de escoamento superficial (aumento do tempo de concentração). Caso não seja possível, com estes recursos, alcançar as condições anteriores à urbana, lança-se mão de TCs (PRINCE GEORGE'S COUNTY, 1999; TAVANTI; BARBASSA, 2012).

Desta forma, o objetivo geral deste capítulo foi mensurar umas das principais causas de enchentes urbanas e medir o comportamento de medidas sustentáveis de drenagem urbana. Para tanto, os objetivos específicos foram:

- Avaliar experimentalmente a impermeabilização do lote e sua conectividade hidráulica em função do tamanho do lote em cidade de porte médio;
- Avaliar a dinâmica, temporal e espacial, da taxa de ocupação e impermeabilização urbana em situação real, tendo como objeto de estudo também cidade de porte médio;
- Avaliar funcionamento de poços de infiltração para controle de enchentes na fonte a partir de experimentos em escala real;
- Avaliar os efeitos do desenvolvimento urbano de baixo impacto.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. CONECTIVIDADE E IMPERMEABILIZAÇÃO DOS LOTES**

Este estudo foi realizado na cidade de Ribeirão Preto – SP, a partir de uma população de 125.445 lotes, amostrados conforme Triola (1989). Consideraram-se um erro de 4% e a taxa de ocupação como variável principal obtida do cadastro da Prefeitura, obtendo-se 198 lotes como amostra. A população de lotes foi estratificada e amostrada proporcionalmente ao número de lotes por estrato. Dentro do estrato identificaram-se aleatoriamente os lotes. Estes foram inspecionados para medir as áreas impermeabilizadas não conectadas (AINC). Posteriormente, foram digitalizados a partir de ortofotos, incluindo detalhes dos telhados para identificar o caminho das águas pluviais. Uma segunda visita foi realizada nos lotes que possuíam AINC, para verificação e separação de outras áreas impermeabilizadas. Quantificaram-se então AINC, AIDC e as áreas permeáveis (AP). Como o percentual de AIDC pode ser adotado como C, calcularam-se também C por tabelas segundo a superfície detalhada (telhados, pisos, áreas verdes etc) e C segundo características urbanas (zonas centrais, periféricas etc). Assim puderam ser comparadas as três diferentes estimativas de C. Maiores detalhes podem ser encontrados em Garotti, Barbassa (2010).

### **2.2 DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DA OCUPAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO**

Usou-se como objeto de estudo a cidade de São Carlos – SP, dividida em: Zona 1 (central) com 135 quadras, que concentra a parte antiga da cidade; Zona 2 (intermediária) com 1.170 quadras; e Zona 3 (periférica) 1.325 quadras à época de 2008. A amostragem foi feita tomando-se como variável principal a taxa de ocupação (TO) obtida por estudo piloto, erro adotado de 2%, para a população de 2.621 quadras, obtiveram-se 208 como tamanho da amostra. Cada zona foi subdividida em 8 subzonas, chamadas de estratos. O número de quadras amostradas por estrato foi proporcional ao seu total de quadras, as quais foram sorteadas aleatoriamente. Estas 208 quadras foram vetorizadas a partir de mapas e aerofotos de 1970, 1978, 1988 e 1998, obtendo-se a área construída em projeção e, a partir dela a TO nas datas mencionadas.

Nova amostragem com o mesmo método foi realizada para visita de campo, visando levantar áreas permeáveis, uso do solo e número de pavimentos. Com um erro de 4,17% chegou-se a 50 quadras, as quais também foram proporcional ao total de quadras do estrato e aleatoriamente distribuídas nos estratos das três zonas.

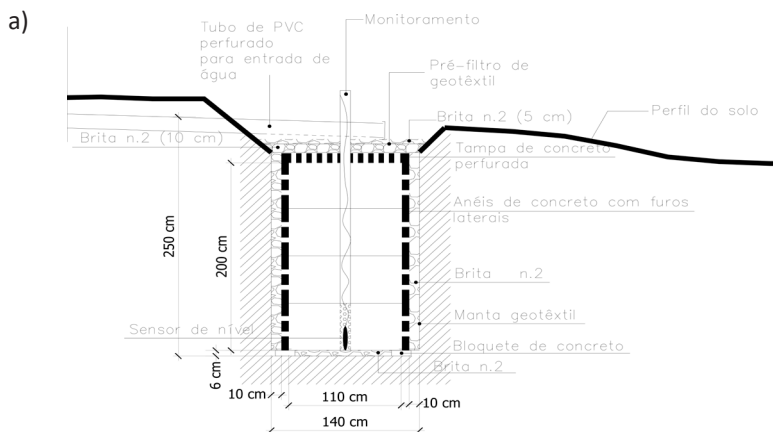
O cruzamento dos dados da TO com a área permeável medida em campo permitiu calcular o percentual de área impermeabilizada total, representada pelos edifícios e outras formas de impermeabilização, chamada por isto de TOI.

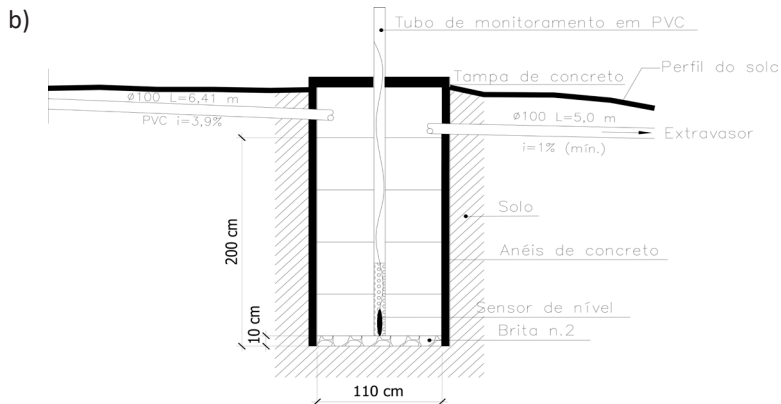
Estabeleceu-se a relação matemática entre a TO e a TOI. Com esta relação estimou-se, a partir da TO de 2008 e 2018 previstas, a TOI para as mesmas datas. Maiores detalhes podem ser encontrados em Fontes, Barbassa (2003).

### 2.3 CONTROLE DE ENCHENTES: COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO

Projetaram-se e construíram-se dois poços de infiltração em escala real em microbacia experimental localizada no campus da UFSCar de São Carlos - SP, cujo solo foi caracterizado e ensaiado. Um denominado PSC, conforme instruções da Prefeitura Municipal de São Carlos (SÃO CARLOS, 2011), onde a entrada no poço se faz por tubo de PVC transpassando a parede dos anéis de concreto, conforme Figura 1b. Pressupunha-se que a infiltração se daria apenas pelo fundo do poço, devido a possível estanqueidade dos anéis de concreto justapostos. Outro, denominado PGHIDRO, conforme Figura 1a, projetado com pré-filtro de geotêxtil de 300 g/m<sup>2</sup>, localizado na tampa perfurada do poço, cujos anéis foram perfurados para possibilitar infiltração de água em toda a parede do poço. Os poços foram submetidos a chuvas artificiais, oriundas de descargas controladas provenientes de reservatório de PVC, cujo hidrograma de saída foi previamente determinado. O nível de água no interior dos poços foi monitorado por sensores de nível. Desta forma foi possível, por balanço entre entrada de água e volume armazenado, calcular o hidrograma de saída por infiltração. Os dados foram modelados e calibrados usando o método de Puls. Detalhes são encontrados em Santos, Barbassa, Moruzzi (2018).

Figura 1: Cortes do poço PGHIDRO (a) e do poço PSC (b)





Fonte: adaptado de Santos, Barbassa, Moruzzi, 2018.

## 2.4 CONTROLE DE ENCHENTES: MANEJOS PLUVIAIS COM LID, CONVENCIONAL E NATURAL

O objeto estudado foi a microbacia experimental localizada na área norte do Campus da UFSCar, São Carlos – SP, com área de 8,95 ha. Os efeitos dos manejos foram avaliados por 7 parâmetros urbanísticos, 5 ambientais e 5 hidrológicos. Os mesmos parâmetros foram calculados para situação de pré-ocupação, de drenagem com os princípios de LID e com um sistema de drenagem convencional. Detalhes de trabalho são encontrados em Tavanti, Barbassa (2012).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 CONECTIVIDADE E IMPERMEABILIZAÇÃO DOS LOTES

Na Tabela 1 mostram-se estimativas de AP, AINC E AIDC por estratos de lotes e também o C estimado por tabela de superfícies detalhadas. Verifica-se na Tabela 1 que lotes menores do que 400 m<sup>2</sup> apresentam AIDC maiores que 69,2%, ou seja, é muito razoável C de 0,69, enquanto que C calculado considerando superfície detalhada é sempre menor. Lotes menores que 200 m<sup>2</sup>, embora em grande número, contribuem com apenas 11% da impermeabilização urbana. O grande vilão da impermeabilização da cidade são os lotes comercial/industrial, misto/outros e verticalizados.

Tabela 1: Características gerais e valores médios da AIDC, AINC, AP, área dos lotes para cada estrato

Estrato	Nº de amos-tras	Nº de lotes	% área urbana c/ lotes ocup.	Área média p/ lote (m <sup>2</sup> )	% de áreas do lote			C superfície detalhada
					AP	AINC	AIDC	
1- Institucional	26	592	6	4105,5	20,2	5,1	74,7	0,64
2- comercial / indust.	26	8732	17	816,7	14,4	8,8	76,8	0,66
3- misto / outros	20	7352	14	325,9	0,3	0,0	99,7	0,81
4- res1: ≤125m <sup>2</sup>	15	14082	2	102,5	1,3	0,6	98,1	0,80
5- res2: 126 - 200m <sup>2</sup>	18	43065	9	173,1	9,6	10,6	79,8	0,68
6- res3: 201 - 300m <sup>2</sup>	17	28990	9	249,6	4,5	4,8	89,8	0,75
7- res4: 301 - 400m <sup>2</sup>	16	8707	4	341,6	19,3	11,5	69,2	0,60
8- res5: 401 - 600m <sup>2</sup>	15	6145	4	458,7	18,3	8,2	73,5	0,63
9- res6: 601 - 1200m <sup>2</sup>	15	2270	2	812,9	26,6	9,3	64,1	0,56
10-res7: 1200-2000m <sup>2</sup>	10	2416	1,5	1459,7	29,6	3,5	66,9	0,58
10- res7: >2000m <sup>2</sup>			19,5	7596,9	95,5	4,5	0,0	
11- verticalizados	20	3094	13	1275,6	7,0	0,5	92,5	0,75

Fonte: adaptado de Garotti, Barbassa, 2010.

Na Tabela 2, onde se apresentam os valores de C estimados como o percentual de AIDC ( $C_{AIDC}$ ), segundo as características urbanas ( $C_{URB}$ ) e também considerando as superfícies detalhadas ( $C_{DET}$ ) para 6 sub-bacias de Ribeirão Preto – SP, salta aos olhos que o valor estimado de  $C_{URB}$  é subestimado. Os valores de  $C_{DET}$  aproximam-se de  $C_{AIDC}$ , porém somente se adotados no limite superior das faixas de C disponibilizados nas tabelas da literatura já mencionada. Ressalta-se que os arruamentos não foram objeto de investigação de sua impermeabilização, pois sua estimativa é facilmente realizada. Uma vez com estes parâmetros, um estudo detalhado da impermeabilização na bacia pode ser realizado com um sistema de informação geográfica gratuito.

Tabela 2: Coeficientes de escoamento superficial calculados pelos três métodos para 6 sub-bacias em Ribeirão Preto – SP

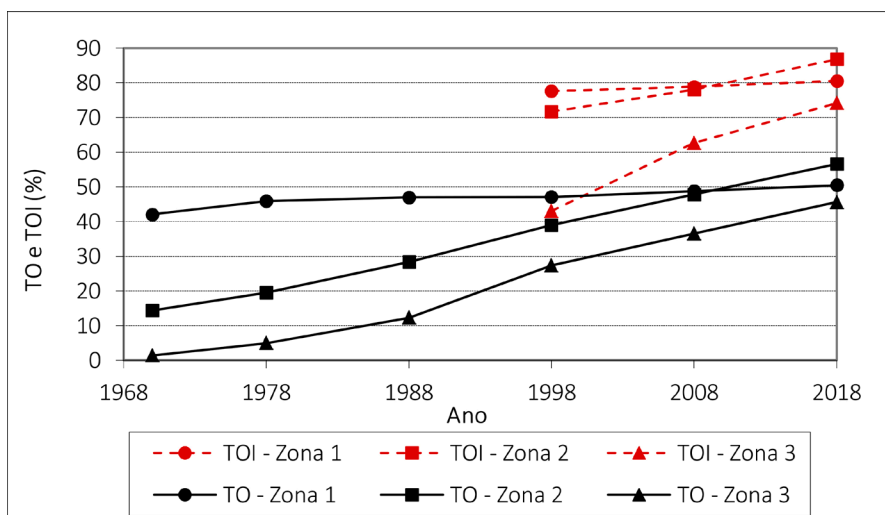
Nº	Área da sub-bacia (km <sup>2</sup> )	$C_{URB}$ baseado nas características gerais de urbanização			$C_{DET}$ baseado na superfície detalhada da sub-bacia			$C_{AIDC}$ baseado na AIDC do lote
		mín	méd	máx	mín	méd	máx	
		SBHT1	0,298	0,50	0,55	0,60	0,56	
SHBT2	0,480	0,25	0,38	0,50	0,47	0,57	0,66	0,67
SBHRP1	0,460	0,60	0,65	0,70	0,61	0,71	0,81	0,86
SBHRP2	0,485	0,70	0,82	0,95	0,58	0,68	0,79	0,82
SBHRS1	0,522	0,10	0,18	0,25	0,22	0,31	0,41	0,31
SBHRS2	0,257	0,25	0,38	0,50	0,56	0,65	0,75	0,79

Fonte: adaptado de Garotti, Barbassa, 2010.

### 3.2 DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DA OCUPAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO

Apresentam-se na Figura 2 as TO calculadas para os anos de 1970, 1978, 1988 e 1998 e para as três zonas consideradas. Verificou-se que a TO na zona central se estabilizou em torno de 50%. A TO da zona periférica tendeu a aproximar-se da TO da zona intermediária da cidade, e esta última aproxima-se da TO da área central. Caso a TO da zona intermediária seguisse a tendência de crescimento até 1998, ultrapassaria a TO da zona central. A TOI alcançou 80% na zona central e, como foi projetada com base na TO, poderia também ultrapassar este limite.

Figura 2: Avaliações da TO em 1970, 1978, 1988 e 1998 e previsões para 2008 e 2018 para as zonas 1 a 3 (central, intermediária e periférica) e TOI para 1998, 2008 e 201



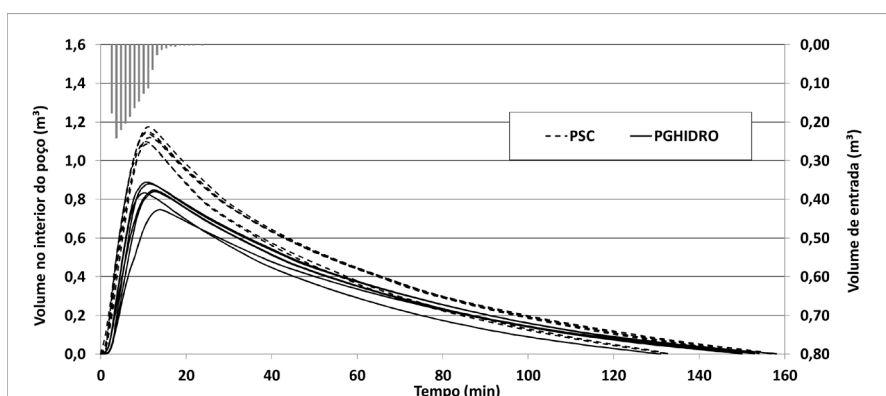
Fonte: adaptado de Tavanti, Barbassa, 2012.

### 3.3 CONTROLE DE ENCHENTE: COMPORTAMENTO HIDROLÓGICO DE POÇOS DE INFILTRAÇÃO

Os ensaios granulométricos indicaram classificação do solo como areia média argilosa, com 18% de areia fina, 40,4% de areia média e 36,2% de argila e parcelas menos significativas de silte e areia grossa. Na Figura 3 mostram-se a variação do volume armazenado no interior dos poços (ordenada principal) e volume de entrada (ordenada secundária) para seis eventos simulados por poço. Nota-se que o poço PGHIDRO sempre teve menor volume armazenado no tempo, implicando em maior

taxa de infiltração que o poço PSC. A permeabilidade do solo média obtida por calibração foi 346mm/h e 355mm/h para o PSC e PGHIDRO, respectivamente. Valores que surpreendem, principalmente devido ao teor de argila do solo, mas cuja ordem de grandeza foi replicada em outros experimentos na área. O tempo de esvaziamento dos dois poços foi menor que 3h, o que é atribuído à excelente permeabilidade do solo. Por modelagem comprovou-se que o PSC só teve este comportamento porque houve infiltração pelas paredes e pelo fundo.

Figura 3: Volumes no interior dos poços de infiltração sob o mesmo volume de entrada em do função tempo.



Fonte: Santos, Barbassa, Moruzzi, 2018.

### 3.4 CONTROLE DE ENCHENTES: MANEJOS PLUVIAIS COM LID, CONVENCIONAL E NATURAL

Apresentam-se no Quadro 1 os parâmetros calculados para as três situações propostas. Percebe-se que foi possível reduzir áreas impermeabilizadas e ampliar as áreas permeáveis, sem reduzir a TO das construções. As áreas verdes passaram a fazer parte da paisagem. Hidrologicamente, reduziu-se o ESD de 1.074 m<sup>3</sup> com sistema de drenagem convencional, para 847m<sup>3</sup> com LID. Valor este bem além dos 312 m<sup>3</sup> escoados na situação natural. Então, foram projetadas TCs, no LID denominadas de práticas integradas de gerenciamento (IMP), às quais coube o papel de redução do escoamento àquele da pré-ocupação. Muitos outros benefícios do LID, não avaliados, são alcançáveis, como melhoria da paisagem urbana, ganhos na recarga do aquífero, redução de poluição etc.



Quadro 1: Avaliação paramétrica dos manejos LID, convencional e natural da microbacia experimental no campus da UFSCar em São Carlos - SP.

Aspectos	Parâmetros	Pré-ocupação	Urbanização convencional	Urbanização de baixo impacto	
Urbanísticos	Áreas impermeáveis (m <sup>2</sup> )	Áreas verdes (m <sup>2</sup> )	89.500	38.668	54.064
		Área em projeção da técnica compensatória (m <sup>2</sup> )	0	0	6.916
	Áreas impermeabilizadas (m <sup>2</sup> )	Área de vias e estacionamentos (m <sup>2</sup> )	0	19.767	16.561
		Áreas de passeios (m <sup>2</sup> )	0	20.050	7.864
		Área de telhado de edifícios (m <sup>2</sup> )	0	11.011	11.011
	Área Impermeável Diretamente Conectada (m <sup>2</sup> )	Área de telhado de edifícios (m <sup>2</sup> )	0	11.011	0
		Área de vias e estacionamentos (m <sup>2</sup> )	0	19.767	0
	Área Impermeável Não Conectada (m <sup>2</sup> )	Área de vias e estacionamentos (m <sup>2</sup> )	0	0	16.561
		Áreas de passeios (m <sup>2</sup> )	0	20.050	7.864
		Área de telhado de edifícios (m <sup>2</sup> )	0	0	11.011
	Taxa de ocupação (%)		0	12	12
	Infraestrutura de drenagem enterrada (m)		0	1.254	0
	Técnicas compensatórias (m <sup>3</sup> )		0	0	853,75
Ambientais	Área de cobertura vegetal (m <sup>2</sup> )		89.500	0	22.512
	Área de gramados (m <sup>2</sup> )		0	38.668	31.552
	Risco de poluição de água subterrânea		NÃO	NÃO	NÃO
	Risco de poluição de água com finos e outros		NÃO	SIM	NÃO

Fonte: Santos, Barbassa, Moruzzi, 2018.

## **4. CONCLUSÃO**

### **ESTIMATIVA E DINÂMICA DA IMPERMEABILIZAÇÃO URBANA**

A estimativa da AIDC é um método seguro porque é baseado em amostragem estatística e pode ser adotado como coeficiente de escoamento superficial C do método Racional. Ele apresenta valores próximos aos calculados por superfície detalhada, mas somente no limite superior recomendado. Aconselha-se muita cautela no uso de tabelas baseadas na descrição das características de urbanização para adoção de C.

### **DINÂMICA TEMPORAL E ESPACIAL DA OCUPAÇÃO E IMPERMEABILIZAÇÃO**

A cidade se transforma internamente ao longo do tempo e da periferia para o centro em termo de ocupação. A TOI estabilizou aos 80% na zona central e a TO em torno de 50%.

### **CONTROLE DE ENCHENTES POR POÇO DE INFILTRAÇÃO**

Os poços de infiltração apresentaram tempo de esvaziamento abaixo de 3h, o que potencializa seu uso no controle de enchentes no lote neste solo. A infiltração deu-se pelas paredes e fundos em ambos os poços.

### **CONTROLE DE ENCHENTES POR LID**

O LID é uma metodologia de projeto que traz benefícios hidrológicos, ambientais e urbanísticos. Projetar com LID exige o trabalho conjunto de urbanistas, hidrólogos e outros especialistas no planejamento urbano, para desenvolver simultaneamente a paisagem urbana, as vias e as soluções hídricas, resultando uma cidade harmoniosa, com redução de custos financeiros, ambientais e hidrológicos.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq e à Finep pelas bolsas de estudo e suporte financeiro às pesquisas. Agradecem também aos autores das pesquisas usadas como apoio a este capítulo e colaboradores, a saber: Débora Piva Tavanti, Leonardo Monteiro Garotti, Maria Fernanda Nóbrega dos Santos e Thays Santos Ferreira.

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 5. REFERENCIAL

BARBASSA, A. P.; ANGELINI SOBRINHA, L.; MORUZZI, R.B. Poço de infiltração para controle de enchentes na fonte: avaliação das condições de operação e manutenção. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 91-107, 2014.

BOOTH, D. B.; JACKSON, C. R. Urbanization of aquatic systems: degradation thresholds, stormwater detection, and limits of mitigation. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 33, n. 5, p. 1077-1089, 1997.

BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. Pervious and impervious runoff in urban catchments. *Hydrological Sciences Journal*, v. 38, n. 6, p. 463-478, 1993.

BOYD, M. J.; BUFILL, M. C.; KNEE, R. M. Predicting pervious and impervious storm runoff from urban drainage basins. *Hydrological Sciences Journal*, v. 39, n. 4, p. 321-332, 1994.

CARVALHO, E. T. L. *Avaliação de Elementos de Infiltração de Águas Pluviais na Zona Norte da Cidade de Goiânia*. 2008. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Faculdade de Geotecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2008.

CARVALHO, E. T. L. *Avaliação geotécnica de poços de infiltração de águas pluviais*. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. Análise de Parâmetros Urbanísticos de Drenagem Pluvial. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 14., 2001 SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 5., 2001, Aracaju – SE. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRH, 2001. 1 CD.

FONTES, A. R. M.; BARBASSA, A. P. Diagnóstico e prognóstico da ocupação e impermeabilização urbanas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 137-147, 2003.

GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 15, p. 19-28, 2010.

LEE, J. G.; HEANEY, J. P. Estimation of urban imperviousness and its impacts on stormwater systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, v. 39, n. 4, p. 321-332, 2003.

SÃO CARLOS. *Lei nº 15.958*, de 29 de dezembro de 2011. Dispõe sobre o código de obras e edificações do Município de São Carlos, e dá outras providências. 2011.

LOW-IMPACT *development design strategies: an integrated design approach*. Prince George's Country (comp.). et al. Maryland: Department of Environmental Resources, 1999. Disponível em: <ftp://lowimpactdevelopment.org/pub>. Acesso em: 10 abr. 2007.

PUPPI, I. C. *Estruturação Sanitária das Cidades*. Curitiba: CETESB: Editora da Universidade Federal do Paraná, 1981. 320p.

REIS, R. P. A.; ILHA, M. S. O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 79-90, 2014.

SANTOS, T. F.; BARBASSA, A. P.; MORUZZI, R. B. Controle de enchentes no lote por poço de infiltração de água pluvial sob nova concepção. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 23, p. 437-446, 2018.

TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. Análise dos desenvolvimentos urbanos de baixo impacto e convencional. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 17, p. 1-10, 2012.

TRIOLA, M. F. *Elementary Statistics*. 4th ed. New York: The Benjamin Cummings Publishing Company Inc., 1989. 784p.

WILKEN, P. S. *Engenharia de Drenagem Superficial*. São Paulo: CETESB, 1978. 478p.

## PROPOSIÇÃO DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE PARA A GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS COM A PARTICIPAÇÃO DO CONSELHO MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (COMDEMA) DE BRAGANÇA PAULISTA-SP, BRASIL

PROPOSAL OF SUSTAINABILITY INDICATORS FOR THE MANAGEMENT OF URBAN SOLID WASTES WITH PARTICIPATION BY THE MUNICIPAL COUNCIL OF ENVIRONMENT (COMDEMA) IN BRAGANÇA PAULISTA-SP, BRAZIL

*Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira<sup>1</sup>*

*Isadora Vilela de Camargo Silva<sup>2</sup>*

### RESUMO

No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) passou a ser uma referência para políticas públicas locais de gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), incorporando a preocupação com a sustentabilidade. Neste sentido, têm sido propostos indicadores de sustentabilidade (IS) para auxiliar na tomada de decisão e na democratização da informação. Este trabalho teve como objetivo a proposição de IS aplicados à gestão de RSU, incorporando a participação estratégica do Conselho Municipal de Meio Ambiente (COMDEMA), em Bragança Paulista-SP. Foi avaliada a interface da PNRS com 3 conjuntos de IS previamente identificados, seguindo-se um processo participativo de debates presenciais. O conjunto final resultou em 30 indicadores contemplando as dimensões da sustentabilidade (ambiental, social, econômica, cultural e política). Ficou demonstrado que o Conselho Municipal pode ser um espaço adequado para a proposição de IS que auxiliem na implementação e no monitoramento dos objetivos da PNRS no município, contemplando a participação social.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Gestão de Resíduos Sólidos, Sustentabilidade, Indicadores de sustentabilidade, Conselho Municipal.

### ABSTRACT

In Brazil, the National Solid Waste Policy (NSWP) has become a reference for local public policies for the management of Municipal Solid Waste (MSW), incorporating the concern with sustainability. In this sense, sustainability indicators (SI) have been proposed to assist in decision making and democratization of information. This work

---

(1) Doutor em Hidráulica e Saneamento, Professor do PPGEU/UFSCar. E-mail: [bernardo@ufscar.br](mailto:bernardo@ufscar.br).

(2) Mestra em Engenharia Urbana pelo PPGEU/UFSCar, Analista Ambiental da Vicchiatti Ambiental. E-mail: [isadora.ea@gmail.com](mailto:isadora.ea@gmail.com).

aimed at proposing SI applied to MSW management, incorporating the strategic participation of the Municipal Environment Council (COMDEMA), in Bragança Paulista-SP. The NSW interface with 3 previously identified SI sets was evaluated, following a participatory process of face-to-face debates. The final set resulted in 30 indicators covering the dimensions of sustainability (environmental, social, economic, cultural and political). It was demonstrated that the Municipal Council can be an appropriate space for the proposition of SI that help in the implementation and monitoring of NSW objectives in the municipality, contemplating the social participation.

**Keywords:** Urban Engineering, Sólid Waste Management, Sustainability, Sustainability Indicators, Municipal Council.

## 1. INTRODUÇÃO

As questões relativas ao saneamento ganharam destaque na agenda dos municípios brasileiros com a aprovação de legislação específica, com destaque para a PNSB - Política Nacional de Saneamento Básico, contemplada na Lei 11.445/2007 ((BRASIL, 2007) e no Decreto 7.217/2010 (BRASIL, 2010a) e a PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos, objeto da Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010b) e do Decreto 7.404/2010 (BRASIL, 2010c).

A PNSB incorporou aos serviços públicos de saneamento básico a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos. Esta lei determina que a elaboração do Plano Municipal de Saneamento é condição para o acesso a recursos orçamentários da União. A Lei 12.305/2010 definiu, no seu Art. 3º, inciso XI, a gestão integrada de resíduos sólidos como “um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010b). A definição trazida pela PNRS, ao incorporar a premissa da sustentabilidade, preconiza que as ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos devem ser planejadas no longo prazo, com controle social e considerando as diferentes dimensões existentes.

Vale assinalar que o município é o “palco” onde se darão estas mudanças, onde se enfrentará esse novo paradigma. Em se tratando de políticas públicas, uma das grandes dificuldades é o fato destas serem pensadas no curto prazo, quando deveriam considerar várias gerações. Outro fator é que, mesmo quando as cidades possuem recursos para investimentos no setor, carecem de instrumentos de apoio à gestão, que orientem a administração municipal a realizar investimentos eficientes (POLAZ; TEIXEIRA, 2009).

Neste contexto, o uso de indicadores pode auxiliar nas etapas de planejamento,

diagnóstico e acompanhamento, devendo estar presentes nos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), conforme previsto na PNRS, que estabelece o uso de indicadores operacionais e ambientais (BRASIL, 2010b). Se, além disto, tais indicadores tiverem como referência a sustentabilidade, poderão também contribuir para um cenário mais sustentável na gestão de resíduos sólidos.

Trabalhos anteriores têm proposto, para o contexto brasileiro, Indicadores de Sustentabilidade (IS) específicos para a gestão de resíduos sólidos urbanos. Dentre estes, podem ser citados Milanez (2002), Polaz e Teixeira (2009) e Besen (2011). Porém, na proposição dos IS, estes autores não chegaram a considerar o conteúdo definitivo da PNRS e a participação estratégica de conselhos municipais relacionados ao tema. Devido ao novo contexto institucional estabelecido pela PNRS e também ao importante papel a ser desempenhado pelos conselhos, a incorporação dos mesmos no processo de definição dos IS pode representar um significativo avanço.

O presente capítulo tem como objetivo relatar a experiência de proposição e avaliação de IS para gestão de RSU, com a participação do COMDEMA de Bragança Paulista, município de porte médio do Estado de São Paulo.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho foi dividida nas seguintes etapas: a) identificação de conjuntos de Indicadores de Sustentabilidade (IS) específicos para gestão de RSU e avaliação das suas interfaces com a PNRS; b) composição de um único conjunto de IS a partir dos indicadores propostos por Milanez (2002), Polaz e Teixeira (2009) e Besen (2011); c) participação do COMDEMA, a partir da avaliação do conjunto inicial, da proposição de IS com base na PNRS para monitorar a gestão de RSU em Bragança Paulista.

Os três conjuntos de IS específicos para gestão de RSU adotados como referência no presente trabalho totalizavam 41 indicadores, os quais, para facilitar a comparação com o conteúdo da PNRS, foram agrupados em 15 temas. A fim de compor um conjunto único de IS a ser submetido à avaliação do COMDEMA, indicadores semelhantes foram sintetizados num único indicador, alguns foram ajustados e outros ainda tiveram sua denominação e forma de cálculo alterada, tendo como critério a conformidade ao conteúdo da PNRS.

A etapa de consulta ao COMDEMA demandou uma reunião de apresentação geral e 3 reuniões de trabalho. Destas últimas, a primeira teve como objetivo a avaliação do conjunto de 25 IS quanto a relevância e forma. Para isso foi empregada uma planilha como ferramenta de consulta. Cada participante avaliou os IS propostos a partir de dois aspectos: a relevância da condição medida pelos IS, classificando-a em

Alta, Média ou Baixa; e a forma de cada um dos IS, classificando-a como Boa, Pode Melhorar ou Ruim. De posse dos dados, foi realizada uma avaliação quali-quantitativa das respostas, tendo sido adotados critérios para identificar a opinião do COMDEMA a respeito da relevância e da forma dos IS propostos.

A segunda reunião de trabalho consistiu na apresentação dos resultados provenientes das planilhas, bem como dos critérios de avaliação adotados. Os IS que não foram aprovados nos quesitos “relevância” ou “forma”, por não atenderem aos referidos critérios, foram discutidos um a um pelos presentes. Os participantes também foram questionados sobre a existência de situações ou problemas no município, relacionados aos RSU, para os quais ainda deveria ser proposto algum indicador.

Com base na avaliação dos aspectos de sustentabilidade presentes na PNRS foi possível identificar alguns temas para os quais IS não haviam sido propostos nos trabalhos que serviram de base. Deste modo, foram formulados novos IS para tais aspectos, que também foram submetidos à apreciação do COMDEMA.

Na terceira reunião, o conjunto de IS definido até aquele momento foi apresentado, tendo por objetivo uma verificação pelos membros do COMDEMA. A reunião abordou: a proposição de IS para temas ainda não contemplados e avaliação destes quanto à relevância e à forma; a análise e discussão das sugestões ocorridas a partir da reunião anterior e incorporação das contribuições ao conjunto de IS.

Terminada a etapa de reuniões, as contribuições trazidas pelas discussões e avaliações resultaram na proposição de um “Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista”, o qual foi disponibilizado a todos os participantes, membros do COMDEMA, e encaminhado à Secretaria Municipal do Meio Ambiente, como subsídio para definição de indicadores, que deverão constar no PMGIRS de Bragança Paulista-SP.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A avaliação dos conjuntos de IS propostos por Milanez (2002), Polaz e Teixeira (2009) e Besen (2011) mostrou que grande parte dos mesmos encontra repercussão no conteúdo da PNRS. Detalhes desta avaliação foram apresentados por Camargo e Teixeira (2013).

Com relação aos aspectos convergentes, pode-se identificar a atenção voltada à geração e recuperação dos RS (redução, reutilização, reciclagem e compostagem); à disposição dos resíduos e recuperação dos passivos ambientais; à universalização dos serviços prestados; ao licenciamento ambiental e à fiscalização; à valorização social das atividades relacionadas aos RS (cooperativas de catadores); à participação da população e disponibilidade de informações relativas à gestão dos resíduos; aos



planos municipais; às parcerias (poder público, setor empresarial e sociedade civil) e à educação ambiental para a gestão dos RS.

Por outro lado, observou-se que alguns conceitos da PNRS ainda não encontravam reflexo direto nos IS estudados (concebidos anteriormente à mesma), tais como: a logística reversa, a recuperação energética dos RS, a responsabilidade compartilhada e a adoção de soluções consorciadas.

O conjunto único de 25 IS foi submetido à avaliação do COMDEMA e, a partir do preenchimento das planilhas pelos seus membros, observou-se, com relação ao aspecto da “Relevância”, que as respostas “Relevância Alta” e “Relevância Média” predominaram amplamente sobre as respostas “Baixa Relevância”. Constatou-se, portanto, que houve uma boa aceitação dos IS propostos. O indicador que apresentou a pior avaliação pelos sujeitos, o IS (6), teve como resposta 26% de Baixa Relevância, 32% de Média Relevância e 37% de Alta Relevância.

Com relação à “Forma”, observou-se uma baixa ocorrência das respostas “Forma Ruim”, que indicariam uma reprovação deste quesito para os respectivos IS. Por outro lado, a incidência relativamente alta da resposta “Pode Melhorar”, indicou que mudanças nas formas dos IS ainda poderiam ser consideradas. A partir da análise das respostas dos sujeitos, foram propostos critérios para se distinguir os indicadores que já poderiam ser considerados como aprovados nos quesitos “relevância” e “forma” daqueles que ainda deveriam ser discutidos pelo COMDEMA em momento posterior.

Assim, os IS considerados aprovados quanto à relevância foram: a) aqueles classificados como de Relevância Alta por pelo menos 2/3 (66%) dos sujeitos; ou, b) aqueles classificados como de Relevância Alta ou Média por pelo menos 3/4 (75%) dos sujeitos e como de Relevância Baixa por menos de 1/5 (20%) dos sujeitos. Quanto à forma, os IS considerados aprovados foram aqueles para os quais as respostas “Forma Boa” predominaram sobre as respostas “Pode Melhorar” e “Ruim” (Forma Boa > Pode Melhorar + Ruim). Deste modo, 22 dos 25 IS submetidos atenderam às condições estabelecidas quanto à relevância e 3 foram encaminhados para discussão. Quanto à forma, 14 dos 25 IS atenderam às condições estabelecidas e 11 foram encaminhados para discussão.

Na segunda reunião, os critérios adotados para a avaliação foram apresentados ao COMDEMA, que concordou com os mesmos. Em seguida, os IS que ainda necessitavam de discussão foram abordados um a um. Os membros do COMDEMA puderam reavaliá-los, visando sua permanência ou exclusão, no caso da relevância, e no caso das formas, a identificação de suas limitações e sugestões de melhorias. Ao final todos os IS foram mantidos, porém ajustados de forma coletiva e por consenso.

Foram identificados cinco novos temas para os quais ainda não haviam sido propostos

IS, sendo quatro deles provenientes da PNRS e o quinto de uma ausência observada nesta última. São eles: logística reversa; soluções consorciadas; responsabilidade compartilhada; aproveitamento da fração orgânica; e gestão de resíduos sólidos na área rural. Para cada um destes temas foi proposto um IS, que foram apresentados e avaliados quanto à sua relevância e à sua forma, tendo sido agregados ao conjunto, por consenso dos membros do COMDEMA.

Ao final do processo de consulta e debate, foi obtido um conjunto de 30 IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista, os quais contemplaram todas as 5 dimensões da sustentabilidade, conforme apresentado nos Quadros 1 a 5.

Quadro 1: Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista na Dimensão Ambiental.

TEMA	INDICADOR	FORMA DE MEDIÇÃO
<b>Disposição de Resíduos Sólidos</b>	Descartes inadequados de RS	Quantificação e localização dos pontos de descarte inadequado de RS
	Quantidade de diligências fiscalizatórias	Número de diligências fiscalizatórias/tempo
<b>Recuperação dos passivos ambientais</b>	Recuperação dos Passivos Ambientais associados a RS	Identificação e recuperação de áreas degradadas associados a RS
<b>Licenciamento Ambiental</b>	Implementação das medidas previstas no licenciamento das atividades relacionadas a RS;	Existência de licenciamento e implementação de medidas
<b>Recuperação dos RS</b>	Taxa de recuperação de recicláveis secos	$(Q. \text{ da coleta de recicláveis secos} - Q. \text{ de rejeitos}) / (Q. \text{ da coleta de recicláveis secos} + Q. \text{ para o aterro}) \times 100$
	Taxa de rejeito da coleta de recicláveis secos	$(Q. \text{ coleta recicláveis secos} - Q. \text{ comercializada}) / Q. \text{ coleta recicláveis secos} \times 100$
<b>Gestão de resíduos sólidos na área rural</b>	Disponibilização dos serviços públicos de coleta ou recepção de RS na área rural	Grau de disponibilidade dos serviços públicos na área rural.

Fonte: autores

Quadro 2: Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista na Dimensão Econômica.

TEMA	INDICADOR	FORMA DE MEDIÇÃO
Aspectos econômicos da gestão de RSU	Qualidade da arrecadação de recursos para financiamento da gestão pública de RSU	Usuário-pagador, paga-se proporcional ao uso que se faz do Sistema de RSU <sup>1</sup>
	Distribuição dos gastos pelas 3 etapas do gerenciamento de RSU: a) separação e acondicionamento, b) coleta e transporte, c) tratamento e destinação.	Distribuição dos gastos nas 3 etapas do gerenciamento de RSU
Educação Ambiental (EA) para Gestão dos RS	Investimentos financeiros em EA para Gestão de RS	Existência de investimentos
Logística Reversa	Iniciativas de logística reversa no município	Existência, divulgação e uso pela população das iniciativas de logística reversa.

Fonte: autores

Quadro 3: Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista na Dimensão Cultural.

TEMA	INDICADOR	FORMA DE MEDIÇÃO
Geração de RS	Geração per capita de RSD	Quantidade per capita, em peso, dos RSD gerados (kg/hab/dia)
	Variação da geração per capita de RSD	Razão entre a quantidade per capita, em peso, dos RSD gerados no ano da aplicação do indicador e a quantidade per capita de RSD gerados no ano anterior
Educação Ambiental (EA) para Gestão dos RS	EA na gestão de RS	Qualidade da EA para gestão dos RS

Fonte: autores

Quadro 4 – Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista na Dimensão Política.

TEMA	INDICADOR	FORMA DE MEDIÇÃO
Institucionalização da Gestão de RS	Estruturação da gestão de RS na administração pública municipal	Existência de setor específico e qualificação das pessoas
Fiscalização relacionada à gestão de RS	Existência de Fiscalização municipal relacionada à gestão de RS	Existência de ações fiscalizadoras e sua natureza
Controle Social e disponibilização de informações relativas à gestão dos RSU	Existência de informações sobre a gestão de RSU sistematizadas e disponibilizadas para a população	Existência, sistematização e divulgação das informações
	Participação da população através de canais específicos para gestão dos RSU	Existência e uso de canais de participação popular na gestão dos RSU
Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS)	Participação social na elaboração do PMGIRS	Forma da participação da população
	Execução do PMGIRS	Percentual de metas atingidas no período
Parcerias	Existência e efetividade das parcerias entre esferas do poder público, setor empresarial e sociedade civil.	Existência e qualidade das parcerias
Soluções Consorciadas para RSU	Discussão de soluções consorciadas para RSU	Existência de discussão e estudo sobre Soluções Consorciadas para RSU.
Responsabilidade Compartilhada	Difusão do conceito de Responsabilidade Compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos	Grau de difusão do conceito de Responsabilidade Compartilhada entre os diversos atores da cadeia (fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de RS)

Fonte: autores

Quadro 5 – Conjunto de IS para Gestão de RSU em Bragança Paulista na Dimensão Social.

TEMA	INDICADOR	FORMA DE MEDIÇÃO
Universalização dos Serviços	Grau de seletividade do serviço público de coleta de RSU	Existência de coletas diferenciadas
	Disponibilização dos serviços públicos de coleta ou recepção de RS;(RSD, RPC, RSV, RCC de pequeno gerador e outros)	Grau de disponibilidade dos serviços públicos de RS.
	Atendimento da população pela coleta seletiva (recicláveis secos + recicláveis úmidos + rejeitos)	% de habitantes atendidos pela coleta seletiva/ N. total de habitantes do município x 100
Valorização Social das atividades relacionadas aos RS	Abrangência de políticas públicas municipais de apoio ou orientação aos agentes que atuam com RS	Existência de políticas públicas e envolvimento dos agentes que atuam com RS
	Instrumentos legais na relação com as org. de catadores	Existência de Instrumento Legal e de Remuneração
	Inclusão de catadores autônomos	N.de catadores incluídos/N. de catadores autônomos existentes
Garantia das condições adequadas de trabalho	Condições de trabalho dos agentes envolvidos com RSU (empregados e catadores cooperados)	N. de requisitos atendidos/ N.de requisitos desejáveis <sup>3</sup> x 100
Aproveitamento da Fração Orgânica	Taxa de recuperação de resíduos orgânicos (RO) (compostagem e/ou biodigestão)	(Q. da coleta de RO – Q. de rejeitos)/ (Q. da coleta de RO + Q. da coleta de recicláveis secos + Q. da coleta de rejeitos) x 100

Fonte: autores

Observa-se no conjunto apresentado que o enfoque sobre as questões ambientais e econômicas da gestão dos RS se ampliou, englobando também os aspectos sociais, políticos e culturais. Interessante notar ainda que, embora alguns IS possam pertencer a mais de uma dimensão da sustentabilidade, foram predominantes os relativos às dimensões políticas e sociais, respectivamente com 9 e 8 indicadores, seguidos por 6 ambientais, 4 econômicos e 3 relativos ao aspecto cultural.

A predominância de IS de dimensão política no conjunto proposto pode ser reflexo do momento vivenciado pelo município, diante dos novos princípios e exigências decorrentes da PNRS, pois estes indicadores tratam do controle social,

da disponibilização de informações, da elaboração do PMGIRS, da formação de consórcios, de uma gestão estruturada e articulada que englobe todos os agentes envolvidos (poder público, empresas, e sociedade), cada um deles assumindo sua responsabilidade. Da mesma forma a dimensão social teve destaque no conjunto, sendo que boa parte dos indicadores se referem à universalização dos serviços, à valorização social das atividades relacionadas aos RS e à garantia das condições adequadas de trabalho, aspectos também presentes na PNRS.

Os IS propostos por Milanez (2002) Polaz e Teixeira (2009) e Besen (2011), ponto de partida da presente pesquisa, foram importantes na proposição do conjunto em questão, uma vez que 2/3 dos IS resultantes (20 em 30) provêm destes autores, embora muitos deles tenham sido adaptados para se adequarem a realidade do município, à PNRS e às expectativas do COMDEMA. Observa-se que o conjunto resultante apresenta-se coerente com a realidade do município, uma vez que alguns IS buscaram avaliar questões locais específicas, das quais é possível citar a participação social no PMGIRS, a estruturação da gestão dos RS dentro da administração pública municipal, os instrumentos legais na relação com as cooperativas de catadores e os investimentos financeiros em EA. O conjunto também incorporou aspectos novos advindos da PNRS, de modo que se encontra condizente com a legislação atual.

#### **4. CONCLUSÃO**

O presente trabalho resultou na proposição de um conjunto de 30 Indicadores de Sustentabilidade (IS) para a gestão dos RSU no município de Bragança Paulista - SP, os quais poderão vir a ser utilizados no momento da elaboração do PMGIRS. O processo de consulta ao COMDEMA na definição dos IS mostrou-se positivo, devido ao interesse e participação dos membros, e a metodologia aplicada permitiu que as contribuições resultassem em adequações do conjunto inicialmente apresentado.

A partir da análise crítica dos IS estudados e com base no contexto local, foi possível obter-se um olhar diferenciado para a gestão de RS. A dimensão econômica, por exemplo, não se limitou aos aspectos de auto-suficiência, sendo propostos indicadores para avaliar a qualidade da arrecadação dos recursos, a forma de distribuição pelas etapas do gerenciamento, e os investimento financeiros em educação, necessários para que ocorram mudanças. Tal como assinala a PNRS, também foram pensados IS que medem o grau de seletividade dos serviços públicos de coleta de RSU, e a disponibilidade destes serviços, inclusive, na área rural.

O controle social previsto na PNRS, bem como a determinação de que os planos de resíduos contenham indicadores, chama a atenção para que a gestão seja planejada de forma participativa, promovendo o diálogo, o aprendizado e o sentimento

de envolvimento e pertencimento das pessoas. Deste modo, os Indicadores de Sustentabilidade, se assim propostos, podem contribuir com os planos de RS, a fim de se alcançar uma gestão mais democrática e sustentável, pensada coletivamente e no longo prazo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 5. REFERENCIAL

BESSEN, G. R. *Coleta Seletiva com inclusão de catadores: construção participativa de indicadores e índices de sustentabilidade*. 2011. Tese (Doutorado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Institui a Política Nacional de Saneamento Básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF. 2007.

BRASIL. Decreto 7217, de 21 de junho de 2010. Regulamenta a Lei no 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, e dá outras providência. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. 2010.

BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. 2010.

BRASIL. Decreto 7404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010, que estabelece Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF. 2010.

CAMARGO, I. V.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores locais de sustentabilidade e sua interface com a Política Nacional de Resíduos Sólidos no Brasil. In: *Congresso Interamericano de Resíduos Sólidos, 5, 2013, Anais [...]* Lima. APIS. Pen drive. 9 p.

MILANEZ, B. *Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação*. 2002. 206 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Urbana Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2002.

POLAZ, C. N. M.; TEIXEIRA, B. A. N. Indicadores de sustentabilidade para a gestão municipal de resíduos sólidos urbanos: um estudo para São Carlos/SP. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 14, n.3, p. 411-420. 2009.

TEIXEIRA, B. A. N.; CAMARGO, I. V. Novos instrumentos para a gestão de resíduos sólidos no Brasil no contexto da sustentabilidade. In: OMETTO, A.R.; PERES, R.B.; SAAVEDRA, Y.M.B. *EcoInovação para melhoria ambiental de produtos e serviços: experiências espanholas e brasileiras nos setores industrial, urbano e agrícola*. São Carlos: Ed. Diagrama. p. 189-195. 2012.

## GESTÃO AMBIENTAL E TECNOLÓGICA DE RESÍDUOS DE ETE: A CONTRIBUIÇÃO DO PPGEU PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Environmental and technological management of WWTP residues: the contribution of PPGEU in small and medium-sized cities

*Cali Laguna Achon<sup>1</sup>*  
*Renan Felício dos Reis<sup>2</sup>*  
*João Sérgio Cordeiro<sup>3</sup>*

### RESUMO

A principal função do tratamento de esgotos sanitários é a remoção de partículas poluentes, o que gera rejeitos e resíduos que provocam significativos impactos ambientais se não controlados e/ou mitigados. Dados apresentados apontam para a crescente demanda por estações de tratamento de esgoto (ETEs), principalmente em municípios de pequeno e médio porte, e inclusive para a geração de resíduos destas estações. Este trabalho visa ilustrar a evolução das pesquisas relacionadas ao tratamento de lodo de ETE desenvolvidas com contribuição do PPGEU/UFSCar. Os resultados ressaltam as adaptações realizadas em um sistema de desaguamento concebido pelo professor Dr. João Sérgio Cordeiro inicialmente para lodo de ETA (leito de drenagem ou LD), além de investigações relativas à etapa de secagem do lodo conhecida como a biossecagem ou *biodrying*, e abordagens e discussão acerca da gestão deste resíduo. As investigações referentes ao lodo de ETE se iniciaram no PPGEU a partir de 2004 e persistem até o presente momento.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Lodo de ETE, Leito de Drenagem, Biossecagem.

### ABSTRACT

The main function of sanitary sewage treatment is the removal of polluting particles, which generates refuse and wastes that cause negative environmental impacts if not controlled and/or mitigated. The data presented in this study indicate the growing demand for wastewater treatment plants (WWTP)—particularly within small and medium-sized cities. This growing demand consequently generates more

(1) Engenheira Civil, Doutora pela EESC/USP e Pós Doutorado pelo PPGEU/UFSCar, Professora Adjunta do DECiv/UFSCar e do PPGEU/UFSCar. E-mail: [caliachon@ufscar.br](mailto:caliachon@ufscar.br)

(2) Engenheiro Ambiental, Mestre e Doutor pelo PPGEU/UFSCar, Professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Câmpus de São Roque. E-mail: [renan.felicio@ifsp.edu.br](mailto:renan.felicio@ifsp.edu.br)

(3) Engenheiro Civil, Mestre e Doutor pela EESC/USP; Professor Titular do DECiv/UFSCar e do PPGEU/UFSCar. E-mail: [cordeiro.js@gmail.com](mailto:cordeiro.js@gmail.com)



residues from these facilities. This paper aims to illustrate the evolution of research conducted by PPGEU/UFSCar related to WWTP sludge treatment. The results highlight adaptations made to the dewatering system designed by professor Dr. João Sérgio Cordeiro initially for WTP sludge (drainage bed or DB). In addition, this paper highlights results related to the sludge-drying stage (e.g., biodrying), and contributes to the discussion regarding this residue management. PPGEU researchers began investigating WWTP sludge in 2004 and continue to analyze this waste through today.

**Keywords:** Urban Engineering, WWTP Sludge, Drainage Bed, Biodrying.

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de esgotos tem como característica a remoção de partículas orgânicas e inorgânicas introduzidas nos esgotos sanitários através de ações de higiene, alimentação e sistema de limpeza. Cerca de 70% dessas partículas constituem-se em matéria orgânica que, nos processos de tratamento compõem-se principalmente de bactérias, as quais são matéria viva no lodo e, portanto, exigem condições adequadas de tratamento e remoção.

O resíduo gerado, segundo a NBR 10.004/2004 e a Lei 12.305/2010, é definido como resíduo sólido, que é gerado em decantadores, flotores e/ou digestores e reatores. Esse material é constituído de cerca de 96% de água e 4% de sólidos totais e, portanto, deve ter sua umidade removida, além de demandarem disposição e/ou destinação ambientalmente adequada. Grande parte dos sistemas de desaguamento são mecânicos e exigem obras civis, energia e produtos químicos, entre outros aspectos. A possibilidade de se empregar sistemas naturais, tal como o leito de drenagem (LD) desenvolvido na UFSCar a partir de pesquisas iniciadas e conduzidas pelo prof. Dr. João Sérgio Cordeiro, tem sido estudada com resultados promissores, com baixo custo de implantação, operação e manutenção.

Assim, o objetivo deste trabalho é ilustrar a evolução das pesquisas relacionadas ao lodo gerado em ETEs. Dentre os objetivos específicos estão: apresentar as adaptações e procedimentos práticos relativos ao LD; apresentar outras pesquisas tecnológicas conduzidas no PPGEU após intercâmbio realizado pelo prof. Dr. Renan Felício dos Reis (então doutorando do PPGEU), as quais ainda se encontram em desenvolvimento, denominada biossecagem ou *biodrying*; e expor avanços também relacionados à gestão deste resíduo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento deste capítulo consiste da compilação de dados, resultados e discussão, e conclusões a respeito dos trabalhos desenvolvidos ao longo de vários

anos, envolvendo adaptações no LD para ensaios em escala laboratorial e piloto, bem como em escala real. Além destas aplicações referentes à etapa de desaguamento do lodo de ETE, outras aplicações de secagem do lodo usando processo de biossecagem também estão compiladas, assim como referenciais científicos de pesquisas que apontaram pontos positivos e negativos em relação aos objetivos traçados em cada estudo ou intervenção realizada.

Para tanto, foi elaborado um diagrama para representar a linha evolutiva relativa ao lodo de ETE, incluindo pesquisas com LD e com biossecagem. A análise desta evolução permite visualizar as abordagens das pesquisas com lodo de ETE de maneira integrada.

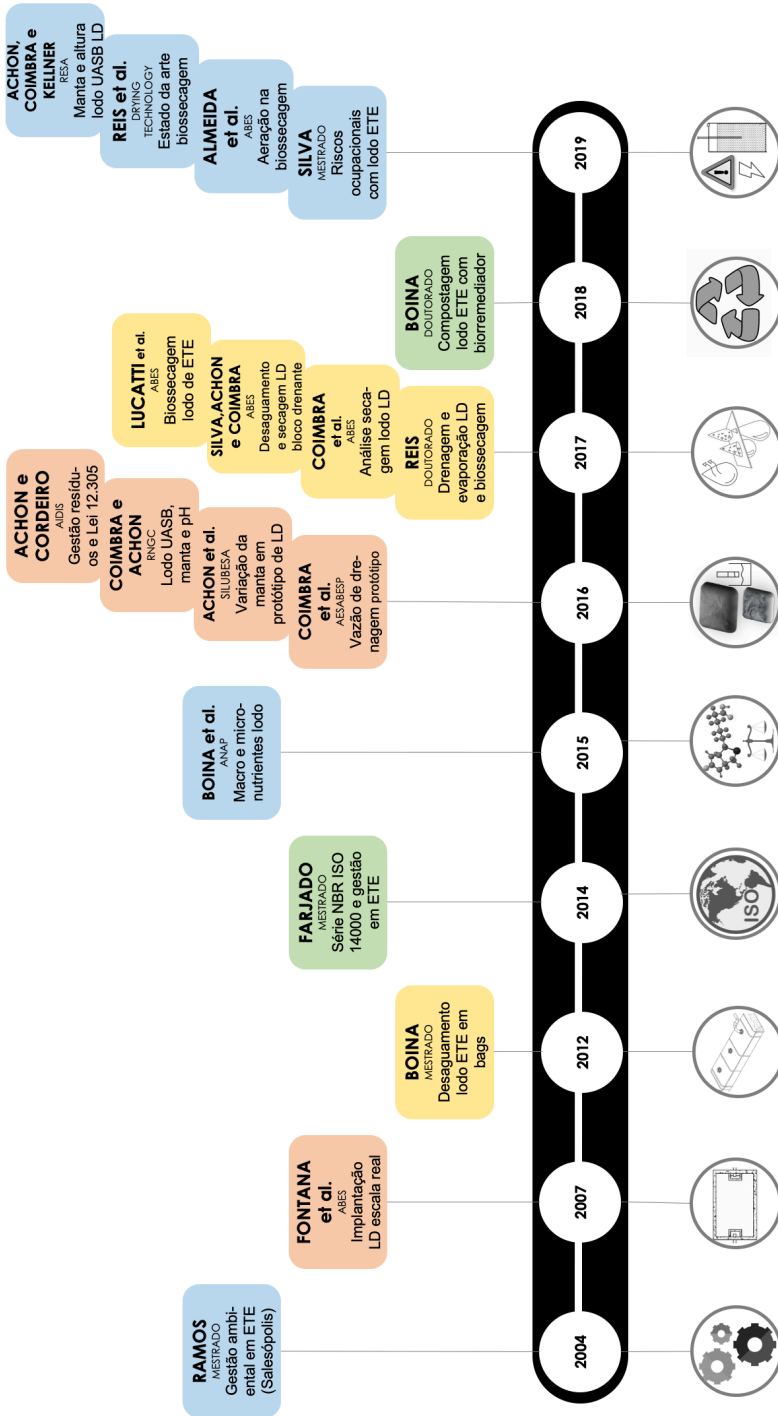
Diante disso, nos resultados e discussão serão apresentadas cronologicamente as contribuições para cada marco incluído na linha evolutiva (diagrama) relativas a aspectos de gestão e tecnologia (LD e biossecagem) para lodo de ETE. O descritivo detalhado dos materiais e métodos de cada pesquisa e contribuição pode ser obtido acessando-se, na íntegra, cada referência citada.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 1 apresenta-se o diagrama mencionado no item anterior, que cita cronologicamente as principais pesquisas relacionadas aos resíduos de ETE desenvolvidas por pesquisadores do PPGEU/UFSCar.

A partir da análise da Figura 1 nota-se que as pesquisas com lodo de ETE no âmbito do PPGEU/UFSCar se iniciaram no ano de 2004, mantendo-se até o momento atual com objetivos e abordagens distintas e complementares. O Quadro 1 apresenta a compilação de informações específicas das principais contribuições realizadas para lodo de ETE.

Figura 1: Linha evolutiva das pesquisas referentes ao lodo de ETE, com contribuição do PPGEU.



Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

Quadro 1: Informações sobre as contribuições realizadas pelo PPGEU para lodo de ETE.

Autor(es)	Objetivo e principais resultados e conclusões
Ramos (2004)	Analisar as contribuições de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em uma ETE (estudo de caso). Concluiu-se que a certificação NBR ISO 14.001 não garante a qualidade ambiental, mas um SGA sistematizado contribui para uma gestão capaz de alertar e visualizar como as atividades de uma ETE podem exercer interferências negativas sobre o meio ambiente e tornar essas atividades mais sustentáveis.
Fontana et al. (2007)	Investigar a utilização de LD para remoção de água de lodo de lagoa de estabilização. Nesta aplicação foram implantados dois módulos de LD. O primeiro foi revestido com manta geotêxtil tecida de polipropileno com densidade superficial de 160g/m <sup>2</sup> , e o segundo com manta não tecida de poliéster com densidade superficial de 400g/m <sup>2</sup> . A operação ocorreu em dois ciclos de 30 dias, utilizando-se condicionante polimérico e taxa de aplicação de sólidos (TAS) entre 14 e 17kgST/m <sup>2</sup> , resultando em redução de volume da ordem de 94%.
Boina (2012)	Avaliar a eficiência do desaguamento de lodo de ETE por meio de bags em Presidente Prudente/SP, além de caracterizar parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Como resultado desta pesquisa cita-se a criação de um amostrador para lodo armazenado em bags e, como conclusão, o fato do processo de remoção de água em bags ter demonstrado comprometimento em termos de eficiência em função das características do lodo gerado na ETE.
Farjado (2014)	Desenvolver instrumentos de auxílio a realização de análise ambiental prévia à implantação de sistema de SGA em ETEs (estudo de caso). Como resultado, destaca-se a possibilidade dos oito instrumentos obtidos guiarem de maneira mais apropriada a implantação de um SGA e consequente melhoria de atividades em uma ETE.
Boina et al. (2015)	Buscar o conhecimento das características químicas dos lodos de esgoto sanitário mediante investigação de macro e micronutrientes. Dentre as conclusões destacou-se que os lodos analisados apresentam quantidades insuficientes de nutrientes essenciais às plantas e ao solo quando submetidos às exigências mínimas especificadas na IN SDA nº 25/2009 (BRASIL, 2009).
Coimbra et al. (2016)	Variar a aplicação de mantas geotêxtis não tecidas (200 e 600g/m <sup>2</sup> ) em ensaios simultâneos em protótipos de LD, sem uso de condicionantes aplicando volume de 20L de lodo de reator UASB em cada ensaio. Mediu-se de vazão de drenagem, teor de ST e qualidade do drenado. Os resultados demonstraram que a característica da manta geotêxtil pode influenciar na fase de drenagem (três primeiras horas). A vazão inicial do líquido drenado para a manta com menor gramatura e maior, porém ao longo da fase de drenagem este fato se inverte. Isso pode ser explicado devido ao preenchimento dos vazios da manta pelos sólidos presentes no lodo. A qualidade do líquido drenado melhora a medida que o tempo de drenagem evolui, alcançando resultados semelhantes para ambas as mantas após 30min.

Quadro 1 (continuação): Informações sobre as contribuições realizadas pelo PPGEU para lodo de ETE.

Achon et al. (2016)	Realizar ensaios com lodo de reator UASB aplicando 20L de lodo em protótipos de LD com quatro mantas geotêxtis não tecidas, sem uso de condicionantes. Durante os quatro ensaios, foram medidos os mesmos parâmetros de Coimbra et al. (2016). Os resultados demonstraram que ao término da fase de drenagem (três horas) o volume de lodo reduzido foi igual ou superior a 50% em todos os ensaios, alcançando 65% de redução no melhor deles. Para a manta de 600g/m <sup>2</sup> foram obtidos valores de turbidez de 27NTU e cor aparente de 90uC, após 1 hora de ensaio. Após três dias o teor de ST foi superior a 20% em todos os ensaios, com destaque para as mantas de 200 (31,72%) e 600g/m <sup>2</sup> (37,72%).
Coimbra e Achon (2016)	Analisar os mesmos parâmetros dos dois relatos anteriores, acrescidos do pH do drenado. Realizou-se quatro ensaios utilizando mantas geotêxtis não tecidas de densidade superficial de 300g/m <sup>2</sup> e 400g/m <sup>2</sup> limpas e usadas/sujas. Os resultados demonstraram vazão inicial média de 1,21L/min, sendo alcançado até 1,54L/min para a manta de 400g/m <sup>2</sup> limpa. Após 120 minutos, o volume de lodo foi reduzido em 59% em média, alcançando 67% para manta de 300g/m <sup>2</sup> usada. Após 60 minutos os ensaios apresentaram turbidez média de 33NTU, cor aparente média de 345uC, e o pH variou entre 6,7 e 8,4.
Achon e Cordeiro (2016)	Apresentar um panorama da destinação e disposição final dos lodos gerados durante os processos de tratamento de água e esgoto em uma sub-bacia hidrográfica localizada no estado de São Paulo, baseado na Lei 12305/2010. Os resultados demonstram que a forma de destinação que prevalece é a disposição <i>in natura</i> do lodo de ETA nos corpos d'água, sendo que em 77% destas o lodo é lançado nos corpos receptores sem tratamento prévio. Considerando as ETAs que possuem tratamento para o lodo, 14% dispõem em aterro, 9% de forma inadequada e nenhuma ETA faz reuso ou reciclagem. No caso das ETEs, a forma de destinação que prevalece é o encaminhamento para sistema de desaguamento (44%), seguido do encaminhamento para outra ETE que possui sistema de desaguamento (25%) e finalmente ETEs que ainda não removeram o lodo (28%). Além disto, o lodo desaguado nas ETEs é exclusivamente disposto em aterro (69%) e que, assim como as ETAs, nenhuma ETE faz reuso ou reciclagem do lodo, o que se contrapõe as diretrizes da Lei 12.305/210.
Reis (2017)	Aplicar o LD como etapa precedente de desaguamento para submeter o resíduo desaguado a um processo denominado biossecagem. Separou-se os estudos com LD em estudos de drenagem (realizados em escala laboratorial/de bancada) e de evaporação, conduzidos em ambiente externo em escala piloto. Nos estudos de drenagem monitorou-se vazão de drenagem até 120min, e nos de evaporação os ensaios tiveram duração de 21 dias, variando-se três tipos de manta em três TAS distintas e realizando-se seis revolvimentos. Dentre os resultados, para os estudos de drenagem, as características qualitativas do drenado da manta HaTe® 55/55 UV da Huesker apresentaram melhores condições considerando extrapolação de aplicação para escala real. Quanto à

Fonte: Autores

Quadro 1 (continuação): Informações sobre as contribuições realizadas pelo PPGEU para lodo de ETE.

Reis (2017)	evaporação, um aspecto importante foi a realização de revolvimento, que acelera o processo de perda de umidade da torta de lodo que não é passível de ser drenada. Os estudos de biossecagem foram realizados com lodo aeróbio/misto e anaeróbio. Em ambas aplicações obteve-se um material mais seco e passível de ser encaminhado para combustão, apresentando poder calorífico atrativo para geração de energia por meio dessa biomassa.
Coimbra et al. (2017)	Analisar a secagem de lodo de reatores UASB utilizando LD. Os resultados mostraram tendência de redução de volume do lodo. Observou-se uma relação inversamente proporcional entre a altura de lodo inicial e a velocidade de secagem, sendo que para os LDs com maior altura inicial a velocidade de secagem foi menor. Apesar da influência da TAS na secagem, em todos os casos o valor de ST obtido após 21 dias foi acima de 26%, indicando que o uso de maiores taxas pode ser viável.
Silva, Achon e Coimbra (2017)	Analisar o desaguamento e secagem de lodo anaeróbio sem polímero em leito de piso de blocos drenantes em escala piloto, com duas concentrações de lodo diferentes em dois períodos do ano distintos. O leito com piso de blocos drenantes mostrou-se eficiente no desaguamento reduzindo o volume de lodo após 24h em torno de 70%, independente da taxa de aplicação de sólidos. Em relação à secagem, em condições climáticas favoráveis, o lodo atingiu acima de 60% de ST em 22 dias de secagem.
Lucatti et al. (2017)	Avaliar o processo de biossecagem de lodo anaeróbio gerado em ETE, variando a vazão de entrada de ar nos reatores e as porcentagens de material estruturante (cavaco de madeira) na composição da mistura com o lodo. Observou-se que a mistura com lodo anaeróbio não conseguiu atingir temperaturas mais elevadas, superiores a 40°C. Notou-se que a umidade inicial da mistura tem papel importante na elevação da temperatura no reator.
Boina (2018)	Avaliar a eficiência de inóculo comercial no processo de compostagem. As análises efetuadas durante o processo de compostagem não demonstraram melhorias significativas que justifiquem o uso do inóculo comercial quando comparados aos resultados sem o uso do mesmo.
Silva (2019)	Identificar e avaliar os riscos ocupacionais na remoção e destinação do lodo gerado em ETE. Os principais riscos ocupacionais identificados foram os provenientes de equipamentos, máquinas, microrganismos patogênicos, gases nocivos e condições inadequadas do ambiente de trabalho, que podem causar acidentes e doenças ocupacionais.
Almeida et al. (2019)	Analisar a influência da vazão de ar no processo de biossecagem de lodo desaguado gerado em ETE. Observou-se que a vazão de ar interfere na temperatura da matriz e na redução do teor de umidade durante a biossecagem. Menor vazão de ar resultou em temperaturas mais elevadas na matriz e maior vazão de ar, em maior redução de umidade. Fatores adicionais podem ter influenciado o processo de biossecagem (ex.: revolvimentos, materiais estruturantes e componentes auxiliares ou <i>bulking agents</i> ).

Quadro 1 (continuação): Informações sobre as contribuições realizadas pelo PPGEU para lodo de ETE.

Reis et al. (2019)	Apresentar o estado da arte do processo de biossecagem de lodo de ETE por meio de uma revisão com compilação de resultados do processo, o que gerou uma tabela contendo 49 ensaios de biossecagem, permitindo a comparação dos resultados, conclusões e direcionamentos acerca deste processo.
Achon, Coimbra e Kellner (2019)	Avaliar a influência da manta geotêxtil e altura da camada de lodo no desaguamento de lodo anaeróbio em LD. Os resultados de cor e turbidez do líquido drenado para a manta HaTe® 55/55 demonstraram tendência de melhoria de qualidade com o aumento da altura da camada de lodo, fato não observado com uso das outras mantas. Obteve-se melhoria da qualidade do líquido drenado, principalmente após 15 minutos, quando o percentual drenado atingiu 35%.

Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

A evolução das pesquisas relacionadas à parte tecnológica aplicada ao lodo de ETE está ilustrada na Figura 2.

Figura 2: Evolução das pesquisas tecnológicas para desaguamento secagem de lodo de ETE com contribuição do PPGEU.



Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

Considerando a Figura 2, no âmbito do PPGEU/UFSCar, as pesquisas destacam-se para aplicações do LD com adaptações para a fase de desaguamento, iniciadas por Fontana (2007) aplicando o LD em escala real, bem como aplicações em processos de biossecagem do lodo desaguado, iniciadas por Reis (2017), com vistas ao aproveitamento energético baseado no poder calorífico do resíduo ao final do processo.

Complementa-se o Quadro 1 e a Figura 2, mencionando-se também pesquisa externa ao PPGEU, em que o LD foi aplicado para lodo de reatores UASB com o objetivo de avaliar o desempenho do LD com e sem emprego de condicionante químico (MORTARA, 2011). Dentre as principais conclusões ressaltou-se que, no que se refere à evolução do teor de ST, quando comparados os resultados do lodo com e sem polímeros, notou-se comportamento semelhante. Comparando-se os resultados com variação na dosagem de polímero, independente da dosagem, o teor de ST obtido foi de cerca de 13% após um dia, e valores de 25 a 30% foram obtidos somente após 30 dias. Apesar dos resultados semelhantes supra mencionados, identificou-se maior facilidade na remoção da torta da manta geotêxtil após o processo quando do uso de condicionante.

O uso do LD, segundo Reis (2017), com exposição de aproximadamente 14 dias permite obter resíduo desaguado em mesmas condições de teor de ST que o uso de centrífuga. Logo, mesmo com intervenção de variáveis climáticas que possam prejudicar o processo de perda de umidade no LD, este sistema é uma alternativa para ETEs, podendo resultar em economia em energia elétrica, já que o consumo energético do revolvimento periódico pode ser inferior ao do funcionamento de centrífugas aliado aos gastos com condicionamento químico.

A Figura 3 ilustra um dos ensaios realizados por Coimbra et al. (2017) em LD, para desaguamento e secagem de lodo anaeróbico sem condicionamento, aplicando diferentes alturas de lodo no início dos ensaios e após 21 dias, evidenciando a redução considerável de volume.

Figura 3: Ensaio de desaguamento de lodo anaeróbico em LD na fase inicial e após 21 dias.



Fonte: Coimbra et al., 2017.



No que se refere ao processo de biossecagem de lodo de ETE – etapa posterior ao desaguamento – para que ocorra, demanda-se teor de ST do lodo de ETE de aproximadamente 30% para que o lodo, juntamente com material estruturante, apresente teor de ST em torno de 37 a 40%. A biossecagem se baseia nos conceitos de compostagem, porém, nela, objetiva-se remover umidade/água de material orgânico. Assim, não se busca alcançar a mineralização completa dos resíduos preservando a umidade para a atividade microbiana ideal como na compostagem. Em vez disso, o calor metabólico é usado para remover a água da massa de resíduo no mais baixo tempo de residência possível e mínima biodegradação, preservando assim o poder calorífico do resíduo (REIS et al., 2019).

Atualmente as pesquisas continuam sendo realizadas para lodo de ETE visando estudar o desaguamento com uso de LD e secagem em processos de biossecagem, que podem ser aplicados após o lodo de ETE passar pela etapa de desaguamento e atingir teor de umidade adequado.

#### **4. CONCLUSÃO**

O manejo adequado dos resíduos de ETEs pode envolver adensamento, condicionamento, digestão/estabilização, desaguamento, secagem, redução de volume e destinação em acordo com a Lei 12.305/2010. Os sistemas hoje utilizados, principalmente os sistemas de desaguamento mecânico se mostram de alto custo, tanto de implantação, quanto na operação e manutenção. Além disso, a eficiência não se mostra atrativa, podendo ser mais efetivos em ETEs de grande porte.

Diferentemente do desaguamento mecanizado, tem-se a possibilidade do emprego de LD para lodo de ETE, o qual já se encontra consolidado para desaguamento e redução da umidade através da evaporação para resíduos de ETAs. Esses estudos continuam fazendo parte das pesquisas desenvolvidas no PPGEU/UFSCar com resultados promissores. Considerando-se que o Brasil possui cerca de 85% dos municípios com população até 50.000 habitantes (IBGE, 2010), tem-se um cenário bastante promissor e oportuno para os LDs, que podem ser mais efetivos em ETEs de pequeno e médio porte.

Além de estudos de desaguamento de lodo de ETE, em 2016 e 2017, a secagem do material desaguado também passou a ser tema das pesquisas, evoluindo para estudos de processo de biossecagem que atualmente estão em desenvolvimento e evolução.

Por fim, salienta-se também, contribuições significativas das pesquisas do PPGEU/UFSCar na gestão dos resíduos do saneamento, que é fundamental para manutenção

e evolução da tecnologia, consolidando seu monitoramento/controlado, viabilidade e eficiência.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 5. REFERENCIAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10.004*: resíduos sólidos. São Paulo, 2004.

ACHON, C.L.; CORDEIRO, J.S. Gestão de resíduos dos serviços de saneamento (água e esgoto), a Lei 12.305/2010 e os desafios no Brasil. *In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (AIDIS)*, 35., 2016 Cartagena, **Anais [...]**. Florianópolis: [s.l.] 2016.

ACHON, C. L.; COIMBRA, P. R. S.; OLIVEIRA, G. S.; ESCOBAL, A. D.; MAROLA, B. C. Desaguamento e redução de volume de lodo anaeróbio em leito de drenagem. *In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL (SILUBESA)*, 17., 2016, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: [s.l.], 2016.

ACHON, C. L.; COIMBRA, P. R. S.; KELLNER, E. Influência da manta geotêxtil e altura da camada de lodo no desaguamento de lodo anaeróbio em leito de drenagem. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, p. 849-860. 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522019000400849&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522019000400849&lng=pt&nrm=iso).

ALMEIDA, M. C. R.; LUCATTI, T. B. M.; ACHON, C. L.; REIS, R. F.; AKUTSU, J. Influência da taxa de aeração no processo de biossecagem de lodo gerado em estação de tratamento de esgoto. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES*, 30., 2019, Natal. **Anais [...]**. Natal: ABES, 2019.

BOINA, W.L.O. *Análise das condições de desaguamento de lodos de ETE's em BAG's: o caso da ETE-Limoeiro* - Presidente Prudente-SP. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2012.

BOINA, W. L. O.; CORDEIRO, J. S.; FREIRE, R. Investigação e avaliação de macro e micronutrientes em lodos de esgotos. *In: Araújo, R. R.; Dias, L. S.; Benini, S. M. (org.). Água: tratamento, efluentes e lodos*. Tupã, SP: ANAP, 2015, p. 76-87.

BOINA, W. L. O. *Aceleração do processo de compostagem de lodos gerados em reatores UASB com inoculo comercial*. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa

Agropecuária – SDA. *Instrução Normativa SDA Nº 25, de 23 de junho de 2009*. Brasília, DF, 2009.

BRASIL. *Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010*. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Congresso Nacional, Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Ministério de Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 7 nov. 2019.

COIMBRA, P.R.S.; ACHON, C.L. Lodo de reatores UASB: desaguamento através de protótipos de leito de drenagem. *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, v. 4, n. 24, 28-42 p., 2016.

COIMBRA, P. R. S.; OLIVEIRA, G. S.; MAROLA, B. C.; ESCOBAL, A. D.; ACHON, C. L. Desaguamento de lodo anaeróbio em sistema natural com uso de manta geotêxtil – leito de drenagem. *In: ENCONTRO TÉCNICO AESabesp - FENASAN, 27., ANAIS [...]* São Paulo. AESabesp, 2016.

COIMBRA, P. R. S.; ACHON, C. L.; REIS, R. F.; KELLNER, E.; CORDEIRO, J. S. Análise da secagem de lodo de reatores UASB através da utilização de Leitões de Drenagem. *In: CONGRESSO ABES FENASAN, 27., 2017, São Paulo. Anais [...]*. São Paulo: ABES, 2017.

FAJARDO, P. A. *Proposta de Instrumento para a realização de análise ambiental inicial em ETEs à luz da NBR ISO 14001/2004: o caso da ETE Monjolinho - São Carlos - SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana - Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2014.

FONTANA, A. O.; OLIVEIRA, A. C.; ARVATI NETO, O. A.; GRANELLO, E. C. A.; CORDEIRO, J. S. Redução de lodo digerido gerado em lagoas de estabilização com utilização de leito de drenagem. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24., 2007, Belo Horizonte, Anais [...]*. Belo Horizonte, 2007.

IBGE. *Censo Demográfico*, Rio de Janeiro, 2010.

LUCATTI, T. B. M.; ACHON, C. L.; REIS, R. F.; CORDEIRO, J. S.; AKUTSU, J. Estudo do processo de biossecagem de lodo de ETE. *In: CONGRESSO ABES FENASAN, 2017, São Paulo. Anais [...]*. São Paulo: ABES, 2017.

MORTARA, F. C. *Utilização de leitões de drenagem no desaguamento de lodos anaeróbios*. 241 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Hidráulica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2011.

RAMOS, A.G. *Sistema de Gestão Ambiental em Estações de Tratamento de Esgoto: o caso da ETE Remédios (Salesópolis - SP)*. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

REIS, R. F. *Sistema de remoção de água de lodo gerado em estação de tratamento de esgoto com duas fases: desaguamento inicial em leito de drenagem seguido de biossecagem*. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2017.

REIS, R. F.; CORDEIRO, J. S. ; FONT, X.; ACHON, C. L . The biodrying process of sewage sludge - a review. *Drying Technology*, v. 37, p. 1-14, 2019.

SILVA, A.R. *Avaliação dos riscos ocupacionais na remoção e destinação do lodo gerado em estações de tratamento de esgotos*. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2019.

SILVA, S. M. C.; ACHON, C. L.; COIMBRA, P. R. S. Análise do desaguamento e secagem de lodo anaeróbio em leito piloto com piso de blocos drenante. *In: CONGRESSO ABES FENASAN*, 2017, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: ABES, 2017.

## APONTAMENTOS DA EVOLUÇÃO DO SANEAMENTO EM SÃO CARLOS(SP) A PARTIR DOS TAMPÕES DAS REDES COLETORAS DE ESGOTO

Appointments of Development of Sanitation in São Carlos (SP) from Wastewater Collection Network

*Erich Kellner<sup>1</sup>*  
*Alex Rogério Silva<sup>2</sup>*

### RESUMO

Sob as vias públicas coexistem águas pluviais, esgotos, entre outros subsistemas da infraestrutura urbana, e quando precisamos visitar uma das redes subterrâneas, por exemplo, para desentupir uma tubulação de esgoto, são esses tampões as portas de entrada. O objetivo deste trabalho foi resgatar alguns aspectos históricos do saneamento do município de São Carlos (SP), tendo como linha temporal as tipologias dos tampões de ferro fundido empregados nos sistemas de coleta e afastamento de esgoto. Foi realizada uma breve revisão da evolução histórica do saneamento na cidade de São Carlos e o registro fotográfico dos tampões empregados em diferentes épocas.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Saneamento, Rede Coletora de Esgoto, Aspectos Históricos.

### ABSTRACT

Under public roads rainwater, sewage, and other urban infrastructure subsystems coexist, and when we need to visit this underworld, for example, to unclog a sewer pipe, these are the entry ports. The objective of this study was to rescue some historical aspects of sanitation in the city of São Carlos (SP), having as a timeline the typologies of cast iron plugs used in sewage collection and removal systems. A brief review of the historical evolution of sanitation in the city of São Carlos was performed and the photographic record of the tampons employed at different times.

**Keywords:** Urban Engineering, Sanitation, Sewer Collection, Historical Aspects.

---

(1) Engenheiro Civil (UFSCar). Doutor em Hidráulica e Saneamento (EESC/USP). Professor credenciado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU/UFSCar. E-mail: [erich.kellner@ufscar.br](mailto:erich.kellner@ufscar.br).

(2) Graduado e Mestre em História pela UNESP – Franca e doutorando em Estudos de Literatura pela UFSCar. Servidor Técnico-Administrativo do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – PPGEU/UFSCar. E-mail: [alexsilva@ufscar.br](mailto:alexsilva@ufscar.br).

## **1. INTRODUÇÃO**

Podemos dizer que a história do saneamento de São Carlos está sob os nossos pés. Passamos sobre ela todos os dias, e mal damos conta que os tampões de ferro assentados geralmente nas vias públicas, escondem mais que esgotos.

Além das marcas do tempo, essas tampas de ferro fundido revelam um pouco da evolução sanitária da cidade.

Sob o pavimento coexistem águas pluviais, esgotos, entre outros subsistemas da infraestrutura urbana, e quando precisamos visitar essa infraestrutura subterrânea, por exemplo, para desentupir uma tubulação de esgoto, são esses tampões as portas de entrada.

Os tampões de ferro fundido são dispositivos metálicos utilizados para fechar os poços de visitas, que são câmaras que se ligam às redes da infraestrutura sanitária, como as redes de esgoto. Em alguns casos, nesses poços de visita, ocorre a concentração de gases como metano ou sulfeto de hidrogênio, derivados da decomposição da matéria orgânica presente no esgoto, o que pode ser perigoso a alguém que queira acessá-lo. Um indicativo “prático”, porém não muito preciso, para saber se há pouca letalidade nos gases, é observar se há presença de baratas. Sua ausência pode indicar a presença de gases nocivos no poço de visita e ali “trancados” pelos tampões de ferro fundido.

A Figura 1 ilustra os subsistemas urbanos de saneamento de distribuição de água e de coleta e afastamento de esgoto, bem como a localização do tampão.

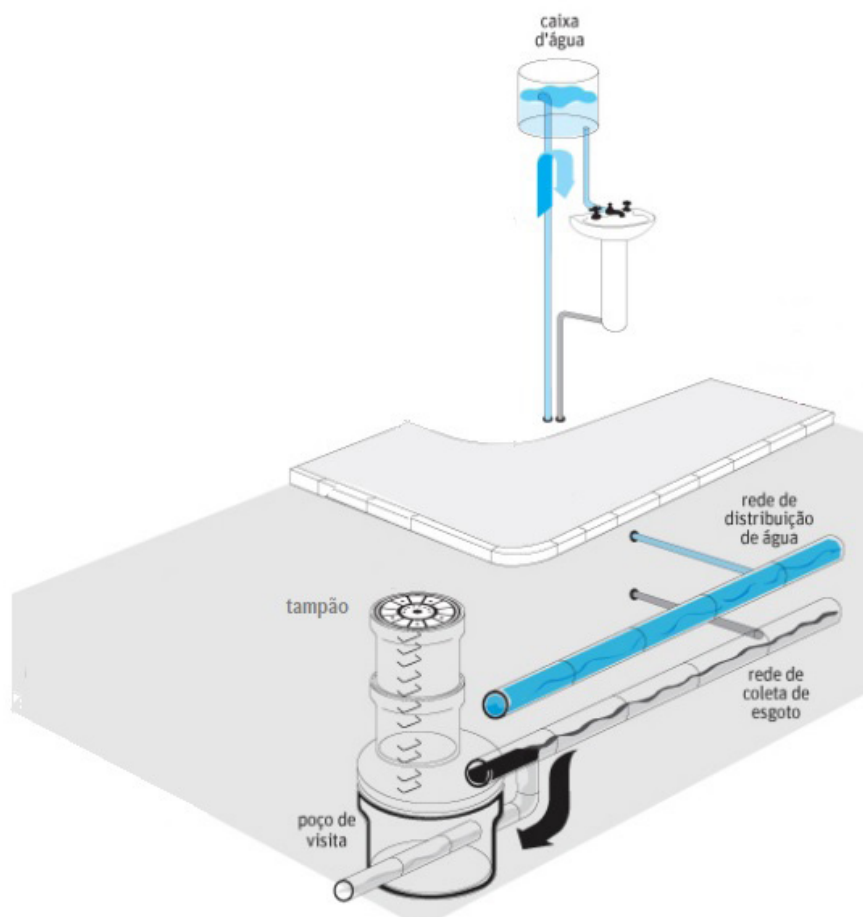
O objetivo principal deste trabalho foi resgatar alguns aspectos históricos do saneamento do município de São Carlos (SP), tendo como linha temporal as tipologias dos tampões de ferro fundido empregados nos sistemas de coleta e afastamento de esgoto.

## **2. ASPECTOS HISTÓRICOS DA FORMAÇÃO DA CIDADE DE SÃO CARLOS E SUA RELAÇÃO COM O SANEAMENTO**

São Carlos do Pinhal foi elevado à categoria de vila, pela Lei Provincial n.º 15, de 18/03/1865, desmembrada do município de Araraquara, sendo elevado à condição de cidade pela lei Provincial n.º 76, de 21/04/1880. Nessa época, ao final do Brasil Império, as funções executivas eram atribuídas ao presidente da Câmara Municipal (AMARAL, 1934; CONCEIÇÃO, 2015).

De certa maneira, tem-se a cidade desenvolvendo-se no contexto da expansão da lavoura cafeeira, marcada, principalmente nas últimas décadas do século XIX e nas duas primeiras décadas do século XX. A chegada da ferrovia em 1884 propiciou um

Figura 1: Alguns subsistemas de saneamento urbano e a localização do tampão



Fonte: Adaptado de Folha de São Paulo (2013).

sistema eficiente para escoar a produção para o porto de Santos e deu um grande impulso ao desenvolvimento da economia da região (IBGE, 2019).

Como consequência, os fazendeiros acabavam aplicando os lucros obtidos com o café, escoado pela ferrovia, na constituição de várias empresas em São Carlos: bancos, companhias de luz elétrica, de bondes, telefones, sistemas de água e esgoto, teatro, hospitais e escolas, fortalecendo a infraestrutura urbana e criando condições para a industrialização. (IBGE,2019).

De acordo com Rezende e Heller (2008), o saneamento dos centros urbanos iniciou devido à precariedade da infraestrutura das grandes cidades brasileiras. As epidemias atingiam a classe trabalhadora e causavam prejuízos à indústria e ao comércio,

principalmente no Rio de Janeiro e em São Paulo devido à indústria do café.

Com a proclamação da República em 1889, o governo do Estado passou a nomear Conselhos de Intendência. Neste período, a legislação estadual estabeleceu uma divisão na esfera municipal entre o poder legislativo (Câmara) e o executivo (intendente). No entanto, na prática, a divisão não era tão expressiva, pois o intendente era escolhido entre e pelos vereadores, e muitas vezes a função do intendente era limitada ou mesmo acumulada pelos presidentes da Câmara (SÃO CARLOS, 2015).

Como exemplo, pode-se citar o Cel. Marcolino Lopes Barreto, eleito presidente da Câmara, com mandato entre 1898-1902, colaborou para a conclusão de importantes obras públicas, que tornaram possível a instalação da rede de água de São Carlos, que teve início na Vila Nery, bairro mais antigo da cidade (KAPPA, 2015), ou José Augusto de Oliveira Salles, que como presidente da Câmara concluiu a rede de abastecimento de água que estava em construção (ALMEIDA, 2016).

Em 1908, a cidade de São Carlos já contava com captação de água do Espriado e do Valinhos, marcando o início do abastecimento de água na cidade (Acidade, 2019).

O período de 1918 a 1930 é caracterizado pela consolidação do serviço sanitário estadual com o desenvolvimento de programas e políticas públicas. Com a promulgação do Código Sanitário em 1918, é criada uma divisão do estado em sete distintas regiões, formada pela capital e mais seis regiões interioranas com sedes em: Santos, Campinas, São Carlos, Ribeirão Preto, Guaratinguetá e Botucatu (FARIA, 2002).

É nesse período que foi criada a Inspetoria Municipal de Águas e Esgotos no município de São Carlos.

Entre os anos de 1929 e 1939, a evolução da estrutura administrativa do município, especificamente sobre a área de saneamento, passou a contar com uma Repartição de Águas e Esgoto (LIMA, 2007); de 1940 a 1952 passou a ser denominada Repartição de Águas; de 1953 a 1959, a Diretoria de Obras e Viação passou a incorporar a Seção de Águas e Esgotos (SÃO CARLOS, 1953); entre os anos de 1960 e 1969, a mesma Diretoria de Obras e Viação tinha sob sua responsabilidade a Diretoria de Águas e Esgoto (LIMA, 2007), sendo em 26/06/1969 criado o SAAE – Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos pela Lei municipal nº 6.199, uma Autarquia municipal com independência jurídica e financeira (SÃO CARLOS, 1969).

### **3. AS PORTAS DO SUBTERRÂNEO**

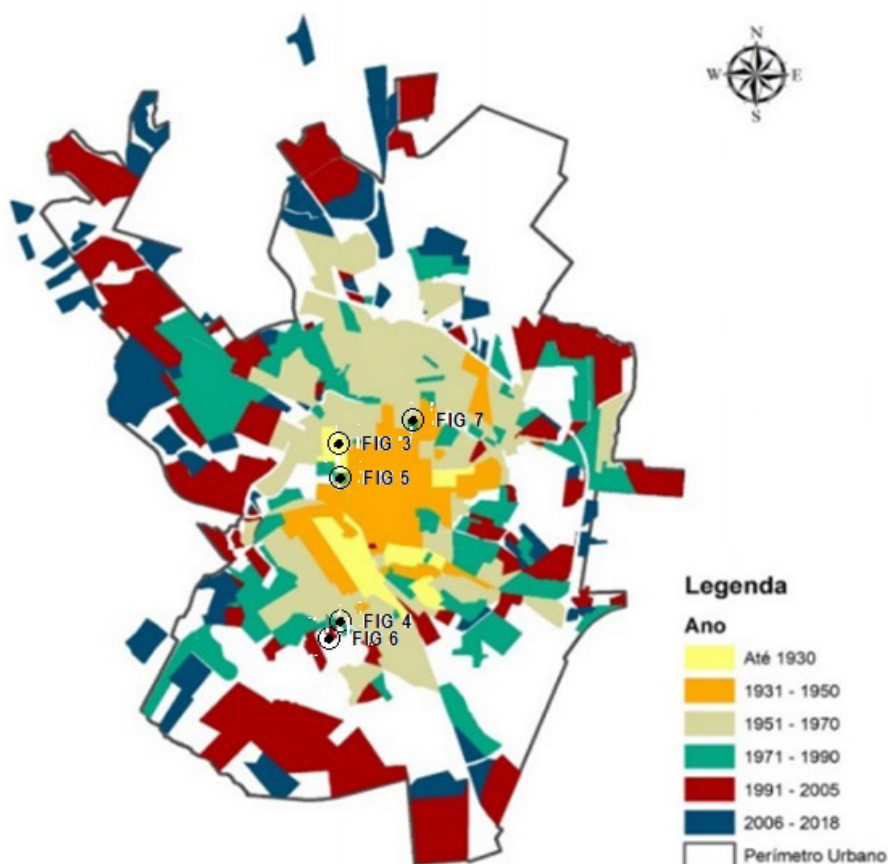
Remontar as origens históricas dos antigos tampões não é tarefa simples. Além do



SAAE São Carlos não possui o cadastro de todos eles, muitas peças foram “engolidas” por vários recapeamentos asfálticos.

Ainda que no passado, o crescimento da infraestrutura sanitária não acompanhasse o desenvolvimento da malha urbana, tomou-se como indicativo o mapa da dinâmica da expansão urbana de São Carlos obtido por Lopes (2019), a fim de localizar alguns tampões empregados nas redes coletora de esgoto, conforme representado pela Figura 2.

Figura 2: Dinâmicas da expansão urbana de São Carlos e a localização de alguns tampões.



Fonte: Adaptado de Lopes (2019).

A Figura 3 ilustra um tampão de esgoto de 1920, período de existência da Inspetoria Municipal de Águas e Esgotos.

Figura 3: Tampão com a inscrição *Inspetoria Municipal de Águas e Esgotos - 1920*.



Fonte: Os autores.

Nota: Cruzamento das Ruas XV de Novembro e Aquidaban – São Carlos (SP)

A Figura 4 ilustra um tampão do final da década de 1960, quando o subsistema de esgotamento sanitário estava subordinado a Diretoria de Obras e Viação da Prefeitura Municipal.

Figura 4: Tampão com a inscrição *PM São Carlos - 1967*.



Fonte: Os autores.

Nota: Cruzamento das Ruas São Paulo e Santa Cruz – São Carlos (SP)

A Figura 5 ilustra um tampão de esgoto, provavelmente da década de 1970, logo após a criação do SAAE. Nessa figura é interessante notar a primeira logomarca usada pela autarquia.

Figura 5: Tampão com a inscrição *Serviço Autônomo de Água e Esgoto São Carlos*.



Fonte: Os autores.

Nota: Cruzamento das Ruas Marechal Deodoro e Riachuelo – São Carlos (SP)

A Figura 6 ilustra um tampão de esgoto do SAAE, provavelmente após o ano de 1994, quando a autarquia assumiu nova identidade visual, a qual mantém até os dias atuais. Essa figura estampada no tampão, vem carregada por uma “brincadeira espirituosa”. É que um funcionário da Autarquia que preparava os desenhos para subsidiar a empresa que forneceria esses tampões metálicos era fanático por futebol a ponto de fazer uma promessa: incluir cinco estrelas sobre a logomarca, até que a seleção brasileira de futebol fosse pentacampeã.

Ficção ou não, após a conquista do pentacampeonato, os tampões de ferro fundido não apresentam mais essa homenagem.

Figura 6: Tampão com a inscrição *SAAE São Carlos*.



Fonte: Os autores.

Nota: Cruzamento das Ruas Dom Pedro II e Silvério Ignácio Sobrinho – São Carlos (SP)

A Figura 7 ilustra um tampão utilizado pelo SAAE em 2018. Nele é possível observar, além da logomarca da Autarquia, informação sobre a periculosidade de se adentrar nos poços de visita.

Figura 7: Tampão com a inscrição SAAE e indicativo de ambiente confinado.



Fonte: Os autores.

Nota: Cruzamento das Ruas Dom Pedro II Tiradentes – São Carlos (SP)

Segundo Mascaró e Yoshinaga (2005), a ciência urbana deve incorporar à sua temática um capítulo que trate da infraestrutura de maneira a completar sua abrangência e poder recompor, por combinação de enfoque, a imagem global e sintética da cidade. Espera-se que estes apontamentos tenham complementado, com enfoque histórico, os sistemas urbanos de saneamento que atendem a cidade de São Carlos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 4. REFERENCIAL

ACidade ON - São Carlos. Solenidade marca os 50 anos do SAAE São Carlos. 27/06/2019. Disponível em: <https://www.acidadeon.com/saocarlos/cotidiano/cidades/NOT,0,0,1431835,solenidade+marca+os+50+anos+do+saae+sao+carlos.aspx>. Acessado em 16/11/2019.

AMARAL, R. Terra Roxa. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1934. Disponível em: <http://www.plataformaverri.com.br/index.php?bib=1&local=book&letter=S&idCity=116&idCategory=5&idBook=2174>. Acessado em 20/11/2019.

ALMEIDA, F. O. Ondas de interiorização do profissionalismo médico e o

desenvolvimento em São Carlos. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Programa de Pós-Graduação em Sociologia. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016. 375p.

CONCEIÇÃO, C. F. *Configuração das elites política e econômica em São Carlos/SP – 1873 a 1904*. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Departamento de Ciências Sociais, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

FARIA, L. R.; CASTRO SANTOS, L. A. Os primeiros centros de saúde nos Estados Unidos e no Brasil: um estudo comparativo. *Teoria e pesquisa*, n.º 40 - 41, jan./jul., p. 137-181, 2002.

KOGAN, G. Conheça as mudanças de SP contadas por meio da evolução dos bueiros. A Folha de São Paulo, São Paulo, ano 2013, n. 27 de out. 2013. Caderno São Paulo. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/saopaulo/2013/10/1362000-conheca-as-mudancas-de-sp-contadas-por-meio-da-evolucao-dos-bueiros.shtml>. Acessado em 15/11/2019

IBGE. Brasil/São Paulo/São Carlos. História & Fatos. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-carlos/historico>. Acessado em 20/11/2019.

KAPPA Magazine. Eles fazem parte na Vila Nery. Ed. Janeiro, 2015. p.46-49.

LIMA, R. P. *O processo e o (des)controle da expansão urbana de São Carlos (1857-1977)*. Dissertação (Mestrado em arquitetura e Urbanismo) Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

LOPES, J. G. Análise do processo de expansão urbana do município de São Carlos – SP, no período de 2005 a 2018. São Carlos, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Gestão e Análise Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

MASCARÓ, J. L.; YOSHINAGA, M. *Infra-Estrutura Urbana*. Porto Alegre. 2005. 207p.

REZENDE, S. C.; HELLER, L. *O saneamento no Brasil políticas e interfaces*. 2 ed. Belo Horizonte: Ed. da UFMG, 2008.

CARNEIRO, J. N. et al. (org.). *Cadastro imobiliário do município de S. Carlos: Administração em 1940*. São Carlos: Tipografia Camargo, 1940. 181 p.

SÃO CARLOS. *Lei n. 1.751/1953*. Dispõe sobre a organização geral dos serviços executivos do governo do município de São Carlos e dá outras providências. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/sp/s/sao-carlos/lei-ordinaria/1953/175/1751/lei-ordinaria-n-1751-1953-dispoe-sobre-a-organizacao-geral-dos-servicos-executivos-do-governo-do-municipio-de-sao-carlos-e-da-outras-providencias>. Acessado em 17/11/2019.

SÃO CARLOS. *Lei n. 6.199/1969*. Cria o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de São Carlos e dá outras providências.

SÃO CARLOS. Fundação Pró-Memória. *Aspectos da administração pública municipal. Galeria dos prefeitos*. 3a ed. São Carlos, 2015. Disponível em: <http://www.promemoria.saocarlos.sp.gov.br/acervo-files/historias-sc/aspectos-administracao.pdf>. Acessado em: 15/11/2019.

## LEITOS DE DRENAGEM PARA RESÍDUOS DE ETAS: CONTRIBUIÇÃO DO PPGEU PARA MUNICÍPIOS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Drainage Bed for WTP Sludge: The Contribution of PPGEU in Small and Medium-Sized Cities

*João Sérgio Cordeiro<sup>1</sup>*

*Cali Laguna Achon<sup>2</sup>*

*Renan Felício dos Reis<sup>3</sup>*

### RESUMO

As dinâmicas de tratamento de água são diversas, em função das características das partículas presentes na água bruta. Dados apresentados apontam para uma crescente demanda por estações de tratamento de água (ETAs), principalmente em municípios de pequeno e médio porte. A disposição irregular e ilegal desses resíduos tem incomodado pesquisadores que ao longo das últimas quatro décadas têm buscado soluções dada a questão ambiental envolvida. Este trabalho visa ilustrar a evolução das pesquisas relacionadas aos resíduos das ETAs desenvolvidas com contribuição do PPGEU/UFSCar. Os resultados ressaltam o pioneirismo do Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro, que iniciou suas pesquisas com lodo de ETA em 1981, evoluindo para o desenvolvimento de um sistema de desaguamento natural, denominado leito de drenagem (LD), em 2001. Em 2004 evoluiu para a aplicação do LD em escala real. Atualmente as pesquisas continuam evoluindo em termos tecnológicos, com contribuição relacionada também à gestão destes resíduos.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Desaguamento, Lodo de ETA; Leito de Drenagem.

### ABSTRACT

Water treatment has many dynamics that depend on the characteristics of the particles present in raw water. The data presented in this study indicate a growing demand for water treatment plants (WTP), particularly within small and medium-sized cities. Researchers have noted the irregular and illegal disposal of WTP sludge and its negative impact on the environment, and during the last four decades have

---

(1) Engenheiro Civil, Mestre e Doutor pela EESC/USP; Professor Titular do DECiv/UFSCar e do PPGEU/UFSCar. E-mail: [cordeiro.js@gmail.com](mailto:cordeiro.js@gmail.com)

(2) Engenheira Civil, Doutora pela EESC/USP e Pós Doutorado pelo PPGEU/UFSCar, Professora Adjunta do DECiv/UFSCar e do PPGEU/UFSCar. E-mail: [caliachon@ufscar.br](mailto:caliachon@ufscar.br)

(3) Engenheiro Ambiental, Mestre e Doutor pelo PPGEU/UFSCar, Professor do Instituto Federal de São Paulo (IFSP) - Câmpus de São Roque. E-mail: [renan.felicio@ifsp.edu.br](mailto:renan.felicio@ifsp.edu.br)

researched solutions to this problem. This paper aims to illustrate the evolution of research related to WTP sludge developed by PPGEU/UFSCar. The results highlight the pioneering research of Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro, who began to study sludge from WTP in 1981, and developed natural dewatering systems until designing the drainage bed (DB) in 2001. In 2004, the first DB of full scale was implemented at a WTP. In addition to technological development, research has made significant contributions to understanding and improving the management of these residues.

**Keywords:** Urban Engineering, Dewatering, WTP Sludge, Drainage Bed.

## 1. INTRODUÇÃO

O tratamento de água para abastecimento público ou para uso industrial se caracteriza pela remoção de partículas indesejáveis. De forma geral, essa remoção gera resíduos que, atualmente, são dispostos, na grande maioria dos sistemas, em águas superficiais trazendo prejuízos ambientais intensos.

No Brasil, a maioria das estações de tratamento de água (ETAs) foi implantada antes da Lei 9.433/1997, da Lei 9.605/1998 e da Resolução CONAMA 237/1997, que exige o licenciamento, pelo órgão ambiental competente, de atividades consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis. Esse fato explica, em parte, a falta de conscientização dos gestores e a negligência em relação à destinação dos resíduos.

A Lei 11.445/2007, em seu Capítulo I, Art. 3º, considera o saneamento básico como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de: abastecimento de água potável; esgotamento sanitário; limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Neste contexto, a Lei 12.305/2010, em seu Art. 13, inciso I, define que os resíduos sólidos têm sua classificação quanto à origem, e nesta definição têm-se os resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, que incluem os resíduos gerados no sistema de abastecimento de água (SAA).

Os resíduos das ETAs (água de lavagem de filtros – ALAF, e lodos dos decantadores – LETAs) caracterizam-se pela baixa concentração de sólidos, porém com elevado grau poluidor. A remoção da água contida no lodo e redução do volume são condições fundamentais para o manejo adequado desses resíduos.

Assim, o objetivo deste trabalho é ilustrar a evolução das pesquisas relacionadas aos resíduos de saneamento, com foco para o lodo gerado em ETAs, apresentando o desenvolvimento e pioneirismo da proposta de sistema natural de desaguamento, denominado leito de drenagem (LD), com contribuição direta das pesquisas desenvolvidas no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da



Universidade Federal de São Carlos (PPGEU/UFSCar), que foram iniciadas pelo Prof. Dr. João Sérgio Cordeiro em 1981 e ainda seguem em desenvolvimento e evolução.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste capítulo consistiram basicamente em compilação de dados, resultados, discussões e conclusões a respeito dos trabalhos desenvolvidos ao longo de anos envolvendo o que se denominou LD, desde abordagens iniciais para sua concepção, alterações, aplicações em escala laboratorial, escala piloto e escala real. Além disso, encontram-se também referenciais científicos de pesquisas que apontaram pontos positivos e negativos em relação aos objetivos traçados em cada estudo ou intervenção realizada.

Para tanto, foi elaborado diagrama para representar a linha evolutiva relativa ao lodo de ETA incluindo pesquisas com LD. A análise desta evolução culmina no estado da arte em relação ao LD, desde sua concepção inicialmente para lodo de ETA, as adaptações e estudos para aplicação para lodo de ETE, até as pesquisas atuais que ainda seguem em desenvolvimento.

Diante disso, nos resultados e discussões serão apresentadas cronologicamente as contribuições para cada marco incluído nas linhas evolutivas (diagramas) relativas ao LD para lodo de ETA. Logo, de maneira mais específica, é possível obter o descritivo detalhado dos materiais e métodos de cada pesquisa e contribuição acessando-se, na íntegra, cada referência citada.

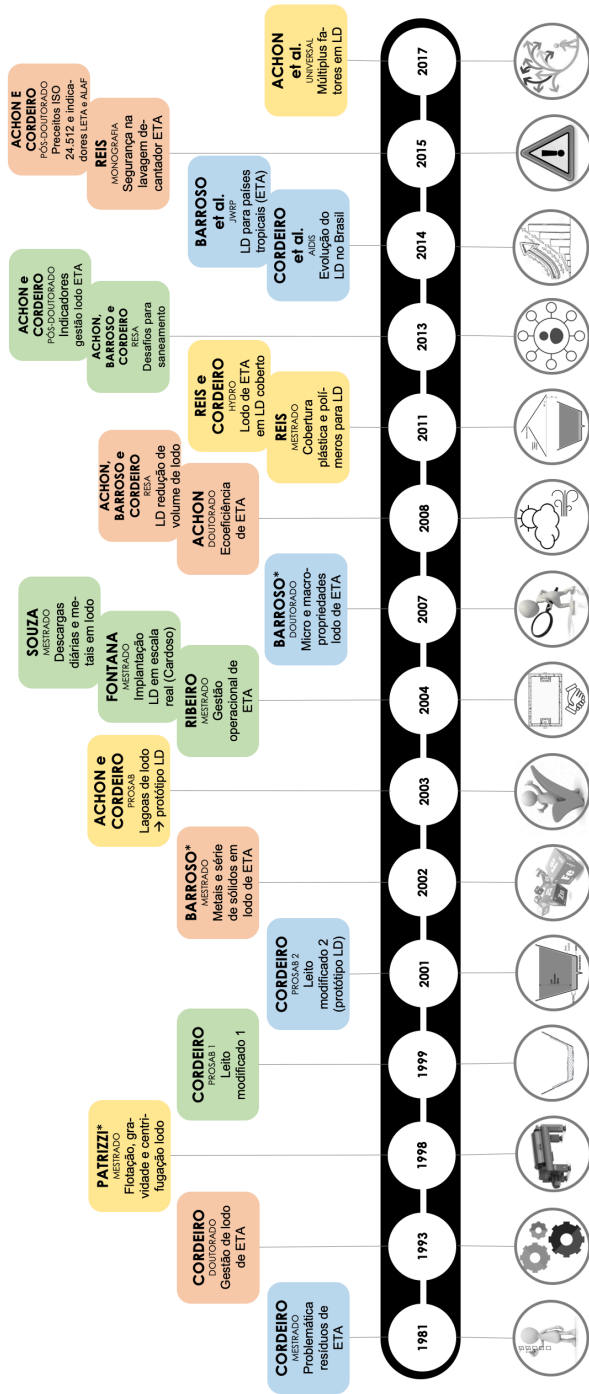
## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 1 é apresentado um diagrama relativo aos resíduos gerados em ETAs incluindo aplicações com LD.

Nota-se na Figura 1 que as pesquisas se iniciaram com Cordeiro (1981 e 1993), que desenvolveu sua dissertação e tese relacionadas aos resíduos gerados em ETAs, com discussões abrangentes e inovadoras para a época, as quais ainda se convalidam para o período atual.

Após as pesquisas iniciadas em 1981, Cordeiro (1999 e 2001) no Programa de Pesquisas em Saneamento Básico (PROSAB) 1 e 2, estudou a possibilidade de modificação da estrutura dos leitos de secagem tradicionais. Os resultados demonstraram que a colocação de manta geotêxtil sobre a camada filtrante do leito possibilita remoção mais efetiva da água livre dos lodos, mesmo utilizando como meio filtrante areia de construção (grossa e fina). Nesta primeira modificação (modificado 1) a areia era lavada e utilizada nos leitos com espessuras de 5 e 10cm, porém os resultados dos ensaios evidenciaram que a areia e a espessura da camada filtrante não foram

Figura 1: Linha evolutiva referente aos resíduos gerados em ETAs, incluindo aplicações com Leito de Drenagem (LD).



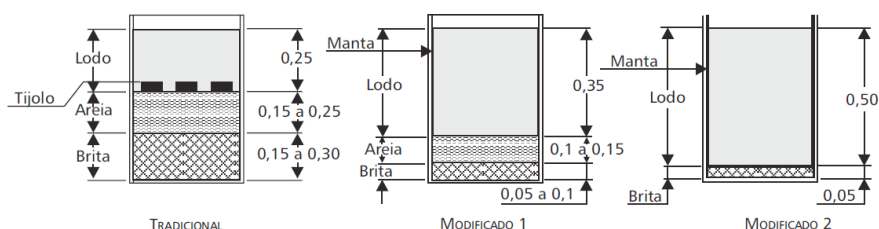
Pesquisas desenvolvidas em programas distintos ao PPGEU/UFScar e orientadas pelo prof. Dr. João Sérgio Cordeiro.

Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

decisivas na remoção de água livre. Assim, estudou-se a remoção da camada de areia e o leito passou a ser constituído de uma camada de brita nº 1 com 5cm de espessura e, sobre esta, manta geotêxtil, com a camada de lodo atingindo até 50cm (modificado 2). A Figura 2 ilustra a evolução dos sistemas de leito de secagem tradicional e modificados 1 e 2, cuja concepção final (modificado 2) passou a ser denominada leito de drenagem (LD).

No Quadro 1 são apresentados os principais aspectos relativos aos trabalhos de pesquisas desenvolvidos no PPGEU/UFSCar relacionados, de forma geral, aos resíduos gerados em ETAs, ilustrando algumas pesquisas que foram apresentadas na Figura 1.

Figura 2: Etapas de desenvolvimento do Leito de Drenagem (LD) com valores em metros.



Fonte: Cordeiro, 2001.

Quadro 1: Principais aspectos das pesquisas desenvolvidas no PPGEU sobre resíduos gerados em ETAs, sem incluir o leito de drenagem (LD).

Pesquisa	Contribuições
Patrizi (1998)	Redução de volume de lodo gerado em decantadores de ETAs de ciclo completo utilizando espessamento por flotação, por gravidade e princípios de centrifugação.
Barroso (2002)	Pesquisou a problemática dos metais e sólidos em ETAs e nos resíduos gerados.
Ribeiro (2004)	Desenvolveu um estudo de caso na ETA Cubatão/SP, avaliando a gestão operacional desta ETA de tecnologia convencional de ciclo completo, que possuía problemas com a destinação do lodo gerado.
Souza (2004)	Avaliou os metais presentes em uma ETA de ciclo completo com decantadores de alta taxa e descargas diárias.
Achon (2008)	Pesquisou a ecoeficiência de ETAs considerando a ISO 14.001, com proposta e aplicação de indicadores em cinco ETAs localizadas no estado de São Paulo.
Achon, Barroso e Cordeiro (2013)	Apresentaram uma análise crítica dos desafios do saneamento brasileiro frente aos resíduos gerados em ETAs, considerando a NBR ISO 24.512/2012.
Achon e Cordeiro (2013)	Propuseram indicadores para gestão de lodo gerado em ETAs, que podem ser utilizados para avaliação comparativa ou evolutiva.
Achon e Cordeiro (2015)	Avaliaram os preceitos da NBR ISO 24.512/2012 e propuseram o uso de indicadores para os resíduos de ETAs (LETA e ALAF).

A Figura 3 ilustra a evolução das pesquisas relacionadas ao LD para desaguamento de resíduos de ETAs, desde sua concepção até as atuais.

Figura 3: Evolução das pesquisas com contribuição do PPGEU relacionadas ao leito de drenagem (LD) para desaguamento de resíduos de ETAs.



Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

Ressalta-se que até 2017, as pesquisas com LD apresentadas na Figura 3 foram desenvolvidas com manta geotêxtil tecida de 600g/cm<sup>2</sup>. A partir de 2017, com o Projeto Universal em desenvolvimento pretende-se verificar o uso de outros tipos de geotêxtil, influência dos sólidos totais (ST) do lodo bruto e altura da camada de lodo no desaguamento em LD.

Os resultados apresentados por Achon e Cordeiro (2003) demonstraram que o tempo de secagem do lodo, em média, foi de 7 dias, independente do volume de lodo descartado no leito, promovendo significativa redução no volume do lodo: de 75% a 85%. A comparação entre a água drenada e o lodo descartado no LD é visível (Figura 4) e confirmada nos resultados de cor e turbidez abaixo de 30uC e 5uT, respectivamente. Observou-se também que nas lagoas de lodo a secagem do lodo, além de deficitária, demorava em média dois meses, e a água da chuva infiltrava através do lodo ou pelas rachaduras, formando uma camada de água sob o lodo que, dificilmente, era eliminada.

No estudo de caso na ETA de Cardoso/SP por Fontana (2004), o sistema de LD e sedimentador em escala real foram implantados como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de ALAF. A Figura 5 apresenta fotos do LD construído em Cardoso/SP. Os resultados mostraram que o volume de lodo reduziu 98% e a qualidade do drenado permitiu a recirculação na ETA, cujos resultados podem ser encontrados em Barroso (2007).

Figura 4: Ensaios de desagamento do lodo em sistemas de LD em escala piloto.



Fonte: Achon e Cordeiro, 2003.

Figura 5: LD construído na ETA de Cardoso/SP (sequência ilustrando o despejo do lodo no leito, a água livre drenada no momento inicial e o lodo “seco” no fim das operações).



Fonte: Fontana, 2004.

Em 2007 Barroso pesquisou as micro e macro propriedades de lodos gerados em ETAs. Foram realizados ensaios com lodos de ETAs que empregam diferentes coagulantes, evidenciando que após sete dias as reduções de volume foram da ordem de 85% e o percentual de ST foi de aproximadamente 30% na torta de lodo resultante (Barroso, 2007), o que é acima do desempenho médio obtido com sistemas mecânicos.

Barroso (2007) compilou e apresentou resultados de características dos lodos de ETAs incluindo a ALAF, referente aos estudos realizados por Cordeiro e Barroso (2001) e Souza (2004).

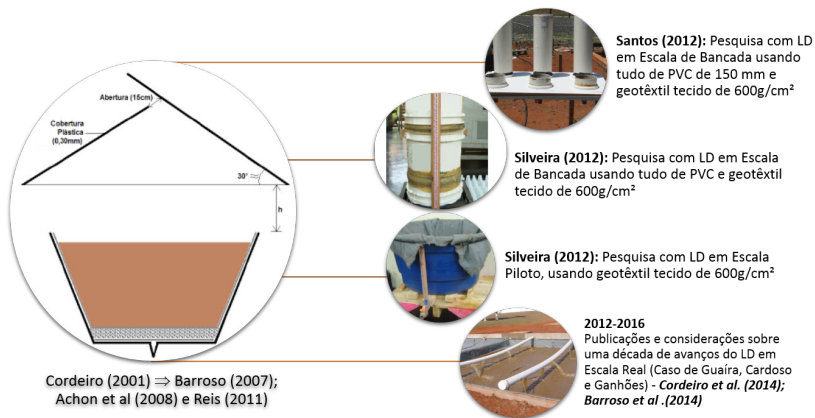
Na sequência, Achon, Barroso e Cordeiro (2008) avaliaram o desempenho de sistemas de LD considerando a influência das variáveis climatológicas: precipitação, evaporação, ventilação, temperatura, umidade do ar e insolação.

A utilização de cobertura plástica para o LD foi pesquisada por Reis (2011). A altura da cobertura em relação à borda do leito que apresentou os melhores resultados foi de 0,2m, permitindo-se obter amostra de lodo final com teor de ST até 56% maior do que na ausência de cobertura. Além disso, ensaios de bancada referentes à etapa de drenagem do LD com utilização de polímero catiônico resultou em maior efetividade em termos quantitativos e, em alguns casos, também qualitativos para cor e turbidez. No entanto, ressalta-se que, para aplicações em escala real, devem ser considerados

os custos de aquisição do polímero, bem como possível interferência quando se recicla a água drenada para o início do tratamento.

Em 2012, foram realizadas pesquisas em outras universidades, a partir da contribuição do PPGEU para o LD até 2011, que estão ilustradas na Figura 6, assim como algumas publicações entre 2012 e 2016 sobre a evolução do LD e sua implantação em escala real (Cordeiro et al., 2014).

Figura 6: Pesquisas com LD em outras instituições de ensino e publicações sobre a evolução do LD e sua implantação em escala real.



Fonte: elaborada pelos autores, 2019.

Além da implantação do LD em escala real na ETA de Cardoso/SP, o sistema também foi implantado nas ETAs de Guanhões/MG, Guaira/SP, Monte Aprazível/SP, entre outras, conforme ilustram as Figuras 7, 8 e 9.

Figura 7: LD da ETA de Guaira/SP: manta geotêxtil, LDs cheios e LDs com lodo desaguado.



Fonte: Reis, 2011.

Figura 8: Cobertura móvel instalada no LD da ETA de Cardoso/SP.



Fonte: Cordeiro et al., 2014.

Figura 9: ETA de Guanhões/MG: despejo de lodo em LD, leito com lodo bruto, remoção de lodo desaguado e LD pronto para receber novo despejo.



Fonte: Reis, 2011.

Na Tabela 1 tem-se as principais informações referentes aos LDs implantados nas ETAs de Cardoso, Guanhões e Guaíra, compiladas por Reis (2011).

Tabela 1. Informações referentes a LDs implantados em escala real.

Parâmetro	Estação de Tratamento de Água		
	Cardoso/SP	Guanhões/MG	Guaíra/SP
Vazão de tratamento (L/s)	25	60	130
Ano de implantação do LD	2004	2008	2010
Área total do(s) LDs (m <sup>2</sup> )	60	480	1040
Número de módulos	3	4	4
Capacidade volumétrica máxima (m <sup>3</sup> )	30	360	520
Existência de cobertura	Sim	Não	Não
Estimativa de produção de lodo (Kg/dia)*	115,30	134,80	299,22
Recirculação da água drenada	Sim	Não	Sim
Responsabilidade Gerenciamento	SABESP	SAAE	DEAGUA

\* Equação proposta por Cornwell et al. (1987).

Fonte: Reis, 2011.

Atualmente, o Projeto Universal (CNPq Processo Nº 424639/2016-5) coordenado pela Profa. Dra. Cali Laguna Achon, iniciado em 2017 com previsão de término em 2020, em parceria entre a UFSCar e o Instituto Federal de São Paulo (IFSP) – Câmpus São Roque (com colaboração do Prof. Dr. Renan Felício dos Reis), visa avaliar a influência de múltiplos fatores no desaguamento de lodo gerado em ETA usando LD com diversas taxas de aplicações de sólidos e diferentes geotêxtis, para definir parâmetros de projeto do LD.

#### **4. CONCLUSÃO**

A evolução dos LDs se mostrou, ao longo desses anos, efetiva, com aplicações reais em algumas ETAs em municípios de pequeno e médio porte. A evolução ocorrida desde 1981 tem possibilitado análises das fases de desaguamento e secagem, além de interferências climáticas e possibilidade de uso de coberturas nos LDs. Os ganhos ambientais, o baixo custo de implantação, a facilidade operacional e de manutenção, a possibilidade de recuperação da água drenada no LD e seu retorno à entrada da ETA junto com a água bruta, são alguns dos benefícios desse sistema natural de desaguamento.

Assim, além da vertente tecnológica, há contribuição significativa das pesquisas do PPGEU/UFSCar na gestão dos resíduos do saneamento (resíduos das ETAs), o que é fundamental para manutenção e evolução da tecnologia, consolidando seu monitoramento/controle, viabilidade e eficiência.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### **5. REFERENCIAL**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR ISO 24512:2012*. Atividades relacionadas aos serviços de água potável e de esgoto — Diretrizes para a gestão dos prestadores de serviços de água e para a avaliação dos serviços de água potável. Rio de Janeiro:abnt, 2012, 61 p.

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. *Gerenciamento de lodo de ETAs: remoção de água livre através de leito de secagem e lagoas*. Joenville: ABES, 2003. P. 1-10.

ACHON, C. L. *Ecoeficiência de Sistema de tratamento de água à luz dos conceitos da ISSO 14001*. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. *Leito de drenagem: sistema natural*



para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 13, p. 54-62, 2008.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24.512: desafio do saneamento brasileiro. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 115-122, jun. 2013.

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. Indicadores para lodo produzido em ETAs: instrumento de gestão e benchmarking. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 27., 2013, Goiânia. **Anais** [...]. Goiânia: ABES, 2013.

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. Gestão de Resíduos Gerados em ETAs com uso de indicadores baseado nos preceitos da NBR ISO 24512:2012. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: ABES, 2015.

ACHON, C. L.; CORDEIRO, J. S. Gestão de resíduos dos serviços de saneamento (água e esgoto), a Lei 12.305/2010 e os desafios no Brasil. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 35., 2016, Cartagena. **Anais** [...]. Cartagena: AIDIS, , 2016.

ACHON, C. L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J. S. Leito de drenagem: sistema natural para redução de volume de lodo de estação de tratamento de água. *Revista Engenharia Sanitária e ambiental*. Rio de Janeiro. v. 13, n. 1, p. 54-62, jan/mar, 2008.

BARROSO, M. M. *Problemática dos metais e sólidos no tratamento de águas - ETAs - e nos resíduos gerado*. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.

BARROSO, M.M. *Influência das micro e macropropriedades dos lodos de estações de tratamento de águas no desaguamento por leito de drenagem*. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2007.

BARROSO, M. M.; ACHON, C. L.; REIS, R. F.; CORDEIRO, J. S. Drainage bed: a natural system for WTP sludge dewatering and drying with different coagulant chemicals in tropical countries. *Journal of Water Resource and Protection*, vol. 06, 2014. 1029-1036 p.

CORDEIRO, J. S. *Disposição, tratabilidade e reuso de lodos de estações de tratamento de águas*. 166 p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1981.

CORDEIRO, J. S. *O problema dos lodos gerados em decantadores de estações de tratamento de águas*. 342 p. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1993.

CORDEIRO, J.S. Importância do tratamento e disposição adequada dos lodos de ETAs. In: REALI, M. A. P. et al. coord. *Noções gerais de tratamento e disposição final de lodos de estações de tratamento de água*. Rio de Janeiro: ABES, 1999 Projeto PROSAB

CORDEIRO, J. S. Processamento de lodos de Estações de Tratamento de Água (ETAs). *In: ANDREOLLI, C. V. (coord). Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final.* Rio de Janeiro: ABES, 2001. Capítulo 9.

CORDEIRO, J. S., REIS, R. F.; ACHON, C. L.; BARROSO, M. M. Evolução dos leitos de drenagem (LD) no Brasil – uma década de avanços. *In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 34., 2014, Monterrey. Anais [...].* Monterrey - México: AIDIS, 2014.

FONTANA, A. O. *Sistema de leito de drenagem e sedimentador como solução para redução de volume de lodo de decantadores e reuso de água de lavagem de filtros – estudo de caso – ETA Cardoso.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

PATRIZZI, L. J. *Redução de volume de lodo gerado em decantadores de ETAs tradicionais utilizando espessamento por flotação, por gravidade e princípios de centrifugação.* Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

REIS, R. F. *Estudo de influência de cobertura plástica na remoção de água de lodos de estações de tratamento de água em leitos de drenagem.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/4301>.

REIS, R. F. *Segurança na operação de estações de tratamento de água de ciclo completo convencional: lavagem de decantadores (estudo de casos).* 91 p. Monografia (Especialização). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

RIBEIRO, R. E. Y. *Gestão operacional de estações de tratamento de água de ciclo completo - estudo de caso da ETA Cubatão/SP.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2004.

SANTOS, B. Avaliação da aplicação do sistema de Leito de Drenagem como tratamento de lodo da estação de tratamento de água Bom Jardim em Uberlândia –MG. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2012.

SILVEIRA, C. *Desaguamento de lodo de estações de tratamento de água por leito de drenagem/secagem com manta geotêxtil.* Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) Centro de Tecnologia e Urbanismo, Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012.

SOUZA, F. G. C. *Ocorrência de sólidos em metais no tratamento de água e nos resíduos gerados em ETA convencional de ciclo completo com descargas diárias.* Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2004.

# PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E SEGURANÇA DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA: INDICADORES E PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO

Water Supply Security and Strategic Planning: Indicators and Evaluation Protocol

*Katia Sakihama Ventura<sup>1</sup>*

*Paulo Vaz Filho<sup>2</sup>*

*Karina Shibasaki<sup>3</sup>*

## RESUMO

O Sistema de Abastecimento de Água (SAA) baseia-se no princípio das múltiplas barreiras para garantir a qualidade hídrica para consumo humano. O objetivo foi conceber o planejamento estratégico para segurança da água. Os indicadores qualitativos do SAA foram identificados em revisão de literatura e os protocolos seguiram a priorização de riscos da Organização Mundial da Saúde (OMS) e o uso de ferramentas de qualidade (SWOT, Ishikawa e 5W2H). Os resultados foram o diagnóstico dos eventos perigosos e a mensuração de riscos (Protocolo 1) e o prognóstico desses eventos (Protocolo 2). O planejamento estratégico consiste no uso sequencial destes protocolos e visa a tomada de decisão frente à elaboração do Plano de Segurança da Água (PSA). A engenharia urbana procura integrar as distintas áreas do saber, juntamente com o esforço de cada uma.

**Palavras-chaves:** Engenharia Urbana, Segurança da Água, Abastecimento de Água, Protocolos de Avaliação, Recursos Hídricos.

## ABSTRACT

Water Supply System (WSS) based on multiples barriers principles to ensure water quality for human consumption. The purpose was to design strategic planning for water safety. Literature review identified SAA qualitative indicators and protocols followed World Health Organization (WHO) risk prioritization and the use of quality tools (SWOT, Ishikawa and 5W2H). The results were the diagnosis of hazardous

---

(1) Engenheira civil, Mestre em Engenharia Civil pelo PPGEU/UFSCar, Doutora pela EESC-SHS/USP, Professora Adjunta do DECiv/UFSCar e PPGEU-UFSCar. E-mail: [katiaventura@yahoo.com](mailto:katiaventura@yahoo.com)

(2) Engenheiro civil, Mestre em Engenharia Civil pelo PPGEU/UFSCar, Professor das Faculdades Integradas Araraquara/Logatti e UNASP-EC. E-mail: [paulo@villeengenharia.com.br](mailto:paulo@villeengenharia.com.br)

(3) Engenheira Civil pelo DECiv/UFSCar, pós-graduanda do PPGEU/UFSCar e Engenheira da Ville Projetos de Engenharia. E-mail: [karina@villeengenharia.com.br](mailto:karina@villeengenharia.com.br)

events and the measurement of risks (Protocol 1) and the prognosis of these events (Protocol 2). Strategic planning consists of the sequential use of these protocols and aims at decision making regarding the Water Safety Plan (WSP) elaboration. Urban engineer can connect different areas of knowledge with each one's effort.

**Keywords:** Urban Engineering, Water Safety, Water Supply, Evaluation Protocols, Water Resources.

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Uma das atuações profissionais do Engenheiro Urbano, com ênfase em saneamento, é a prestação de serviço no Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

Ao longo da história, métodos e procedimentos para tornar as características organolépticas aceitáveis aos padrões de potabilidade sempre foram empregados para garantir suprimento à agricultura, pecuária, abastecimento humano, entre outros usos. Mas o controle da qualidade da água tornou-se efetivo, a partir dos anos 70, com a vigilância sanitária e ambiental deste recurso natural (Freitas e Freitas, 2005). No entanto, a maior preocupação vigente refere-se à quantidade, a qual é analisada pela disponibilidade e vulnerabilidade hídrica.

No Brasil, diretrizes e planos sobre a gestão de recursos hídricos, cada vez mais, caminham para a implantação de medidas preventivas para os diversos usos da água, em particular, o abastecimento para consumo humano. Um exemplo é o Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH), elaborado pela Agência Nacional das Águas (ANA) e Ministério do Desenvolvimento Regional.

A World Health Organization (WHO) confere quatro dimensões (humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência) à segurança hídrica, cujo conceito estabelece relação entre a disponibilidade hídrica, preservação das fontes de suprimento, do uso e ocupação do solo, da produção de bens e serviços e da capacidade de regeneração do meio a eventos extremos.

É importante ressaltar que o conceito da segurança hídrica é distinto da segurança da água. O primeiro privilegia a infraestrutura necessária para evitar a falta ou o excesso de água (ex: barragens, reservatórios de água, preservação do sistema produtor de água) e o segundo enfatiza a segurança da água pelos padrões de potabilidade para consumo humano.

A concepção do SAA já é conhecida na literatura científica, como abordam Heller e Pádua (2010) e Tsutiya (2006):

- Manancial: fonte de água, superficial ou subterrânea, que abastece as cidades e os diversos usos, garantindo vazão suficiente para atender a demanda hídrica ao longo do horizonte de projeto e qualidade apropriada para estes usos.
- Captação: estrutura e dispositivos construídos para extração de água do manancial, transportando-a até os pontos de utilização.
- Estação elevatória: conjunto de obras e equipamentos responsáveis para elevar (uso de bombas) a água bruta ou tratada a níveis geométricos, quando houver necessidade. Há estações sem elevatórias e tudo depende das condições topográficas locais.
- Adutora: tubulação que transporta água bruta ou tratada, sendo que não há distribuição de água ao longo de sua extensão.
- Estação de tratamento de água: estrutura destinada a tratar o corpo hídrico, garantindo os padrões de potabilidade, a partir da água que é retirada do manancial.
- Reservatório: possuem diversas funções. Uma delas é garantir vazão adequada ao sistema, devido à variação diária e horária do consumo de água na rede de distribuição.
- Rede de distribuição: tubulações e conexões localizados nas vias públicas para distribuir água tratada aos consumidores, quantidade e pressão adequadas.

Neste aspecto, o conceito de planejamento estratégico se torna eficaz ao SAA. Segundo Chiavenato (2014), o cerne da estratégia organizacional é alcançar os objetivos planejados de forma eficiente. A estratégia representa a mobilização dos recursos (ex: humanos, técnicos, financeiros) e a tática consiste na operacionalização das ações (ex: investimentos, capacitação).

## **1.2. EVENTOS PERIGOSOS E SEGURANÇA DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Para identificar os perigos inerentes a cada etapa de produção e distribuição de água e determinar medidas preventivas, deve-se compreender as etapas do SAA, identificando setores operacionais, equipe envolvida, infraestrutura existente (VIEIRA; MORAIS, 2005) que podem gerar dano /falha ao sistema.

Perigo compreende qualquer ação por agente químico, biológico ou físico que pode prejudicar o indivíduo e a coletividade. Isto é o elemento ou a fonte de risco, que pode ser mensurado pelos efeitos do perigo e pelo tempo de exposição (KOLLURU, 1996; (SHINAR; GURION; FLASCHER, 1991). Neste sentido, a gestão de risco é

definida como o conjunto de “atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização no que se refere a riscos” (ABNT, 2018).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) se baseou no documento da World Health Organization (WHO), denominado *Guidelines for drinking-water quality* para estruturar método que vise a qualidade da água no SAA (BRASIL, 2012).

Além da vigilância constante do SAA pela autoridade competente, a ideia central da segurança da água é prevenir os riscos no suprimento de água potável com metas quantificáveis (ex: número de casos ocorridos de descarga irregular de efluentes industriais nos corpos hídricos), qualidade da água (valores recomendados por normas e leis vigentes), desempenho (ex: redução de doenças patogênicas), tecnologia (ex: aplicação de tratamento específico). Para isto, é fundamental considerar as múltiplas barreiras que o SAA fornece, a fim de reduzir a contaminação e manter a potabilidade desejada, conforme Vieira e Morais (2005).

Sabe-se que a prevenção à contaminação da água se baseia nos parâmetros estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 05/2017, a qual trata, inclusive do “Controle e da Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano e seu Padrão de Potabilidade”, no Anexo XX (BRASIL, 2017).

As análises quantitativas são intrínsecas aos procedimentos laboratoriais que garantem água ao consumo humano (ações corretivas). No entanto, o controle da qualidade pode ser efetivo sob a ótica da prevenção da fonte de contaminação, pois ela pode inviabilizar o consumo humano (WHO, 2011; BRASIL, 2012). Esta é a principal premissa do Plano de Segurança da Água (PSA).

O responsável pelo PSA é o órgão que capta, trata e fornece água para consumo humano, de modo que o conteúdo estruturado atenda aos Planos de Bacia, elaborados pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e ao Plano de Saneamento Básico, elaborado pelo órgão público, privado ou de economia mista e, ao Plano Diretor Urbanístico (VENTURA et.al, 2019). Isto é, o Planejamento Estratégico representa, em escala municipal ou regional, um único documento para o bem da gestão dos recursos hídricos.

O PSA é um recurso que viabiliza o monitoramento da qualidade hídrica sob a ótica integrada do saneamento básico e urbanismo regional para, assim, sistematizar boas práticas à gestão da água potável (WHO, 2017).

Para a tomada de decisão no setor, faz-se necessária a priorização de risco, ressaltando os mais críticos para, posteriormente, implementar medidas e sanar os eventos perigosos (MARROQUÍN; VIDAL; LOZADA, 2014; VENTURA et.al., 2019).

### **1.3. INDICADORES PARA PREVENÇÃO DO ABASTECIMENTO SEGURO**

De acordo com Ventura (2009), os indicadores são instrumentos de apoio à decisão, pois i) permitem mensurar processos, procedimentos ou serviços; ii) aproximam o problema da solução e, iii) podem ser adaptados. Portanto, os indicadores são elementos qualitativos e quantitativos que servem como instrumento de aferição de resultados ou como ferramenta para avaliação da gestão da qualidade ou de qualquer sistema em estudo.

Tyler Norris Associates *et al.* (1997) afirmam que o bom indicador deve ser relevante, válido, útil, mensurável, consistente e confiável, bem como permitir comparação, ser elemento de interesse/motivação e ser viável economicamente.

O uso simultâneo de indicadores, métodos de mensuração e ferramentas de avaliação pode ampliar a capacidade de análise de riscos e cenários em geral, especialmente ao SAA. Desta forma, o gestor terá compreensão dos fatores que necessitam de atenção emergencial. Porém, não há lista de indicadores qualitativos amplamente conhecida e, sua concepção depende da validação científica e técnica para se tornar aplicável.

Este artigo teve o intuito de estabelecer a concepção do planejamento estratégico e da segurança da água, a partir de indicadores e protocolo de avaliação aplicável ao sistema de abastecimento de água (SAA).

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O levantamento bibliográfico possibilitou o aprofundamento dos aspectos relevantes e indicadores de controle do SAA, concepção e implantação do PSA em escala municipal ou em parte do SAA, identificação de eventos perigosos e métodos para quantificação de riscos.

A seleção de indicadores qualitativos para análise do risco na seleção de manancial e captação superficial, estação de tratamento de água e rede de distribuição foi baseada nos estudos de Diogo (2018), Ferreira (2017), Fukuda (2017), Nascimento (2016); Ventura *et al.* (2019). A definição do método de avaliação foi baseada nas orientações de Brasil (2012) e WHO (2017).

Os protocolos de avaliação são comumente empregados na área da saúde e emergência para o diagnóstico de pacientes em atendimentos clínico-hospitalares (SILVA *et al.*, 2014).

Estudos em recursos hídricos têm adotado protocolos para identificar fatores que geram impactos ao meio e o grau de comprometimento como ilustra Bizzo (2014) e Radtke (2015). Com base nisto, estruturou-se o protocolo de avaliação de riscos para o SAA.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 INDICADORES PARA MONITORAMENTO DO SAA

Os Quadros 1 a 3 listam os indicadores obtidos durante a pesquisa.

#### 3.2 ESCALA ADOTADA PARA MONITORAMENTO DO SAA

Quadro 1: Extrato de eventos perigosos associados às origens de água

Componente: Bacia Hidrográfica	Componente: Reservatório de água bruta e área de captação
- Descargas de águas residuais (domésticas e industriais)	- Acesso humano / inexistência de zonas condicionadas
- Descargas de águas pluviais	- Curto circuito hidráulico em reservatórios
- Lixiviados (ex: pesticidas) provenientes da utilização de produtos químicos na bacia	- Construção inadequada do reservatório de água bruta
- Derrames de hidrocarbonetos (acidentais ou deliberados)	- Florescências de cianobactérias
- Atividades de recreação	- Estratificação térmica
- Fezes provenientes de vida selvagem e criação de gado	- Falhas mecânicas, elétricas ou estruturais
- Disposição inadequada de resíduos perigosos (ativos ou encerrados)	- Variações climáticas sazonais (cheias e secas) e desastres naturais
- Ocorrências de constituintes em rochas naturais	- Ações de vandalismo e sabotagem
- Proteção inadequada da abertura / tampa do poço	
- Variações sazonais climáticas (cheias e secas) e desastres naturais	

Fonte: Vieira e Morais (2005)

Quadro 2: Extrato de eventos perigosos associados ao tratamento de água

Eventos perigosos – componente: Tratamento de Água	
- Variações significativas de vazão no sistema de tratamento	- Falhas nos alarmes e nos equipamentos de monitorização
- Processos de tratamento inadequados ou equipamento deficiente	- Falhas elétricas, mecânicas ou estruturais
- Incapacidades no controle de processos de tratamento	- Poluição deliberada ou acidental
- Utilização de reagentes de má qualidade	- Sabotagem e desastres naturais
- Utilização de produtos e materiais não certificados ou contaminados	- Formação de subprodutos da desinfecção
- Deficiências na dosagem de produtos químicos	- Contaminação cruzada (água – água residual)
- Mau funcionamento de equipamentos	- Passagem de algas para os filtros em concentrações elevadas

Fonte: Vieira e Morais (2005).



Quadro 3: Extrato de eventos perigosos associados à distribuição de água

<b>Eventos perigosos – componente: Distribuição de Água</b>	
- Reservatórios e aquedutos não cobertos	- Desinfecção deficiente após operações de reparação
- Acesso não autorizado de pessoas e animais	- Variações de caudais/pressões inadequadas
- Curto circuito hidráulico em reservatórios/zonas mortas	- Residual de cloro inadequado
- Utilização de materiais e de revestimentos inadequados	- Formação de subprodutos da desinfecção
- Corrosão em reservatórios e em redes de condutas	- Falhas nos sistemas de alarme e no equipamento de monitorização
- Infiltração e entrada de contaminação de ligações cruzadas	- Sabotagem e desastres naturais
- Crescimento de microrganismos em biofilmes e sedimentos	- Ligações ilegais
- Rupturas de condutas/fissuras	- Deterioração da qualidade da água nos reservatórios

Fonte: Vieira e Morais (2005).

O monitoramento representa a atividade operacional de mensuração do indicador, o qual pode ser realizado mediante uma matriz de risco.

Esta matriz foi estruturada em dois critérios (Quadro 4): a probabilidade de ocorrência e o impacto das consequências dos eventos perigosos.

Quadro 4: Probabilidade de ocorrência de eventos perigosos

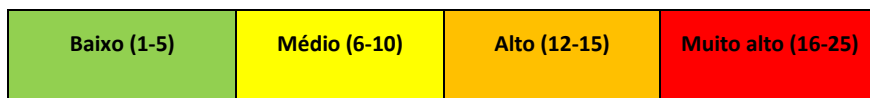
<b>P</b>	<b>Descrição da Probabilidade</b>	<b>Nível</b>	<b>S</b>	<b>Descrição da Severidade</b>
R	Apenas em circunstâncias excepcionais	1	I	Sem impacto detectável
PF	A cada 5-10 anos	2	B	Pequeno impacto sobre a qualidade estética ou organoléptica da água e/ou baixo risco à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento
F	Frequência anual ou mais espaçada	3	M	Elevado impacto estético e/ou com risco potencial à saúde, que pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento
MF	Frequência mensal ou mais espaçada	4	G	Potencial impacto à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento
QC	Frequência diária ou semanal	5	MG	Elevado risco potencial à saúde, que não pode ser minimizado em etapa seguinte do sistema de abastecimento

P: Probabilidade; R: raro; PF: pouco frequente; F: frequente; MF: muito frequente; QC: quase certo; S: Severidade; I: insignificante; B: baixa; M: moderada; G: grave; MG: muito grave

Fonte: Adaptado pelos autores com base em BRASIL (2012); Vieira e Morais (2005); WHO (2011).

A Figura 1 ilustra a escala adotada para ponderação de risco (Quadro 5).

Figura 1: Escala adotada para representação gráfica da probabilidade e severidade dos riscos



Fonte: Elaborado pelos autores.

A matriz quantitativa de priorização de riscos apresenta-se no Quadro 5.

Quadro 5: Matriz quantitativa de priorização de riscos

Ocorrência	Consequência				
	Insignificante	Baixa	Moderada	Grave	Muito grave
Quase certo	5	10	15	20	25
Muito frequente	4	8	12	16	20
Frequente	3	6	9	12	15
Pouco frequente	2	4	6	8	10
Raro	1	2	3	4	5

Fonte: Adaptado de BRASIL (2012); Vieira e Morais (2005); WHO (2011).

Brasil (2012) adotou pesos diferentes para as duas escalas, priorizando o fator probabilidade de ocorrência, mas o exemplo apresentado neste trabalho utiliza escalas com pesos iguais para os dois fatores, variando de 1 a 5 com gravidade crescente, como exemplificado por WHO (2011) e Vieira e Morais (2005).

### 3.3 PROTOCOLO DE AVALIAÇÃO DO SAA

O PSA pode ser elaborado por parte constituinte do SAA e, posteriormente, compor um único e amplo documento. O planejamento estratégico inicia-se com o “Diagnóstico dos Eventos Perigosos”(Protocolo 1), como no Quadro 6.

Em seguida, para obter o detalhamento das informações identificadas anteriormente, aplica-se o Protocolo 2 que compreende a fase de “Prognóstico de Avaliação dos Eventos Perigosos” (Quadro 7).

Para minimizar riscos pode ser elaborada a matriz 5W2H, a qual possibilita a indicação de um conjunto de atividades e seus respectivos detalhamentos quanto a prazos, responsabilidades, recursos em geral, infraestrutura, segundo Werkema (1995).

Quadro 6: Protocolo 1 – Diagnóstico do Evento Perigoso / Indicador

<b>Evento Perigoso - indicador</b> (ex): Assoreamento da área de captação superficial do Córrego X			
<b>Ponto:</b>		<b>Endereço/Referência Física:</b>	
<b>Coordenadas UTM:</b>		<b>Município/Estado:</b>	
<b>Zoneamento Urbano</b> (ver Plano Diretor): ( ) Z1 ( ) Z2 ( ) Z3 ( ) Z4 ( ) Z5 ( )....			
<b>Breve contextualização das Zonas:</b> Z1 – central: ... Z2 – industrial: .... Z3 – área de expansão urbana: ... Z4 – assentamentos: .... Z5 – preservação ambiental: ....			
<b>Imagem Capturada</b>  Inserir fotografia ou imagem aérea		<b>Causas de Ocorrência do Evento Perigoso</b> ( ) presença de erosão ( ) falta de manutenção das margens da captação ( ) ocupação irregular ( ) uso inadequado do solo ( ) falta de vegetação / preservação da mata ciliar ( ) ausência de vigilância/fiscalização ( ) ....	
<b>Probabilidade</b> (Frequência estimada/notória): ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5			
<b>Severidade</b> (Consequência do evento perigoso): ( ) 1 ( ) 2 ( ) 3 ( ) 4 ( ) 5			
<b>Risco do Evento Perigoso</b> (Resultado do produto entre Probabilidade x Severidade):			
<b>( ) baixo (1-5)</b>		<b>( ) médio (6-10)</b>	
<b>( ) alto (12-15)</b>		<b>( ) muito alto (16-25)</b>	
<b>Recomendações</b> (Plano de Bacia, Plano Diretor Urbanístico, Plano de Saneamento Básico)			
<b>Risco BAIXO</b> - Limpeza no local e entorno ...	<b>Risco MÉDIO</b> - Limpeza com maior frequência ...	<b>Risco ALTO</b> - Maior vigilância à montante ...	<b>Risco MUITO ALTO</b> - Retirada de sedimentos - Interdição da captação

Fonte: próprios autores, 2019.

As ferramentas de gestão da qualidade podem auxiliar a interpretação de informações qualitativas, tais como SWOT, 5W2H e diagrama de Ishikawa.

A matriz SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), idealizada por Albert Humphrey entre os anos 1960 e 1970 (GÜREL; TAT, 2017), é a mais utilizada em empresas de diversos países (QEHAJA et al., 2017). Esta matriz identifica os pontos fortes e fracos, interna e externamente ao agente.

A Quadro 8 ilustra o roteiro de aplicação dos protocolos e os detalhes intrínsecos a cada fase do planejamento estratégico proposto.

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa-Efeito, Diagrama Espinha de Peixe ou Diagrama 6M, foi concebido por Ishikawa em 1943,

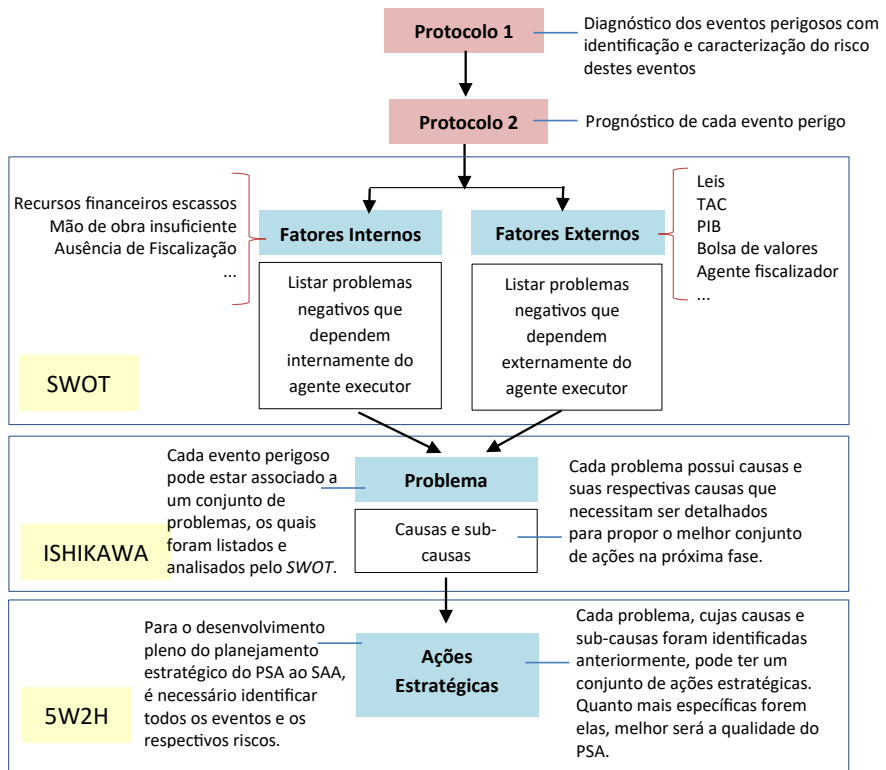
tendo como principal alvo compreender as causas (Método, Material/insumo, Mão de obra, Meio ambiente, Mecânica/equipamento) e seus efeitos no ambiente industrial, segundo Menezes (2013).

Quadro 7: Protocolo 2 – Prognóstico de Avaliação do Evento Perigoso /Indicador

Evento Perigoso (ex): Assoreamento da área de captação superficial do Córrego X		Coordenadas UTM:		Município/Estado:	
Ferramentas de Qualidade (Selecionar uma ou mais conforme nível de detalhamento das informações que possui)					
1-SWOT	Pontos Positivos	Pontos Negativos (serão analisados)	2-ISHIKAWA (Preencher as causas que houver. As causas podem ser adaptadas). Legenda C1: Meio Ambiente; C2: Material; C3: Mão de Obra; C4: Método; C5: Mecânica/equipamentos; C6: Medida.		
Internos	...	<p>Listar Xi (colocar em ordem de prioridade)</p> <p>OBS: Selecionar 1o Xi para análise do Ishikawa Xi</p> <p>Xi: pontos negativos internos para itens</p>			
Externos	...	<p>Listar Yi (colocar em ordem de prioridade)</p> <p>OBS: Selecionar 1o Yi para análise do Ishikawa Yi</p> <p>Yi: pontos negativos externos para itens</p>	<p>OBS: O gestor pode selecionar mais ou menos causas. Recomenda-se, no início, duas sub-causas (SC) para cada causa, devido à complexidade de interpretação das informações e da habilidade do usuário/gestor. O ideal é que cada Ishikawa atenda a cada ponto negativo, interno e externo.</p>		
3 - 5W2H	Fraqueza: cada Xi ou Yi (ex: falta de prevenção da erosão)	4 – Outras Ferramentas (Pareto, outras além das abaixo listadas)			
O que será feito (intervenção)?		Checklist	Brainstorming		
Quando será feito (tempo, situação, momento)?		-	-		
Quem (agente executor e parceiros)?		-	-		
Onde (local a ser feita a intervenção)?		...	...		
Por que (justificativa)?					
Como (procedimentos)?					

Fonte: próprios autores, 2019.

Quadro 8: Roteiro de Aplicação dos Protocolos para os Eventos Perigosos Identificados em cada parte do SAA



Fonte: próprios autores, 2019.

O intuito desta ferramenta é representar as informações graficamente, destacando o principal problema (no caso, risco) e relacionar a ele, as diversas causas.

#### 4. CONCLUSÃO

Os eventos perigosos representam os indicadores a serem monitorados pelo PSA em cada parte constituinte do SAA. O estudo concebeu os protocolos de avaliação de eventos perigosos, por indicadores e mensuração de riscos.

Os protocolos propostos auxiliam a estruturação de um plano estratégico que considere outros elementos (plano de saneamento básico, plano urbanístico e plano de segurança da água) e, assim, possam subsidiar a tomada de decisão participativa entre gestor e sociedade.

Comentários Finais: O Programa de Pós-Graduação Engenharia Urbana (PPGEU) proporciona capacitação e conhecimento ao pós-graduando e, assim, desperta a criatividade para integrar as distintas áreas do saber (saneamento, urbanismo, geotecnia e geoprocessamento e transportes) que a vida profissional e acadêmica pode proporcionar. Cabe ressaltar que os docentes deste capítulo possuem mestrado no PPGEU e aplicam todo aprendizado adquirido. A mestranda segue o mesmo caminho.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **5. REFERENCIAL**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *ABNT NBR ISO 31000:2018*. Gestão de riscos - Diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. Plano de Segurança Hídrica. Brasília: ANA, 2019. 116p.

BIZZO, M. R. O. et. al. Protocolos de Avaliação Rápida de Rios (PAR). *Caderno de Estudos Geoambientais – CADEGEO*: v.4, n.1, p.5-13, 2014.

BRASIL. *Secretaria de Vigilância em Saúde*. Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador (DSAST). Plano de Segurança da Água: Garantindo a qualidade e promovendo a saúde - Um olhar do SUS. Brasília: 2012.

BRASIL. Ministério das Cidades. *Plano Nacional de Saneamento Básico*. Brasília, 2013. 172p.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria de Consolidação n. 5*. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasília, 2017.

CHIAVENATO, I. Introdução à teoria geral da administração. 9. ed. Barueri- SP: Manole, 2014. 654 p.

DIOGO, F. A. L. Caracterização de riscos em redes de distribuição de água como subsídio ao Plano de Segurança da Água (PSA). 2018. 54 p. Relatório de Iniciação Científica (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

FERREIRA, L.L. Caracterização de riscos na captação superficial da bacia do Ribeirão do Feijão como subsídio ao Plano de Segurança da Água no município de São Carlos – SP. 2017. 86 p. Trabalho de Graduação Integrado (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos 2017.

FUKUDA, D. S. Aplicação de método para caracterização de riscos em manancial e captação superficial do Ribeirão das Cruzes, Araraquara-SP. 2017. 67 p. Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e perspectivas para o Sistema Único de Saúde. *Ciência e saúde coletiva*, v.10, n.4. Rio de Janeiro, out/dez., 2005. p. 993-1004.

GUREL, E.; TAT, M. SWOT Analysis: A theoretical review. *The Journal of International Social Research*. v. 10, n. 51, p. 994 – 1006. 2017.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (org.). Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006. 859 p.

KOLLURU, R. Risk Assessment and Management: a Unified Approach. In: KOLLURU, R.; BARTSELL, S.; PITBLADO, R.; STRICOFF, S. *Risk Assessment and Management Handbook: for Environmental, Health and Safety Professionals*. Boston, Massachusetts: McGraw Hill, 1996, p. 1.3-1.41.

MARROQUÍN, C. P. A.; VIDAL, A. P.; LOZADA, P. T. Evaluación del riesgo en sistemas de distribución de agua potable en el marco de un plan de seguridad del agua. *Revista EIA / Escuela de Ingeniería de Antioquia*, Envigado, v. 11, n. 21, p. 157–169, jan./jun. 2014.

MENEZES, F.M. *Metodologia de Análise e Solução de Problemas*. Porto Alegre: ABDI, 2013. 53p.

NASCIMENTO, S. G. Estudo das diretrizes do Plano de Segurança da Água no Brasil. 2016. 66 p. Dissertação (Mestrado em Gestão Ambiental) Pós-Graduação em Gestão Ambiental - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

QEHAJA, A. B.; KUTLLOVCI, E.; PULA, J. S. Strategic Management Tools and Techniques Usage: a Qualitative Review. *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, v. 65, n. 2, p.585-600, 2017.

RADTKE, L. Protocolo de Avaliação Rápida: uma ferramenta de avaliação participativa de cursos d'água urbanos. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/7883>

SILVA, M. F. N. et.al. Protocolo de avaliação e classificação de risco de pacientes em unidade de emergência Revista Latino-Americana. *Enfermagem*, v.22, n.2. p.218-25. 2014.

SHINAR, D.; GURION, B.; FLASCHER, O. M. The Perceptual Determinants of Workplace Hazards. In: ANNUAL MEETING, 35., 1991, San Francisco, California. **Proceedings** [...] San Francisco, 1991. p. 1095-1099.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 3. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. 643 p.

THE COMMUNITY indicators handbook: measuring progress toward healthy and

sustainable communities. Seattle: ProgressTyler Norris Associates, 1997. 145 p.

VENTURA, K. S. Modelo de avaliação do gerenciamento de resíduos de serviços de saúde (RSS) com uso de indicadores de desempenho: estudo de caso - Santa Casa de São Carlos-SP. (Tese de Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: doi:10.11606/T.18.2009.tde-19072009-120104.

VENTURA, K. S.; VAZ FILHO, P.; NASCIMENTO, S. G. Plano de segurança da água implementado na estação de tratamento de água de Guaraú, em São Paulo. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.24, n.1, 2019. p.109-119.

VIEIRA, J.M.P.; MORAIS, C. Manual para a elaboração de planos de segurança da água para consumo humano. Minho: Instituto Regulador de Águas e Resíduos, Universidade do Minho. Minho, 2005. 175p. (Série Guias Técnicos, 7).

WERKEMA. M. C. C. Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1995. v.1.



# SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS INTEGRADOS AO MEIO URBANO PARA TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS

Constructed Wetland Systems Integrated in the Urban Environment  
for Sewage Treatment

*Nemésio Neves Batista Salvador<sup>1</sup>*

*Maximilian Borges Mariano<sup>2</sup>*

*Poliana Arruda Fajardo<sup>3</sup>*

## RESUMO

No presente capítulo são apresentados e discutidos os potenciais benefícios ambientais, urbanísticos e sociais da implantação de sistemas de wetlands construídos como alternativa de tratamento secundário de esgotos sanitários, em consórcio com parques urbanos. Os resultados mostram que associar wetlands a um parque urbano é viável e caminha na direção do processo de sustentabilidade, por disponibilizar à sociedade uma área com valor paisagístico e alternativas de lazer, além do objetivo de tratamento dos esgotos em si.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Tratamento de Esgotos, Wetlands Construídos, Meio Urbano, Parques Públicos.

## ABSTRACT

This chapter presents and discusses the potential environmental, urban and social benefits of the deployment of constructed wetland systems as an alternative to secondary sewage treatment, in consortium with urban parks. The results show that associating wetlands with an urban park is feasible and drives to the sustainability process, because it makes available to society an area with landscape value and leisure alternatives, in addition to the objective of treating the sewage itself.

**Keywords:** Urban Engineering, Sewage Treatment, Constructed Wetlands, Urban Environment, Public Parks.

---

(1) Doutor em Hidráulica e Saneamento pela EESC-USP, Ex-Docente do PPGEU-UFSCar, Docente do PPG-DTMA da Universidade de Araraquara. E-mail: [nemesio.salvador@gmail.com](mailto:nemesio.salvador@gmail.com)

(2) Mestre em Engenharia Urbana pelo PPGEU-UFSCar, Engenheiro Ambiental da Raízen Energia S.A. E-mail: [maxmariano@hotmail.com](mailto:maxmariano@hotmail.com)

(3) Mestra e Doutora em Engenharia Urbana pelo PPGEU-UFSCar, Consultora em Meio Ambiente. E-mail: [poliarruda@gmail.com](mailto:poliarruda@gmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de esgotos (ETEs) carregam por conceito a sua imprescindibilidade, já que trazem relevantes benefícios à população e ao meio ambiente, cada vez mais afetado pelo aumento da geração e do lançamento de esgotos urbanos e industriais. Essas características benéficas não são suficientes para reduzir a rejeição das ETEs pela população, principalmente quanto à localização proposta para sua implantação. O preconceito de um local com odores ofensivos, fechado para uso restrito de funcionários e visualmente não atrativo, associado a ETEs mal operadas que potencializam ainda mais tais fatores, faz com que essa rejeição para a localização de sistemas de tratamento se torne recorrente na vizinhança.

Uma opção de tratamento com características que podem aumentar a eficiência do efluente tratado em consórcio com outros sistemas é a de *wetlands* construídos, que possui comprovada eficiência na associação com outros sistemas individuais para melhorar a qualidade do efluente lançado nos corpos hídricos receptores. *Wetlands* bem projetados, construídos e operados não têm problemas de odores ofensivos, são eficientes e bonitos.

Os *wetlands* consistem na formação de ecossistemas artificiais para reprodução de processos naturais, que englobam zonas úmidas, vegetação, solos e ações desempenhadas pelos microrganismos, a fim de aperfeiçoar o processo de tratamento de efluentes (ZERWES, 2013). Este processo tem como entrave o uso de áreas superiores às de sistemas de tratamento convencionais e, ainda assim, é viável conseguir um efluente dentro dos padrões ambientais exigidos sem o uso de energia elétrica, compostos químicos, geração de grande quantidade de lodo e com potencial de uso da área para paisagismo (MONTEIRO, 2009).

A similaridade do sistema de *wetlands* com paisagens naturais, de beleza cênica, lhe atribui uma característica única, que possibilita o uso da área do seu entorno para atividades de lazer, práticas esportivas, educação ambiental, turismo, entre outras. Isso traz uma oportunidade de aproximação da sociedade com o sistema em si, criando uma relação positiva e de confiança nas práticas sustentáveis de prevenção e mitigação de impactos ambientais, e auxiliando em um problema estrutural das cidades brasileiras em relação à disponibilidade de áreas adequadas para uso da comunidade.

O componente paisagístico atribuído ao sistema *wetlands* implica num diferencial significativo em relação a outros sistemas de tratamento, principalmente por possibilitar a abordagem de um tema tão intrínseco aos processos produtivos e cidades, que é a geração de esgotos dentro do contexto urbanístico, contribuindo com algo além da sua atividade fim e não mais visto como apenas um problema a

ser resolvido.

Considerando a contextualização e as especificidades dos sistemas de *wetlands* como tratamento de esgotos e por suas características semelhantes a paisagens naturais, este capítulo tem por objetivo avaliar os benefícios potenciais e os desafios da implantação de *wetlands* consorciados a um parque urbano, a fim de reduzir a rejeição de sistemas de tratamento de esgotos e fornecer uma interessante opção de lazer para a população.

Este capítulo foi desenvolvido por meio de pesquisas bibliográfica e documental, sendo levantados dados e informações sobre características de *wetlands* construídos, suas vantagens e desvantagens, funcionamento, experiências de aplicação no tratamento de esgotos sanitários, eficiência de remoção de DBO e nutrientes etc. Levantaram-se também informações sobre parques urbanos e suas funções estéticas/ paisagísticas, ambientais e sociais, focando-se nos parques dotados de espelhos d'água e sua utilização pela população. Posteriormente, foi analisada a associação/ integração de *wetlands* a zonas urbanizadas, particularmente quanto à sua utilização como equipamento de contemplação e lazer em parques. Finalizando, com base na bibliografia e informações e dados levantados, foi elaborado um diagnóstico dos benefícios às cidades e a seus habitantes da implementação de *wetlands* consorciados a parques públicos urbanos, dos principais desafios/ barreiras a serem enfrentados neste processo e das possíveis soluções para estes problemas. O diagnóstico foi sistematizado e sintetizado na forma de um quadro.

## **2. CARACTERÍSTICAS DOS WETLANDS CONSTRUÍDOS**

Os *wetlands* construídos diferem dos *wetlands* naturais pelo controle do regime hidrológico que se impõe ao sistema artificial. Outro diferencial é a utilização do substrato, que busca a condutividade hidráulica ideal para o sistema. Há também a escolha da biodiversidade nos sistemas construídos, diferente do sistema natural, no qual o próprio ecossistema é responsável pela seleção (SALATTI, 2003).

Existe uma série de variações dos sistemas de *wetlands*, cuja classificação pode ser diferenciada de acordo com o fluxo hidráulico de esgoto e com o tipo de vegetação empregado, dando a essa tecnologia uma diversidade de opções.

Os *wetlands* podem ser classificados, de acordo com o seu fluxo hidráulico, em sistemas de fluxo vertical e de fluxo horizontal. Nos sistemas verticais o esgoto flui verticalmente pelo meio suporte, com possibilidade de o fluxo ocorrer de forma ascendente ou descendente. O fluxo ascendente não ocasiona a mesma capacidade de oxigenação do descendente, pois o sistema sempre está saturado; já o descendente possibilita uma maior oxigenação, criando uma condição biológica

aeróbica. Nos sistemas horizontais o esgoto flui horizontalmente, permitindo também boa oxigenação (MONTEIRO, 2009).

A aplicação da vegetação ao sistema de *wetlands* é intrínseca ao projeto e o tipo a ser escolhido está vinculado aos objetivos e expectativas a serem atingidos, havendo diversas variáveis que influenciam na escolha. Dentre elas, destacam-se: as características do efluente a ser tratado, a área disponível, o nível de complexidade da operação, e os benefícios correlatos, como o uso da área do entorno para fins paisagísticos.

Os *wetlands* classificados como de vegetação flutuante são compostos por plantas enraizadas, com folhas flutuantes na superfície do meio hídrico ou plantas flutuantes sem fixação (SILVA, 2007). Os *wetlands* com vegetação emergente são dotados de plantas que se desenvolvem com suas raízes fixadas ao substrato e têm parte de seu caule e folhas submersos. O uso de plantas com essas características pode ser subdividido de três formas: emergentes com fluxo superficial, com fluxo subsuperficial horizontal e com fluxo vertical (SALATTI, 2003). Segundo Silva (2007), os *wetlands* com vegetação submersa têm como principal característica a total imersão das plantas no meio hídrico, que podem estar fixadas no substrato, em outras plantas ou mesmo estar livres.

Sistemas de *wetlands* são uma adaptação de regiões úmidas, como pântanos ou brejos, cujo objetivo é potencializar a comprovada atividade purificante que essas áreas exercem na natureza, em sistemas artificiais projetados para tratamento de esgotos. Assim, é necessário conhecer as características e funções das plantas a serem utilizadas, fator fundamental para o sucesso do projeto. A vegetação é parte fundamental desses sistemas, por ser uma das responsáveis pela grande atividade biótica existente nos mesmos.

Faria (2002) *apud* Mendonça (2011) classifica as espécies de macrófitas de *wetlands*, de acordo com seu biotipo, em: flutuantes - flutuam livremente na superfície da água. Ex: *Pistia stratiotes* (Alface D'Água), *Eichhornia crassipes* (Aguapé); com folhas flutuantes - enraizadas no substrato e com folhas flutuando na superfície da água. Ex: *Nymphaea elegans* (Lírio d'água); emersas - enraizadas no sedimento, porém as folhas crescem a partir da água. Ex: *Typha domingensis* (Taboa), *Hedychium coronarium* (Lírio-do-brejo); submersas enraizadas - enraizadas no substrato, crescendo totalmente debaixo d'água. Ex: *Egeria densa* (Elódea), *Cabomba sp.* (Cabomba); e submersas livres - permanecem flutuando de baixo d'água. Podem se prender a pecíolos e caules de outras macrófitas. Ex: *Utricularia sp.* (Utriculária).

Zanella (2008) destaca a possibilidade da utilização de plantas ornamentais no sistema de *wetlands*, inclusive com interesse comercial, priorizando as espécies

nativas regionais, mas não descarta o uso de espécies exóticas. Alguns exemplos de espécies ornamentais que podem ser introduzidas e, conseqüentemente, tornar o paisagismo do sistema de tratamento ainda mais rico, são a *Zantedeschia aethiopica* (Copo de Leite), *Cyperus Papyrus* (Papiro), *Cyperus isocladius* (Mini Papiro), *Canna x generalis* (Biri), e *Philodendron bipinnatifidum* (Guaimbê), entre outras.

### **3. APLICAÇÕES DE SISTEMAS DE WETLANDS CONSTRUÍDOS NO TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS**

O uso de *wetlands* naturais para tratamento de esgotos sanitários é conhecido desde o século XVIII em países da Europa e nos Estados Unidos. Denominadas fazendas de esgotos, foram usadas como primeira prática de controle de poluição das águas. Já no século XX, tornaram-se mais comuns, passando a ser utilizadas em maior escala para tratamento de esgotos (METCALF; EDDY, 1991 apud SILVA, 2007). Atualmente, a aplicação desse processo para tratamento de efluentes tornou-se mais abrangente e com critérios técnicos, por meio de *wetlands* construídos, sendo utilizada tanto para o tratamento de esgotos sanitários como para o de efluentes industriais.

Salatti (2003) discorre sobre aplicações de *wetlands* com sucesso no Brasil. Na maioria dos casos, os sistemas foram utilizados para tratamento de esgotos sanitários; porém, há experiências também com o tratamento de águas pluviais e de efluentes industriais em diversas atividades, como curtumes, fábricas de papel e celulose e unidades produtoras de açúcar e etanol.

Em seu trabalho, Platzer *et al.* (2007) destacam as vantagens dos *wetlands*, como operação econômica, flexibilidade com variações de carga e ainda sua integração com a paisagem natural, mas ressaltam a necessidade de uma distribuição correta do efluente e a escolha do melhor material filtrante para evitar a sua colmatação. Os autores aplicaram cargas hidráulicas de 146 a 205 L/m<sup>2</sup>.d e cargas orgânicas de 0,28 a 0,35 kg de DBO/m<sup>2</sup>.d. O sistema empregado por eles operou sem problemas de colmatação, mesmo com as altas cargas orgânicas aplicadas e alcançou remoções de 92% de DBO e 89% de Nitrogênio.

Silva (2007) operou sistemas-piloto de *wetlands* com fluxo vertical utilizando arroz como vegetação, para tratamento de esgotos domésticos primários. Foram empregados tambores plásticos de 200 L, com solo composto de uma mistura de areia média e latossolo vermelho-amarelo. As vazões do efluente variaram de 40 a 10 L por dia, aplicadas de forma intermitente. O estudo apontou que o sistema foi eficiente na remoção de nutrientes e de matéria orgânica; porém, relatou a ocorrência dos seguintes fenômenos: colmatação dos leitos; crescimento microbiano e produção de carbono extracelular; formação de biofilme nas raízes das plantas; acúmulo de lodo

na superfície do solo e nas plantas e, por final, o acúmulo de Sódio e outros sais no solo.

Malan *et al.* (2009) em um estudo realizado na África do Sul destacam a importância dos *wetlands*, construídos ou naturais, para melhoria da qualidade das águas; porém, chamam a atenção para a criação de um local propício à proliferação de vetores, entre eles, os mosquitos transmissores da dengue. Assim, propõem algumas alternativas de controle dos vetores e ressaltam a importância de implantá-las e mantê-las operando em conjunto com o funcionamento do sistema.

Cano e Nolasco (2010) implantaram três sistemas-piloto de *wetlands* para pós-tratamento de esgotos sanitários após passagem por um reator UASB, responsável pelo tratamento dos esgotos gerados na Escola de Artes da Universidade de São Paulo, SP. Dois dos sistemas operaram por fluxo vertical e um por fluxo horizontal, com tempo de detenção hidráulica (TdH) variando de 1 a 3 dias. Utilizou-se como meio suporte brita #1 nas entradas e saídas do esgoto e pedrisco como preenchimento dos leitos dos *wetlands*.

No Quadro 1 encontram-se sintetizados alguns dados de projeto e operacionais, utilizados pelos diversos autores em sistemas de *wetlands* construídos. Verifica-se haver, na maioria dos casos, boa a muito boa remoção de DBO e Fósforo (P) e, na média dos casos, boa remoção de Nitrogênio (N).

Quadro 1: Dados de projeto e operacionais de *wetlands* de fluxo horizontal.

Autor	Meio suporte	Altura (m)	Vegetação	TdH* (d)	Eficiência de remoção (%)		
					DBO	N	P
Sousa et al. (2000)	Areia grossa	0,6	<i>Juncus sp</i>	5 - 10	79 - 84	76 - 87	76 - 99,9
Platzer et al. (2007)	Areia grossa	0,8	<i>Juncus sp</i>	3,9 - 5,5	85 - 92	84 - 89	n.d.
Silva (2007)	Areia média e solo	0,55	<i>Oryza sativa L.</i> (arroz)	4 - 14	97 - 99	88 - 93	95 - 99
Monteiro (2009)	Brita 1 e areia grossa	0,6	<i>Cyperus papyrus</i> e <i>Typha sp</i>	3,7	60	27	84
Cano e Nolasco (2010)	Pedrisco	1,1	<i>Typha sp</i>	1 - 3	n.d.	10 - 76	34 - 44
Mendonça (2011)	Brita zero e areia grossa	0,3	<i>Typha sp</i> e <i>Hedychium coronarium</i>	2	77 - 95	29 - 53	16 - 48
Zerwes (2013)	Brita 4 e brita 1	1,0	<i>Hymenachne grumosa</i>	10	97 - 98	48 - 59	68 - 87

\*Tempo de detenção hidráulica. n.d. - não determinado.

Fonte: Autores (2018), modificado de Mariano (2017).

#### 4. POTENCIAIS URBANÍSTICOS, ESTÉTICO-PAISAGÍSTICOS E SOCIAIS DE SISTEMAS DE *WETLANDS* CONSTRUÍDOS - PARQUES URBANOS

Os *wetlands* não seguem, em termos arquitetônicos, a linha das ETEs tradicionais, sejam elas por lagoas ou de obras civis mais complexas, como sistemas de lodos ativados. A utilização de plantas, muitas vezes de espécies ornamentais, aplicadas comumente em jardins de parques e praças, faz com que se crie um aspecto suave e paisagístico para esses sistemas. Esta aptidão não pode ser ignorada, ainda mais devido à deficiência de áreas de lazer nas cidades para uso da população em geral, possibilitando assim a interação desses sistemas de tratamento com práticas sociais, esportivas e educacionais.

Brix; Koottatep e Laugesen (2007) apresentam um estudo de caso sobre *wetlands* existentes na ilha turística de Koh Phi Phi, Tailândia, arrasada por um tsunami em 2004. O governo local buscou meios para restabelecer os sistemas de tratamento de esgotos e a alternativa encontrada foi a implantação de um sistema de *wetlands* no entorno de hotéis e lojas da zona turística da ilha, de modo a fazer parte da paisagem local e a otimizar os espaços. O sistema, com capacidade para tratamento de 400 m<sup>3</sup>/dia, utilizou *wetlands* de fluxo horizontal subsuperficial e de fluxo vertical com espelho d'água aparente, possibilitando o reuso da água para irrigação dos jardins dos hotéis.

Bargos e Matias (2011) dividem as funções das áreas verdes urbanas em seis grupos, elencados a seguir: social - prática de atividades voltadas ao lazer da população; estética - diversificação da paisagem e beleza cênica para as cidades; ecológica - melhora o clima, ar, água, solo, além de proporcionar zonas de absorção de água pluvial e fauna mais rica devido à vegetação; educativa - locais para atividade extraclasse e de educação ambiental; psicológica - locais para práticas de atividades antiestresse, como recreação e lazer e relaxamento, aproveitando a paisagem do entorno.

Yamamoto e Canali (2012) relatam casos de sucesso de *wetlands* para a melhoria da qualidade da água de rios e lagos em zonas urbanas, consorciados com a recuperação da paisagem desses locais, deteriorada devido ao acúmulo de resíduos, como se deu em Fuzhou, China.

Hannes (2014), ao analisar a importância da construção do Parque da Juventude, na cidade de São Paulo-SP, sugeriu a implantação de *wetlands* nas margens de um córrego que cruza o parque como parte do paisagismo local, a fim de realçar os aspectos ambientais e melhorar a qualidade da água do corpo hídrico, mostrando a possibilidade de associar um sistema de tratamento com benefícios ambientais e com o visual do local.

Oliveira, Vaz e Andrade (2014) estudaram dois parques em regiões centrais e seu entorno, localizados na cidade de Lisboa, com o objetivo de avaliar a variação térmica nesses locais em diferentes estações do ano, assim como a preferência dos seus usuários de acordo com as condições de vegetação, microclima e facilidades. A pesquisa concluiu que essas áreas verdes formam “ilhas frescas”, melhorando o conforto térmico nos arredores, pois elas mitigam efeitos de ilhas de calor, reduzem os ruídos e a poluição, promovem oportunidade de contato social entre as populações locais e turistas, bem como atraem pessoas com diferentes interesses, proporcionando uma mudança na dinâmica social e econômica na área urbana.

Mariano (2017) pesquisou a alternativa de um sistema de *wetlands* para o tratamento dos efluentes de uma usina de açúcar e etanol junto à zona urbana da cidade de Barra Bonita-SP, no qual seria implantado um parque, visando sua integração ao meio urbano como componente de valor paisagístico. Foi verificada a viabilidade do sistema concebido e a sua compatibilidade com as diretrizes urbanísticas do Plano Diretor do município.

O processo de tratamento com *wetlands*, já por conceito, traz a alternativa de somar ao projeto de implantação outras funções além da sua atividade principal de tratamento de efluentes líquidos. Isto é um diferencial dessa tecnologia, já marcada pela simplicidade operacional e elevada eficiência, além do baixo custo de implantação, operação e manutenção.

*Wetlands* artificiais construídos visando o tratamento de esgotos são reconhecidos por apresentar beleza cênica, com presença de uma flora variada e habitat para diversas espécies de fauna, podendo oferecer, portanto, benefícios semelhantes aos de parques urbanos e com possibilidade de funcionar também como uma área aberta à visitação pública. Por espelhar as condições de banhados ou brejos, utilizando para isso vegetação natural e técnicas de engenharia e paisagismo, associam-se aos *wetlands* predicados como sustentabilidade, belas paisagens, opções de lazer e até temperaturas mais amenas, o que torna essa tecnologia atrativa para que haja sua associação a parques urbanos, podendo integrá-los ou mesmo constituir-se num deles.

Os parques trazem o contraste entre o meio urbano e o meio rural para as cidades, oferecendo um local para que sejam lembradas as condições naturais ali presentes no passado. Espaços como esses, situados em meio a vias de trânsito e ao concreto de prédios, também oferecem aos seus usuários a oportunidade de fuga da rotina diária, com condições para contemplar a fauna e a flora e praticar esportes e outras atividades ao ar livre. Não se pode deixar de destacar os benefícios desses locais para o meio urbano, pois contribuem na redução da poluição atmosférica; ajudam a



amenizar a temperatura por meio de gramados, árvores e espelhos d'água; podem atenuar enchentes e reduzir a poluição sonora; e deixam as cidades mais agradáveis visualmente. O famoso paisagista brasileiro Roberto Burle Marx, internacionalmente reconhecido, deixou um grande legado de belos projetos paisagísticos de parques e jardins com espelhos d'água, com macrófitas utilizadas também em *wetlands*, alguns dos quais fazem lembrar as obras criadas por ele.

O *Hong Kong Wetland Park*, em Hong Kong, é exemplo de sucesso na interação de *wetlands* com zonas urbanas e foi implantado como uma forma de tratamento de esgotos e de compensação de áreas naturais que foram substituídas por áreas urbanizadas. Ele foi aberto ao público em 2006 com objetivos de lazer, proporcionar oportunidades para diversificar a experiência de turistas e trabalhos de conscientização e educação ambiental, e ainda demonstrar a diversidade ecológica local. Em 2015, o parque recebeu mais de 460 mil visitantes e foi premiado por diversas instituições de engenharia e de arquitetura, devido ao seu projeto urbanístico inovador (HONG KONG, 2018).

Há também desafios a serem enfrentados para tornar efetivos na prática os potenciais benefícios dos sistemas de *wetlands*, de modo a fornecer à população funções sociais, ambientais, educacionais e de entretenimento similares às dos parques e praças nas zonas urbanas. Assim, após o levantamento de várias experiências de *wetlands* implantados em diferentes locais, como também de sua associação a parques urbanos e seus atrativos, realizou-se um diagnóstico do que pode ser fornecido às cidades, e conseqüentemente, a seus habitantes, caso esses sistemas sejam consorciados a parques de visitação pública, mapeando-se também os principais desafios/ barreiras a serem enfrentados nesse processo e possíveis soluções para eles. O diagnóstico encontra-se sintetizado no Quadro 2.

A beleza cênica é fator primordial para a aceitabilidade do projeto, já que torna a ETE atrativa aos visitantes, desmistificando a necessidade de distanciamento desse tipo de atividade dos centros urbanos, bem como a restrição de seu uso apenas aos funcionários.

Para tanto, é fundamental que haja um projeto muito bem elaborado, com aspectos urbanísticos e paisagísticos associados a satisfatórias operação, manutenção e eficiência do sistema de tratamento. Equipamentos/estruturas e outras facilidades nos parques são também pontos-chave para o sucesso do projeto, como vias para caminhada e ciclismo, academias ao ar livre, vestiários e salas de aula, aumentando ainda mais os atrativos para lazer e educação ambiental.

Quadro 2: Potenciais benefícios de *wetlands* construídos, desafios e propostas de soluções.

Potencial	Benefício	Desafio/ barreira	Solução
Beleza cênica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tratamento espelhado em formações naturais de beleza cênica comprovada;</li> <li>- Formação de canteiros com vegetação similar a parques;</li> <li>- Possibilidade de operação com espelho d'água.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manutenção constante da vegetação;</li> <li>- Destinação correta da biomassa gerada;</li> <li>- Uso de vegetação ornamental;</li> <li>- Dimensionamento integrando exigências hidráulicas e beleza cênica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otimização da manutenção com uso de ferramentas eficientes (podadeiras a motor, trituradoras etc.);</li> <li>- Uso da biomassa em caldeiras e para produção de energia;</li> <li>- Escolha de espécies ornamentais para tratamento de esgotos;</li> <li>- Projetos eficientes hidráulicamente, com linhas arquitetônicas atrativas.</li> </ul>
Microclima	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Água e plantas são reguladores naturais do clima;</li> <li>- Evapotranspiração das plantas ajuda a controlar a temperatura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Geração de odores ofensivos, caso sejam mal projetados/ operados;</li> <li>- Potenciais criadores de insetos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dimensionamento correto de projeto;</li> <li>- Controle do nível do sistema (fluxo subsuperficial);</li> <li>- Controle químico não tóxico;</li> <li>- Introdução de peixes.</li> </ul>
Educação ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplo para a sociedade da possibilidade de tratamento de esgotos de forma mais sustentável.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprovação prática dos benefícios socioambientais do sistema;</li> <li>- Implantação/ manutenção de estrutura física e humana para atividades de educação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de estruturas físicas mais sustentáveis e de baixo custo;</li> <li>- Parcerias com instituições de pesquisa e ensino.</li> </ul>
Lazer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso da área do entorno do sistema para vias de circulação de pessoas e bicicletas;</li> <li>- Realização de atividades ligadas à cultura, lazer, educação etc.;</li> <li>- Local agradável para apreciação da fauna e flora locais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risco de contato dos visitantes/ usuários com o efluente em tratamento;</li> <li>- Uso do local para prática de atividades ilícitas;</li> <li>- Implantação/ manutenção de estrutura física e humana para receber o público.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolamento físico eficiente da área do tratamento sem prejudicar os aspectos visuais;</li> <li>- Orientação dos usuários sobre as regras de visitação do local;</li> <li>- Implantação de controle de acesso e horários de funcionamento.</li> </ul>
Financeiro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valorização das áreas urbanas do entorno;</li> <li>- Elevação do turismo local com a implantação de um novo atrativo;</li> <li>- Possibilidade de uso de áreas de menor valor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Degradação física das estruturas do parque;</li> <li>- Imagem negativa de sistemas de tratamento de esgotos próximos a núcleos urbanos (odores, vetores, estruturas de baixo potencial paisagístico etc.);</li> <li>- Custo elevado para aquisição das áreas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantação de controle de acesso e vigilância;</li> <li>- Conscientização da população e de turistas quanto aos benefícios do sistema;</li> <li>- Projeto considerando as características ambientais, sociais e urbanísticas locais.</li> <li>- Utilização de áreas próprias ou menos valorizadas.</li> </ul>

Fonte: Autores (2018), baseado em Hildebrand, Graça e Hoeflich (2002), Salatti (2003), Brix, Koottatep e Laugesen (2007), Platzer et al. (2007), Silva (2007), Vymazal e Kröpfelová (2008), Zanella (2008), Kadlec e Wallace (2009), Malan et al. (2009), Monteiro (2009), Biudes e Camargo (2010), Bargos e Matias (2011), Mendonça (2011), Yamamoto e Canali (2012), Silva e Pasqualetto (2013), Zerwes (2013), Hannes (2014), Oliveira, Vaz e Andrade (2014), Pombo (2015).

Em geral, os sistemas de *wetlands* requerem áreas superiores às de ETEs convencionais, o que eleva o custo dos terrenos. Devem-se, portanto, buscar áreas menos nobres próximas aos centros urbanos, e de menor valor. Os benefícios sociais, ambientais e urbanísticos a serem fornecidos com a implantação de um parque consorciado a um sistema de tratamento por *wetlands* são consistentes e viáveis, por já existirem e serem praticados em experiências similares de sucesso no Brasil e em outros locais no mundo.

É fundamental que projetos de *wetlands* em consórcio com parques urbanos associem especificações e técnicas de engenharia, arquitetura e urbanismo para garantir sua operacionalidade, envolvendo aspectos urbanísticos, paisagísticos e sociais, a fim de torná-los atrativos às pessoas. A escolha de locais próximos a centros urbanos ou até mesmo inseridos neles, de preferência reabilitando áreas degradadas, e a boa gestão dos parques após o início das atividades, também são peças-chave para o sucesso, pois isso trará credibilidade e empatia da população com o espaço a ser destinado para práticas de esporte, lazer, educação ambiental e outras atividades de acesso e uso público.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **5. REFERENCIAL**

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas verdes urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. *REVSBAU*, v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

BIUDES, J. F. V.; CAMARGO, A. F. M. Uso de macrófitas aquáticas no tratamento de efluentes de aquicultura. *Boletim ABLimno*, v. 38, p. 1–10, 2010.

BRIX, H.; KOOTTATEP, T.; LAUGESSEN, C. H. Wastewater treatment in tsunami affected areas of Thailand by constructed wetlands. *Water Science & Technology*, v. 56, n. 3, fev., p. 69-74. 2007.

CANO, V; NOLASCO, M. A. Dimensionamento de wetlands construídos visando reuso de água. In: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DE GESTÃO AMBIENTAL, 1, 2010, Piracicaba. *Anais [...]*. Piracicaba: ESALQ-USP, 2010.

FARIA, O. B. *Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso no reservatório de Salto Grande (Americana - SP)*. 199 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2002.

HANNES, E. O parque da Juventude: inserção ambiental e sustentabilidade. *Revista Labverde*, São Paulo, n. 8, p. 10-15, jun. 2014.

HILDEBRAND, E.; GRAÇA, L. R.; HOEFELICH, V. A. Valoração contingente na avaliação econômica de áreas verdes urbanas. *Floresta*, v. 32, n. 1, p. 121-132, 2002.

HONG KONG. *Hong Kong Wetland Park*. 2018. Disponível em: <http://www.wetlandpark.gov.hk/en>. Acesso em: 01 jun. 2018.

KADLEC, R. H.; WALLACE, S. D. *Treatment wetlands*. 2nd. ed. New York: Taylor & Francis Group, 2009. 1000 p.

MALAN, H. L. et al. Wetlands and invertebrate disease hosts: are we asking for trouble? *Water SA*, v. 35, n. 5, p. 753-768, out. 2009.

MARIANO, M. B. *Sistema de wetlands construídas associados ao contexto urbanístico e paisagístico: estudo de caso de Barra Bonita/SP*. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP, 2017.

MENDONÇA, H. V. *Avaliação da eficiência de sistemas alagados construídos em operação por bateladas no tratamento de efluentes da indústria de laticínios*. 2011. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG, 2011.

METCALF, L; EDDY, H. P. *Wastewater engineering treatment, disposal and reuse*. 3rd. ed. New York: McGraw-Hill, 1991. 1334p.

MONTEIRO, R. C. M. *Viabilidade técnica do emprego de sistemas tipo "wetlands" para tratamento de água cinza visando o reuso não potável*. 2009. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 2009.

OLIVEIRA, S; VAZ, T; ANDRADE, H. Perception of thermal comfort by users of urban green areas in Lisbon. Lisboa, *Revista Finiserra*, v. 49, n. 98, p. 113-131, 2014.

PLATZER, C. et al. Dimensionamento de wetland de fluxo vertical com nitrificação: adaptação de modelo europeu para as condições climáticas do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 24, 2007, Belo Horizonte. *Anais [...]*. Belo Horizonte, 2007. p. 1-7.

POMBO, R. M. R. Os lagos do Ibirapuera como estruturação hídrica de um parque. São Paulo, *Revista Labverde*, n. 10, p. 157-167, ago. 2015.

SALATTI, E. Utilização de sistemas de wetlands construídas para tratamento de águas - *Biológico*, São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 113-116, jan./dez. 2003.

SILVA, J. B.; PASQUALETTO, A. O Caminho dos parques urbanos brasileiros: da origem ao século XXI. *Revista Estudos*, v. 40, n. 3, p. 287-298, jun/ago. 2013.

SILVA, S. C. *"Wetlands construídos" de fluxo vertical com meio suporte de solo natural modificado no tratamento de esgotos domésticos*. 231 f. Tese (Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

SOUSA, J. T. et al. Pós-tratamento de efluente de reator UASB utilizando sistemas “wetlands” construídos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 1, p. 87-91, jan. 2000.

VYMAZAL, J.; KRÖPFELOVÁ, L. *Wastewater treatment in constructed wetlands with horizontal sub-surface flow*. Heidelberg: Springer Netherlands, 2008. 566p.

ZANELLA, L. *Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands construídos utilizando brita e bambu como suporte*. 103 f. Tese (Doutorado em Saneamento) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP, 2008.

ZERWES, F. V. *Sistema de tratamento e reuso de águas residuárias em pequenas propriedades rurais: acompanhamento e operação de estação no vale do Rio Pardo-RS*. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul-RS, 2013.

YAMAMOTO, C. R. G.; CANALI, N. E. Importância das wetlands para a qualidade das águas na região metropolitana de Curitiba-PR. *Revista Geografar*, v. 7, n. 1, p. 161-189, jun. 2012.

## AVALIAÇÃO DA DESCARGA E DA REMOÇÃO DE POLUENTES EM DRENAGEM URBANA

First-flush and removal of pollutants in urban drainage

Rodrigo B Moruzzi<sup>1</sup>

Ademir Pacelli Barbassa<sup>2</sup>

Leonardo Maeda<sup>3</sup>

### RESUMO

A drenagem urbana é um dos grandes desafios das cidades brasileiras, tanto pelas inundações quanto pela descarga de poluentes associadas ao escoamento superficial direto. O transporte do material particulado previamente depositado em superfície (vias de tráfego, calçamentos, etc.) depende da intensidade e duração da chuva e das características do meio físico (declividade, tipo de cobertura, etc.). A descarga inicial, ou *first flush*, contém a maior parte dos poluentes transportados e pode ser caracterizada por meio da relação da massa transportada e do hidrograma excedente. A remoção de parte dos poluentes pode ser feita durante seu transporte, usando conceitos de melhores práticas de manejo. Nesse capítulo, são apresentados resultados de uma investigação em microbacia hidrográfica experimental visando a caracterização da descarga e a remoção de material suspenso em canal gramado. Os resultados permitiram concluir sobre a intensidade das descargas e o potencial de remoção do material suspenso durante seu transporte.

**Palavras-chave:** Drenagem urbana, *first flush*, descarga de poluentes, remoção de poluentes, engenharia urbana.

### ABSTRACT

Urban flood and pollution transport are important issues in urban drainage. Mass transport by overland flow is dependent upon rainfall intensity and duration, and catchment area characteristics as well (slope, cover etc). The *first flush* can be scaled by the ratio of transported mass and runoff. The removal of suspended pollutants can be performed during its transport, using best management practices. In this chapter the *first flush* of an experimental catchment area was classified and the removal of

---

(1) Professor associado, Dr. Livre-docente, UNESP. PPGEU 2007–2019. E-mail: [rodrigo.moruzzi@unesp.br](mailto:rodrigo.moruzzi@unesp.br)

(2) Professor titular, UFSCar e docente PPGEU. E-mail: [barbassa@ufscar.br](mailto:barbassa@ufscar.br)

(3) Mestre em Engenharia Urbana, PPGEU. E-mail: [nardo.maeda@gmail.com](mailto:nardo.maeda@gmail.com)

pollutants during transport on grass channel was investigated. Results have shown that *first flush* varies and that there is a real potential for the removal of suspended particles during discharges transportation.

**Keywords:** Urban drainage, *first flush*, pollutants discharge, pollutants removal, urban engineering.

## 1. INTRODUÇÃO

Diante dos desafios relacionados às águas urbanas no contexto da drenagem urbana faz-se necessário a investigação de novas abordagens e a reavaliação das diretrizes e do funcionamento de dispositivos de projetos convencionais (Moruzzi, Barbassa e Shinzato, 2017). As premissas básicas da drenagem urbana, sob a óptica higienista, centram-se no rápido afastamento das águas coletadas para posições a jusante da bacia hidrográfica, usando dispositivos de transporte de alta capacidade, baixa resistência ao escoamento e de geometria reduzida. O conceito da drenagem de baixo impacto vai além do afastamento das descargas pluviais, buscando explorar também a capacidade do meio de reter a água pluvial mantendo ao máximo as condições pré-urbanização.

Esse capítulo foca na abordagem alternativa ao manejo das águas pluviais, visando compreender a relação entre as massas e os volumes de poluentes transportados nas descargas provenientes do escoamento superficial direto e verificar o potencial de remoção desses poluentes ao serem transportados por canal gramado.

A primeira fração do escoamento superficial direto (ESD), conhecida como primeira descarga, ou carga de lavagem (*first flush*, em inglês), geralmente possui concentrações significativamente maiores de poluentes que as concentrações do período final das chuvas, como mencionado em Prodanoff (2005).

Baptista *et al.* (2015) associam os seguintes fatores para a ocorrência desta primeira descarga: lavagem de poluentes na forma particular dispersos na atmosfera pelas águas de precipitação; mobilização e transporte dos poluentes acumulados sobre as superfícies da bacia hidrográfica durante o período seco, que antecede as precipitações; e suspensão e transporte dos sedimentos acumulados na rede drenagem.

Assim, o entendimento acerca das massas e volumes transportados resultaria em maior precisão de projetos, sendo possível conceber estruturas para o controle de poluição de origem pluvial orientada a reter apenas os volumes iniciais de escoamento (Baptista *et al.*, 2015). Todavia, os autores afirmam que o entendimento atual da primeira descarga lança hipóteses nem sempre confirmadas por resultados experimentais.

O transporte das descargas coletadas superficialmente é geralmente feito por canais ou tubulações enterradas, por meio de estruturas impermeáveis e de baixa resistência ao escoamento. Por outro lado, estruturas alternativas tal como o canal gramado podem contribuir como alternativa para transporte das descargas provenientes do escoamento superficial direto e para retenção adicional de poluentes suspensos.

O canal gramado evita o uso de tubulações enterradas, promove maior detenção e retenção superficiais e reduz a velocidade aumentando o tempo de escoamento. Adicionalmente, possibilita a infiltração e a remoção de parte do material particulado suspenso no escoamento superficial (ESD), conforme constatado por Moruzzi *et al.* (2016 e 2017). Nesse sentido, a compreensão da dinâmica do transporte e da remoção de poluentes em canais gramados é de imprescindível importância no projeto de sistemas de drenagem sustentável.

O presente texto discorre sobre resultados de pesquisas realizadas no âmbito do programa de pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar, com vistas a verificar experimentalmente a ocorrência do *first flush* usando o método da equação de potência, ajustado aos dados de precipitações e massas monitorados em bacia hidrográfica experimental. Adicionalmente, pretende-se avaliar e modelar a remoção de poluentes em canal gramado, como estrutura alternativa para transporte das descargas provenientes do escoamento superficial direto.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para a consecução do trabalho foram monitorados 22 eventos reais, ocorridos em microbacia hidrográfica experimental. O método de trabalho compreendeu as etapas de monitoramento hidrológico e coletas de amostras do ESD predial de eventos de chuva reais e quantificação da carga de sólidos suspensos totais. A remoção de poluentes foi avaliada experimentalmente por escoamento superficial direto artificial em canal gramado.

### **2.1 AVALIAÇÃO DO *FIRST FLUSH* EM ESCOAMENTO SUPERFICIAL DIRETO PREDIAL**

A área experimental da pesquisa situa-se no Prédio do Laboratório de Polímeros Biodegradáveis, no campus da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Campus São Carlos, São Paulo. O ESD analisado provém da ala norte do prédio, composto de 168,0 m<sup>2</sup> (6,0 x 28,0 m) de telhado metálico e 112,0 m<sup>2</sup> (4,0 x 28,0 m) de piso de concreto de pátio térreo, totalizando 280,0 m<sup>2</sup> de área impermeável, conforme Figura 1. Não há presença de vasos de plantas, áreas vegetadas ou solo exposto na área de contribuição. Na saída da área de contribuição, onde encontra-se outra



canaleta metálica, de dimensões 0,3m por 0,3 m e extensão de 1,8m, com um vertedor triangular calibrado e com altura de vértice de 5 cm.

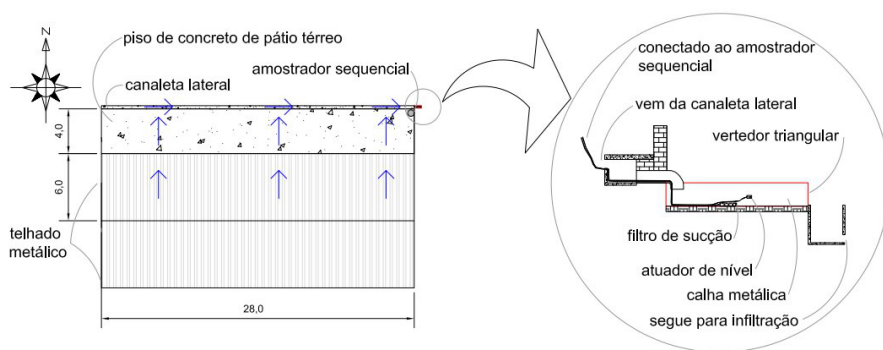
A carga de poluente e o volume de escoamento foi analisado segundo a Equação 1. O *first flush* ocorre quando a curva M-V situa-se sobre a linha de bissetriz (ROSSI, 2004).

$$\frac{M_{acum}}{M_{total}} = \left( \frac{V_{acum}}{V_{total}} \right)^\beta \longrightarrow M = V^\beta \quad (1)$$

Em que:  $M_{acum}$  e  $V_{acum}$  representam a massa e o volume total de sedimentos e de chuva acumulados em um determinado instante do evento, respectivamente;  $M_{total}$  e  $V_{total}$  são a massa e volume totais acumuladas durante o evento;  $\beta$  é o expoente da fração volumétrica, M e V são a massa e o volume normalizados, respectivamente.

As coletas das amostras de ESD predial foram realizadas com o Amostrador Sequencial 6712 F, da empresa *Teledyne Isco*. Este equipamento foi programado para realizar a coleta sequencial de amostras após a detecção de escoamento. Uma vez iniciada a coleta, as amostras de ESD foram coletadas em amostras de 300 ml a cada 2 minutos.

Figura 1 – Planta do prédio do laboratório de polímeros biodegradáveis, com detalhamento da calha metálica.



Fonte: autores, 2019.

As análises foram realizadas em triplicata para determinação da concentração de sólidos suspensos totais, conforme metodologia descrita em *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21ª edição.

O monitoramento hidrológico dos eventos de chuva foi realizado por um pluviógrafo eletrônico instalado na Estação Climatológica da UFSCar. O software SWMM foi utilizado para a obtenção do ESD gerado pelas precipitações registradas. Como

dados de entrada da simulação foram consideradas duas sub-áreas de contribuição, conforme apresentado na Tabela 1. A intensidade do *first flush* foi avaliada conforme proposta de Bertrand-Krajewski (1998) e Taebi e Droste (2004), conforme Tabela 2. As relações de massa transportada (M) por volume de escoamento superficial direto (V) foram explicitadas para as zonas de *first flush* 1 a 3, i.e.  $0 < \beta < 1$ .

Tabela 1: Dados de entrada do SWMM para simulação de escoamento superficial direto.

Sub-bacia	Largura (m)	Comprimento (m)	Declividade (%)	Retenção superficial (mm)	Coefficiente de Manning
Telhado metálico	6,00	28,0	10,0	1,0	0,011
Pátio de concreto	4,00	28,0	1,0	1,5	0,015
Canaleta	0,28	28,0	0,5	1,5	0,013

Fonte: Autores, 2019.

Tabela 2: Zonas de intensidade de *first flush* de acordo com coeficiente de ajuste  $\beta$ .

Valor de $\beta$	Zona	Zona de intensidade do <i>first flush</i>
$0 \leq \beta < 0,185$	1	forte
$0,185 \leq \beta < 0,862$	2	moderado
$0,862 \leq \beta < 1,00$	3	fraco
$1,00 \leq \beta < 1,159$	4	não observado
$1,159 \leq \beta < 5,395$	5	não observado com atraso moderado no transporte de massa
$5,395 < \beta$	6	não observado com atraso forte no transporte de massa

Fonte: Adaptado de Taebi e Droste (2004).

## 2.2 – REMOÇÃO DE MATERIAL EM SUSPENSÃO POR CANAL GRAMADO

No que tange ao canal gramado, foi estudada estrutura em escala real com de 100 m de extensão e 2% de declividade de seção trapezoidal com largura de fundo de 0,7 m, taludes 2:1, profundidade de 0,15 m. As vazões afluentes foram produzidas artificialmente pelo descarregamento controlado de três volumes com concentrações diversas de material particulado, conforme detalhado em Moruzzi *et al.* (2017).

Foram simuladas 15 descargas de sólidos, alterando a concentração do material particulado inicial e o hidrograma de entrada. Os hidrogramas foram diferenciados e identificados pelo tempo de base (tB), produzidos com o mesmo dispositivo de

descarregamento (tubo curto com 75 mm e registro de esfera totalmente aberto).

Foram determinadas as vazões específicas com base na área, calculada com referência a lâmina no ponto de descarregamento do reservatório. Para tal, empregou-se a Equação 2.

$$q = \frac{Q_{\max}}{L_m} \quad (2)$$

Em que:  $q$  = vazão específica referente a lâmina no ponto de descarregamento do reservatório. ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ );  $Q_{\max}$  = Valor máximo da vazão medida no hidrograma, no ponto de descarregamento do reservatório ( $\text{m}^3/\text{s}$ );  $L_m$  = Área trapezoidal do canal, determinada por meio da lâmina de água no ponto de descarregamento do reservatório ( $\text{m}^2$ )

A Equação 3 foi empregada para obtenção dos parâmetros  $k_d$  e  $C^*$  por meio de regressão não linear. As hipóteses e condições de contorno que permitiram propor a equação são apresentadas em detalhes em Moruzzi *et al.* (2017).

$$C(x) = (C_0 - C^*) \cdot e^{-(1/q) k_d \cdot x} + C^* \quad (3)$$

Em que:  $C_0$  = concentração do composto alvo na corrente de entrada, correspondente ao primeiro ponto de coleta ( $\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$ );  $C$  = concentração do composto alvo na corrente de saída, correspondente a qualquer ponto monitorado ao longo do comprimento do canal gramado ( $\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$ );  $q$  = vazão específica ( $\text{L} \cdot \text{T}^{-1}$ );  $L$  = comprimento do canal gramado;  $k_d$  = constante cinética ou de decaimento ( $\text{T}^{-1}$ )  $C^*$  = concentração final, ou de equilíbrio, no tempo infinito ( $t \rightarrow \infty$ ) ( $\text{M} \cdot \text{L}^{-3}$ )  $x$  = posição ao longo do comprimento do canal ( $L$ );  $M, L, T$  = correspondem as grandezas de massa, comprimento e tempo, nessa ordem.

O erro relativo entre dados simulados e medidos em cada ponto amostrado foi avaliado em módulo, conforme Equação 4. O erro também foi avaliado nas posições finais do canal gramado, dada por 80, 90 e 100 m.

$$\text{erro}(\%) = \left| \frac{C_m - C_s}{C_m} \right| \cdot 100 \quad (4)$$

Em que:  $C_s$  = concentração simulada obtida por meio do ajuste da Equação 3 (UNT);  $C_m$  = concentração medida no ponto correspondente ao longo do comprimento do canal (UNT).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As relações das frações de massa transportada ( $M$ ) e volume ( $V$ ) com o coeficiente  $\beta$  podem ser construídas a partir da Equação 1. Na Figura 2 tais relações são explicitadas visando facilitar o entendimento do significado de  $\beta$  frente as massas transportadas para frações de volumes do escoamento. Na Figura 2-a pode-se verificar as combinações possíveis de  $M$  e  $V$  que resultam em determinado valor de  $\beta$ , para  $0 < \beta < 1$ . Na Figura 2-b a forma das curvas  $MxV$  podem ser verificadas deixando claro que valores menores de  $\beta$  representam maior massa transportada por volume de escoamento superficial direto.

Na Figura 2-a pode-se verificar que o *first flush* forte ( $0 \leq \beta < 0,185$ ) é caracterizado por transporte de massa ( $M$ ) na faixa de 70 a 90% da massa total em frações de volumes de escoamento superficial direto na faixa de 10 a 40%. As combinações que resultam nessa faixa podem ser verificadas na Tabela 3. Para 90% da massa total transportada em frações de volume escoados de 10 a 30% resultam em coeficiente na faixa de  $0,05 \leq \beta \leq 0,09$ . Pela Figura 2-b fica evidente que o *first flush* ocorre somente para valores de  $\beta < 1$ , onde as frações totais de massas transportadas correspondem a valores nominais maiores que o volume de escoamento superficial direto correspondente. Para o *first flush* forte, as curvas ascendem rapidamente, resultando em valores maiores que 70% da massa transportada em frações menores de que 10% do escoamento superficial direto total. Os resultados dos eventos monitorados podem ser observados na Tabela 3.

Os dados reunidos na Tabela 4, em especial os dados do evento 15 e 17, permitem inferir que existe uma relação direta entre a concentração de sólidos presentes no ESD e a quantidade de dias sem chuva que antecede o evento chuvoso, o que é absolutamente esperado, já que as águas de ESD mobilizam e transportam os materiais acumulados na superfície da microbacia hidrográfica durante o período seco que antecede as precipitações. Esses resultados corroboram com a análise feita por Nakada e Moruzzi (2014), quando do estudo das cargas fatoriais presentes no escoamento superficial direto usando análise de componentes principais. Os resultados do monitoramento das precipitações e massas transportadas em intervalos de 2 minutos foram usados para determinação do expoente da Equação 1. A partir da relação apresentadas na Equação (1) entre massa e volume normalizados, foi possível determinar o coeficiente de ajuste  $\beta$  e, com base nas zonas propostas por Bertrand-Krajewski (1998) e Taebi e Droste (2004) apresentadas na Tabela 1, foi estabelecida a intensidade do efeito de *first flush* nos eventos monitorados, reunidos na Tabela 5. Segundo esta determinação o efeito foi observado em 21 dos eventos monitorados, ou 95,5 %. Aproximadamente 23 % dos eventos (5 eventos), situam-se

na zona 3, de fraco *first flush*, enquanto 68 % (15 eventos) situam-se na zona 2 de moderado *first flush*. E apenas 1 evento situa-se na zona 1, de forte *first flush* (Figura 3).

Figura 2 – (a) Frações de massa transportada (M) e de volume (V) para diversos valores do coeficiente  $\beta$  e (b) frações de massa transportada (M) em função da fração volume (V) também para diversos valores de do coeficiente  $\beta$  para  $0 < \beta < 1$ .

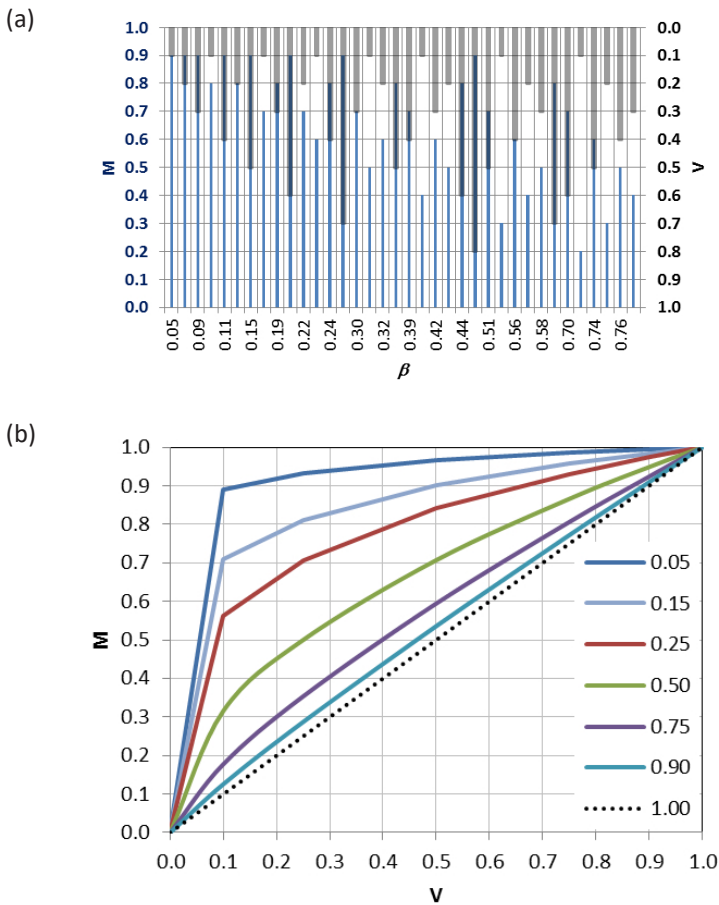


Tabela 3 Combinações que resultam em *first flush* forte.

<b>M</b>	<b>V</b>	<b><math>\beta</math></b>
<b>0.9</b>	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>
<b>0.9</b>	<b>0.2</b>	<b>0.07</b>
<b>0.9</b>	<b>0.3</b>	<b>0.09</b>
<b>0.8</b>	<b>0.1</b>	<b>0.10</b>
<b>0.9</b>	<b>0.4</b>	<b>0.11</b>
<b>0.8</b>	<b>0.2</b>	<b>0.14</b>
<b>0.9</b>	<b>0.5</b>	<b>0.15</b>
<b>0.7</b>	<b>0.1</b>	<b>0.15</b>
<b>0.8</b>	<b>0.3</b>	<b>0.19</b>

Fonte: Autores, 2019.

Apresenta-se na Figura 4, a título de exemplo, alguns dos resultados experimentais e modelados para o canal gramado conforme Equação 3 com os parâmetros ajustáveis  $k_d$  e  $C^*$ . Os resultados referem-se as concentrações residuais remanescentes de material em suspensão em relação extensão do canal gramado para o caso específico de Co de 195 mg.<sup>L-1</sup>.

Os resultados ilustram que há o decaimento da turbidez, bem como da concentração correspondente, ao longo do comprimento do canal, ressaltando seu papel complementar ao transporte. Ainda, verificou-se que o decaimento pode ser modelado a partir do ajuste dos parâmetros da Equação 3. A qualidade dos ajustes foi avaliada por meio do erro médio, conforme Equação 4. Em termos médios, o modelo apresentado para calibração da remoção de material particulado em canal gramado apresentou do erro relativo variando entre 3% e 8%, demonstrando potencial para aplicação.

Tabela 4 – Características gerais dos eventos amostrados.

Evento	Data	Dias sem chuva	Duração do escoamento (min)	Precipitação registrada (mm)	Vol total de escoamento (L)	Coeficiente de escoamento (C)	Massa total transportada (mg)	Concentração SST (mg/L)		
								média	mínima	máxima
1	08/12/2015	15	68	5,6	1260	0,82	14130	11,2	4,1	31
2	23/01/2016	7	50	2,3	422	0,67	275	0,7	1,6	21
3	11/02/2016	4	58	1,8	288	0,59	2573	8,9	0,3	63
4	12/02/2016	0	98	13,5	3454	0,94	10310	3,0	0,3	20
5	22/03/2016	3	60	20	356	0,64	3294	9,2	5,7	27
6	23/03/2016	0	76	19,8	5228	0,96	83970	16,1	0,7	90
7	16/05/2016	3	72	7,4	1787	0,88	184953	103,5	3,0	2836
8	01/06/2016	0	74	20,3	5435	0,98	118646	21,8	2,5	1073
9	13/10/2016	7	68	5,4	1208	0,81	37990	31,4	3,5	508
10	16/10/2016	0	76	8,2	1969	0,87	39431	20,0	5,9	234
11	31/10/2016	5	70	7,9	1868	0,87	36421	19,5	4,2	1380
12	22/11/2016	7	62	2,8	452	0,59	13667	30,2	4,2	285
13	29/11/2016	5	82	11,9	3005	0,92	54.858	18,3	4,2	91
14	06/02/2017	3	70	10,7	2767	0,95	40965	14,8	4,7	24
15	29/09/2017	36	100	14,5	3768	0,95	3406351	904,0	9,6	20887
16	02/10/2017	1	72	11,7	3042	0,95	15064	5,0	3,7	12
17	26/10/2017	12	88	3,3	598	0,66	163235	273,2	5,3	2.436
18	27/10/2017	0	82	8,4	2021	0,88	27339	13,5	4,0	229
19	03/11/2017	3	74	7,6	1811	0,87	33168	18,3	4,4	137
20	08/11/2017	4	96	6,9	1589	0,84	20105	12,7	4,3	440
21	18/11/2017	1	62	1,5	276	0,66	4.925	17,8	4,3	127,3
22	21/11/2017	2	72	9,9	2526	0,93	12.967	5,1	4,2	19,5

Fonte: Autores, 2019.

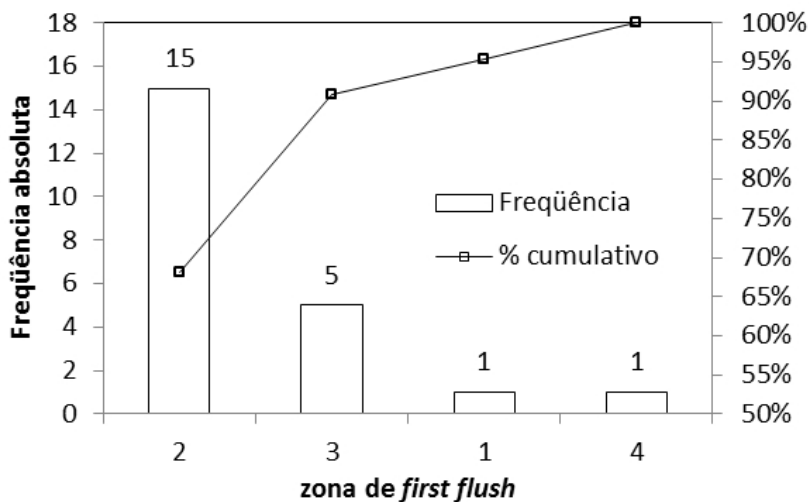
Tabela 5 – Zonas de intensidade de first flush dos eventos monitorados e fração mássica transportada a 30% do volume de escoamento superficial direto.

Evento	$\beta$	M para 0.3V		zona
1	0,867	35%		3
2	0,402	62%		2
3	0,303	69%		2
4	0,629	47%		2
5	0,896	34%		3
6	0,634	47%		2
7	0,327	67%		2
8	0,123	86%		1
9	0,460	57%		2
10	0,661	45%		2
11	0,219	77%		2
12	0,399	62%		2
13	0,773	39%		2
14	1,095	21%		4
15	0,238	75%		2
16	0,903	34%		3
17	0,870	35%		3
18	0,525	53%		2
19	0,479	56%		2
20	0,421	60%		2
21	0,740	41%		2
22	0,960	31%		3

Fonte: Autores, 2019.

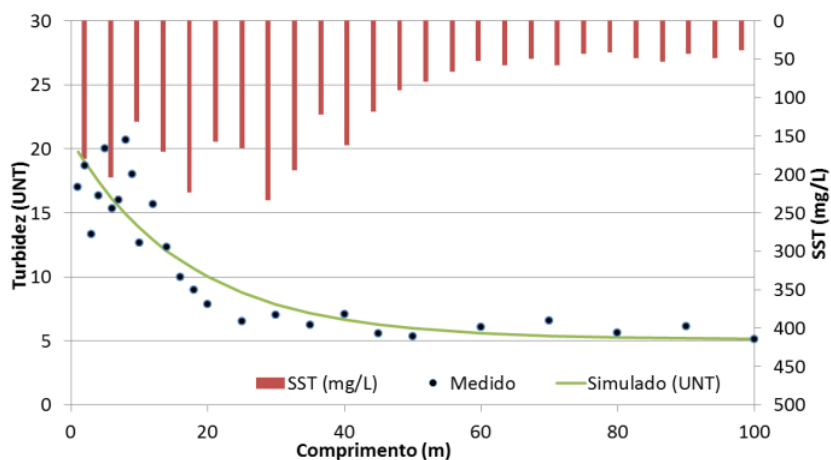


Figura 3 – Distribuição das zonas de *first flush* para os eventos monitorados.



Fonte: Autores.

Figura 4 – Concentração residuais remanescentes de material particulado medidas e simuladas com relação à posição. Resultados em unidades de turbidez no eixo principal das ordenadas e em sólidos suspensos totais no eixo secundário das ordenadas. Condições dos ensaios:  $C_0$  de  $195 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ;  $q$  de  $0,15 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}^2$ ;  $t_b$  de 25 min;  $t_b/t_T$  de 2,4.



Fonte Moruzzi et al. (2017).

## 4. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizada a determinação da intensidade da primeira descarga por meio do monitoramento de 22 eventos em bacia hidrográfica experimental. O *first flush* foi determinado usando o critério do coeficiente ajustado  $\beta$ , conforme proposto por Bertrand-Krajewski (1998) e Taebi e Droste (2004).

Segundo tal critério, houve efeito de *first flush* em 95,5% dos eventos monitorados, sendo este de intensidade moderada em 68% deles, fraca em 23%, forte em 4,5% e ausente em 4,5%. Dessa forma, conclui-se pelo critério  $\beta$  que houve *first flush* moderado, mas significativamente presente na maioria eventos.

Adicionalmente, foram apresentados alguns resultados da avaliação o efeito do hidrograma, da concentração afluente ao canal gramado, do comprimento e da lâmina de água no desempenho da remoção de material particulado. O modelo apresentado apresentou bom ajuste aos dados experimentais.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 5. REFERENCIAL

STANDARD methods for the examination of water and wastewater. Eaton, A. D. (ed.) et al. 21st ed. Washington: American Public Health Association, 2005. 1082 p.

BAPTISTA, M. et al. *Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana*. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. 318 p.

BERTRAND-KRAJEWSKI et al. Distribution of pollutant mass vs. volume in stormwater discharges and the first flush phenomenon. *Water Research* v. 32, n. 8, 1998. p. 2341–2356.

GEIGER, W.F. Characteristics of combined sewer runoff. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN STORM DRAINAGE, 3., 1984, Göteborg, Göteborg, 1984. p. 851-860.

NAKADA, L.Y.K., MORUZZI, R.B. Variabilidade qualitativa de águas pluviais coletadas em telhado e sua importância na concepção do sistema de tratamento. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 19, n.1, 2014.

PRODANOFF, J. H. A. Aplicação de poluição difusa gerada por enxurradas em meio urbano. Rio de Janeiro. 2005. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Engenharia, Rio de Janeiro, 2005.

ROSSI, L. Modelisation des matieres en suspension (MES) dans les rejets urbains en temps de pluie. *Gas, Wasser, Abwasser* v. 10, 2004. p. 753-761.

TAEBI, A., DROSTE, R. L. *First flush* pollution load of urban stormwater runoff. *Journal of Environmental Engineering* v. 3, 2004. p. 301–309.

MORUZZI, R. B., BARBASSA, A. P., SHINZATO, A. O efeito do hidrograma e da concentração afluentes na remoção de material particulado em canal gramado. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 22, n.3, 2017. p. 597-610.



**URBANISMO**

**O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA: CONDICIONANTES, INSTRUMENTOS DO FINANCIAMENTO E OFERTA DE MORADIA**

THE PROGRAM MINHA CASA MINHA VIDA: CONDITIONERS, FINANCING INSTRUMENTS AND HOUSING SUPPLY

*Carolina Maria Pozzi de Castro<sup>1</sup>*

*Adriana Jesus Guilhen<sup>2</sup>*

*Eduardo Meireles<sup>3</sup>*

**RESUMO**

O presente estudo oferece um breve balanço sobre o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), instituído pela Lei nº 11.977/2009, e a política habitacional de escala abrangente que implementou, voltada à dinamização do setor imobiliário no país. Trata-se de um estudo documental desenvolvido por meio de revisão de literatura, pesquisa em fontes primárias e secundárias de informações quantitativas e qualitativas, em que se busca compreender questões aventadas sobre as características do Programa em determinado contexto, os instrumentos adotados para o financiamento e a oferta de moradia. O PMCMV atendeu a objetivos estratégicos de desenvolvimento do país como a ampliação do acesso à moradia ao segmento econômico da população e ao atendimento à demanda social, além de articular a expansão do mercado e do setor da construção com a geração de emprego e renda.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Política Habitacional, Mercado Imobiliário, Instrumentos de Financiamento.

---

(1) Doutora em Estruturas Ambientais Urbana-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo; Mestre em Arquitetura e Urbanismo- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos; Docente aposentada do Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do ABC. E-mail: [ccastro@ufscar.br](mailto:ccastro@ufscar.br)

(2) Pós-doutora e Doutora em Engenharia Urbana – UFSCar. Mestre em Direito Processual Civil – PUCCamp. Advogada. [www.lauraegranato.com.br](http://www.lauraegranato.com.br). E-mail: [adriana@lauraegranato.com.br](mailto:adriana@lauraegranato.com.br)

(3) Pós-doutor em Economia pelo Instituto de Economia da Unicamp, Doutor e Mestre em Engenharia Urbana – UFSCar e Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais. E-mail: [eduardo.meireles@uemg.com.br](mailto:eduardo.meireles@uemg.com.br)

## ABSTRACT

This study provides a brief overview of the Minha Casa Minha Vida Program (PMCMV), instituted by Law nº. 11.977 / 2009, and the comprehensive scale housing policy it has implemented, aimed at boosting the real estate sector in the country. This is a documentary study developed through literature review, research in primary and secondary sources of quantitative and qualitative information, which seeks to understand questions raised about the characteristics of the Program in a given context, the instruments adopted for financing and the housing supply. The PMCMV met the country's strategic development goals, such as expanding access to housing for the economic segment of the population and meeting social demand, as well as articulating market and construction sector expansion with job and income generation.

**Keywords:** Urban Engineering, Housing Policy, Real Estate Market, Financing Instruments.

## 1. INTRODUÇÃO

Como estratégia governamental no âmbito federal de desenvolvimento do país na primeira década de 2000, uma das ações no âmbito do Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), criado em 2007, foi implementar o maior programa de atendimento habitacional na história do país. Com o PAC se retomou investimentos em saneamento e o Estado brasileiro direcionou o financiamento e os subsídios à população de mais baixa renda via projetos de regularização de assentamentos precários e provisão de novas unidades, em 2007 e por ocasião da edição do PMCMV pela Lei nº 11.997/2009, definiu-se como meta a construção de um milhão de moradia subsidiadas. Assim, com o aquecimento do setor da construção civil propiciado por esses programas, o governo federal buscou enfrentar a ameaça da crise financeira internacional de 2008, no Brasil, e fortalecer o mercado residencial.

O período de onze anos de existência do PMCMV se inseriu no ciclo expansivo do setor residencial imobiliário em alta desde 2006, acompanhando o crescimento da economia e da indústria da construção, que perdurou por cerca de sete anos e apresentou dinâmicas de desaceleração e retração a partir de 2014, como reflexo da crise econômica. Destaque-se que, segundo Mioto (2019)<sup>4</sup>, a elevação da taxa de crescimento da Construção teve seu pico em 2010 (13%), seguida por uma contração,

---

(4) O Subsetor de Edificações é o principal componente da Indústria da Construção, sendo que sua participação representou 38% e 44%, respectivamente, em 2007 e 2016. (Fonte dos dados: IBGE, Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil, 2019). Apresentação realizada na Sessão Livre 64, no Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, realizado em Natal (RN) em 2019.

e após o início da recessão, até 2019, essa taxa não fora revertida ao nível pré-crise de 2013 (4,5%).

Por sua vez, a expansão das atividades imobiliárias decorreu da recuperação e expansão de oferta abundante de crédito imobiliário e subsídios a aquisição da casa própria, com presença de fundos públicos e semipúblicos do Sistema Financeiro da Habitação (SFH). Além disso, a reestruturação do sistema de financiamento foi possibilitada, particularmente, pelo novo arcabouço regulatório que ampliou a segurança jurídica e financeira das operações de financiamento habitacional, ao normatizar a aplicação de instrumentos como a securitização e a alienação fiduciária, além da ampliação do fluxo de capitais ao estabelecer novas regras de exigibilidade do Sistema Financeiro de Poupança e SFH. Observou-se nesse quadro regulatório, a implementação de modelo de seguros e garantias ao financiamento, para redução de riscos, aos estratos sociais expostos às oscilações econômicas.

Durante o período de elevação da atividade imobiliária, a partir de 2006, a demanda potencial esteve fortalecida com a ampliação de sua solvabilidade devido à reestruturação do mercado de trabalho, aumento da renda e recuperação do salário mínimo e, ainda, em menor escala, dos programas de transferência de renda, como Bolsa Família. Com o crescimento da economia nos anos 2000, cerca de 20 milhões de pessoas deixaram as classes E e D e passaram para a classe C, com renda entre 6 e 15 SM, segundo o IBGE. O IBGE (2010) registrou mercado de trabalho em crescimento, aumento da formalização do emprego e taxa média de desemprego de 6,7% (a menor desde 2002, quando atingiu 5%) (MARICATO, 2011). Segundo a PNAD (Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio, IBGE, 2011), entre 2009 e 2011, a média dos rendimentos vindos do trabalho dos brasileiros cresceu 8,3%, passando de R\$ 1.242,00 para R\$ 1.345,00 (cerca de US\$ 600). Vale destacar que o valor do SM em 2006 era de US\$ 163; e em 2009, de US\$ 200.

Essas condições mostram como foi engendrado o consumidor do mercado de padrão econômico da moradia<sup>5</sup> bem como a expansão do mercado que abrangeu segmentos econômicos até os estratos demandantes de habitação social. O auge desse crescimento se deve ao protagonismo impar do PMCMV ao lhes direcionar recursos financeiros e subsídios de forma direta e inversamente proporcional à renda dos beneficiários.

Essa dinâmica também foi potencializada pela crescente oferta realizada por grandes empresas imobiliárias devido ao apoio estatal e concomitantemente, ao relevante

---

(5) Castro e Shimbo (2011) evidenciaram a expansão do segmento econômico do mercado associada ao ciclo de crescimento dos anos 1990, com a estabilização financeira do Plano Real e foi interrompida pela crise do final da década até meados dos anos 2000, para ser posteriormente retomada em novo ciclo de crescimento nos anos 2000. Nos dois períodos, refletiu a melhoria das condições de consumo da população brasileira. O preço da moradia do segmento econômico era de até US\$ 100 mil.

movimento de reestruturação produtiva e financeira, diante da internacionalização relativa de construtoras e incorporadoras com a abertura de seus capitais, buscando se capitalizar. Dessa forma, estas foram estimuladas a adotar mecanismos e estratégias de gestão imbricados à financeirização de caráter patrimonial com participação acionária de investidores estrangeiros e nacionais, que buscavam ganhos de mercado de cunho rentista. Fomentadas pelo capital financeirizado, as empresas foram impulsionadas a novos posicionamentos no mercado em face à pungente demanda ampliada, alvo do SFH. As mudanças no mercado desencadearam elevada valorização imobiliária, com formação de ativos financeiros, de bancos de terras com impactos relevantes no mercado fundiário. E, a demanda de menor renda somente absorveu o encarecimento da moradia com a oferta de crédito subsidiado (MIOTO *et al*, 2019).

Em relação às dimensões espacial e territorial, esse ciclo da oferta habitacional foi caracterizado por uma expansão geográfica de abrangência nacional. Os agentes promotores deixaram de atuar exclusivamente nos mercados mais consolidados e assim, houve expressiva capilaridade na rede urbana e no tecido intraurbano, mormente em periferias consolidadas. Além disso, implantou-se a produção espraiada em novas fronteiras urbanas, que abrangeu o padrão periférico de urbanização na busca de terrenos maiores e baratos, na maioria grandes conjuntos, implementando elevada densidade de ocupação horizontal ou verticalização. Essa lógica reforçou a constituição do binômio casa própria e automóvel (SILVA *et al*, 2015). Os empreendimentos construídos em grandes glebas distantes dos centros, oneraram as municipalidades com implantação de infraestrutura e flexibilização da legislação urbana. Em relação a sua dimensão construtiva, escala ampliada e padronização, o PMCMV atingiu o estágio de “industrialização por racionalização” (BARAVELLI, 2014).

O contexto atual é o de retração com contingenciamento dos gastos públicos e redução dos investimentos, com enfraquecimento da atividade produtiva e recuo da expansão geográfica da atuação das empresas aos mercados consolidados. Assiste-se desde 2014, um aumento da fragilidade financeira do setor, da ociosidade de estoques de unidades, do risco à realização dos investimentos face ao volume de distratos e da inadimplência (ROYER e FAUSTINO, 2019)<sup>6</sup>. O FGTS tem sustentado efetivamente as atividades direcionadas às demandas médias e social, embora haja declínio nos recursos do SBPE. A crise econômica agravada pelas mudanças nas políticas governamentais desde 2015, tem afetado as condições de recuperação da oferta de moradia aos principais extratos alvos do PMCMV que além disso, se enfraqueceram

---

(6) Apresentação realizada na Sessão Livre 64, no Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, realizado em Natal (RN) em 2019.



em razão do Ministério das Cidades, antes gestor da política habitacional, ter suas funções incorporadas ao Ministério do Desenvolvimento Regional

## **2. MATERIAIS E MÉTODO**

Na metodologia de pesquisa empregou-se revisão de literatura, técnicas de documentação indireta que se constituem em pesquisa documental (fonte primárias e bibliográfica (fonte secundária) para apuração de informações e compreensão de questões aventadas. A análise dos resultados voltou-se a categorizar e identificar práticas de políticas públicas, primordialmente o liame entre a política habitacional e os setores imobiliário e financeiro, sob a perspectiva de captação de recursos para o financiamento habitacional, além da distribuição das unidades contratadas, de acordo com características relevantes, como ano de contratação, origem, faixa, modalidade, região, valor, número de unidades contratadas, entregues e concluídas. A hipótese central da análise é que o PMCMV se constitui numa política de mercado e social, ampliou o acesso à moradia e articulou a expansão da economia de mercado, do setor da construção civil, com criação de emprego e renda, impulsionando o desenvolvimento do país. RESULTADOS E DISCUSSÃO

## **3. O ACESSO À MORADIA: O PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA E AS SUAS TRÊS FASES**

O acesso à casa própria se constitui na consecução do direito à moradia quando objeto de política habitacional que assegure inclusão social, bem-estar e desenvolvimento socioeconômico e, assim, o direito à cidade. Neste sentido foi instituído o PMCMV, pela Lei nº 11.977/2009, que visa a ampliar o acesso à moradia e reduzir o déficit habitacional, bem como articula a expansão da economia de mercado, da construção civil, a criação de emprego e renda, com previsão de prover um milhão de moradias voltadas a famílias com renda mensal de até dez SM, no prazo de dois anos. O PMCMV voltou-se à população sob a perspectiva socioeconômica em três segmentos: no primeiro, famílias com ínfima capacidade de pagamento, beneficiadas com subsídios públicos quase integrais; no segundo, aquelas que possuem capacidade parcial de pagamento, com subsídios pecuniários e financiamento com redução de juros e, por fim, no terceiro, famílias com total capacidade de pagamento, atendidas pelo mercado imobiliário. Além de atender os limites de renda familiar, o beneficiário não pode ser proprietário ou ter financiamento de imóvel residencial; nem ter recebido benefício de outro programa habitacional; não pode estar cadastrado no Sistema Integrado de Administração de Carteiras Imobiliárias (SIACI) e nem no Cadastro Nacional de Mutuários (CADMUT), e não ter débitos com o governo federal.

Na primeira fase do PMCMV, em dois anos, foram entregues 1.005.128 unidades, com investimento de R\$ 55.112.807.484,00 (MAGALHÃES, 2013). A população atendida foi distribuída em três faixas de renda mensal: Faixa 1, renda até 3 SM e subsídio praticamente integral em relação ao valor do imóvel, com contribuição correspondente a 10% da renda; Faixa 2, com renda entre 3 e 6 SM e; Faixa 3, com renda de 6 a 10 SM, com subsídio de até R\$ 23.000,00 sobre o valor do imóvel e menor taxa de juros em relação ao mercado, para a Faixa 2, os juros são de 5% a.a. e para a Faixa 3, de 8,16% a.a.

A segunda fase do PMCMV, visando a construções de dois milhões de unidades até 2014, adveio com a Lei nº 12.424/2011. Foram majorados os valores da renda familiar. Na faixa 1 o teto passou para R\$ 1.600,00, faixa 2 para R\$ 3.100,00 e, faixa 3 para R\$ 5.000,00, mantendo-se os subsídios. Além das capitais e suas regiões metropolitanas, também passou a atender as regiões metropolitanas de Campinas/SP e Baixada Santista/SP, Distrito Federal e municípios com população igual ou superior a 50 mil habitantes.

No intuito de ampliar o acesso à casa própria, o PMCMV 2 sofreu alterações. O Decreto nº 7.825/2012 aumentou a renda da Faixa 2 para R\$ 3.275,00. As Faixas 1 e 3 não foram alteradas. O valor do subsídio saltou para R\$ 25.000,00. Além disso, as operações de crédito viabilizadas com os recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), que antes se limitavam a custear construção de unidades habitacionais, passaram a viabilizar a construção de equipamentos para a educação, saúde e outros complementares à habitação.

Em 30 de março de 2016 foi lançado o PMCMV 3, com provisão de dois milhões de moradias até 2018 e também trouxe alterações. Na faixa 1 o limite de renda passou a R\$ 1.800,00 e o subsídio de até 90% do valor do imóvel, com saldo pago em 120 prestações de até R\$ 270,00, sem juros. Foi criada a faixa 1,5 com teto de R\$ 2.350,00, subsídio de até R\$ 45.000,00 e juros de 5,0% a.a. A faixa 2 passou para R\$ 3.600,00, com subsídio de até R\$ 27.500,00 e juros de 5,5% a 7,0% a.a.; a faixa 3 para R\$ 6.500,00, sem subsídio e juros de 8,16% a.a. Além da criação da Faixa 1,5 houve inovações como o aumento da área construída das casas para 41 m<sup>2</sup>, melhor conforto térmico e acústico, soluções sustentáveis para economia de energia e água e rotas acessíveis que facilitem transporte e mobilidade. Os condomínios passaram a ser entregues arborizados, com calçadas e ruas mais largas, maior distância mínima entre cada casa, infraestrutura para instalação de fibra ótica para internet.

No PMCMV 3 diante da restrição orçamentária em razão da crise econômica foram redefinidos subsídios, mas houve avanço na qualidade das habitações e da infraestrutura. A Instrução Normativa nº 25/2016 reduziu o teto da renda na Faixa 1

para R\$ 1.600,00 e os subsídios entre R\$ 45.000,00, nas capitais metrópole (DF, RJ e SP) e R\$ 11.000,00 nos municípios com menos de 20 mil habitantes. Na faixa 1,5 os subsídios foram reduzidos entre R\$ 15.000,00 e R\$ 1.225,00. Em fevereiro de 2017 a renda limite da faixa 1,5 passou para R\$ 2.600,00, a faixa 2 para R\$ 4.000,00 e a faixa 3 para R\$ 9.000,00. Com a Portaria nº 267, de 22/03/2017, os municípios com menos de 50 mil habitantes também passaram a ter acesso ao FAR, favorecendo famílias da Faixa 1, desabrigadas, residentes em áreas de risco ou chefiadas por mulheres e pessoas com deficiência, que passaram a ter prioridade de atendimento.

### **3.1 INSTRUMENTOS FINANCEIROS APLICADOS AO PMCMV: ALIENAÇÃO FIDUCIÁRIA E FUNDO GARANTIDOR DE HABITAÇÃO POPULAR**

No financiamento habitacional para famílias de menor renda há dificuldade para apresentar condições ou garantias de capacidade creditícia, o que pode inviabilizar o acesso à casa própria. Assim, é necessária a criação de fundos garantidores pelo governo, devido à dificuldade de atração de investidores para transações de alto risco, como o FGHab implementado no PMCMV. Outra forma de ofertar garantia é a alienação fiduciária que, conjuntamente com o FGHab, fazem parte do novo desenho institucional que viabilizou a oferta de recursos financeiros para provisão habitacional, quer oriundos do mercado de capitais ou financeiro, quer dos fundos estatais e paraestatais.

Os financiamentos imobiliários, inclusive no PMCMV, são assegurados pela alienação fiduciária, prevista na Lei nº 9.514/1997. A garantia da propriedade fiduciária, além de favorecer a aquisição da casa própria por viabilizar acesso ao crédito, é oportuna ao mercado imobiliário, pois viabiliza o negócio com investimentos de fundos públicos e semipúblicos. O desafio é a busca do equilíbrio entre a efetivação do direito à moradia e o mercado imobiliário.

Com referida garantia se o devedor não paga as parcelas é constituído em mora. Quitadas as parcelas há a manutenção do contrato. Caso não sejam pagas há a extinção do contrato e a execução extrajudicial, com a venda do imóvel, a fim de satisfação da instituição financeira quanto ao saldo devedor. No PMCMV, a execução extrajudicial só ocorre no caso da inadimplência não se enquadrar nas situações previstas no FGHab ou se este benefício não for solicitado pelo beneficiário, pois o FGHab assegura a manutenção do contrato nas hipóteses de redução ou perda da renda e danos físicos ao imóvel.

Na Faixa 1 do PMCMV, pelo caráter social e por contar com subsídios provenientes do Orçamento Geral da União, de operações com recursos do FAR e transferidos ao

Fundo de Desenvolvimento Social (FDS), no caso de mora, consolidada a propriedade ao FAR ou ao FDS, o imóvel deve ser reincluído no PMCMV, para aquisição por outro beneficiário, conforme o art. 6º-A, § 9º, da Lei nº 11.977/2009, incluído pela Lei nº 13.043/2014.

O FGHab é fundo de investimento privado, com participação da União, criado pela Lei nº 11.977/2009. Tem como finalidade garantir o pagamento aos agentes financeiros de prestação de financiamento do PMCMV, em caso de desemprego ou redução temporária da capacidade de pagamento, assumir o saldo devedor em caso de morte ou invalidez permanente, e as despesas relativas a danos físicos ao imóvel. No PMCMV 1 atendia as famílias das três faixas. No PMCMV 2 o limite da renda foi definido em R\$ 4.650,00, segundo art. 20, I e II, da Lei nº 11.977/2009, alterada pela Lei nº 12.424/2011.

Diante da crise econômica e de se ter atingido o teto de dois milhões de contratos, em dezembro de 2015 o governo federal deixou de disponibilizar verbas e, portanto, de assegurar os financiamentos do PMCMV por meio do FGHab. No PMCMV 3 visando manter a garantia aos agentes financeiros, nos contratos que tivessem prestações parcialmente custeadas com recursos do FGTS, passaram a ser utilizados recursos do FAR, conforme §§ 12 e 13, do art. 6º-A, da Lei nº 11.977/2009. Para as famílias integrantes da Faixa 1, o FAR já era responsável pelas coberturas do risco de morte, invalidez permanente e danos físicos ao imóvel, passando a ser também responsável no caso de inadimplência.

Tabela 1: Unidades contratadas, entregues, concluídas, valor total por ano

<b>Ano</b>	<b>Contratadas</b>	<b>Entregues</b>	<b>Concluídas</b>	<b>Valor R\$ (mi)</b>
2009	286305	257121	281085	15554,99
2010	718823	608637	672096	39555,04
2011	478952	409813	464362	32034,16
2012	789550	632538	696724	49415,06
2013	912407	660404	736460	62994,01
2014	569091	421112	469851	44243,30
2015	402153	325560	366924	44496,11
2016	388551	308768	349581	44312,20
2017	494085	306680	392622	66445,43
2018	527115	166092	242909	64606,13
2019	15594	0,00	2822	2024,01
<b>Total</b>	<b>5582626</b>	<b>4096725</b>	<b>4675436</b>	<b>465680,44</b>

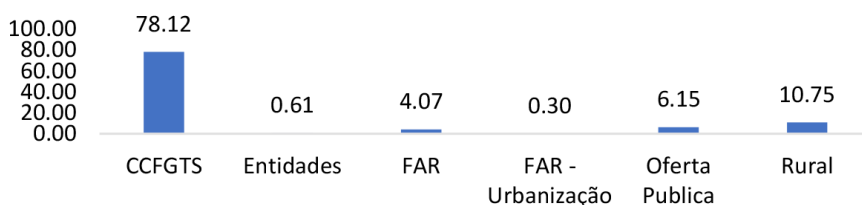
Fonte: Secretaria Nacional de Habitação /Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

Figura 1 – Frequência relativa da oferta de unidades contratadas por faixa de atendimento (%)



Fonte: Secretaria Nacional de Habitação /Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

Figura 2 – Frequência relativa na participação dos recursos segundo a modalidade da fonte (%)



Fonte: Secretaria Nacional de Habitação /Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019.

#### 4. A OFERTA DO PROGRAMA MINHA CASA MINHA VIDA

Apresenta-se a seguir uma breve análise quantitativa do programa, descritiva e sintética, iniciando-se pelo número de unidades contratadas a cada ano em todo o país. Na Tabela 1, observa-se que foram contratadas 5,58 milhões de novas unidades perfazendo um no valor total de investimento de 465,68 milhões de reais e que houve uma tendência de crescimento de contratações de unidades até o ano de 2013. Após esse período de crescimento houve redução nas contratações até 2015, os anos de menores contratações foram 2009 no início do programa e 2019, com a sua estagnação. Do universo total de unidades contratadas, tem-se que 61% foi destinado à pessoa física e 39% à pessoa jurídica; a faixa do programa que recebeu um maior número de unidades contratadas foi a Faixa 2, com mais da metade delas (55,19%), seguida das Faixas 1 e 3, e menor participação da Faixa 1,5 (Figura 1). Com relação à modalidade recursos direcionados a diferentes faixas do PMCMV, o maior montante relativo correspondeu ao CCFGTS (78,12%), e a seguir: Rural (10,75%),

Oferta Pública (6,15%) e FAR (4,07%), conforme mostra a Figura 2. Quanto à distribuição geográfica da oferta, mais de 60% das unidades localizava-se nas regiões sudeste (33%) e sul (28,5%); na região nordeste situou-se 23,6% do total; e a menor parcela coube à região norte (5%).

## 5. O PMCMV E A ENTRADA DO CAPITAL FINANCEIRIZADO

Após 2006, as empresas construtoras e incorporadoras abriram capital na Bolsa de Valores de São Paulo e passaram a atuar fortemente na provisão do Programa “Minha Casa Minha Vida” desde 2009. Essas empresas modificaram a estrutura do mercado imobiliário no Brasil e introduziram elementos de financeirização na provisão pública da moradia (MEIRELES, 2019). Os impactos macroeconômicos nos mercados financeiros destacam como a financeirização mudou a estrutura das operações financeiras de um contexto tradicional para uma política volátil<sup>7</sup>.

No início do século XXI, a América Latina parecia ter conseguido aliar as políticas econômicas e sociais, caminhando em direção a uma sociedade de consumo de massa com o “acesso a casa própria”. No recente caso brasileiro muitas são as variáveis que explicam a ampliação do mercado interno, como a ascensão do preço das commodities (implicando em um câmbio sobrevalorizado); globalização, com novos polos produtores, especialmente a China, que conseguem oferecer produtos muito competitivos; e o governo de centro-esquerda, que buscou promover uma associação entre as políticas econômica e social por meio de uma “inclusão social”. No epicentro desse fenômeno, que foi denominado de “estratégica social-desenvolvimentista”, encontra-se o aumento do crédito (BASTOS, 2012) o que resultou, também, em maior vulnerabilidade econômica das classes mais baixas (FAGNANI, 2010). Em tempos de capitalismo financeirizado, abre-se o debate à predominância das movimentações monetárias no que tange a proteção social. Ao que interessa ao balanço do PMCMV, a ampliação do acesso à moradia foi concomitante às mudanças nas formas de provisão com a importante participação das grandes empresas capitalizadas via emissão de títulos e ações, bem como associados a participação de fundos públicos e semipúblicos nas operações de cunho imobiliário em incorporações das Faixas 2 e 3. Logo, a financeirização constitui-se em uma perspectiva global, inicialmente pensada como característica de reestruturação das economias capitalistas modernas centrais, mas que se tornou incontrolável e se espalhou para demais economias capitalistas desenvolvidas, como as do Sul Global. O poder das finanças cresce soberanamente,

---

(7) Para Lapavistas (2009), alterar os fluxos entre ativos e passivos financeiros, efeitos macroeconômicos, inovação e desregulamentação financeira, desencadeia o processo de financeirização na estrutura econômica sustentada anteriormente, pela obtenção de lucro proveniente diretamente da produção, e engendra ganhos originados nas finanças.

moldando o capital internacionalizado e criando regras e barreiras até transformar o neoliberalismo e a globalização em meras expressões de sua existência (CROTTY e EPSTEIN, 2011).

As novas configurações do capital financeiro tornaram-se a tônica a todos os segmentos da economia e das finanças. Com as políticas de austeridade e com ideais neoliberais do Estado, esse capital adquire contornos globais, o que, novamente, mostra seu caráter sistêmico, de forma a fortalecer suas fundações. Finalmente, ao passo em que busca aprofundar a reestruturação da produção e redefinir o ambiente macroeconômico e as funções do Estado social, traz consequências nefastas em relação às políticas e direitos sociais garantidos às classes trabalhadoras. Assim, em decorrência do desmonte das políticas sociais de caráter universalistas engendradas na esfera pública, cabe destaque às reformas neoliberais dirigidas ao Sistema de Previdência Social e à política de habitação diretamente relacionada ao Programa “Minha Casa Minha Vida”, o que expandiu as fronteiras em escala nacional, ao capital imobiliário associado ao capital financeirizado com obtenção de lucros e ganhos rentistas. Atualmente, o Programa esvaziado, devido a mudanças no Estado brasileiro, revela a recomposição de taxas ascendentes de lucro e a intensificação da acumulação capitalista com a produção da moradia via mercado para extratos de classe média e média alta, à retirada dos fundos públicos ao subsídio e enfraquecimento dos fluxos de financiamento. A financeirização da economia como estratégia de capital e meio de lucratividade das corporações utiliza-se das políticas sociais e do forte apoio do estado, apropriando-se de nichos de mercado que possibilitam remuneração aos capitais investidos (JESUS, 2018).

## **6. CONCLUSÃO**

Por meio dos investimentos do PMCMV foram canalizados fundos públicos e semipúblicos para dinamizar o setor imobiliário e habitacional a produção direcionada aos estratos de rendas média e baixa, ou seja, o segmento econômico e as Faixas 2 e 3. A análise do ciclo de expansão dessas atividades produtivas mostra sua dependência em relação ao crescimento sustentado dos rendimentos reais da população, aumento do crédito e oferta de subsídios. Além disso, esse ciclo foi impulsionado pelas grandes empresas imobiliárias e construtoras, que ingressaram em novas localidades, além de ofertarem em mercados consolidados com produtos a preços absorvidos pelos diferentes estratos do mercado, face ao abundante crédito subsidiado.

A forma da promoção lucrativa dos anos 2000 esteve majoritariamente condicionada por estratégias de gestão decorrentes da associação do capital imobiliário ao capital

financeirizado rentista. Além disso, a oferta às Faixas 1 e 1,5 foi realizada conforme a lógica da promoção pública, como as práticas pretéritas da promoção dos agentes do BNH. Conclui-se que a expansão proporcionada pelo PMCMV abarcou ao menos duas lógicas mais gerais de promoção por meio das quais foram adotados diversos arranjos organizacionais e produtivos entre empresas, apresentando tendência à produção massificada, invariavelmente, de empreendimentos com inserção urbana incompleta. As mudanças nas estruturas de provisão da moradia, na vigência do PMCMV, relevantes na reestruturação produtiva, no alargamento das fronteiras de atuação das empresas do setor e a financeirização do capital corresponderam as mais variadas lógicas e arranjos de negócios e denotaram a grande heterogeneidade desse universo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

BARAVELLI, José E. *Trabalho e Tecnologia no programa MCMV*. (Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2014.

BASTOS, R. D. *Economia política do imobiliário: o programa Minha Casa Minha Vida e o preço da terra urbana no Brasil*. 106 folhas. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Instituto de Filosofia, Ciências Sociais e História, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

CASTRO, C. M. P.; SHIMBO, L. Z. O “Padrão Econômico” da Habitação: construindo uma trajetória de mercado. In: *Encontro Nacional da ANPUR, 2011, Anais [...]* Rio de Janeiro, 2011.

CROTTY, J., EPSTEIN, G. Regulating the US financial system to avoid another meltdown. In: *Economic and Political Weekly* v. 44, n. 13, p. 87–93, 2009.

FAGNANI, E. Previdência Social e Constituição Federal. Qual é a Visão dos Juristas?. *Tributação em Revista*, set. 2010, p. 23, 2010.

GUILHEN, A. J. *As Garantias no Financiamento Habitacional: segurança para realização do sonho da casa própria e o Programa Minha Casa Minha Vida*. Tese (Pós Doutorado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, 2017.

JESUS, J. C. L. *A expropriação da previdência pública como estratégia de financeirização do capital*. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/sssoc/n131/0101-6628-sssoc-131-0155.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2019.



LAPAVITSAS, C. Theorizing financialization. *Work, employment and society*. v. 25, n. 4, p. 611-626, 2011.

MAGALHÃES, I. *Resultados e Desafios do Programa Minha Casa, Minha Vida*. 2013. Secretaria Nacional da Habitação. Ministério das Cidades. Brasília, DF: Governo Federal, 2013.

MEIRELES, E. *O Processo de Financeirização da Moradia na Periferia do Capitalismo: O caso do Brasil Pós-crise global de 2008 e o protagonismo do Programa “Minha Casa Minha Vida”*. Tese (Pós Doutorado em Economia) - Programa de Pós-Doutorado do Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2019.

MIOTO, B.; CASTRO, C. M. P.; SÍGOLO, L. M. Expansão e desaceleração do mercado privado formal de moradia a partir dos anos 2000 na Região Metropolitana de São Paulo. *Cadernos Metrópole*, v.21, n.44, Jan./apr. 2019.

SILVA, H. M. B. (coord). *Características da produção imobiliária formal nos anos 2000 e seus efeitos sobre o custo e condições de habitação na Região Metropolitana de São Paulo*. São Paulo: Lincoln Institute of Land Policy, 2015.

## NOVAS ABORDAGENS E FERRAMENTAS DE GESTÃO DA INFRAESTRUTURA URBANA: O CONCEITO DE CITY INFORMATION MODELLING (CIM)

New Approaches and Tooling Towards Urban Infrastructure Management: The Concept of City Information Modelling (CIM)

*Cristiane Bueno*<sup>1</sup>

*Leticia de Souza*<sup>2</sup>

### RESUMO

As Tecnologias de Informação e Comunicação possibilitam que a informação seja transmitida em velocidades cada vez maiores, permitindo que dispositivos colem e transmitam informações do ambiente público, constituindo um banco de dados das atividades urbanas, e incorporando-os à luz do conceito de *City Information Modelling* (CIM). Assim, o objetivo deste capítulo é a apresentação das variadas tentativas de conceituação de CIM, e das possibilidades e perspectivas de aplicação deste conceito na gestão do espaço físico de centros urbanos. As pesquisas desenvolvidas na área de CIM no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) visam desenvolver a atualização constante do estado da arte sobre o desenvolvimento da plataforma, buscando a ampliação do conhecimento das vantagens de sua aplicação, para que sejam identificadas e destacadas suas potencialidades e limitações em cidades consolidadas como uma ferramenta estratégica na implementação, operação e gestão de manutenção dos sistemas de infraestrutura urbana.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, *City Information Modelling*, CIM, Modelagem da Informação da Cidade, Gestão de Infraestrutura Urbana.

### ABSTRACT

Information and Communication Technologies make it possible for information to be transmitted at increasing speeds, enabling devices to collect and transmit information from the public environment, constituting a database of urban activities and incorporating it in the light of the City Information Modelling (CIM) concept. Thus, the purpose of this chapter is to present the various attempts to conceptualize CIM, and the possibilities and perspectives of applying such concept in the management of physical space in urban centres. The research developed in CIM field in the

---

(1) Professora Doutora, Universidade Federal de São Carlos. E-mail: [cbueno@ufscar.br](mailto:cbueno@ufscar.br)

(2) Engenheira Civil, Universidade Federal de São Carlos. E-mail: [leticia.souza1707@gmail.com](mailto:leticia.souza1707@gmail.com)

Graduate Program in Urban Engineering (PPGEU) aims at developing the constant update of the state of the art on the platform development, in order to expand the knowledge of the advantages of its application and identify its potentialities and limitations in consolidated cities as a strategic tool in the implementation, operation and maintenance management of urban infrastructure systems.

**Keywords:** Urban Engineering, City Information Modelling, CIM, Urban Infrastructure Management.

## 1. INTRODUÇÃO

Novas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) possibilitam que a informação seja transmitida em velocidades cada vez maiores, com resposta imediata de seus receptores. Esta possibilidade de interlocução facilita o surgimento de novos serviços, amplia a comunicação, organização e participação popular na tomada de decisões e, conseqüentemente, no processo de construção da sociedade. Permitem também que dispositivos, softwares, sensores e equipamentos urbanos colem e transmitam informações do ambiente público, constituindo um banco de dados institucional das atividades urbanas (ALMEIDA; ANDRADE, 2018).

Diante deste cenário, apresenta-se a possibilidade de coletar e ordenar estes grupos de dados públicos institucionais de toda ordem - demandas sociais, ambientais, urbanas, institucionais e legais, juntamente com a intenção de atuação dos agentes privados e suas contrapartidas, incorporando-os dentro do conceito de *City Information Modelling* (CIM), ou Modelagem de Informação da Cidade – um modelo de conhecimento da cidade, que se baseia em computação, e envolve tecnologias, processos e políticas – de forma a melhor organizá-los e situá-los espacialmente, a fim de obter maior compreensão das características e das complexidades destes grupos interessados.

Assim, o objetivo central deste capítulo é a apresentação das variadas tentativas de conceituação de CIM, e discutir as possibilidades e perspectivas de aplicação deste conceito na Gestão do espaço físico de centros urbanos.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O CIM foi apresentado preliminarmente por Khemlani em 2003 (KHEMLANI, 2016) – como uma extensão do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) no planejamento urbano (GIL; DUARTE, 2011) – como uma tecnologia que pudesse ser utilizada para prever o impacto de desastres naturais nas cidades, através de uma reprodução digital da cidade que compreendesse todos os dados críticos sobre a localização geográfica, topologia, estradas principais de uma cidade, pontes,

prédios etc. em um formato inteligente e detalhado, que permitisse ser submetido a simulações diversas. Comparou-se ainda com a tecnologia de *Building Information Modelling* (BIM), que pode ser utilizada para integrar melhor os diferentes aspectos de um edifício, a tecnologia CIM que poderia ajudar a integrar de forma eficaz as diferentes estruturas e serviços de uma cidade, possibilitando que ela opere de forma holística e a lidar com um desastre de maneira mais efetiva. O conceito foi definido por Thompson et al. (2016) de forma simplista como sendo a cidade inteligente, a transição da era analógica para a digital, e o CIM o responsável por subsidiar a gestão e o planejamento da cidade a partir da aplicação desses dados digitais, contribuindo para a tomada de decisões dos *stakeholders* em conjunto com cidadãos da cidade.

A convergência tecnológica das *Information and Communication Technologies* (ICT) e das *Internet of Things* (IoT), com a tecnologia de *Geographic Information System* (GIS) e o conceito de *Building Information Modelling* (BIM) possibilitam o surgimento de um novo paradigma que integra disciplinas distintas de engenharia, arquitetura, construção, processamento de dados, cartografia e, eventualmente ainda outras áreas, que podem contribuir, em menor escala, mas igualmente importante, na denominação do termo *City Information Modelling* (ALMEIDA; ANDRADE, 2018).

Pode-se entender as TICs como a combinação das Tecnologias de Comunicação (TC) com as Tecnologias da Informação (TI). A expressão foi primeiramente usada na Inglaterra, com a intenção de ressaltar a importância que a transmissão de conteúdos e dados está adquirindo, conforme as tecnologias vão sendo aperfeiçoadas (STEVENSON, 1997). A IoT pode ser definida como a possibilidade de máquinas e dispositivos conectarem-se utilizando a Internet, para transferência de informação e constituição de novos bancos de dados (INSIGHT TEAM, 2017).

Uma das camadas de informação do CIM, o GIS foi utilizado pela primeira vez no Canadá em 1966, para automatizar a análise dos mapas pela utilização de computadores (TOMLINSON, 2011).

Segundo Cavalcanti e Souza (2015) o CIM utiliza o conceito de cidades conectando a relação entre objetos e pessoas ao espaço, e diferencia-se de outros modelos, pois não serve apenas para a visualização, mas apresenta uma série de dados incorporados ao sistema. Sendo concebido com divisões em blocos possibilitando a inclusão de diversos dados com conexões, especificações e interligações entre estes dados e objetos.

Almeida e Andrade (2018) construíram um conceito onde o CIM é um modelo de conhecimento baseado em computação, que permite a colaboração no desenvolvimento da cidade por diversas partes interessadas, construindo assim uma cidade participativa, sustentável e competitiva. Segundo os mesmos autores

já afirmavam anteriormente, a Modelagem de Informação da Cidade oportuniza que o tratamento de eventos emergenciais seja abordado de maneira ordenada, viabilizando maior força para uma maior eficiência. Ressaltam ainda que diversas plataformas e pesquisas encontrem-se em uma única base e permita que haja uma confluência de informações (ALMEIDA e ANDRADE, 2016).

O estabelecimento do CIM é uma tentativa de atingir a eficácia de todos os sistemas urbanos da cidade, para estabelecer de forma eficaz a qualidade de vida aos seus cidadãos. Salienta-se que a implantação do CIM pode ser umas das ferramentas para alcançar o status de cidade inteligente, aliado ao uso de sistemas e TICs para alcançar de maneira efetiva a qualidade dos sistemas urbanos e de vida dos cidadãos (AMORIM, 2015).

Amorim (2016) caracteriza CIM como uma plataforma tecnológica utilizada para apoiar a gestão de vários aspectos da cidade, de forma integrada, suportando assim a infraestrutura urbana, e aponta como dois aspectos fundamentais da plataforma a interoperabilidade e o trabalho colaborativo. A plataforma, segundo o autor, tem o potencial de assegurar a eficiência e eficácia dos subsistemas por meio de uma base de dados que garanta a acessibilidade e o compartilhamento de informações de forma centralizada e atualizada.

Os autores Corrêa e Santos (2015) afirmam que é necessário que o modelo CIM contenha de forma adequada informações georreferenciadas em seu modelo 3D, para assim servir de auxílio para a recuperação, manutenção e planejamento das cidades. Assim o CIM atrelado a outras ferramentas tecnológicas consolidariam a base técnica para o desenvolvimento da cidade inteligente, viabilizando um novo modo de planejar, construir e gerenciar os espaços urbanos.

Comparando o conceito CIM de forma análoga ao BIM, mas no âmbito urbano, ele é concebido como uma expansão 3D de GIS enriquecido com ferramentas projetuais e a possibilidade de relacionar objetos a informações, sendo composto pela representação de diferentes elementos urbanos (STOJANOVSKI, 2013).

Xu *et al.* (2014) pondera que o CIM deve ser um modelo altamente eficiente, multifuncional, com dados completos, buscando alcançar o compartilhamento de informações e colaboração multisserviços e multicampo, se tornando, assim, uma cidade digital com poder eficiente de gestão do espaço urbano. Com o intuito de conquistar a união de informações geométricas e informações detalhadas de construção, existe um grande empenho na tentativa de integrar o *Industry Foundation Classes* (IFC) e *City Geography Markup Language* (CityGML).

A modelagem digital possibilita, ao simular o objeto construído em toda sua amplitude, resolver os diversos conflitos de compatibilidades entre a infraestrutura instalada,

de forma que projetos estruturais, elétricos, hidráulicos, rede de dados, entre outros, possam ser desenvolvidos simultaneamente sobre uma mesma base urbana tridimensional, com a possibilidade dos diferente *stakeholders* concomitantemente, em um sistema de trabalho denominado Engenharia Simultânea (RICHARDS, 2013; MANTOVANI, BÁRBARA; OLIVEIRA, 2016).

Da convergência destas tecnologias origina-se o conceito CIM, uma nova área de pesquisa que converge os conhecimentos de Arquitetura, Urbanismo e Engenharias com as Ciências da Computação e da Informação (ALMEIDA; ANDRADE, 2018), e incorpora as mais diversas camadas de informação, como as obtidas pela tecnologia GIS e pela IoT, e integrando ainda outras áreas de conhecimento como a economia e o meio ambiente com a dimensão social (HAMILTON et al., 2005).

### **3. APLICAÇÕES E PERSPECTIVAS**

A implementação destas TICs, associadas ao conceito de CIM, nas cidades viabiliza, dentre as diversas possibilidades, no âmbito técnico e operacional:

- a) Obtenção de dados urbanos por meio de sensores e câmeras - informações relevantes sobre os deslocamentos urbanos, a qualidade do ar, índice pluviométrico localizado, variações de temperatura, incidência de raios ultravioletas, volume de água e gás dentro de tubulações, entre outros - constituindo um gigantesco banco de dados;
- b) Mapeamento, através de modelagem tridimensional e georreferenciada da infraestrutura instalada, garantindo rápido acesso a informações e propriedades dos elementos, bem como sua localização precisa no perímetro urbano, mediante a necessidade de manutenção corretiva emergencial ou planejamento de manutenção preventiva dos diferentes sistemas;
- c) Cada município pode ser um potencial colaborador na manutenção ou melhorias de sua cidade, através de aplicativos e sistemas digitais desenvolvidos pelo poder público, organizações civis ou por profissionais autônomos, sem o planejamento central ou controle institucional.

Como um aspecto destacado por Amorim (2015) ainda a ser definido no CIM, quando mantendo a correspondência ao BIM, é a questão do ciclo da vida. Devendo este ser caracterizado tanto para a cidade quanto para os sistemas de infraestrutura urbana, que são complexos e podem conter características e regulações específicas e podem incluir diversos administradores, tendo que ser inseridos em uma plataforma única.

Outra lacuna identificada diz respeito a centralização de informações, que deverão ser inseridas e transacionadas através de diversos subsistemas. E a plataforma

deverá possibilitar o acesso simultâneo de seus administradores e garantir a interoperabilidade entre os modelos de informação inseridos (AMORIM, 2015).

O mesmo autor apresenta a concepção de uma “cidade virtual” que é composta pelo CIM atuando a como uma infraestrutura da cidade inteligente. Sendo o CIM utilizado como suporte para aqueles que lidam com a produção e a operação dos sistemas urbanos (como projetistas, construtores, planejadores e administradores), e a cidade inteligente servindo para os usuários finais dos sistemas urbanos (como a população e a administração). Desta forma as TICs ficam encarregadas de um papel muito importante, podendo oferecer recursos para o monitoramento e gerenciamento de infraestruturas urbanas e estabelecer uma estreita relação entre poder público e cidadãos. Observa ainda que tendencialmente as cidades se tornarão plataformas de serviços, podendo ofertar desde redes sem fio, até o atendimento das demandas da população e de empresas alocadas na cidade, por meio de aplicações tecnológicas em conjunto com uma gestão transparente e consistente, deixando de ser apenas prestadoras de serviços (WEISS; BERNARDES; CONSONI, 2017).

Embora um dos objetivos centrais da plataforma seja implementar algoritmos derivados no mundo real, um estágio anterior necessário no desenvolvimento da estratégia de controle proposta é a criação de um ambiente de simulação ou de um Gêmeo Digital (*Digital Twin*) que possa representar com precisão a dinâmica temporal do real sistema do mundo. Isto é importante por várias razões. Em primeiro lugar, qualquer algoritmo formulado deve ser rigorosamente testado para garantir uma transição suave para o ambiente real. Em segundo lugar, os longos prazos e as altas despesas associadas aos sistemas urbanos não permitem períodos excessivos de reformulação ou ajuste - de preferência, isso deve ser feito antes da implementação (O'DWYER et al., 2019).

Assim, objetivo do Gêmeo Digital é combinar as várias unidades de geração, armazenamento e demanda em uma única plataforma que pode se comunicar com uma estrutura de controle externo da mesma maneira que o sistema real. Para permitir que diferentes ativos sejam incluídos de maneira modular, é necessário um ambiente de co-simulação adequado (O'DWYER et al., 2019).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As pesquisas desenvolvidas na área de CIM, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana (PPGEU) visam desenvolver a atualização constante do estado da arte sobre o desenvolvimento da plataforma CIM, discussões e conceituações, uma vez que o conceito ainda não se encontra plenamente consolidado, tendo em vista a escassez de publicações científicas sobre o assunto e suas possíveis

aplicações práticas, apesar de estar cada vez mais presente no debate sobre gestão urbana. Assim, espera-se que ocorra a ampliação do conhecimento das vantagens de aplicação da plataforma CIM integrada ao conceito de Cidades Inteligentes, para que sejam identificadas e destacadas suas potencialidades e limitações em cidades consolidadas.

Considerando os desafios atuais das cidades, seja pelas suas dimensões, população, complexidade ou quantidade de recursos tecnológicos, espera-se que a implantação da plataforma CIM seja uma ferramenta estratégica para reparar estas dificuldades, buscando maior eficiência da implementação, operação e gestão de manutenção dos sistemas de infraestrutura urbana, já que a plataforma visa a integração e o cruzamento de informações referentes às cidades. Assim, as pesquisas desenvolvidas buscam a discussão de mecanismos para o desenvolvimento de estratégias de implementação destas potencialidades, contribuindo para formas de coleta e gerenciamento de dados que apoiem o desenvolvimento de aplicações práticas relativas ao planejamento, gestão, monitoramento e comunicação das cidades em benefício da população e do poder público.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 5. REFERENCIAL

ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. Considerações Sobre O Conceito De City Information Modeling. *InSitu*, v. 1, n. 4, p. 21–38, 2018.

ALMEIDA, F.; ANDRADE, M. L. CIM ou não? Considerações sobre City Information Modeling. *In: ENANPARQ, Anais [...]* Porto Alegre, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/305766451\\_CIM\\_ou\\_nao\\_Consideracoes\\_sobre\\_City\\_Information\\_Modeling\\_2016](https://www.researchgate.net/publication/305766451_CIM_ou_nao_Consideracoes_sobre_City_Information_Modeling_2016). Acesso em: 15 de abril de 2019.

AMORIM, A. L. Cidades Inteligentes e City Information Modeling. *In: CONGRESO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL (SIGRADI), Anais [...]* Buenos Aires, 2016. v. 3 n. 1, p. 481-488.

AMORIM, A. L. Discutindo city information modeling (CIM) e conceitos correlatos. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 10, n. 2, p. 87-100, 2015.

CAVALCANTI, A. C. R.; SOUZA, F. A. M. O uso do CIM e a difusão das ideias no campo das políticas públicas no setor do gerenciamento das cidades. *In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção*, 7., 2015, Recife. *Anais [...]* Recife, 2015.

CORRÊA, F. R.; SANTOS, E. T. Na direção de uma modelagem da informação da cidade



(CIM). In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Porto Alegre. **Anais** [...] Porto Alegre: ANTAC, 2015.

GIL, J.; DUARTE, J. The backbone of a City Information Model (CIM): Implementing a spatial data model for urban design. In: CONFERENCE ON EDUCATION AND RESEARCH IN COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN IN EUROPE, 2011, Ljubljana. **Proceedings** [...] Ljubljana, Slovenia, 2011.

HAMILTON, A. et al. Urban information model for city planning. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*, v. 10, n. May, 2005.

THE INTERNET of things: from theory to reality how companies are leveraging the iot to move their businesses forward. *Forbes insight*, 2017.

KHEMLANI, L. City Information Modeling. *AECbytes*, 2016. Disponível em: <http://www.aecbytes.com/feature/2016/CityInformationModeling.html>. Acesso em: 11 de abril de 2019.

MANTOVANI, B.; OLIVEIRA, J. P. N. DE. Gestão e integração de projetos no setor da Construção Civil. *Revista Eletrônica Eng Tech Science*, Jaboaão dos Guararapes - PE, v. 04, n. 01, p. 26–59, 2016.

O'DWYER, E., et al., Smart energy systems for sustainable smart cities: Current developments, trends and future directions. *Applied Energy*, 2019, p. 581-597.

RICHARDS, M. *Building Information Management – a standard framework and guide to BS 1192*. London: BSI, 2010.

STEVENSON, D. Information and Communications Technology in UK Schools. *The Independent ICT in Schools Commission*, 1997.

STOJANOVSKI, T. City information modeling (CIM) and urbanism: Blocks, connections, territories, people and situations. In: Symposium on Simulation for Architecture & Urban Design. **Proceedings** [...] San Diego, California, USA, 2013. p. 12.

THOMPSON, E. M.; SMITH, K. M.; CHARLTON, J.; DOLNÍK, M. Planners in the future city: using city information modelling to support planners as market actors. *Urban Planning*, v. 1, n. 1, p. 79-94, 2016.

TOMLINSON, R. F. A Geographic Information System for Regional Planning. *Journal of Geography* (Chigaku Zasshi), v. 78, n. 1, p. 45–48, 2011.

WEISS, M. C.; BERNARDES, R. C.; CONSONI, F. L. CIDADES INTELIGENTES: casos e perspectivas para as cidades brasileiras. *Revista Tecnológica da Fatec Americana*, v. 5, n. 1, p. 01-13, 2017.

XU, X.; DING, L.; LUO, H.; MA, L. From Building Information Modeling to City Information Modeling. *Journal of Information Technology in Construction*, v. 19, p. 292-307, 2014.

# A DISCIPLINA SISTEMAS INTEGRADOS EM ENGENHARIA URBANA (SIEU): DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO E PRODUÇÃO

The Discipline of Integrated Systems in Urban Engineering (ISUE): Methodological Development and Production

*Érico Masiero<sup>1</sup>*

*Cristiane Bueno<sup>2</sup>*

*Geovana Geloni Parra<sup>3</sup>*

## RESUMO

As questões que envolvem a qualidade de vida nas cidades brasileiras passam por problemas relacionados à gestão urbana que se expressam na desigualdade social, na precariedade da infraestrutura urbana e na carência de serviços públicos. Este artigo tem por objetivo relatar o processo de implantação da disciplina Sistemas Integrados em Engenharia Urbana no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana na Universidade Federal de São Carlos. Esta disciplina tem a função de ofertar um conteúdo de apoio ao desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares baseado no desenvolvimento de projetos de intervenções urbanas que relacionem as quatro áreas de conhecimento do programa, ou seja, geotenia/geoprocessamento, saneamento, transporte e urbanismo. O resultado da aplicação de métodos de ensino, pesquisa e desenvolvimento de projetos integrados tem demonstrado potencial para o amadurecimento de estratégias para tomadas de decisão, tanto no âmbito das ciências, quanto na prática da gestão urbana.

**Palavras-chaves:** Engenharia Urbana, Métodos de Ensino em Engenharia, Interdisciplinaridade, Planejamento Urbano, Intervenções Urbanas.

## ABSTRACT

The quality of life in Brazilian cities involves problems related to urban management that are expressed in social inequality, precarious urban infrastructure and lack of public services. This article aims to report the implementation process of Integrated Systems in Urban Engineering discipline in the Graduate Program in Urban

---

(1)Doutorado, Professor Adjunto Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. E-mail: [ericomasiero@yahoo.com.br](mailto:ericomasiero@yahoo.com.br)

(2)Doutorado, Professor Adjunto Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. E-mail: [bueno.cristiane@gmail.com](mailto:bueno.cristiane@gmail.com)

(3)Doutoranda, Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana. E-mail: [geovanaparra.arquiteta@gmail.com](mailto:geovanaparra.arquiteta@gmail.com)

Engineering at the Federal University of São Carlos. This course has the function of providing a support content for the development of interdisciplinary research based on the of urban intervention projects development that may relate the four areas of knowledge of the program, namely geotenia / geoprocessing, sanitation, transportation and urbanism. The result of the application of teaching methods, research and development of integrated projects has shown a potential for the maturation of strategies for decision making, both in sciences and in the urban management practice.

**Keywords:** Urban Engineering, Engineering Teaching Methods, Interdisciplinarity, Urban Planning, Urban Interventions.

## 1. INTRODUÇÃO, HISTÓRICO E PREMISSAS DA DISCIPLINA SIEU

A partir da década de 50 o mundo testemunhou um intenso movimento de migração para as cidades nunca antes registrado na história. No Brasil, aproximadamente 85% da população vive atualmente em cidades onde não faltam problemas estruturais, administrativos e organizacionais, os quais se expressam na carência e na baixa qualidade de serviços, como transporte público, saúde, saneamento, nas ocupações irregulares, na violência urbana e, sobretudo na desigualdade social. Segundo Schmidt *et al.* 2018, grande parte dos problemas que envolvem as cidades brasileiras, está relacionado à precariedade das estruturas administrativas, ao planejamento urbano cercado por interesses políticos e, até mesmo, à falta de instrumentos jurídicos para lidar com questões tão complexas.

Desde o início do funcionamento do curso de Mestrado em 1994 do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, na Universidade Federal de São Carlos, foi proposta uma abordagem baseada em eixos estruturantes que se valem da visão integrada dos diversos agentes que influenciam de alguma forma as decisões sobre as cidades, seja em termos técnicos políticos ou administrativos. (PPGEU, 2019)

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – fundação do governo federal, vinculada ao Ministério da Educação do Brasil que atua na expansão e na consolidação da pós-graduação *stricto sensu* em todos os estados brasileiros considera a Engenharia Urbana como derivada da Engenharia Civil, a qual é uma área interdisciplinar que está inserida na área de conhecimento das Engenharias I, uma das quatro áreas ligadas as engenharias (CAPES – MEC 2016). Assim, aspectos relacionados à construção civil, a estrutura, a geotecnia, aos recursos hídricos, ao saneamento ambiental, ao planejamento e aos transportes são objetos de pesquisa no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana da UFSCar.

A Engenharia Urbana é definida por Martinard (1986) como a arte de conceber,

empreendendo, gerenciando e coordenando os aspectos técnicos dos sistemas urbanos. O autor amplia este conceito ao demonstrar que em uma cidade há uma rede de infraestrutura física que pode ser o sistema de vias públicas, o sistema de distribuição de água e de energia, e outra dimensão relacionada à operação dos serviços. Em geral, os serviços urbanos são gerenciados por empresas ou autarquias públicas ou pelo setor privado, sempre direcionados pela administração pública municipal e com apoio do governo estadual e federal.

Tendo em vista a necessidade de formar profissionais com visão holística, o objetivo principal do PPGEU consiste em capacitar docentes e pesquisadores a compreender, refletir e dar suporte ao enfrentamento da questão urbana, por meio da pesquisa e da inovação; Incorporar a prática da investigação e reflexão, do método científico e da visão crítica sobre os fenômenos, as técnicas e a gestão do meio urbano, nas áreas da engenharia (PPGEU 2019). Portanto, o conceito que norteia a criação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana incluem o tratamento de questões relativas ao planejamento urbano, ao saneamento, ao transportes e a geotecnia de forma integrada às áreas de meio ambiente, da habitação social e do geoprocessamento. Neste sentido, observa-se que tanto o quadro docente como o quadro discente possui grande diversidade em termos de formação, o que inclui engenheiros civis, engenheiros eletricitistas, físicos, arquitetos e urbanistas, gestores ambientais, geógrafos, engenheiros ambientais, advogados, sociólogos, representam uma elevada porcentagem de ingressantes no PPGEU, e em sua maioria se debruçam sobre os mais diversos problemas urbanos enfrentados na atualidade.

Entretanto, muitos desafios têm sido enfrentados devido as várias dificuldades operacionais em tratar de temas tão complexos e diversos em um programa pós-graduação, assim como na gestão de qualquer cidade. Schmidt *et al.* (2018) relata que, embora não haja consenso sobre métodos para integrar instrumentos de planejamento, é importante que se destaquem pontos em comum no desenvolvimento de instrumentos técnicos, políticos e administrativos, de forma a consolidar democraticamente, os processos decisórios. O objetivo é conceber cidades mais igualitárias do ponto de vista social, que promovam o desenvolvimento econômico de forma justa, eficiente e sustentável.

Apesar dos instrumentos legais brasileiros ainda serem insuficientes para lidar com a dimensão continental do país e a diversidade de situações que as cidades vivenciam, eles têm avançado muito desde a década de oitenta. Destacam-se como avanços sociais nas questões urbanas a criação da Política nacional de habitação em 2005, do Saneamento Básico em 2007, dos Resíduos Sólidos em 2010, do Plano Nacional de Eficiência Energética em 2011, da Mobilidade Urbana em 2012 e do Estatuto das

Metrópoles em 2015. Assim observa-se que a legislação urbana, a ambiental e a energética se mostram interdependentes e têm evoluído de forma conjunta, o que exige cada vez mais um elevado grau de aprofundamento do conhecimento por parte dos profissionais que atuam nestas áreas e da sociedade sobre o território, sobre a conjuntura política e social e sobre fatores econômicos. A figura 1 apresenta um quadro que resume a sequência de promulgação dos principais mecanismos legais no Brasil entre as décadas de oitenta e dois mil e dez.

Figura 1 - Principais mecanismos legais no Brasil entre 1980 e 2010

	Década 80	Década 90	Década 2000	Década 2010
Política Urbana	Lei Federal 6766/79 Parcelamento do Solo	Lei Federal 9785/99 Revisão da 6766/79	Lei Federal 11124/05 SNHIS/FNHIS  Lei Federal 10257/01 Estatuto da Cidade  Lei 11977/2009 MCMV	Lei 12305/10 Política Nacional Resíduos Sólidos  Lei 13089/15 Estatuto da metrópole  Lei 12587/12 Mobilidade Urbana
Política Ambiental	Lei Federal 6938/81 Política Nacional Meio Ambiente	Lei Federal 9605/98 Crimes Ambientais  Decreto 2652/98 ONU Mudanças Climáticas	Agenda 21 Brasileira 2002  Lei 12187/09 Política Nacional Mudanças Climáticas	Lei 12651/12 Proteção Vegetação Nativa  Lei 12.608/12 Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
Política Energética		Lei Federal 9478/97 Política Energética Nacional  Lei 10295/01 Conservação e Uso Racional EE	NBR15220/05 Zoneamento Bioclimático  2009 Etiqueta Eficiência Energética Procel	2007 Plano Nacional de Energia 2030  2011 Plano Nacional eficiência Energética PNEF

Fonte: adaptado de <http://www.planalto.gov.br>, EPE (2019) e MMA (2015)

Ao se deparar com a ampla gama de processos, técnicas, métodos e instrumentos que influenciam a formação das cidades, o PPGEU busca incorporar o dinamismo da sociedade brasileira para estruturar sua grade curricular nos programas de mestrado e doutorado em Engenharia Urbana da UFSCar. A base conceitual do programa, apesar de manter em sua origem a necessidade de integração das áreas do conhecimento, não havia uma disciplina que tratasse exclusivamente das questões que envolvessem o trabalho em equipe destinado à intervenções urbanas. De acordo com as orientações publicadas pela CAPES-MEC, Brasil (2016), é fundamental que a grade curricular de um programa de pós-graduação apresentem as fronteiras do conhecimento contemplando disciplinas de formação geral e disciplinas complementares. O escopo teórico deve se relacionar às áreas de atuação do Programa, e oferecer sólida formação para o desenvolvimento dos projetos de pesquisa. Assim, a partir do ano de 2018, a disciplina de Sistemas Integrados em

Engenharia Urbana, passou a ser ofertada com o objetivo de reunir profissionais, docentes e estudantes com diferentes paradigmas.

Até o ano de 2017, o PPGEU contava com disciplinas básicas isoladas que deveriam ser cursadas obrigatoriamente pelos ingressantes como, Sistemas Urbanos de Saneamento, Fundamentos da Geotecnia, Transporte Urbano, Urbanismo e Metodologia Científica, por exemplo. A oferta de disciplinas específicas, cursadas em caráter optativo possuem a função de contribuir com os pesquisadores a identificar questões mais aprofundadas de um determinado assunto, incentivava, ao mesmo tempo, o estudo de maneira fragmentada. Sendo assim, os envolvidos não eram encorajados a interagirem com assuntos que não fizessem parte de sua formação profissional de origem.

Apesar de grade curricular abarcar grande parte do conteúdo necessário para a compressão dos problemas técnicos no meio urbano, ao longo do tempo, foi se percebendo uma necessidade da criação de uma disciplina que pudesse abordar todos os assuntos de forma integrada. Portanto, foi criada a disciplina EUR 430 - Sistemas Integrados em Engenharia Urbana.

Ao propor uma disciplina de um curso de pós-graduação, é importante ter em mente que os diversos participantes estão envolvidos exclusivamente com seus propósitos de pesquisa, sendo que, a expectativa daqueles que passaram pelo sistema educacional tradicional, é a de aprender passivamente a execução de tarefas, como a aplicação de modelos estatísticos, o uso de um programa computacional ou a apreensão de um novo conceito teórico, por exemplo. Entretanto, um dos objetivos desta disciplina consiste justamente em estimular os próprios estudante a desenvolver seus próprios métodos para a aquisição de conhecimento. É desejável desenvolver novos conceitos e não somente aprender os que já existem. É fundamental desenvolver a capacidade de transmitir conhecimento a partir da própria experiência e da aplicação dos próprios métodos.

A principal dificuldade reside na dicotomia entre o grau de profundidade possível de ser atingido no tempo disponível para o estudo e o grau necessário de aprofundamento teórico para se solucionar um determinado problema. Deve-se buscar, portanto, ser consistente tecnicamente e viável ao mesmo tempo, de forma que todas os profissionais sejam capazes de compreender princípios básicos das quatro áreas de estudo, Urbanismo, Geotecnia, Saneamento e Transporte. O grau de aprofundamento técnico e científico que os trabalhos a serem desenvolvido devem atingir, muitas vezes, extrapolam os conhecimentos adquiridos por um profissional, sendo que, é desejável que professores e estudantes naveguem pelo desconhecido para propor estudos inovadores e soluções para problemas urbanos.

Entre as experiências mais recentes sobre a integração do conhecimento surgiu no ano de 2016 com a proposta de um evento interno chamado de *1 Workshop de Projetos em Engenharia Urbana: da Ciência à Prática Projetual*. O objetivo foi realizar um concurso de projetos de intervenção em uma área urbana através de três dias de imersão na prática projetual, compondo equipes multidisciplinares. Entre as principais intenções deste evento estavam o incentivo à aplicação do conhecimento da Engenharia Urbana em uma situação real, o envolvimento de equipes de estudantes e docentes na conscientização da importância da Engenharia Urbana na promoção da qualidade de vida e na minimização de impactos ambientais, com destaque ao papel da geotecnia, do saneamento, dos transportes e do urbanismo como instrumentos projetuais e qualificadores das cidades em estimular o processo criativo e a inovação nas intervenções urbanas.

O tema escolhido para esta atividade foi: “Ambiente e renovação em áreas residuais de vias ferroviárias”, que resultou em propostas de intervenções que se atentaram principalmente às questões que envolveram um trecho da linha férrea em uma região da cidade de São Carlos, SP, aos impactos ambientais, à fragmentação do sistema viário, ao uso e a ocupação do solo e nas consequências para a fragilização do solo do entorno. Assim, alguns trabalhos propuseram intervenções para solucionar problemas viários, de drenagem, de ruído, de erosões, de conflito de zoneamento, de habitação, entre outros. As figuras 2, 3 e 4 apresentam respectivamente, a imagem da área de intervenção, uma das propostas apresentadas e a comissão julgadora.

Figura 2: área de intervenção



Figura 3: Apresentação de uma das propostas



Figura 4 comissão julgadora



Fonte: Acervo 1º PROEU 2016

Esta experiência foi crucial para o estabelecimento dos objetivos, da ementa e do conteúdo programático da disciplina SIEU, os quais se desenvolveram nas discussões subsequentes no ano de 2017.

## 2. O ESTABELECIMENTO DA DISCIPLINA SIEU

O objetivo central da disciplina é estimular nos estudantes o olhar integrado das quatro áreas de conhecimento abordadas pelo programa, de forma a identificar e

sistematizar princípios comuns entre a mobilidade, o saneamento, o planejamento urbano e a geotecnia inerentes ao conceito da Engenharia Urbana.

A disciplina visa capacitar os pós-graduandos para tomadas de decisão e apoiar iniciativas integradas de intervenções no espaço e na gestão urbana, pela identificação e sistematização de técnicas de impacto ambiental reduzido.

O conteúdo básico aborda aplicação de métodos e instrumentos para a avaliação de variáveis físicas no desenvolvimento de atividades que visam contribuir para o desenvolvimento profissional, se valendo de conceitos fundamentais na escala do espaço urbano e suas interfaces com os componentes da infraestrutura. Para tanto, é necessário introduzir conceitos exploratórios referentes às técnicas construtivas de baixo impacto ambiental e de uso racional e conservação de água e de energia, como Planos setoriais e Técnicas integrados em engenharia urbana; os critérios, parâmetros, indicadores e índices de qualidade aplicáveis a sistemas urbanos; Planos, projetos e práticas referenciais.

Em suas diferentes ofertas, a disciplina busca sempre se adaptar às necessidades e requisitos de novos grupos de pós-graduandos, pela aplicação de metodologias mais voltadas à resolução prática de problemas urbanos, e portanto, com foco central no projeto, como pelo desenvolvimento de estudos teóricos, com viés substancialmente científico, no desenvolvimento de artigos voltados às questões urbanas.

O estabelecimento de estratégias de ensino e pesquisa em nível de pós graduação requer o estímulo à crítica sobre conteúdos que envolvem a qualidade de vida nas cidades, os quais podem estar relacionados, a saúde, a justiça social, ao meio ambiente, ao consumo energético e, sobretudo, à sustentabilidade. Assim, se faz necessário o rompimento dos modos didáticos mais tradicionais e o desenvolvimento de dinâmicas mais livres que estimulem a criatividade na apresentação de soluções a partir da observação da realidade. Não se trata de um sistema de aprendizagem hierárquico em que o professor determina ações aos subordinados e cobra, posteriormente, pela aquisição de conhecimento, sem se comprometer com a inovação, com a relevância e a viabilidade das propostas de intervenções urbanas resultantes das dinâmicas.

Muitas vezes, o conteúdo abordado por um disciplina de pós-graduação não contribui efetivamente para todos os projetos de pesquisas a serem desenvolvidas pelas dissertações e teses. Portanto, as dinâmicas de produção de material científico depende, sobretudo, do estímulo à curiosidade dos estudantes e professores. Neste caso, as perguntas elaboradas a partir da observação da cidade real são estimuladas e mais valorizadas do que o domínio técnico propriamente dito. Parte-se do pressuposto que um problema possui diversas respostas, tudo depende do viés sob o



qual ele está sendo observado. A respeito deste aspecto, é importante, por exemplo, considerar a opinião de um engenheiro de transporte sobre o sistema de drenagem urbana, de um advogado sobre zoneamento urbano ou de um engenheiro sanitarista sobre as áreas de proteção ambiental. Ou seja, é importante, considerar as diversas visões de profissionais que nem sempre têm determinado objeto como elemento de seu trabalho cotidiano ou domínio total do assunto a ser tratado.

### **3. AS BASES CONCEITUAIS DA DISCIPLINA SIEU**

Pode-se destacar que a aplicação dos princípios científicos à exploração dos recursos naturais, ao projeto e à construção de comodidades e ao fornecimento de utilidade resumam o propósito da função da engenharia na sociedade. Abiko (2010) relata que a Escola de Engenharia da Cidade de Paris, fundada em 1959, realiza um curso de graduação em engenharia urbana que enfatiza a concepção, a construção e a gestão de cidades, enquanto joga simultaneamente muita atenção à necessidade de desenvolvimento sustentável.

Quando se trata de Engenharia Urbana é importante ressaltar que a pesquisa e o ato de projetar estão intimamente relacionados de várias maneiras e formam a base do sistema de aprendizagem e da aplicação dos princípios de intervenções no meio urbano. O ato de refletir sobre a formação das cidades não deve ser uma tarefa restrita a determinados profissionais. O ato de mapear deficiências, de desenhar soluções e de propor ferramentas de intervenções, tanto no sistema físico como nos processos de gerenciamento urbano, formam a base conceitual do conteúdo programático e das atividades a serem propostas pela disciplina SIEU.

Neste sentido, entende-se que o objeto de estudo deve ser delimitado no tempo e no espaço para se definir as atribuições de cada projeto, seja em termos ambientais, técnicos, culturais, econômicos, sociais, políticos e administrativos, de acordo com as condicionantes espaciais e geográficas de cada situação. A figura 5 representa a dimensão espacial, a dimensão temporal e a dimensão técnica-científica que os processos de tomadas de decisões estão inseridos. No caso da disciplina SIEU, as propostas se concentram nas dimensões espaciais na escala de desenho urbano ao planejamento, considerando um limite temporal de consequências que pode ser de meses ou dezenas de anos.

Figura 5: Dimensões relativas aos processos de tomadas de decisões

		Tempo					Atribuição
		Dias	Semanas	Meses	Anos	Séculos	
Espaço	> 30km						Planejamento Urbano
	3km						Arquitetura da Paisagem
	300m						Desenho Urbano
	30m						Projeto de edificações
	3m						Arquitetura de Interiores
	<0,3m						Tecnologia construtiva
		Concepção	Análise/Síntese	Processos Construtivos	Planejamento	História	

Fonte: adaptado de Nijhuis, Stolk e Hoekstra (2016)

De acordo com Nijhuis, *et al.* (2016) existem três atividades de pesquisa e projeto em que representações visuais se tornam cruciais para análise e avaliação de situações e propostas urbanísticas. A organização das informações sobre os locais de intervenção, o contexto histórico e as condicionantes geográficas são cruciais nas determinações de estratégias de pesquisa e de projeto. O projeto urbano desempenha um papel importante para lidar com a natureza complexa da paisagem. O desenvolvimento de mapas, desenhos e esboços, livres de normas e técnicas específicas, são meios para exibir as inter-relações entre diferentes camadas e escalas, assim, o processo de pensamento passa a ser visual, o que estimula o processo criativo.

A disciplina SIEU se apropria de cinco princípios de desenvolvimento do processo cognitivo, ou seja:

- Observação da paisagem urbana e sua população como um objetos interdisciplinares e dinâmicos os quais estão sujeitos aos processos naturais e humanos.
- Sistematização de informações para compreensão dos processos atuantes sobre o espaço físico e sobre a infraestrutura urbana.
- Encorajamento de proposições interativas entre as diversas disciplinas que envolvem a formação das cidades.
- Exploração das interfaces entre pesquisa e projeto urbano.
- Relação entre ciência, inovação e oportunidades de atuação.

A imprevisibilidade, entretanto, é uma constante neste processo de ensino e pesquisa, tendo em vista que o desenvolvimento de temas e propostas deixam de

ser lineares. Assim, cabe aos docentes a tarefa de mediar, estimular o engajamento e propor as contribuições de todos os membros das equipes, de forma equilibrada a partir de propósitos pré-definidos.

#### **4. A PRÁTICA E A CIÊNCIA DE PROJETOS URBANOS E REGIONAIS**

Em geral, há um conjunto de aulas teóricas expositivas que visam contextualizar as quatro áreas do conhecimento, conduzidas inicialmente por especialistas. Após o ciclo teórico básico, se inicia o ciclo de integração e produção de material técnico, sendo que durante todo o período, um grupo de docentes com formações diversas acompanham a elaboração das atividades.

A oferta da disciplina SIEU do ano de 2018 foi marcada por três propostas de desenvolvimento de material técnico ao longo do período letivo, ou seja, elaboração de filmes sobre cidades, propostas de Intervenções urbanas e elaboração de artigos científicos referentes às propostas de intervenções.

A primeira atividade propôs o uso do recursos audiovisuais para a elaboração de um mini documentário, cujo o intuito foi o de levar os estudantes a desenvolver habilidades criativas e argumentativas a partir da compreensão e da interpretação de situações urbanas reais, descrevendo as características físicas, ambientais e humanas do espaço. Os temas foram propostos pelas próprias equipes de trabalho, já que a detecção de situações, nas quais exigem uma intervenção, é parte da atividade.

Os produtos inicialmente apresentados, versavam sobre os temas e escalas mais variados, desde entrevistas com agentes influenciadores sobre questões de infraestrutura para drenagem superficial em áreas de fundos de vales, ou do uso de muros como barreiras, físicas, econômicas e sociais em áreas condominiais de alta renda, até a discussão crítica de inserção e funcionalidade de parques urbanos em três diferentes realidades brasileiras. Esta atividade inicial ofereceu as bases para o desenvolvimento das propostas subsequente de intervenções e da elaboração de um artigo científico final por equipe.

Destaca-se entre as propostas desenvolvidas naquele período a implantação de técnicas compensatórias para minimizar principais pontos de inundações na via expressa na área urbana de Araraquara-SP que, por meio de estudo da legislação pertinente, do levantamento do histórico da área, das entrevistas e do uso de métodos qualitativos, procedeu-se a escolha das técnicas baseadas, principalmente, no uso de áreas disponíveis para instalação de sistemas de drenagem superficial, já que as sub-bacias hidrográficas abordadas estavam totalmente ou em grande parte inseridas em áreas urbanizadas.

Este estudo apresentou resultados significativos, uma vez que a proposição de

implantar técnicas compensatórias com o intuito de minimizar a ocorrência de inundações se demonstrou ineficiente do ponto de vista quantitativo em algumas localidades; as vazões das técnicas estimadas demonstram pouca representatividade diante da contribuição total das águas pluviais em cada ponto de análise e a ausência de critérios e parâmetros também limitou as estimativas e aproximação com o cenário real após implantação das técnicas. Diante disso, tal pesquisa reforçou a necessidade de um planejamento urbano mais eficaz e atento a incorporação do uso de medidas não- estruturais e estruturais como recurso para a gestão de águas pluviais.

Também foram abordadas em trabalhos da disciplina as questões de mobilidade urbana de Poços de Caldas (MG), cujo processo de urbanização ocorreu fundamentalmente devido ao turismo local, onde em um primeiro momento as águas sulfurosas eram responsáveis pelo fluxo de pessoas, seguido dos cassinos e hotéis municipais, que atraíam turistas de todo o país. O objetivo deste trabalho foi apresentar alternativas viáveis para solucionar os principais problemas da mobilidade da cidade, através da observação de casos semelhantes em outros municípios brasileiros, atrelado a dados do sistema da malha urbana municipal, para concluir alguns modais alternativos de transporte plausíveis para a cidade.

Como resultado, foi possível relatar que a construção de monotrilhos seria uma das alternativas para a melhoria do escoamento das vias, além de melhor integração dos núcleos urbanos e industriais municipais, em paralelo à construção de um novo terminal de linhas urbanas no centro da cidade, interligado ao existente por meio de um VLT, resultando menor congestionamento no centro municipal, e conectando todos os modais e a mobilidade urbana em no município.

Apropriando-se da possibilidade de intervenção em escala regional, o trabalho de propostas de intervenção para regularização da infraestrutura sanitária na bacia de contribuição do córrego do Rio Preto em São José do Rio Preto (SP), abordou medidas mitigadoras para loteamentos irregulares sem infraestruturas sanitárias, na qual já foram levantadas contaminações. Com foco em sistemas de saneamento, a proposta elaborada de aprimoramento da infraestruturas concluiu que seriam atendidas um total de 4.353 habitantes, propiciando a redução de 697 l/dia de esgoto *in natura* despejados inadequadamente no córrego Rio Preto. Assim, estas intervenções relacionam o gerenciamento dos recursos hídricos, com o uso do solo local, visando o bem-estar da população em harmonia com o meio ambiente.

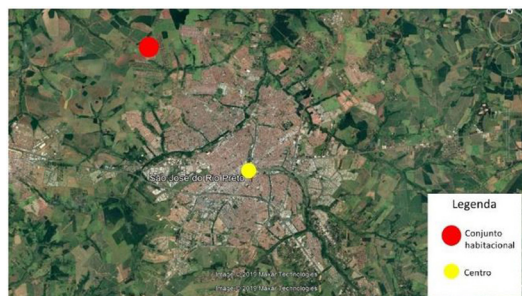
Finalmente, um estudo também em São José do Rio Preto, procurou explorar as técnicas compensatórias de drenagem urbana como unidades de lazer para ampliação de área públicas em loteamentos. Foram realizadas visitas no local de estudo, análises urbanísticas, cálculos de áreas públicas e loteadas, e o cálculo

relacionado ao escoamento superficial de águas pluviais. Assim, foi possível propor a implantação de técnicas compensatórias descentralizadas após realização de cálculos e divisão da área em microbacias, como também desenvolver a posterior proposta de uso de lazer para a bacia de retenção existente no bairro, proporcionando melhor qualidade urbana e de vida para a população.

Neste caso, o perfil das profissionais envolvidas, as arquitetas e urbanistas, uma com afinidades com a área de Manejo de Águas Pluviais, e a outra na área de Habitação de Interesse Social, definiu as diretrizes das intervenções. Foi explorada a relação entre drenagem e o projeto urbanístico de um loteamento de Habitação de Interesse Social.

O objeto de estudo foi um conjunto habitacional pertencente ao programa governamental Minha Casa Minha Vida, localizado na cidade de São José do Rio Preto, estado de São Paulo (Figura 6). O local foi escolhido por apresentar cerca de 1600 famílias, estar em uma região periférica da cidade, com carência de equipamentos públicos e com carência de serviços de transporte público, por estar isolada da malha viária principal.

Figura 6. Localização do conjunto habitacional em relação ao centro da cidade de São José do Rio Preto



Fonte: Google Earth adaptado pelos autores (2018)

A visita ao conjunto habitacional contribuiu para a realização de entrevistas com moradores e averiguar as condições das áreas públicas no local, o sistema de transporte público e a implantação do sistema de drenagem urbana.

As entrevistas buscaram informações do maior número de pessoas possível, sendo que um membro da equipe se preocupou em relatar o bem-estar dos moradores, como se sentiam na residência, como realizavam suas atividades diárias e como era constituída a família, a outra, conversou com moradores que estavam caminhando pela rua, sendo que as entrevistas foram direcionadas para detectar as impressões sobre a qualidade urbana e do conjunto de lazer atual.

A maioria dos relatos se referiam ao excessivo tempo de deslocamento, tanto

via transporte público quanto com veículos particulares, para centro da cidade. Portanto, foram propostas algumas alterações no itinerário do ônibus, pensando na caminhabilidade do pedestre pelo conjunto e na implantação de ciclovia nas principais vias do entorno, além de ligar a uma ciclovia de lazer implantada dentro do parque urbano proposto.

No conjunto foi encontrada uma bacia de detenção/infiltração que estava em péssimas condições de cobertura vegetal, todas as áreas verdes do conjunto estavam cercadas e com placas indicativas de proibição de descarte de lixo, de nadar, de fazer fogueira, de criar animais, de ocupar e desmatar, porém não existe qualquer espécie vegetal plantada nestes lugares, apenas solo exposto. Foram localizados quatro poços de abastecimento de água potável, e locais de descarte irregular de resíduos da construção civil (Figura 7).

Figura 7. Localização da bacia de detenção, poços de abastecimento, áreas verdes e descarte de resíduos



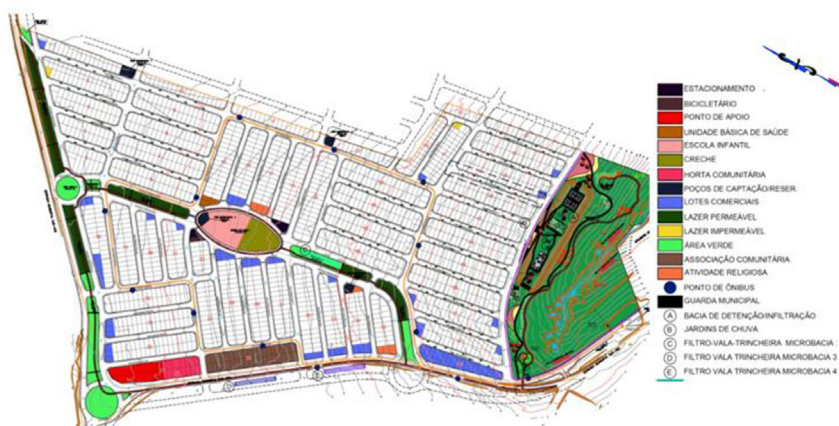
Fonte: Google Earth adaptado pelos autores (2018)

Conclui-se que seria necessário rever a quantidade de áreas institucionais, o sistema viário, as áreas de lotes, as áreas de lazer e as áreas comerciais pois estavam inconsistentes com a Lei Federal nº 6766 de 1979 que institui o Parcelamento do Solo Urbano e a Lei Complementar Municipal nº 224 que institui o Plano Diretor Sustentável do município de São José do Rio Preto.

A proposta de intervenção procurou solicitar a alteração do uso do solo criando áreas para creches, escolas infantis, unidade básica de saúde, horta comunitária, lotes comerciais descentralizados, associação de bairro, área para atividade religiosa, posto da guarda municipal e ponto de apoio para descarte dos resíduos da construção civil. Essas alterações permitem que a área destinada a bacia de detenção/infiltração

possa ser utilizada como área de lazer, assim como seu entorno que foi transformado em um parque urbano (Figura 8). No mapa obtido junto a prefeitura municipal constavam 12 nascentes em uma área de preservação permanente dentro da área delimitada pelo conjunto, próxima à bacia, o que foi mais um motivo para que a intervenção dedicasse atenção especial para essa área.

Figura 8 - Implantação do conjunto habitacional com as mudanças de uso do solo e proposta de uso de lazer em bacia de detenção/infiltração



Fonte: Adaptado de PMSJRP (2018)

A área de infiltração da bacia foi reduzida para a implantação de quadras esportivas com pisos e gramados (Figura 9), que possam ser utilizadas em períodos de seca, o que auxilia a reduzir a degradação do espaço por parte da comunidade. Mas para compensar essa redução de área de infiltração, foram propostas trincheiras de infiltração em outras áreas verdes do conjunto e jardins de chuva nas vias (Figura 9), o que descentraliza a drenagem urbana e ainda auxilia na redução da velocidade dos automóveis em vias com topografia mais íngreme. As intervenções se basearam nos princípios e aspectos relacionados ao WSUD – Water Sensitive Urban Design. (DOLMAN; SAVAGE; OGUNYOYE, 2013).

Figura 9 - Proposta de uso de lazer em bacia de detenção/infiltração



Fonte: Autores (2018)

Figura 10 - Proposta de jardins de chuvas nas vias



Fonte: Autores (2018)

Entre as limitações deste trabalho, destaca-se a dificuldade para relacionar a geotecnia com os temas de projeto, pois há carência de informações sobre o tipo de solo do local. Entende-se que para a implantação das técnicas compensatórias de drenagem urbana deveria ser feita uma análise do tipo de solo e sua taxa de permeabilidade, o que poderia atestar a eficiência das propostas.

Após o projeto foi elaborado um artigo científico com o título “Possibilidade de uso de técnicas compensatórias de drenagem urbana como unidades de lazer para ampliação de áreas públicas em loteamentos”, como avaliação final da disciplina.

## **5. RELATOS DOS PARTICIPANTES DA PRIMEIRA TURMA**

De acordo com a maioria dos participantes das dinâmicas de pesquisa e projetos de intervenção propostas pela disciplina SIEU, foi possível compreender como o conteúdo transmitido em sala de aula pôde ser aplicado em lugares reais. A troca de informações entre os participantes e a observação dos trabalhos de outros grupos também foram importantes para analisar as variáveis e condicionantes de cada lugar ou cidade escolhida, pois foram apresentados trabalhos de municípios do Estado de São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Rio de Janeiro, além de ser possível verificar como as questões ambientais, culturais e sociais devem interagir para a execução dos projetos.

Entre as dificuldades relatadas pelos participantes, as reuniões fora da sala de aula foi a mais recorrente, já que muitos residem em cidades distantes, sendo necessárias reuniões por vídeo conferência. O tempo curto para a realização das tarefas e a escassez de bases confiáveis de informações públicas também foram relatadas pelos participantes.

Assim, a metodologia proposta para a disciplina no ano de 2018 caracterizou-se,



significativamente, pelo estímulo da discussão crítica e integrada de problemas urbanos aplicada à tomada de decisão e desenvolvimento projetual, cujos produtos se desdobraram no desenvolvimento de artigos especulativos sobre as potenciais contribuições das medidas propostas para a área de conhecimento, fortalecendo o caráter multidisciplinar e buscando a potencialização das interrelações entre pesquisa e prática.

## **6. A DEFINIÇÃO DE UM OBJETO DE ESTUDO COMUM E INTERDISCIPLINAR**

A oferta do ano de 2019 caracterizou-se pela proposição de um objeto de estudo único a todos os participantes da disciplina, que possibilitasse abordagens distintas e integradas entre diferentes disciplinas da Engenharia Urbana.

O aterro sanitário foi eleito dentre as vastas possibilidades de delimitação de objeto, especialmente pela sua ampla gama de conflitos envolvendo questões ambientais e socioeconômicas, com implicações equitativamente importantes nas variadas áreas de conhecimento envolvidas.

Uma vez definidas as especificidades do objeto de estudo selecionado, o caráter dos produtos desenvolvidos pelos participantes orientou-se mais à discussão de cunho científico, focada em revisão aprofundada da literatura, desenvolvimento de hipótese ou questão de pesquisa, e consequente produção de peças escritas. A opção pela transformação das atividades avaliativas, anteriormente focadas na prática, por trabalhos de pesquisa aplicada, calçou-se nas potencialidades de incentivo ao raciocínio científico e desenvolvimento de habilidades voltadas à escrita científica, de forma a colaborar com o desenvolvimento dos participantes como pesquisadores, e contribuir também para a qualidade geral de suas pesquisas e trabalhos principais, extrapolando os limites da simples forma de avaliação da disciplina.

As temáticas abordadas pelos estudantes-pesquisadores em torno do objeto pré-determinado foram orientadas de diferentes formas, considerando os diversos tipos de impactos positivos e negativos, e procedimentos de tomada de decisão acerca da implementação e funcionamento de tais empreendimentos.

Sob a ótica estratégica, um dos temas abordados foi a da situação do aterro situado na cidade de Meridiano (SP) que serve uma gama de dezenas de cidades, em sua maioria de pequeno porte e situadas a até 100km de distância do empreendimento, de forma a avaliar a viabilidade econômica e ambiental dessa forma de descarte relacionando as variáveis relacionadas ao custo e impacto ambiental do deslocamento em relação ao impacto de implementação de um novo aterro nos limites do município. Complementarmente a aplicação de metodologias específicas de zoneamento para

avaliação e caracterização de regiões favoráveis e restritivas para implementação de aterros sanitários, conforme os atributos geológicos e geotécnicos, foi realizada adotando como caso de estudo a sub-bacia Jacaré-Guaçú, onde se encontra parte do município de São Carlos.

As relações entre a proximidade dos aterros sanitários e as manchas urbanas e a análise de suas implicações mediante a aplicação de indicadores de sustentabilidade urbana também foram discutidos para algumas das principais capitais estaduais brasileiras, que por constituírem algumas das cidades mais populosas do país, são também alguns de seus principais polos geradores de resíduos sólidos.

A questão das medidas mitigadoras também se encontra entre os temas tratados, na busca de medidas integradas que possam, minimizando os esforços econômicos e de transformação do espaço físico, servir a deferentes formas de mitigação dos impactos negativos da implementação de um aterro no ambiente e na sociedade diretamente afetada. De forma mais pontual, também foi abordada a produção de energia pela queima do gás metano coletado nos aterros, avaliando suas potencialidades e limitações mediante a conhecida curva de decrescimento da produção de gás ao longo dos anos durante o seu funcionamento e após sua desativação.

Assim, pode-se observar que o novo viés adotado pela disciplina SIEU, apesar de suas restrições temáticas (que por vezes acarretaram limitações ao trabalho dos alunos-pesquisadores) também permitiu a experimentação das ações interdisciplinares da Engenharia Urbana, observada a complementaridade entre os diferentes temas de pesquisa adotados frente ao mesmo objeto de estudo.

## **7. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO PARA ATIVIDADES FUTURAS**

Diante do aprendizado proporcionado pelas potencialidades e limitações das diferentes estratégias adotadas na disciplina SIEU ao longo dos anos, é imprescindível a sua aplicação para melhoria contínua das metodologias de ensino aplicadas.

Se a aplicação de atividades de prática projetual e tomada de decisão mostraram-se enriquecedoras do ponto de vista do crescimento profissional observado nos participantes, tal estratégia apresentou a limitação de transposição dos temas em formato de pesquisa científica, dificultando a observação de contribuição para a área de conhecimento a partir da prática de projeto urbana. Por outro lado, a definição de um objeto de estudo único para desenvolvimento de pesquisa de caráter científico, contribuiu para que os pesquisadores pudessem observar as possibilidades de atuação de cada especialidade sobre o objeto em questão, no entanto, limitou o aprofundamento dos participantes num tema de pesquisa com o qual, em sua maioria, não tinham familiaridade.

Dessa forma, os caminhos para evolução dos procedimentos metodológicos a serem aplicados no curso são inúmeros. Mas diante das conclusões obtidas pela experiência de ensino dos últimos anos, observa-se que um caminho promissor é a abordagem com enfoque no desenvolvimento de pesquisa de caráter científico, mas de temática livre, de forma que os participantes possam encontrar sinergias entre suas diferentes áreas de pesquisa, buscando interferências e consonâncias entre temas que possam resultar em trabalhos multidisciplinares, integrados, aprofundados e de relevância para a Engenharia Urbana.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 8. REFERENCIAL

Abiko, A. Urban Engineering: Concepts and Challenges University of São Paulo - Escola Politécnica. In: Pina Filho, A. C., Pina, A. C. Methods and Techniques in Urban Engineering. 2010. ISBN: 978-953-307-096-4. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/methods-and-techniques-in-urban-engineering>. Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. Ministério da Educação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Documento de Área 2016 – Engenharias I. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2016.

BRASIL. *Lei nº 9.785 de 29 de Janeiro de 1999*. Altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941 (desapropriação por utilidade pública) e as Leis nos 6.015, de 31 de dezembro de 1973 (registros públicos) e 6.766, de 19 de dezembro de 1979 (parcelamento do solo urbano). Congresso Nacional. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9785.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9785.htm). Acesso em: 11 dez. 2019.

BRASIL. *Lei nº 11.124, de 16 de junho de 2005*. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social – SNHIS, cria o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social – FNHIS e institui o Conselho Gestor do FNHIS. Congresso Nacional. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2005/Lei/L11124.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11124.htm) Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001*. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009*. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas; altera o Decreto-Lei no 3.365, de 21 de junho de 1941, as Leis nos

4.380, de 21 de agosto de 1964, 6.015, de 31 de dezembro de 1973, 8.036, de 11 de maio de 1990, e 10.257, de 10 de julho de 2001, e a Medida Provisória no 2.197-43, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11977.htm) Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015*. Institui o Estatuto da Metrópole, altera a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13089.htm) Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012*. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nºs 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e das Leis nºs 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009*. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção

e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997*. Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9478.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9478.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001*. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/LEIS\\_2001/L10295.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. Plano Nacional Eficiência Energética. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/plano-nacional-de-eficiencia-energetica>. Acesso em: 11 dez 2019.

BRASIL. *Lei nº 6766, de 19 de dezembro de 1979*. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, [1979]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L6766.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6766.htm). Acesso em: 11 dez 2019.

Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Plano Nacional de Energia - 2030. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 11 dez 2019.

DOLMAN, N.; SAVAGE, A.; OGUNYOYE, F. Water-sensitive urban design: learning from experience. ICE – Municipal Engineer, v. 166, ME2, 86-97p., 2013.

MARTINARD, C. Le génie urbaine, Rapport au Ministre de l'Équipement, du Logement, de l'Aménagement du Territoire et des Transports. La documentation française, Paris, 1986.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Eficiência Energética: Guia para Etiquetagem de Edifícios Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental. Departamento de Mudanças Climáticas. v. 2, Brasília. 2015.

Programa de Pós graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: [y](#). Acesso em: 4 nov. 2019.

Programa de Pós graduação em Engenharia Urbana. Universidade Federal de São Carlos. 1º. PROEU 2016 I WORKSHOP DE PROJETOS EM ENGENHARIA URBANA DO PPGEU: da ciência à prática projetual - EDITAL DO CONCURSO 1/2016 - DIAS 8, 9 e

10 /11/2016.

SÃO JOSÉ DO RIO PRETO. *Lei Complementar nº 224, de 06 de outubro de 2006*. Dispõe sobre o Plano Diretor De Desenvolvimento Sustentável de São José Do Rio Preto. São José do Rio Preto, Câmara Municipal [2006]. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-sao-jose-do-rio-preto-sp>. Acesso em: 11 dez 2018.

SCHIMIDT, L. O.; CACCIA, L.; FELIN, B. A engrenagem urbana brasileira. WRI Brasil, 11 set. 2018. Disponível em: [https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/09/engrenagem-urbana-brasileira?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com.br](https://wribrasil.org.br/pt/blog/2018/09/engrenagem-urbana-brasileira?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com.br). Acesso em: 30 nov 2019.

Nijhuis S., Stolk E., Hoekstra M.. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Urban Design and Planning*, v. 170, n. 3, june 2017 p. 96–106. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1680/jurdp.16.00013> Paper 1600013. Acesso em: 11 dez 2018.

# ANÁLISE DOS VAZIOS URBANOS DO MUNICÍPIO DE ARARAQUARA

Analysis of Urban Voids of the Municipality of Araraquara

*Luiz Antônio Nigro Falcoski<sup>1</sup>*

*Cláudio Robert Pierini<sup>2</sup>*

## RESUMO

O argumento e objetivo principal deste artigo é aprofundar os estudos teóricos-conceituais e metodológicos sobre os vazios urbanos econômicos do Município de Araraquara em um quadro histórico de produção do espaço urbano e desenvolvimento territorial para uma cidade mais compacta, justa e sustentável. O problema de pesquisa refere-se ao percentual de vazios urbanos econômicos conjunturais não loteados e loteados presentes na área urbana de Araraquara, tendo como objetivo, além de estabelecer este percentual, produzir meios capazes de mapear os locais de maior parcela destes vazios e identificar qual o tempo de vacância dos loteamentos reunidos por décadas, ou seja, a “idade” dos vazios urbanos. Como resultado mostra-se que a maior parcela deste tipo de vazio urbano em Araraquara não compõe a dos loteados, mas que podem vir a ser loteados por já fazerem parte da área urbana. Da mesma maneira, apesar de menor a quantidade de solo vazio em áreas já loteadas (apenas 13,46% do total de vazios), o que nos preocupa, 40% deles já estão loteados há 30 anos. Esta pesquisa e estudo tem também como resultado final contribuir e auxiliar o processo de análise e avaliação dos vazios urbanos a luz da função social da propriedade e eficácia dos instrumentos de produção do espaço urbano presentes nos planos diretores municipais.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Vazios Urbanos, Loteamentos, Araraquara, Idade de Vacância.

## ABSTRACT

The main argument and objective of this article is to deepen the conceptual and methodological theoretical studies on the economic urban voids of the Araraquara Municipality, in a historical framework of the implementation and production of

---

(1) Doutor, PPGEU UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. [luizfalcoski@gmail.com](mailto:luizfalcoski@gmail.com) (orientador)

(2) Doutorando, PPGEU UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. Esse capítulo integra os resultados de projeto de pesquisa de doutorado e estudos sobre os vazios urbanos do município de Araraquara (SP), relacionado aos índices de compacidade e de dispersão e outros instrumentos presentes nos planos diretores. [cpierini@gmail.com](mailto:cpierini@gmail.com)

urban space and territorial development for a more compact, fair and sustainable city. The research problem refers to the percentage of economic urban voids that are not allotments and allotments present in the urban area of Araraquara, with the objective of establishing this percentage, producing means capable of mapping the places of a greater portion of these voids and identify the vacancy time of the allotments gathered for decades, that is, the "age" of urban voids. As a result it is shown that the largest portion of this type of urban void in Araraquara does not compose that of the lots, but that they can be lots because they are already part of the urban area. Similarly, despite less the amount of empty soil in areas already batched (only 13.46% of total voids), alarmingly, 40% of them have been batched for 30 years. This research and study also has as its final result to contribute and assist the process of analysis and evaluation of urban voids the light of the social function of the property and effectiveness of the instruments of production of the urban space present in the municipal master plans.

**Keywords:** Urban Engineering, Urban Voids, Allotments, Araraquara, Age of Vacancy.

## 1. INTRODUÇÃO

*“A compreensão dos vazios urbanos existentes nas cidades requer uma observação e análise do jogo de força entre os diferentes atores que produzem o espaço urbano e dos interesses que os motivam. A compreensão dos vazios urbanos perpassa pela observação das relações sociais desenvolvidas num determinado espaço, como elas influenciam a criação do espaço e moldam a malha urbana” (CONTI et al., 2014; p.12).*

Villaça (1983) explica que os vazios urbanos são áreas urbanas dotadas de equipamentos ou ainda pouco equipadas, que possuem glebas ou lotes que se encontram vagos em grande quantidade. Em adição de Dittmar (2006), os vazios urbanos são compostos de espaços edificados, ou não, que são caracterizados como “resíduos” do crescimento e do desenvolvimento urbano. Além disso, podem ser denominados vazios urbanos aquelas áreas que não cumprem sua função social e que, em grande parte, apresentam potencial de valorização imobiliária (BORDE, 2013).

Dozena (2008) complementa que os vazios urbanos diminuem a acessibilidade no interior das cidades, porque dificultam o acesso entre o centro e as diferentes regiões, principalmente no que se refere aos movimentos pendulares (habitação, trabalho e escola) e, como consequência, a municipalidade deve estender sua rede de serviços e infraestruturas para que possa atender demandas de toda a população,



que tende a causar impactos nos custos e na destinação de recursos em curto, médio e longo prazos.

Entretanto, os vazios urbanos podem sofrer interferência por parte da municipalidade, visto que após a aprovação do Estudo da Cidade (Lei 10.257/2001) (BRASIL, 2002), alguns instrumentos urbanísticos podem ser aplicados, buscando o cumprimento da função social da propriedade por meio do parcelamento, edificação ou utilização compulsórios (PEUC), IPTU progressivo no tempo e a desapropriação com pagamento por meio de títulos da dívida pública. De toda forma, experiências de aplicação destes instrumentos são muito incipientes, tendo como principal resultado o município de Maringá no Estado do Paraná (BRASIL, 2015).

No Município de Araraquara o Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana Ambiental (LC 350/2005), seguindo os princípios do Estatuto da Cidade, instrui e aborda a questão da gestão do planejamento, produção da cidade e dos vazios urbanos sob 3 aspectos fundamentais (FALCOSKI, 2007; 123): a) O Plano Diretor deve ser um instrumento de reforma urbana, garantindo a função social da propriedade urbana; b) O Plano Diretor deve ter caráter redistributivo, com a inversão de prioridades dos investimentos públicos e planejamento descentralizado; e c) O Plano Diretor deve ser um instrumento de gestão política da cidade, representando um processo social de pacto territorial em torno de direitos e garantias urbanas de planejamento participativo.

Todavia, nem todas as áreas vazias contidas no perímetro urbano estão deixando de cumprir efetivamente sua função social. Algumas exceções devem ser consideradas, visto que os vazios não são apenas uma categoria econômica, que podem ser edificados ou compor parte de uma transação financeira.

Há, por exemplo, vazios urbanos não econômicos que compõem áreas verdes e de proteção permanente, sendo categorizadas como vazios ambientais. Da mesma forma, existem vazios institucionais, ou seja, áreas pertencentes aos três Poderes, presentes no território do município tais como praças, ruas, avenidas, estradas, canteiros centrais, entre outros, que não são passíveis de edificação com qualquer finalidade, desde que respeitado o ordenamento jurídico correspondente. Os vazios econômicos são próprios para loteamento e estão disponíveis para produção de habitações e serviços, seguindo regras impostas por leis orgânicas específicas, que ditam as regras de como tais edificações podem ocorrer.

A categorização de vazios em econômicos e não econômicos se refere aos limites e funções de tais vazios. Por outro lado, Borde (2006) caracteriza os vazios de acordo com as consequências das intervenções em relação ao uso do solo urbano, podendo ser estruturais, conjunturais ou projetivas.

Os vazios urbanos contidos na categoria estrutural, ou seja, vazios cuja função anterior se tornou obsoleta, estão ligados aos movimentos da economia, em especial, nos momentos de crise (BORDE, 2006), e de seu impacto nos diferentes usos do solo urbano, tendo como exemplo áreas centralizadas ocupadas anteriormente por indústrias e que as deixaram rumo outros países, estados, municípios ou ocupação em diferente área no mesmo município ou que ainda passaram por processo de falência. Áreas que possuem vocação e disponibilidade para passarem pelo processo de *retrofitting*.

A segunda categoria apontada por Borde (2006) é composta pelos vazios projetivos, que são provenientes de processos que têm o Estado ou como produtor, ou indutor – para a produção de terceiros – de intervenções urbanas, especialmente aquelas relacionadas às obras viárias e espaços resultantes de legislação urbana imposta sobre o edificado (BORDE, 2006).

Finalmente, a terceira categoria está relacionada às conjunturas diversas sejam elas de ordens políticas, econômicas, sociais e/ou jurídicas que levam à formação de vazios urbanos, ou seja, decisões ou até mesmo omissão por parte da municipalidade, preço elevado de lotes em determinadas áreas, o que favorece a vacância, leis que permitem ou proíbem a ocupação de determinadas áreas, enfim, abarca aquilo que não se encaixa na primeira, nem na segunda categoria. Definição esta que define o conjunto dos vazios urbanos econômicos observados em Araraquara, salvo alguns casos próximos à linha férrea que se encaixam de maneira mais adequada na categoria estrutural, consequência de crises entre o final da década de 1970 e início da década de 1990. Deste modo, os vazios de Araraquara compõem majoritariamente a categoria vazios urbanos econômicos conjunturais e que direcionam, efetivamente, as análises apresentadas neste capítulo.

Por isso, o conjunto dos vazios urbanos deve compor o grupo das variáveis que impactam diretamente na forma de qualquer território urbano, além da área e do perímetro, pois alteram, especialmente, as distâncias, que conseqüentemente, influenciam no resultado da dispersão populacional e nos custos de serviços atrelados à tal dispersão, como, por exemplo, os serviços de mobilidade.

## **2. MATERIAIS E MÉTODO**

Este capítulo foi redigido com o intuito de aprofundar os estudos sobre os vazios urbanos do município de Araraquara situado no Estado de São Paulo. O problema de pesquisa selecionado para este trabalho foi o de elucidar qual o percentual de vazios urbanos econômicos conjunturais não loteados e loteados presentes na área urbana de Araraquara, tendo como objetivo, além de estabelecer o percentual, produzir

meios capazes de mapear os principais locais que abarcam a maior parcela destes vazios, assim como o tempo de vacância que cada área apresenta, ou seja, a “idade” dos vazios urbanos.

Os vazios levantados são aqueles presentes no ano de 2019, sendo eles loteados ou não loteados – cabe aqui uma equalização dos termos, visto que os vazios totais são compostos pelos loteados e não loteados dentro do perímetro urbano; a pesquisa parte do levantamento sobre o total destes vazios e depois os posiciona de acordo com as áreas loteadas, para que se tenha conhecimento sobre qual a parcela destes vazios já está disponível em forma de loteamentos. Para a análise da quantidade de vazios, então, foram necessários dados produzidos com a utilização da tecnologia de geoprocessamento por intermédio do *software* QGIS 2.14.19 na versão *Essen*, tendo como base cartográfica a ferramenta *Bing*, que coleta informações via satélite e fornece por georreferenciamento os dados especializados sobre a localização de cada um dos vazios.

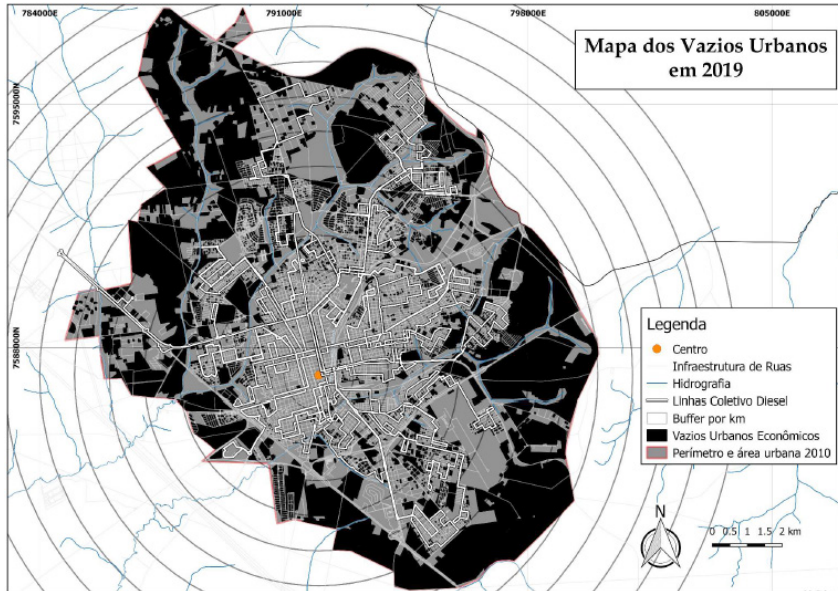
Por isso, para a produção dos mapas, 3 camadas precisaram ser utilizadas. A primeira camada (camada 1) contou com dados relacionados aos loteamentos aprovados por ano entre o período de 1925 até 2015. Já a segunda camada (camada 2) fora construída de acordo com as informações espaciais sobre os vazios urbanos totais que cobrem a área urbana do município de Araraquara, contabilizados e desenhados um a um de acordo com as informações oferecidas pela terceira camada (camada 3), acessória, ou seja, não produzida pelos autores deste trabalho, mas utilizada como base cartográfica para identificação dos vazios urbanos, provenientes do *Bing* e que, automaticamente, é plotada pelo QGIS.

Após o levantamento da quantidade e local dos vazios, cada um foi cruzado com a localização referente aos loteamentos aprovados no município de Araraquara desde 1925 até 2015, para que se determinasse qual a “idade da vacância”.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

No Mapa 1 é possível visualizar a distribuição destes vazios urbanos. Também foram utilizados no Mapa 1 critérios de contraste onde as áreas em cor cinza representam as áreas vazias e as loteadas ocupadas, sendo adicionadas a tal categorização pela cor cinza as áreas de mananciais e as áreas de proteção permanente, que não compõem a área dos vazios econômicos conjunturais. Por outro lado, a cor preta representa o vazio urbano presente no perímetro urbano que delimita a área total urbana do município em 15.253,53 hectares, sendo deste total, no ano de 2019, 6.303,07 hectares vazios urbanos econômicos conjunturais totais, resultando em 41,32% de áreas vazias.

Mapa 1: Mapa dos vazios urbanos totais de Araraquara em 2019



Fonte: Autores, 2019

Todavia, o foco desta pesquisa analisa que, dentro destes quase 42% de vazios urbanos total, há vazios já loteados compondo 848,45 hectares, o que representa, em relação ao total loteado entre 1925 e 2015 de 5.815,45 hectares, 14,58% e, em relação ao total de vazios na área urbana, 13,46%. A maior parcela do que está vazio em Araraquara ainda não fora loteado e esta é a principal situação a ser observada.

Tendo então a sobreposição destas duas camadas (camadas 1 e 2) foi possível identificar cada um dos vazios dentro dos limites de cada um dos loteamentos. Tal análise permite inferir há quanto tempo, considerando a aprovação de loteamentos, que determinados vazios estão presentes na área urbana, possibilitando, além de um resultado baseado no espaço, também baseado no tempo. Do vazio urbano econômico conjuntural total, utiliza-se o vazio urbano econômico conjuntural loteado para a análise da “idade”.

O modo de organização dos dados teve como objetivo apontar para a proporção de vazios ainda a ser ocupada dentro do que já fora loteado e o período que estão em vacância. Na Tabela 1 é possível observar que loteamentos aprovados até o ano de 1990 representam 39,63% do total de vazios loteados existentes em Araraquara no ano de 2019.

A disposição proposta abre possibilidades para discussões sobre os motivos que

permitiram tal vacância por período extenso e ainda acena para a implantação de mecanismos existentes que poderiam ser postos em prática, efetivamente, tais como o IPTU progressivo e o PEUC, por exemplo, que têm como objetivo garantir a função social para tais vazios.

O Gráfico 1 traduz a informação da Tabela 1 para facilitar o entendimento sobre as proporções e a participação dos loteamentos, sejam eles mais antigos ou mais recentes na composição do total de vazios urbanos loteados de Araraquara no ano de 2019. Por exemplo, tudo que fora aprovado entre 1971 e 1980 ainda apresenta 20,04% do total como vazio urbano loteado.

Da mesma forma, uma vacância de 30 anos de um percentual de quase 40% dos vazios já loteados demonstra tendências, inclusive na elevação de custos de transportes e outros serviços atrelados. Além da análise que consiste em identificar a “idade de vacância” dos vazios de acordo com a data dos loteamentos que os aprovaram, é possível inserir uma análise que não só trate do tempo de existência dos vazios, mas também da distância que estão em relação à centralidade, sejam eles vazios loteados ou não loteados, visto que muitos destes vazios mais próximos da centralidade podem ser mais antigos que os mais recentemente aprovados, mostrando que os vazios mais “novos” poderiam ter sido evitados.

Tabela 1: Vazios loteados presentes em 2019 e o período de abertura dos loteamentos

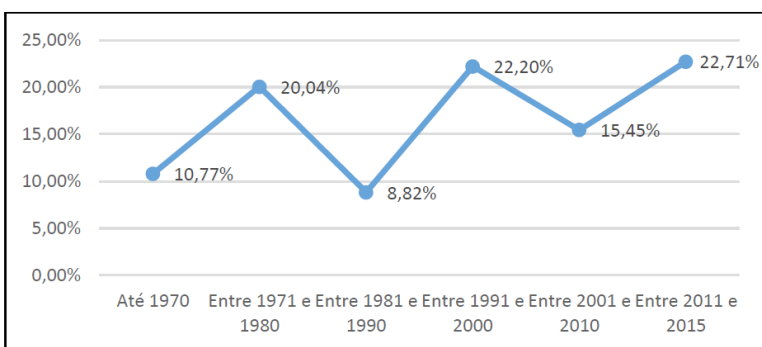
Período de loteamento	Vazios presentes em 2019 em relação ao total
Até 1970	10,77%
Entre 1971 e 1980	20,04%
Entre 1981 e 1990	8,82%
Entre 1991 e 2000	22,20%
Entre 2001 e 2010	15,45%
Entre 2011 e 2015	22,71%

Fonte: Autores, 2019

Os Gráficos 2 e 3 demonstram o percentuais e áreas de vazios urbanos totais (loteados e não loteados) por cada raio/km, apontando valores elevados entre os quilômetros 4 e 8, conforme complementa a Tabela 2 e muito adequadamente espacializa o Mapa 2.

Sendo assim, este capítulo teve como base a análise dos vazios urbanos presentes na área urbana do município de Araraquara, seja por distância em relação ao centro ou por “idade da vacância”.

Gráfico 1: Vazios presentes em 2019 e o período de abertura dos loteamentos



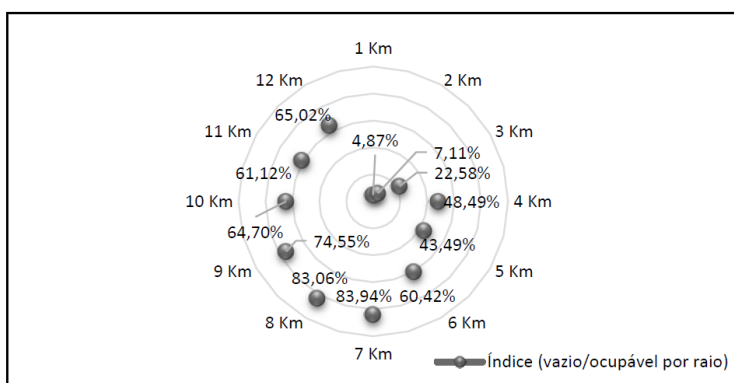
Fonte: Autores, 2019

Tabela 2: Vazios urbanos por raio e somatório

	1 Km	2 Km	3 Km	4 Km	5 Km	6 Km
Vazio por raio isolado (ha)	11,04	48,52	260,21	705,34	692,87	1068,71
Vazio soma (ha)	11,04	59,56	319,78	1.025,12	1.717,99	2.786,70
	7 Km	8 Km	9 Km	10 Km	11 Km	12 Km
Vazio por raio isolado (ha)	1571,69	1124,64	418,469	259,64	125,89	16,02
Vazio soma (ha)	4.358,40	5.483,04	5.901,51	6.161,15	6.287,04	6.303,07

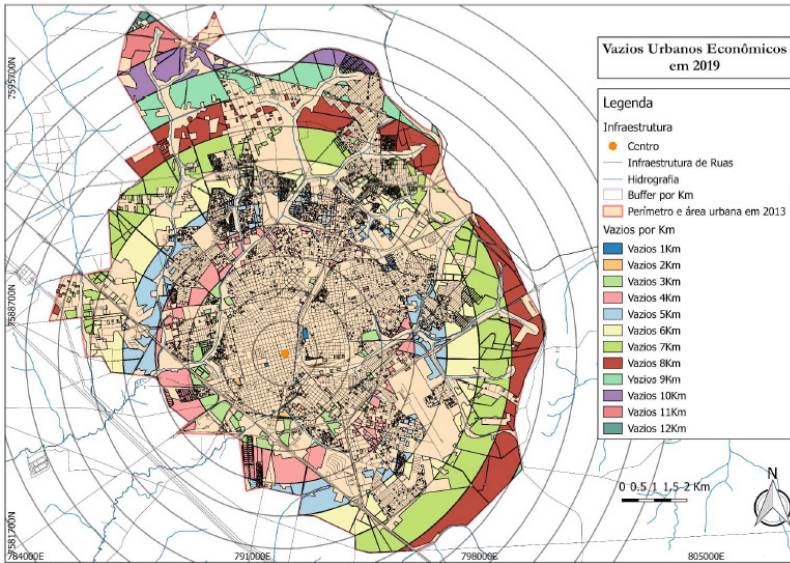
Fonte: Autores, 2019

Gráfico 2: Percentual de Vazios totais por Km de Raio



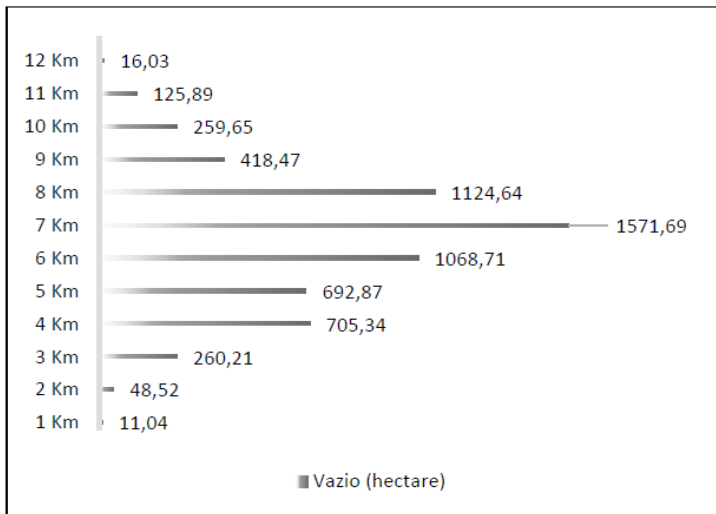
Fonte: Autores, 2019

Mapa 2: Vazios Urbanos totais Raio/Km em 2019



Fonte: Autores, 2019

Gráfico 3: Vazio urbano econômico total por hectare em relação ao Raio por Km



Fonte: Autores, 2019

Além disso, as análises compreenderam a persistência destes vazios ao longo do tempo, sendo todos os dados produzidos e cruzados por camadas com o auxílio do *Software* QGIS Essen versão 2.14.19, que fomentou a tradução dos dados sobre áreas e perímetros por tabelas e gráficos, assim como por cartografia – produção de mapas com as devidas escalas e coordenadas.

#### **4. CONCLUSÃO**

Dessa forma, analisar a presença dos vazios e identificar o percentual vacante no meio urbano pode alertar para a necessidade de mudanças na forma como cada município faz a gestão do solo urbano, ou seja, entender que o solo vazio pode trazer impactos em longo prazo e que a discussão sobre ele vai muito além da propriedade privada e alcança um debate mais encorpado sobre os problemas vinculados aos custos da infraestrutura urbana mantida pela coletividade gerados em diversas gestões, que obviamente passam, e os problemas em longo prazo persistem.

Tal quantidade de vazios oportunizaria a possibilidade de promoção de políticas públicas para cidades compactas, mesmo que a visão seja limitada aos custos de infraestrutura, mas que não requer apenas a inserção das classes mais baixas de renda nas áreas vazias. Demanda também um pensamento em longo prazo, já que não é um problema que se instaurou de um dia para o outro. Inicialmente, apenas com a informação sobre a “idade” dos vazios já se faz prudente observar que esta situação fora criada em diversas gestões, seja produzida voluntariamente por interesses de grupos ligados ao Executivo e/ou Legislativo, seja involuntariamente, por omissão.

Claramente os municípios sofrem na atualidade (em 2019) um alto índice de endividamento e não conseguem ter capacidade para honrar os compromissos mais básicos provenientes das despesas correntes, quem dirá de investimentos. Um olhar atento aos vazios, então, poderia ser pensado como forma de garantir sustentabilidade às municipalidades, diminuindo a pressão de encargos produzidos por gestões equivocadas do território.

Neste caso, os dados apontam tanto o efetivamente loteado e ocupado quanto o ocupável dentro da área urbana delimitada pelo perímetro, que no caso de Araraquara é datado de 2013. Tais vazios formam uma variável importante que influencia a forma urbana. Dados que demonstram que aproximadamente 42% (5.815,55 hectares) do total de área urbana é vazia e, que no conjunto destes vazios há quase 850 hectares de vazios urbanos econômicos conjunturais em área loteada, tende a mostrar qual caminho a política territorial deveria seguir, ou seja, o da efetiva ocupação destes vazios loteados afim de oportunizar o aproveitamento da



capacidade de infraestrutura consolidada, o que expira cuidados em não promover novos loteamentos em áreas dentro do perímetro urbano demarcado, evitando o estímulo e a produção de maior vacância e “idade” destes vazios, que impactam diretamente na efetividade dos índices urbanísticos propostos nos planos diretores, produzidos com vistas à ocupações mais justas, democráticas e sustentáveis.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **5. REFERENCIAL**

ARARAQUARA. *Lei Complementar nº. 350, de 27 de dezembro de 2005*. Institui o Plano Diretor de Desenvolvimento e Política Urbana e Ambiental de Araraquara e dá outras providências. Jornal O imparcial, Araraquara, SP, 30 dez. 2005.

BORDE, A. de L. P. Vazios urbanos: perspectivas contemporâneas. 2006. *Tese* (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BRASIL. Ministério da Justiça, Secretaria de Assuntos Legislativos (SAL). *Parcelamento, edificação ou utilização compulsórios e IPTU progressivo no tempo: regulamentação e aplicação*. Brasília: Ipea, 2015. 317p.

BRASIL, Senado. *Lei no. 10.257. Estatuto da Cidade e Legislação Correlata, de 10 de julho de 2001*. 2 ed., atual. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2002. 80 p.

CONTI, E. F.; FARIA, T. J. P.; TIMÓTEO, G. M. Os vazios urbanos versus a função social da propriedade: o papel do plano diretor da cidade de Campos dos Goytacazes. *Boletim de Geografia*, Maringá, v. 32, n. 3, pp. 151-169, 2014.

DITTMAR, A. C. C. Paisagem e morfologia de vazios urbanos: Análise da transformação dos espaços residuais e remanescentes urbanos ferroviários em Curitiba – PR. 2006. *Dissertação* (Mestrado em Gestão Urbana) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica. Curitiba, 2006.

DOZENA, A. *São Carlos e seu “desenvolvimento”*: contradições urbanas de um polo tecnológico. São Paulo: Annablume, 2008.

FALCOSKI, L. A. N. Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental de Araraquara: instrumentos urbanísticos inovadores e agenda para uma cidade sustentável. In: BUENO, L. M. M.; CYMBALISTA R. *Planos Diretores Municipais: Novos Conceitos de Planejamento Urbano*. São Paulo: Annablume, 2007.

IPEA. *Relatório brasileiro para a Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Sustentável*. Brasília: IPEA, 2016.

VILLAÇA, F. Análise do parcelamento, da edificação e da utilização compulsórios. *In: BRUNA, G. C. (org.). Análise do parcelamento, da edificação e da utilização compulsórios: análise do direito de preempção; análise do direito de superfície.* São Paulo: Fundação para a Pesquisa Ambiental; Faculdade de Arquitetura e Urbanismo USP, 1983.

# ENGENHARIA URBANA E DESCONSTRUÇÃO ESPACIAL

Urban Engineering and Space Deconstruction

*José Francisco*<sup>1</sup>

CAPÍTULO 13

## RESUMO

O conceito “desconstrução espacial” possui uma grande potencialidade por possibilitar resgatar a totalidade-essência da construção, das atividades antrópicas e das obras de Engenharia. Ao construir se destrói uma natureza, natural ou artificial, geralmente, várias vezes desconstruída. A instância da destruição é, no entanto, negligenciada, com pouco peso nas decisões, alienando-se de todas as implicações do processo de construção. A evolução deste rico conceito vem a partir do objeto maior - a natureza – e de toda transformação espacial antrópica nela aplicada. Pode-se considerá-la como síntese do espaço em movimento, evolução, além de objeto de análise, pelas partes que a completam. Ao se falar de construção fala-se de desconstrução, resgatando a totalidade destruição-construção da ação antrópica com todas as suas vicissitudes. O novo conhecimento espacial que se deseja através do conceito de desconstrução espacial impõe uma nova consciência social a ser praticada pela Engenharia Urbana.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Espaço, Conhecimento, Desconstrução.

## ABSTRACT

The concept “space deconstruction” has a great potential to rescue the totality-essence of the construction, the anthropic activities and the engineering works. When building one destroys a nature, natural or artificial, usually several times deconstructed. The instance of destruction is, however, neglected, with little weight in the decisions, alienating itself from all the implications of the construction process. The evolution of this rich concept comes from the larger object - the nature – and from all anthropic spatial transformation applied therein. It can be considered as a synthesis of space in motion, evolution, as well as object of analysis, by the parts that complete it. When one speaks of construction, one speaks of deconstruction, rescuing the total destruction-construction of the anthropic action with all its vicissitudes. The new spatial knowledge that is desired through the concept of deconstruction

---

(1)Arquiteto, Prof. do PPGEU – Programa de Pós-Graduação da UFSCar, São Carlos, doutor e pós-doutor em Geografia, IGCE-UNESP, Rio Claro. E-mail: joofrancoo@gmail.com

imposes a new social consciousness to be practiced by Urban Engineering.

**Keywords:** Urban Engineering, Space, Knowledge, Deconstruction.

## 1. INTRODUÇÃO

O principal produto do Homem é o *conhecimento* no sentido mais amplo da palavra: da Natureza que o envolve e de Si próprio, e de suas criações. Ele está inserido num processo constante de conhecer o espaço e a si mesmo, onde “ambos se encontram” na história. Se o primeiro objeto é a Natureza, obra dada, pode-se dizer que o segundo seria o urbano (*lato sensu*) – pautado nas Engenharias - como obra humana da aplicação do conhecimento na natureza, visando transformá-la, desconstruí-la<sup>2</sup>.

Marx afirma que há dois corpos: o orgânico, comensurável, o qual ainda apreende-se a conhecê-lo pela biotecnologia, de carne e osso, de contornos nítidos e palpáveis - do fio de cabelo ao dedão do pé - e o outro, inorgânico, externo ao primeiro, do que está “à mão” pronto para “nos servir”, ser transformado e “nos transformar”, e que deve acontecer, por maior porção que seja considerada, como prolongamento daquele.

A rigor não há fronteiras entre eles, os dois se interagem e transformam num só - engenharia e mão, terra e corpo - *o último planeta*. O desafio é produzir o conhecimento para entendê-lo, e, efetivamente, transformá-lo. Acredita-se que a análise através da desconstrução espacial pode representar um avanço, “uma mão”, na execução dessa tarefa<sup>3</sup>. A Engenharia Urbana só tem a ganhar se desenvolvendo.

---

(2) A palavra desconstrução, como qualquer outra palavra, extrai seu valor só a partir da inscrição em uma cadeia de substituições possíveis, daquilo que se chama contexto” (Leite, 1994:67, citando J. Derrida).

“Desconstrução não quer dizer destruição. Desmontar, para analisar e entender o real significado do significante, as entrelinhas e elementos subjacentes ao discurso que, quase sempre, têm a voz do contador da história. Desconstruir é, de fato, aproximar-se do conceito e significação original da palavra “analisar”, desfazer” (Lengler, p. 4).

Perguntado se a “desconstrução” contempla uma maneira própria de fazer política, J. Derrida responde que “faço tudo que posso para que meu ‘engajamento’ político se ajuste na afirmação incondicional que a perpassa” (Derrida, J. Entrevista a Thomas Assheuer, Die Zeit, no. 11, 05/03/1998, p.4).

Para Marx o homem produz [novas] necessidades, como primeiro fato histórico, que são supridas pelo trabalho aplicado na natureza, transformando-a e a ele próprio. Podemos considerar essa ‘transformação’ com o mesmo significado de desconstrução. A própria consciência humana estaria relacionada ao que estava próximo, ‘à mão’, quando diz: “Minha consciência é minha relação com aquilo que me rodeia” (1972:63, passagem grifada por Marx nos manuscritos).

“Vivemos um momento de mudanças vertiginosas. [...] ... o tempo e o espaço tiveram suas dimensões alteradas e submetem-se agora à simultaneidade e à velocidade desenfreada, características da nova era techno-científica. Na atualidade, a técnica é um dos elementos mais importantes das mudanças, onde o que está em jogo é a transformação do mundo humano. [...] É difícil definir os limites até onde o artista contribui para legitimar as estratégias industriais e tecnológicas e a partir de onde ele desconstrói, transgredindo, a partir do seu interior, as suas finalidades formativas. [...] O artista precisa de liberdade para criar” (Manta).

“Não estamos no momento da construção, mas no tempo da destruição e da desconstrução. Infelizmente, ninguém escolhe a própria era em que pretende viver” (Moura).

(3) Este trabalho coloca uma crítica a tecnologia alienada, como um fim em si mesma na perspectiva da

## 2. DO PROLONGAMENTO DO CORPO A CONQUISTA DO MUNDO

“... a locomoção bípede, algo que aconteceu com o homem antes dele se tornar homem. Os artefatos e a cultura têm a ver com ele depois que se tornou homem” (JOHANSON *et al.*, 1996. p.449-450).

“O domínio da Natureza, iniciado com o aperfeiçoamento da mão, com o trabalho, ampliava o raio de percepção do homem, a cada novo progresso” (ENGELS, 1991. p217).

Dentre os diversos fatores que “nos” levam ao bipedalismo, a paisagem está presente. No andar ereto, ela se descortina. Aí vê-se um horizonte maior, num primeiro momento, para em seguida recomeçarmos o processo de apropriar-se de parte dela. A paisagem passa a ser cada vez mais “familiar”. Perde-se a maior velocidade “do quadrúpede”, para passarmos, no novo “equilíbrio” corpóreo-espacial, simplesmente a andar, contemplar e ver, e conseqüentemente, sentir e “aprender” mais com a natureza. Percebe-se as suas diferenças, suas maiores ou menores adequações, sobretudo nos seus movimentos, e, concomitantemente, a necessidade de modificá-la, desconstruí-la, criando espaço social.

As mãos livres e a paisagem, então, vêm juntas no bipedalismo homínida. A partir daí - o vertical do corpo conduzido pelas mãos<sup>4</sup> e o horizontal representado pelo espaço - não param de interagir. O trabalho das mãos na paisagem-natureza viabiliza a grande caminhada, cada vez mais consciente, das possibilidades de “construção”, ao mesmo tempo, do humano (do corpo em si e da relação entre os homens) e do espaço, ou seja, o devir, como futuro desejado, escolhido, deliberado, desenhado, a ser realizado.

Pode-se indagar, na medida em que se constrói o espaço, ao menos em termos físicos, e, se reconhece tratar-se de modificação do espaço existente, se não se trata, então, de desconstrução espacial. O trabalho, a desconstrução da natureza, passa a ser condição humana.

Neste desconstruir o espaço, surgem os artefatos e as ferramentas, estas primeiramente como extensões orgânicas das mãos. A manualidade, então, se consolida como uma fábrica de idéias. Toma-se consciência cada vez maior das

---

prática da engenharia, da arquitetura, da geografia e do planejamento territorial. No entanto, deve-se lembrar que o próprio Marx (1993) no “Grundrisse” ressalta a importância das técnicas e sua relação com o processo civilizatório. Através da história das técnicas, conta-se também a histórica social. Darci Ribeiro (1978) parte desta proposta marxista para escrever sua clássica obra “O Processo Civilizatório – etapas da evolução sócio-cultural”. Milton Santos é outro estudioso que dá importância às técnicas, em vários trabalhos, através do seu conceito de “meio técnico-científico-informacional”.

(4) Nossa mão procede assim: destaca, separa fragmentos do mundo; arranca a concha do rochedo ou o fruto de sua árvore (Lefèbvre, 1983:102).

transformações que ocorrem no nosso corpo e, ao mesmo tempo, das nossas práticas espaciais acarretando mudanças no meio. Corpo e meio se transformam, pelo processo histórico/espacial do trabalho, e desse modo o corpo faz parte, então, da desconstrução espacial. Assim, a história do corpo humano tem relação com a história do espaço<sup>5</sup>. O corpo humano, então, com todas as suas vicissitudes é, ele próprio, na medida que demanda complementaridade, parte integrante do processo de desconstrução espacial<sup>6</sup>.

É freqüente dizer-se que o homem foi lançado à terra nu, fraco e desarmado. Mas esse corpo sem vocação aparente, sem instinto completo, sem técnica privilegiada, vai chamar a si o universo da ação, porque está apto para 'tudo'. Aquilo que o liberta da fatalidade animal, da servidão do instinto, é a variedade das combinações permitidas pela sua estrutura física e mental. O seu cérebro (...) abre rumos muito mais imprevisos e numerosos às possibilidades da ação, e a sua mão (...) transforma, para seu próprio uso, em utensílios, cuja função varia até o infinito, a matéria que lhe resiste. A superioridade técnica do homem assenta na coordenação entre o cérebro e a mão: um cérebro mais apto a permitir múltiplas combinações; uma mão mais apta a realizá-las, pois não está servilmente adaptada a uma única função.(...)

O homem, logo que a sua presença se manifesta na Terra, revela-se um técnico. (...) os primeiros instrumentos são tão-somente um prolongamento do braço, um reforço e uma especialização da mão ... A intervenção do homem manifesta-se pela contínua adaptação destes ampliadores do alcance: por um lado, adaptação ao "empunhador universal", isto é, à mão de que se serve; por outro lado, adaptação ao ato final a exercer (DUCASSÉ, 1962. p. 9-19).(…)

A mão, o primeiro instrumento da técnica humana, é a mãe dos nossos *utensílios*. (...) A máquina é, primeiro que tudo, o prolongamento do utensílio, que, por seu turno prolonga a mão. A técnica, concebida em toda a sua generalidade, teve um prodigioso avanço quando o homem captou novas fontes de energia, quer dizer, quando substituiu a sua

---

(5) Questão colocada por Lefèbvre que assim se expressou: *"Todo organismo vivo se reflete, se refracta, nas modificações no 'seu entorno', 'seu meio ambiente': seu espaço. Este corpo.."*, para em seguida indagar *"A História do corpo terá ela uma relação com a do espaço?"* (Grifamos) (1974:227). Através da compreensão da desconstrução espacial, da forma mais abrangente possível, nossa resposta só pode ser afirmativa.

(6) Podemos afirmar, grosso modo, não termos consciência das transformações no nosso corpo, exatamente por serem elas muito lentas. Apesar disso a desconstrução espacial só é plena de sentido se se considera o corpo humano como fazendo parte inequívoca do processo desconstrutivo.

força muscular, que põe em movimento o instrumento, pelas forças inanimadas em que a mão faz desencadear a potência e orienta a ação. Libertação da força muscular, estes progressos elevaram o homem técnico ao nível de condutor de forças, mas tornou inúteis a multidão de braços que antes modificavam a Natureza (DUCASSÉ, 1962. p. 9, 19, 150).

O espaço no mundo físico é constituído via a experiência corporal do próprio sujeito através do eu consciente em movimento. O agente experimenta assim o mundo físico e representa as suas dimensões espaciais da perspectiva de seu próprio corpo. Similarmente, a materialidade do mundo físico é experimentada pelo contato corporal direto com esse mundo (B. WERLEN, *in* SANTOS, 1997. p. 68).

Mas é sempre por sua corporeidade que o homem participa do processo da ação. Essa categoria de corporeidade está ganhando espaço nas ciências do homem nesta fase da globalização. (...) Neil Smith, ao escrever sobre o problema das escalas, considera que estas conhecem uma progressão que vai do corpo do homem ao próprio mundo, tomado como um todo. A corporeidade do homem é um instrumento da ação. Mas é sempre preciso levar em conta que o governo do corpo do homem é limitado, nos dias atuais, e que é lento o progresso na produção de normas legais para protegê-lo.(...)

A ação é um processo, mas um processo dotado de propósito, segundo Morgenstern, e no qual um agente, mudando alguma coisa, muda a si mesmo. Esses dois movimentos são concomitantes. Trata-se, aliás, de uma das idéias de base em Marx e Engels. Quando, através do trabalho, o homem exerce ação sobre a natureza, isto é, sobre o meio, ele muda a si mesmo, sua natureza íntima, ao mesmo tempo em que modifica a natureza externa (Grifamos.) (SANTOS, 1997. p. 64-5).

A história das técnicas não é apenas a descrição das sucessivas descobertas do engenheiro e do artífice; é também o encadeamento das grandes circunstâncias sociais que favoreceram, prejudicaram, desenvolveram ou retardaram o esforço do homem, considerado como um fabricante de mecanismos que transformam a Natureza. (...) a técnica é um sistema de hábitos sociais. (...) A invenção técnica, tal como a invenção artística, supõe sempre um ato de audácia e de liberdade (...) (DUCASSÉ, 1962. p. 10).

### 3. CONHECIMENTO COMO “FERRAMENTA” ESPACIAL

“Precisamente porque não existe oposição absoluta entre a matéria e a consciência, podemos dizer: a consciência brota da matéria após uma longa evolução; o cérebro, produto da natureza material, é a condição do pensamento, até mesmo órgão do pensamento etc.”

(...)

“É um ser da natureza que emerge acima dela e a domina. E isso é um fato, um fato ‘natural’. O crescimento da espécie humana deve ser considerado sem o maior espanto que o crescimento de uma criança, que cresce, torna-se consciente, torna-se adulto. A história do conhecimento faz parte da ‘história natural’ da humanidade”

(LEFÈBVRE, 1983. p. 93, 188).

“Começo, meio e fim”, e “ontem, hoje e amanhã” são duas tríades inseparáveis do trabalho científico quando trata das questões espaciais. Camadas de espaço-tempo da constatação do hoje é o produto com o qual planeja-se e projeta-se a paisagem. É importante ressaltar que o futuro se desenha e se projeta no presente. Há que se ter, sempre à mão, um instrumental de análise do espaço para ser usado no ato da projeção daquilo que imaginamos. Com ele passa-se, constantemente, de uma paisagem ‘natural’ para uma paisagem ‘cultural’ – constrói-se o espaço a partir do agora projetado.

Entre sociedade e natureza, esta em permanente modificação, há intermediários, representados, inicialmente pelos meios naturais e em seguida pelos meios artificiais, que são utilizados nessa tarefa de transformação, para suprir as necessidades humanas. Tão logo, elas são satisfeitas, de meios passam a fim, e, enquanto meios, passa-se a esquecê-los, pois o que interessa, num primeiro momento, é a satisfação de necessidades.

Para Marx “é necessário, antes de tudo comer, beber, se vestir e ainda outras coisas mais. O primeiro fato histórico é, então, a produção de meios permitindo a satisfação de necessidades, a produção da própria vida material, e isto é, com efeito um ato histórico, uma condição fundamental de toda a história, a qual deverá ser continuada, ainda hoje, como há milhares de anos, a cada hora, apenas para manter a vida dos homens” (MARX, 1972 p.60).

“O que permite ao homem se colocar enquanto homem e de se opor a natureza para extorqui-la de seus bens, é a *ferramenta...*” (AXELOS, 1961. p.139). Ainda segundo Marx: “em seguida, uma vez satisfeita, a primeira necessidade conduz, ela própria a



ação da satisfação e o instrumento já adquirido da satisfação, a novas necessidades” (MARX, 1972. p. 60). Tal fato representa, não só o motor da história da humanidade, como o da formação das forças produtivas responsáveis pela desconstrução espacial.

O conhecimento, pode-se afirmar, é a principal "ferramenta", verdadeiro meio que se utiliza para a desconstrução do espaço. Sem ele estar-se-ia simplesmente ancorado na natureza, e não se teria à disposição o universo de objetos associados, isto é, naturais e artificiais ao mesmo tempo, com os quais “esculpe-se” a natureza.

O devir humano é aumentar a capacidade de desconstruir o espaço, pelo uso do objeto técnico obtido através do conhecimento. Pode-se afirmar que o próprio homem é um produto da técnica. No dizer de Axelos: “o homem, produto da natureza e da técnica, se distingue dos outros animais pela sua atividade prática...” (AXELOS, 1961. p.139).

Assim, “a toda construção corresponde uma destruição do existente”. Logo não há apenas construção do espaço, mas sim, a desconstrução do espaço. Na medida que se puder trabalhar na sociedade o significado e a importância dessa afirmação, tal proposição, certamente fará com que as paisagens sejam mais significativas no lugar - para o deleite dos nossos olhos, o respeito a elas, a construção plástica do espaço e ao avanço do conhecimento. A não preocupação social, os desequilíbrios ambientais, então, serão entendidos como conseqüência da ação humana, e não como absurdos inexplicáveis, história sem sujeitos e, portanto, sem responsabilidades.

#### **4. A NATUREZA E O PROCESSO DE CONHECIMENTO - A DESCONSTRUÇÃO ESPACIAL**

“No mundo de hoje, é freqüentemente impossível ao homem comum distinguir claramente as obras da natureza e as obras dos homens e indicar onde termina o puramente técnico e onde começa o puramente social” (SANTOS, 1997. p. 81).

“Caminhamos rapidamente para o ponto em que brevemente não mais teremos meio natural” (JACQUES ELLUL, 1968. p. 82).

Além da tarefa de “precisar” da natureza - quotidianamente e mesmo a cada instante - até para as atividades mais elementares, o homem enfrenta, ao mesmo tempo, um grande desafio para entendê-la. É necessário o esforço do conhecimento sempre crescente para compreendê-la, no sentido que só o homem tem consciência que tem consciência. A atividade de conhecer é ímpar no ser humano, e este a exerce como função primordial em relação a natureza. Não há laboratório de pesquisa que não tenha a natureza - ou parte dela - como objeto a ser investigado. Vale dizer, portanto, que a natureza - nos seus mais variados aspectos e considerações - é o

laboratório do homem, o lugar do aprendizado, da reflexão sobre a sua ação e da própria ação. No processo civilizatório, a acumulação das várias desconstruções da natureza realiza uma natureza cultural bastante complexa. Urge, então, organizar a inteligência, sistematizar o processo de consciência do mundo, planejar a ação, planejar o planejamento.

Toda atividade do conhecimento pode começar pela análise, para facilitar a empreitada. Esta consiste em dividir o objeto a ser conhecido em tantas partes - ou etapas do fenômeno - quantas sejam necessárias para sua melhor compreensão. Essa divisão deve se processar de tal forma que, em cada parte, perceba-se o todo, e a qualquer momento se possa reconstituir todo o objeto de estudo - a síntese<sup>7</sup>. Análise e síntese, como procedimento cadenciado, é um dos recursos da tarefa do conhecimento. A própria natureza nos ensina a compreendê-la, se soubermos escutá-la, vê-la e interpretá-la - nas suas partes e na sua totalidade - com atenção e objetividade. Os "procedimentos" naturais de análise já estão prontos na natureza<sup>8</sup>. A vida na sua total plenitude deve acabar na morte<sup>9</sup>. Ou em outras palavras, o todo sucumbe às suas partes, pois, na morte tem-se a decomposição - em partes - do objeto. Voltamos ao pó; às inúmeras partículas de pó. O movimento do nascimento e morte é o fato mais significativo da natureza. O primeiro é a juntada de elementos e o segundo sua separação: ambos fazem parte da vida, do movimento da vida.

Quando se fala em desconstrução espacial, está-se referindo, também, ao nascimento e morte. Juntam-se partes - as quais se retira de um todo - para formar um outro todo. As edificações, por exemplo, e demais obras espaciais significam a busca de elementos da natureza, para arranjá-los de outra forma, segundo interesses e necessidades. Portanto, está-se sempre transformando fisicamente a natureza, e esse é o principal significado do termo desconstrução ao incorporar na leitura da

---

(7) Hegel propôs-se realizar essa "síntese", mas com segundas intenções metafísicas: a síntese deveria ser acabada, definitiva. Devia também ser "reconstrutora" à maneira clássica; em outras palavras, Hegel pretendia extrair de sua cabeça o mundo e a história. Foi esse o lado negativo de seu gênio (LEFÈBVRE, 1983. p.173).

(8) Analisar uma noz é quebrá-la (Engels); e, reciprocamente, quem quebra uma noz para comê-la inicia a sua análise. [...] A análise mata. [...] a morte é uma análise natural e real, ao dispersar os "elementos" do ser que analisa. Fórmula profunda: a análise, isto é, o entendimento, estabelece-se assim no "negativo", para empregar uma terminologia hegeliana. Mas essa negação real opera no próprio seio da natureza, conduzindo à morte - à dissociação dos elementos que cabe à vida produzir - toda existência natural. A análise, por conseguinte, encontra-se "fundada" em pleno coração da natureza e do movimento universal. [...] A "negatividade" da análise, que nada mais é que nosso poder sobre os seres da natureza (poder de separá-los, de quebrá-los, de consumi-los), deve ser superada. A razão dialética "nega" essa negação real, restabelecendo o positivo, a vida, a afirmação concreta (LEFÈBVRE, 1983. p. 118). A análise jamais pode ser exaustiva, posto que é infinita; pois o concreto é bem mais profundo e complexo do que supunha Descartes... [...] Analisar uma realidade complexa e atingir seus elementos reais é o mesmo que descobrir seus momentos (LEFÈBVRE, 1983. p. 119).

(9) Viver é consumir e consumir a vida; viver já é morrer. A vida e a morte são estreita e indissolúvelmente unidas (LEFÈBVRE, 1983. p. 186).

paisagem a destruição do passado, o condicionamento do futuro, além da construção do presente. Em termos espaciais, está-se constantemente analisando a natureza, dividindo-a em partes, para em seguida fazer a síntese, montando algum objeto.

Destruição-construção, ou seja, desconstrução, formam uma unidade dialética assim como análise-síntese. Se na síntese obtêm-se o todo a partir da análise, na construção, atingi-se um todo a partir da desconstrução. Numa edificação, tem-se sua totalidade - como vê-se espacialmente a partir das suas partes articuladas - a estrutura, as aberturas, a cobertura, as diversas texturas, cores, etc. É essa totalidade desconstruída que se apresenta como edificação. São as partes que formam o todo. É tão importante a idéia do todo, quanto das partes que o compõem.

É significativo que se entenda o processo e sua importância na compreensão do fenômeno espacial. A natureza é um todo, e desconstrói-se para formar um outro todo menor. O ambiente construído, apesar de ser um todo, é uma série articulada (ou ainda por articular!) de partes da natureza. Os edifícios podem, então, ao mesmo tempo ser entendidos como um todo ou como uma somatória de partes. A própria natureza é um todo e também uma somatória de elementos. A mesma coisa pode-se dizer do nascimento e da morte. O todo e as partes, sejam considerados para agregar ou desagregar, estão sempre presentes em cada um deles.

Os opostos se tocam e entre eles há vida. Da morte vem a vida, outras vidas, outros nascimentos. Mas, a morte também pode ser considerada como parte da vida - a última. O primeiro e o último se encontram.

O que se pensa da destruição e da construção, ou seja da desconstrução? O que há entre eles? Entre nascimento e morte há vida, há movimento. Entre desconstrução e construção, como na vida, deve também haver vida e movimento. Os elementos se arranjam para a formação efetiva dos objetos do espaço. E esse espaço em si, vai, de novo, ao animar a vida que sustenta, sofrer transformações até sua total desconstrução. A síntese é a natureza que possibilita uma nova síntese, a construção nova a partir da desconstrução. Estamos sempre fazendo novas desconstruções. Desta feita podemos considerar a desconstrução como uma nova natureza. E ela é, ao mesmo tempo, resultado da análise e síntese.

Na produção do espaço desconstruído, então, tem-se incorporado o eterno refazer espacial, com suas características não só físico-espaciais mas político-sociais. Cada sociedade, em função de suas características, desconstrói o espaço à sua maneira. Há heranças não só especificamente espaciais (desenvolvimento físico) como humanas (desenvolvimento social), o que vale dizer que os homens desconstroem seus espaços num processo contínuo. Cabe assinalar, na desconstrução espacial, o papel desempenhado pela técnica, enquanto fato social. As diversas técnicas, aplicadas

na desconstrução espacial, podem significar diferentes estágios de desconstrução espacial e de relacionamento entre os homens. As cidades ao longo do tempo, mesmo as planejadas, são desconstruções, somatórias e síntese de destruições e construções, sempre em movimento.

## 5. DESCONSTRUÇÃO E DIALÉTICA

“O devir é tendência para algo (para um “fim” que será um começo).  
[...] nada existe no mundo que não seja um estado intermediário  
entre o ser e o nada. [...] O devir - terceiro termo - envolve ambos  
[o ser e o nada], supera-os, mas conservando o que tem de  
determinado: precisamente a incessante conversão de um no outro”  
(LEFÈBVRE, 1983. p. 191).

A natureza é dialética<sup>10</sup>. O método, então, de conhecimento da realidade espacial, a partir dos objetos naturais ou transformados de que se vale, pode ser o dialético. Através da utilização da dialética pode-se conhecer a natureza de maneira clara e profunda a partir dos seus movimentos. A dialética garante a busca do entendimento da natureza como um todo articulado em suas partes. Ela representa um nível de organização de sua reflexão, uma conquista do homem na busca do conhecimento.

O conhecimento da categoria espaço, como busca da compreensão da sociedade, fica contemplado e completa-se valendo-se do uso das unidades dialéticas<sup>11</sup>. A dialética representa o esforço humano na direção de encontrar um instrumental que lhe garanta o conhecimento científico.

Mas, o que é dialética?<sup>12</sup> É a permanência e diálogo dos contrários. É movimento. É a captação da compreensão do movimento. Através dela percebe-se momentos de totalidade como explicações do real. Essas totalidades - na realidade são “totalidades”

---

(10) “A lógica concreta, ou teoria de leis universais do movimento no pensamento e no real, é o resumo de todo o conhecimento (de toda a história do conhecimento) e também da natureza. [...] É dialética porque a natureza ‘é’ dialética. E é assim que as leis da razão implicam - compreendem, no sentido forte da palavra - as leis da natureza; reciprocamente, o espírito não está fora do mundo, pois o pensamento não é senão o homem pensante e atuante, com toda sua vida e sua história” (LEFÈBVRE, 1983. p. 186,187). Jean-Paul Sartre na “Crítica da Razão Dialética” chega a criticar Engels, quando não demonstra porque finalmente a natureza é dialética na sua obra *Dialética da Natureza* (SARTRE, 1960. p. 127 e seg.).

(11) “A primeira dessas leis diz precisamente que, na natureza e no pensamento, no conhecimento e na vida, tudo é um devir” (LEFÈBVRE, 1983. p. 187).

(12) Axelos assim se manifesta sobre a dialética “...ela parece tornar-se efetivamente história mundial, praxis total,.. A história não é mais o lugar e o tempo da abertura do espírito absoluto; ela torna-se história do desenvolvimento da técnica. O mundo deixa de ser o mundo do espírito para tornar-se o mundo da atividade humana” (Axelos, 1961:49). Para Marx e Engels a “dialética é a ciência das leis gerais da transformação, não apenas na sociedade e no pensamento humano, mas também no mundo exterior que é refletido pela mente humana” (HALDANE, in ENGELS,1977. p. 7).

parciais - estão sempre a se completar num processo ininterrupto de totalização<sup>13</sup>. A cada momento tem-se uma totalização do real.

O espaço enquanto categoria social esteve negligenciado e ofuscado pela categoria tempo. Que explicações há para isso? Ele foi entendido, durante muito tempo, como algo que aí está, e que o homem o admitia como coisa dada. Se tudo se desenrolava no espaço, era praticamente como se ele não existisse efetivamente. Jean Paul Sartre chega a chamá-lo de prático-inerte, no sentido de que o presente conta, necessariamente, com os objetos do passado. O espaço é perpassado pelo tempo, este sim, objeto de questionamento e indagação da realidade. O espaço funciona como um palco onde os acontecimentos se desenrolam no tempo. O moderno hoje significa a espacialização do tempo, ao contrário do que já vínhamos conhecendo que era a temporalização do espaço.

Com a desconstrução espacial está-se resgatando o papel do espaço na explicação do social e de sua história. O espaço desconstruído pode ser apresentado aos pares, nos diferentes tipos (Quadro 1), com o intuito de mostrar sua relatividade através de posições “opostas”. Entre esses dois pontos, há uma gama de valores e situações que caracterizam a riqueza e o entendimento da desconstrução enquanto dialética da realidade espacial.

Uma casa vazia ou um terreno baldio, um lago, uma floresta, uma montanha não participam do processo dialético senão porque lhes são atribuídos determinados valores, isto é, quando são transformados em espaço. O simples fato de existirem como formas, isto é, como paisagem, não basta. A forma já utilizada é coisa diferente, pois seu conteúdo é social. Ela se torna espaço, porque forma-conteúdo.

Não existe dialética possível entre formas enquanto formas. Nem, a rigor, entre paisagem e sociedade. [...] O espaço é a síntese, sempre provisória, entre conteúdo social e as formas espaciais. Mas a contradição principal é entre sociedade e espaço, entre um presente

---

(13) Karel Kosik considera a decomposição do todo como ‘a característica precípua do conhecimento’ (KAREL KOSIK, 1995. p.18). “O conhecimento da totalidade pressupõe, assim, sua divisão. O real é o processo da cissiparidade, subdivisão, esfacelamento. Essa é a história do mundo, do país, de uma cidade... Pensar a totalidade, sem pensar a sua cisão é como se a esvaziássemos de movimento. Uma forma de afrontar o problema é retomar de Sartre a distinção entre totalidade e totalização, a primeira sendo o resultado e a segunda o processo. [...] A totalização, na verdade, não foi invenção de Sartre. Lefèbvre já a distinguia da totalidade em seu ensaio de 1955 sobre o assunto e, de acordo com Georges Gurvitch, a palavra já havia sido usada por Proudhon em *De la création de l’Ordre dans l’Humanité*, de 1843. Coube a Sartre entretanto elaborar em pormenores extraordinariamente ricos os processos de totalização e destotalização que constituíam o que ele chamava de ‘a intelegibilidade da Razão Dialética’. [...] a totalização compreende o passado, o presente, o futuro. Ou, em outras palavras, a flecha do tempo somente se dá por intermédio de totalizações. [...] não há para Sartre totalidades estáticas, mas apenas totalidades em movimento. [...] a totalidade, produto de um movimento real, aparece, a cada momento, ‘como um conjunto inerte e um momento da totalização que está em curso’” (SANTOS, 1997. p. 95).

Quadro 1: Desconstrução do espaço existente – uma tentativa de classificação

Crítério	Tipologia	Exemplo
1 natureza	natural	derrubada de mata ciliar ou galeria, ao lado de cursos d'água; loteamento novo; sucessão de cortes e aterros para a definição do sistema viário de área loteada; construção de lagos artificiais; qualquer tipo de canalização de córregos e rios
	adaptada	empreendimentos de reflorestamento; reformas de edificações; demolições de edifícios
2 pertencer ou não a área objeto de intervenção	direta	construção de enrocamento de cais de porto
	indireta	assoreamento à montante da corrente marítima provocado por obra à jusante; impermeabilização generalizada do solo nas cidades, embora as enchentes aconteçam em pontos determinados; "piscinões"
3 intensidade	mínima	aplicação de gabião em trecho de margem de corpo d'água; reforma de edificações; revitalização urbana
	máxima	canalização de córrego; demolição de edificações; reurbanização
4 abrangência	parcial	destruição parcial de mata ciliar; renovação e/ou reabilitação de uma edificação ou área urbana;
	total	destruição total de mata ciliar em trecho de rio; implosão de edifício
5 localização	rural	derrubada de mata; loteamento de chácaras; introdução de novos cultivos
	urbana	remodelações de jardins/parques públicos; reforma de edifício; loteamentos habitacionais e industriais urbanos
6 tipificação intra-urbana	lote	derrubada de árvores para permitir a edificação; corte e aterro para implantação de projetos; reformas e ampliações residenciais e de plantas industriais
	gleba	construção de arruamento / loteamento; aterros sistemáticos de pequenos cursos d'água e suas nascentes
7 duração	curta	demolição seguida de nova construção
	longa	demolição não seguida de nova construção; "verdissement"
8 estado de conservação	conservada	reforma / remodelação de edificações não deterioradas
	deteriorada	reforma / recuperação de edificações deterioradas; intervenções em áreas degradadas (zonas portuárias, industriais, áreas aterradas, áreas centrais)
9 existência de ocupação/uso	livre	vilas operárias desabitadas em fazendas; terras sem uso definido; "terra improdutiva"; prédios industriais e residenciais desocupados; "vazios urbanos"
	ocupada	remodelações / ampliações e / ou obras de conservação de espaços ocupados
10 existência de construção	não construída	obras de loteamento; implantação de parque urbano linear ao longo de corpo d'água
	construída	ampliação de edificação; execução de arborização urbana
11 Preocupação político-social	alienada	espaços definidos sem preocupação social e com prevalência da técnica sem controle social
	engajada	espaços trabalhados com ética, preocupação e engajamento social
12 Motivação político-ideológica	pacífica	obras espaciais necessárias em geral; o cotidiano espacial, com suas reformas e transformações constantes
	violenta	espaço destruído em atentado terrorista de Estado ou de grupo político (exemplo das guerras e do desmanche do WTC em Nova York - USA)
13 preocupação artística	artística	obra onde se tem a preocupação de buscar o belo, seja no objeto ou pelo julgamento do observador
	não artística	obra sem nenhuma preocupação artística, onde domina o econômico numa funcionalidade duvidosa

Fonte: Autor, 2000.

invasor e ubíquo que nunca se realiza completamente, e um presente localizado, que também é passado objetivado em formas sociais e nas formas geográficas encontradas.

Quando a sociedade age sobre o espaço, ela não o faz sobre os objetos como realidade física, mas como realidade social, formas-conteúdo, isto é, objetos sociais já valorizados aos quais ela (a sociedade) busca oferecer ou impor um novo valor. A ação se dá sobre objetos já agidos, isto é, portadores de ações concluídas, mas ainda presentes. Esses objetos da ação são, desse modo, dotados de uma presença humana e por elas qualificados.

A dialética se dá entre ações novas e uma "velha" situação, um

presente inconcluso querendo realizar-se sobre um presente perfeito.  
(...)

Em cada momento, em última análise, a sociedade está agindo sobre ela própria, e jamais sobre a materialidade exclusivamente. A dialética, pois, não é entre sociedade e paisagem, mas entre sociedade e espaço (SANTOS, 1997. p. 88).

No processo de desconstrução espacial, os novos objetos, portadores de novos comandos e ações, acabam de algum jeito, ajustando-se aos objetos antigos. Em inúmeros casos o que se chama de ajuste pode significar a destruição completa do velho espaço, restando somente, como testemunho histórico-espacial, quando muito, a “topografia” do terreno.

## **6. A DESCONSTRUÇÃO COMO CONSCIÊNCIA E PRÁTICA POLÍTICO-SOCIAL – POR UM ESTATUTO DA DESCONSTRUÇÃO ESPACIAL A CAMINHO DA SUPERAÇÃO DA ALIENAÇÃO**

“O fundamento de todo desenvolvimento é único, onde estamos nós, desde o começo, no ‘dualismo’ opondo Natureza e Técnica? ‘Tudo’ deriva da Natureza, certamente, porque é ela que torna-se natureza produtiva; entretanto, ‘tudo’ advém igualmente da Técnica, na medida em que permite aos homens conquistar o mundo natural”  
(AXELOS, 1961. p. 97).

“O homem é, ao mesmo tempo, liberdade e necessidade: sua liberdade consiste numa necessidade compreendida, dominada e vencida; superada.” (LEFÈBVRE, 1983. p. 114).

“O que os homens produzem com as mãos é o mais real e o mais vivo, tudo isso inscrito numa prática alienada ...” (AXELOS, 1961. p. 267).

A desconstrução dos espaços naturais, muitas vezes, não é desejada, ocorrendo por falta de planejamento, fiscalização e mesmo cuidado dos órgãos encarregados do empreendimento. A desconstrução de espaços transformados, apesar de objetiva, também pode fugir do controle, se seus projetos executivos não forem monitorados. Assim, na medida em que, em qualquer dos casos, as transformações, além de contínuas e incessantes no tempo e no espaço, não forem efetivamente controladas, os espaços perderão sua história viva e concretude. Só análises objetivas, segundo critérios de controle socialmente indicados, podem determinar o que e onde vamos conservar, isto é, frear o processo de transformações sucessivas, com um fim em si mesmos, como uma razão instrumental – como uma coisa natural da sociedade – mascarando os interesses hegemônicos. Não se aceita a denominação de espontâneo,

como caráter dessas transformações, como muitas vezes se quer impor.

Quando se fala de desconstrução, fala-se de concreticidade ou de pseudoconcreticidade? “Captar o fenômeno de determinada coisa significa indagar e descrever como a coisa em si se manifesta naquele fenômeno, e como ao mesmo tempo nele se esconde” (KOSIK, 1995. p. 16). “O homem sempre vê mais do que aquilo que percebe imediatamente. A casa diante da qual me encontro, não a percebo como um conjunto de formas geométricas, de qualidades físicas do material de construção, de meras relações quantitativas; dela tomo consciência antes de tudo como habitação humana e como harmonia, não claramente percebida, de formas, cores, superfícies etc.” (KOSIK, 1995. p. 30). Ao se construir novos espaços abstrai-se do existente como se pouco ou nada tivesse a haver com o novo. Constrói sem saber destruir, isto é, não se sabe desconstruir, ou seja, não se considerando todas as implicações físicas e sociais deste complexo contínuo e/ou sincrônico. O novo é o espaço da pseudoconcreticidade, entendido como o único alavancador do desenvolvimento urbano. É necessário ‘destruí-lo’ como tal e inaugurar a concreticidade do espaço desconstruído. A partir de agora o espaço desconstruído deve ser concreto e portador do significado da mudança desejada, escolhida.

Portanto, a desconstrução precisa deixar de ser abstrata e pseudoconcreta para passar a ser concreta: pela explicitação da desconstrução, passando ela do abstrato ao concreto. “O progresso da abstratividade à concretividade é, por conseguinte, em geral movimento da parte para o todo e do todo para a parte; do fenômeno para a essência e da essência para o fenômeno; da totalidade para a contradição e da contradição para a totalidade; do objeto para o sujeito e do sujeito para o objeto” (KOSIK, 1995. p. 37). O espaço da cultura, do belo, do funcional, do histórico, do à preservar, do social, da engenharia, arquitetura e geografia socialmente engajadas, dos espaços naturais, do trabalho do Homem<sup>14</sup>, passam agora, inexoravelmente, a serem considerados de forma harmônica, no trato das questões espaciais, com a introdução da categoria, ao mesmo tempo de análise e da praxis, chamada “desconstrução”.

Entende-se ainda a desconstrução do espaço como possibilidade prática, que se apresenta como intervenção espacial para criação de paisagem cultural engajada, como compreensão de duas formas: cultura pela ação antrópica e cultura pela preservação do natural/adaptado. Portanto, trata-se de interagir, enquanto processo,

(14) Quando o pensamento empresta uma forma a um conteúdo, que é que ele acrescenta a esse conteúdo? “Nada”! Acrescentamos “algo” à concha que separamos do rochedo, à pedra que talhamos? Não; nós as separamos, emprestamos contornos definidos a tais objetos, retiramos alguma coisa deles. O carecimento humano, a ação, têm inicialmente esse lado negativo e destruidor, que é o lado do entendimento, da “forma”. Mas essa forma, esse “nada” que separa, que elimina, é humanamente algo capital. É o próprio sentido e poder do trabalho humano essa capacidade de separar da natureza certos objetos a fim de lhes emprestar uma forma humana (LEFÈBVRE, 1983. p. 176).



tanto sobre a desconstrução do espaço - seja ele natural ou adaptado - quanto pelo esforço de preservação de ambos.

No lugar de adaptações ou transformações intensas e da descaracterização ou destruição de espaços deve-se escolher pela desconstrução mínima e socialmente engajadas. Mesmo que a destruição espacial seja realmente necessária e imprescindível, ela agora será concebida de forma a minimizar sua interferência negativa, levando-se em conta a desconstrução. Mesmo a ‘destruição’ de um espaço existente pode ser feito com cuidado.

Segundo Axelos: “A civilização contemporânea torna insuportável a divisão do trabalho. [...] Após a separação entre cidade e campo, que conduz à oposição entre trabalho agrícola e da atividade comercial e industrial, os homens continuam certamente a explorar a natureza, mas eles o fazem explorando eles próprios. [...] Ruptura com a natureza, ruptura entre os indivíduos e a comunidade, ruptura entre produtores e consumidores acompanham a divisão do trabalho, a qual torna-se, de certa forma, a causa maior e quase única da alienação” (AXELOS, 1961. p. 102-103).

As paisagens devem ser vividas na sua exuberância de composições de objetos naturais e adaptados. O direito ao espaço-paisagem pressupõe que não só os objetos mas os homens ocupem um lugar. As mãos calejadas pelo trabalho, nunca vazias, sempre ocupadas, ícones de toda transformação espacial, podem ter papel decisivo na superação da alienação humana, através da leitura do mundo através do conceito desconstrução. Os espaços devem ser desconstruídos como lugares sociais e não apenas como meio técnico para a acumulação capitalista.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

“A invasão de toda a nossa vida pela técnica é um fato que ultrapassa os limites da vontade individual. O domínio da ação caracterizou, em todos os tempos, o ideal do *homem completo*. Ora a ação humana deixa de estar, a partir de agora, à escala do nosso corpo, à escala deste sangue, destes músculos, deste sistema nervoso que séculos e séculos de experiências simples nos ensinaram a dominar. Se não quisermos ser arrastados, esmagados pelo novo peso dos nossos atos, é preciso aprender a conhecer, a respeitar, em nós próprios e em cada ser à nossa volta, esta espécie de segunda natureza que constitui a nossa potência material. É preciso que nos sintamos responsáveis mesmo por aquilo que nos ultrapassa (...).

As máquinas produzem-se e reproduzem-se segundo leis gerais que nos escapam e cuja *lógica* ultrapassa talvez os nossos velhos hábitos

de pensamento.

Ora, nós temos de conceber estas leis do mundo da técnica para dirigir a nossa vida material e moral, pois o nosso destino é inseparável do destino das máquinas (idéia essencial expressa por Proudhon e por Marx no séc. XIX). (...)

O operário não tem já papel de dirigente, mas um simples papel de vigilante e de “tratador” para uma máquina mais inteligente que ele. Acelera-se a produção de objetos mas, ao mesmo tempo, diminuem tanto o número de homens úteis como o valor do seu trabalho. Mas há-de ir-se mais longe ainda. Há-de dispensar-se a mão humana e a sua inteligência implícita. Uma e outra foram durante muito tempo indispensáveis para construir essas máquinas, que, finalmente, privam o homem do prazer e do benefício da criação. A máquina de fazer máquinas deve torná-las inúteis” (DUCASSÉ, 1962. p. 151,152,156).

“Os objetos técnicos, maquínicos, juntam à razão natural sua própria razão, uma lógica instrumental que desafia as lógicas naturais, criando, nos lugares atingidos, mistos ou híbridos conflitivos. Os objetos técnicos e o espaço maquinizado são locus de ações “superiores”, graças à sua superposição triunfante às forças naturais. Tais ações são também consideradas superiores pela crença de que ao homem atribuem novos poderes - o maior dos quais é a prerrogativa de enfrentar a Natureza, natural ou já socializada, vinda do período anterior, com instrumentos que já não são prolongamento do seu corpo, mas que representam prolongamentos do território, verdadeiras próteses. Utilizando novos materiais e transgredindo a distância, o homem começa a fabricar um tempo novo, no trabalho, no intercâmbio, no lar. Os tempos sociais tendem a se superpor e contrapor aos tempos naturais” (SANTOS, 1997. p. 189).

O intelectual e o braçal, como formas de divisão do trabalho, podem buscar arranjos políticos de complementariedade entre eles, no trato da paisagem. Há um ponto em comum entre a exploração da natureza e a exploração entre os homens: as mãos. Com elas explora-se a natureza e, também, os homens. A natureza é mais do que apalpada, muitas vezes mesmo, mexida e transformada em excesso pelo trabalho manual. O homem escraviza o outro homem inicialmente pelo trabalho manual. A enxada que ele fabrica para o seu próprio uso, considera-a como extensão do próprio corpo compreendendo as suas limitações. A enxada que faz para o outro

trabalhar aliena-se das limitações do corpo do outro e é feita orientada para o aumento da produtividade que será dividida desigualmente. A cabeça pensa mas são as mãos alheias que trabalham. Da mesma maneira pode-se pensar as cidades como a ferramenta que saiu do corpo e transformou-se em espaço técnico e condição de trabalho de alguns comandados por outros. É preciso entender esta essência nas cidades de hoje, artefato cultural, por excelência, desconstruído através de um trabalho altamente socializado, dividido desigualmente no acesso ao poder econômico e social, tendo conseqüentemente seu ônus e bônus também distribuído desigualmente. A alienação exacerbada deste trabalho social pelo comando de poucos atores hegemônicos – o da desconstrução das cidades – compromete as cidades inclusive para servir aos seus próprios interesses – o da acumulação excludente (Figuras 1 e 2).

Figura 1: A cidade como acumulação de desconstruções alienadas especialmente nas fronteiras-d'água



O homem ao pensar que ao construir cidades estava apenas "construindo", não percebe que também estava destruindo paisagens pretéritas naturalmente equilibradas. Aqui mostra-se o centro da cidade de São Carlos, no interior do Estado de São Paulo, servido pelo Córrego do Gregório. Sua organicidade foi aos poucos sendo diminuída e suas margens totalmente ocupadas. O contacto com a água, já poluída, é somente visual, prevalecendo o econômico e racional do uso à emoção e prazer da utilização e do convívio. De canalizado, quando quer-se inexpressivo na paisagem, passa a ser "enterrado", desaparecendo por completo. Sazonalmente se faz presente quando alaga parte da área central da cidade, retomando sua antiga várzea e leito maior. O conceito de desconstrução preocupa-se com a construção como processo dialético de destruição/construção. As áreas centrais das cidades precisam deixar de ser os espaços onde a desconstrução alienada, total e máxima predominam sobre o espaço existente. O homem deve trabalhar convenientemente as fronteiras-d'água num contexto espacial mais abrangente. São Carlos, agosto 2001. Fotos e elaboração do autor.

Figura 2: A busca da melhor adequação dos objetos técnicos ao espaço existente, através do processo de desconstrução mínima, parcial e engajada



Com a destruição da paisagem natural do Córrego do Gregório, junto a área central da cidade de São Carlos, a população perdeu um patrimônio inestimável. A avenida Comendador Alfredo Maffei construída sobre o leito “enterrado” e destinada ao uso do automóvel dá a este agora o status de cidadão. Esta desconstrução total, que desconfigura o lugar social original, não trata apenas de um desprezo para a paisagem, mas também, uma desconsideração à população. Com essa transformação torpe desaparece parte da história espacial sancarlense. O passado foi desprezado, o presente funciona para o automóvel e o futuro é ainda mais incerto. Recentemente foi construído junto ao final do trecho aterrado, um “piscinão” linear para conter as enchentes no centro, mas que já mostrou ser uma obra de engenharia tecnicamente ineficaz. A partir desse ponto o córrego segue a céu aberto, definindo uma intervenção paisagística bela, mas ainda acanhada pela existência das avenidas marginais próximas ao leito. A cada obra, no centro da cidade, num eterno desconstruir, nos remete a inúmeras mortes da “natureza” que ali existiu: até quando? São Carlos, agosto 2001. Fotos e elaboração do autor.

O conceito de “desconstrução” desvela esta realidade e possibilita outra na qual a técnica e a realização do espaço social não seja tão alienada e seja voltada para todos. O trabalho do homem, inicialmente na natureza primeira e em seguida, num processo contínuo e ininterrupto na natureza segunda, é sinônimo de desconstrução. Sabendo-se que a “exploração da natureza pelo homem” se transforma na “exploração do homem pelo homem” (AXELOS, 1961. p. 102) a prática consciente da desconstrução pode levar a uma dinamização da democracia ampliada na sociedade. E tal prática pode significar o início da superação da alienação do homem, ao mesmo tempo, na sua relação com a natureza e entre si, num processo único de convivialidade como preconizada por Illich (ILLICH, 1973. p. 26-71).

## 8. REFERENCIAL

AXELOS, K. *Marx penseur de la technique, de l'alienation de l'homme à la conquête du monde*. Les Éditions de Minuit, Collection 10/18, Paris, 1961.

DERRIDA, J. Entretien avec Thomas Assheuer, *Die Zeit*, nr. 11, 05/03/1998. Disponível

- em: <http://www.hydra.umn.edu/derrida/zeit.html>. Data de acesso: 18 dez 2019.
- DUCASSÉ, P. *História das Técnicas, Publicações Europa-América*, Lisboa: Coleção Saber, 1962.
- ELLUL, J. *A Técnica e o Desafio do Século*, Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.
- ENGELS, F. *A Dialética da Natureza*, 5. São Paulo: Paz e Terra, 1991.
- ILLICH, I. *La convivialité*, Paris: Éditions du Seuil, 1974.
- JOHANSON, D. C. *et al. Lucy: os primórdios da humanidade*, Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.
- KOSIK, K. *Dialética do Concreto*, São Paulo: Paz e Terra, 1995.
- LEFÈBVRE, H. *La Production de l'Espace*, Paris: Éditions Anthropos, 1974.
- LEFÈBVRE, H. *Lógica Formal / Lógica Dialética*, Carlos Nelso Coutinho (trad.), 3. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1983.
- LEITE, M. Â. F. P. *Destruição ou Desconstrução? Questões da paisagem e tendências de regionalização*, São Paulo: Editora Hucitec, 1994.
- LENGLER, J. F. *Um exercício de desconstrução do conceito e da prática de segmentação de mercado com base no gênero e na etnia: o que nos ensina Woody Allen sobre a hegemônica teoria de marketing?* Disponível em: <http://read.adm.ufrgs.br/read12/artigo/artigo6.html>. Data de acesso: 18 dez 2019.
- MANTA, A. *As poéticas tecnológicas*. Disponível em: <http://www.facom.ufba.br/pesq/cyber/poeticas.html>. Data de acesso: 18 dez 2019.
- MARX, K. *In: MARX, K. & ENGELS, F. L'Ideologie Allemande*, Paris: Éditions Sociales, 1972.
- MARX, K. *Grundrisse – foundations of the critique of Political economy*. London: Penguin Books/New Left Review, 1993.
- MOURA, L. *Os homens-lixo (parte 6)*, Edições Fenda, Lisboa, [s.d.] Disponível em: <http://www.lxxl.pt/babel/biblioteca/lixo6.html> Data de acesso: 18 dez 2019.
- RIBEIRO, D. *O Processo Civilizatório: etapas da evolução sócio-cultural*, Petrópolis: Vozes, 1978.
- SANTOS, M. *A Natureza do Espaço - Técnica e Tempo, Razão e Emoção*, São Paulo: Hucitec, 1997.
- SARTRE, J.-P. *Critique de la raison dialectique*, Paris: Librairie Gallimard, 1960.

## ANÁLISE DA PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS QUANTO AO POTENCIAL USO DE TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM EM ÁREAS PÚBLICAS URBANAS: ESTUDOS DE CASO EM GUARULHOS, SP

Analysis of users' perception regarding the potential use of compensatory drainage techniques in urban public areas: case studies in Guarulhos, SP

*Luciana Márcia Gonçalves<sup>1</sup>*  
*Alinne Prado de Oliveira<sup>2</sup>*

### RESUMO

A drenagem urbana desempenha um papel cada vez mais fundamental no planejamento e projetos urbanos, pois a impermeabilização das cidades e as alterações climáticas têm provocado prejuízos, principalmente, à qualidade de vida da população. Neste contexto, os princípios do manejo sustentável das águas pluviais urbanas tem como base conceitual o desenvolvimento de baixo impacto ambiental, que trazem mudanças na paisagem e no cotidiano das pessoas como, por exemplo, a presença da água no meio urbano. Realizados pela Prefeitura de Guarulhos, 2 (dois) projetos de requalificação de áreas verdes implantaram técnicas compensatórias (TCs) como alternativas para reduzir o escoamento superficial na fonte. Por meio de entrevistas, o trabalho avaliou a apropriação pelo usuário das TCs em áreas públicas, demonstrando resultados positivos nos casos em que os projetos apresentaram funcionalidade hidrológica para o local e contemplaram aspectos relevantes de inserção urbana, minimizando inclusive, impactos negativos dos riscos sanitários destas técnicas.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Drenagem Urbana, Manejo de Águas Pluviais, Apropriação pelo Usuário, Cidades Sustentáveis.

### ABSTRACT

The drainage issue has been playing an increasingly fundamental role in urban planning and projects, as waterproofing of cities and climate change have caused damage, mainly to the quality of life. In this context, the principles of sustainable management of urban rainwater have as their conceptual basis of low environmental impact development, which bring about changes in the landscape and daily life of

---

(1) Doutora em Planejamento Urbano FAUUSP/SP, Docente Programa de Pós Graduação em Engenharia Urbana / UFSCAR. E-mail: [arg.luciana.ufscar@gmail.com](mailto:arg.luciana.ufscar@gmail.com)

(2) Mestre em Engenharia Urbana PPGEU/UFSCAR, Arquiteta e urbanista na Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Guarulhos –SP. E-mail: [alinne.pradoliveira@gmail.com](mailto:alinne.pradoliveira@gmail.com)

people, such as the presence of water in the urban environment. Realized by the City Hall of Guarulhos, two (2) projects of requalification of green areas implanted compensatory techniques (TCs) as alternatives to reduce the surface runoff at the source. Through interviews, the study evaluated the appropriation by the users of TCs in public areas, showing positive results in cases where the projects presented hydrological functionality to the site and contemplated relevant aspects of urban insertion, minimizing even negative impacts of the health risks of these techniques.

**Keywords:** Urban Engineering, Urban Drainage, Rainwater Management, User Appropriation, Sustainable Cities.

## 1. INTRODUÇÃO

Esse artigo apresenta resultados do mestrado que teve como grande elemento motivador a integração de duas grandes áreas do programa de pós-graduação em Engenharia Urbana da UFSCar: Urbanismo e Saneamento. Nesta pesquisa sobre Técnicas Compensatórias de drenagem urbana abordaram-se temas integradores das áreas no que tange a busca de cidades sustentáveis e compatibilização do uso de solo urbano para infraestrutura de drenagem.

Tal abordagem possibilitou a discussão sobre os diversos efeitos ocasionados pelo processo de urbanização das cidades brasileiras, podemos destacar a prática da retirada da cobertura vegetal e a impermeabilização do solo urbano que reduzem processos importantes como: infiltração da água de chuva no solo, evapotranspiração das plantas e outros fenômenos naturais fundamentais para o ciclo hidrológico.

Conforme destaca Tucci (2007), o escoamento natural das águas de chuva é alterado, principalmente, em razão da excessiva impermeabilização do solo decorrente da construção de edificações e sistema viário urbano; assim, a parcela de água que antes infiltrava no solo, passa a escoar superficialmente aumentando os riscos de áreas potencialmente alagáveis. O volume que escoava lentamente pela superfície do solo e ficava retido pelas plantas e nas ondulações naturais do terreno, com a urbanização, passa a escoar nos condutos e canais impermeáveis do sistema convencional de drenagem (modelo higienista), exigindo maior capacidade de escoamento das seções, e consequentes custos maiores de investimentos.

É dentro deste contexto que a drenagem das áreas urbanas vem desempenhando um papel cada vez mais relevante dentro do planejamento urbano e das obras de infraestrutura das cidades; sendo que, atualmente, a importância das medidas preventivas de caráter não estrutural tem se intensificado, englobando um conjunto de regras de controle do uso e de ocupação do solo.

Segundo Baptista *et al.* (2011), apesar das Técnicas Compensatórias de drenagem

(TCs) possuem como principal função a contenção das águas de chuva, é essencial que estes dispositivos se integrem ao espaço urbano. A principal diferença entre o emprego de TCs e o uso das tradicionais redes de drenagem é a necessidade de se tratar da questão do manejo das águas pluviais simultaneamente e integrado à elaboração do projeto urbanístico. Por estarem visíveis, expostas diretamente ao convívio e ações humanas, e não mais “enterradas”; as técnicas compensatórias de drenagem exigem projetos urbanísticos e paisagísticos, a fim de valorizar o espaço agregando as pessoas a ele. Profissionais da drenagem urbana indicam, conforme citado por Canholi (2005), que o maior desafio da implantação de TCs é a questão da integração com o meio urbano capaz de gerar a aprovação dos usuários quanto à presença destas na paisagem e no seu espaço de convívio, colaborando assim para a manutenção das técnicas, seu funcionamento hidrológico, reduzindo custos e consolidando tais práticas nas cidades.

A abordagem perceptiva e cognitiva é adotada em estudos do ambiente e do comportamento, tendo por objetivo investigar as relações entre as características físico-espaciais do ambiente construído e o comportamento humano, focando, principalmente, na aplicação de métodos das ciências sociais para analisar e avaliar a qualidade do espaço construído. Tal abordagem, ao considerar o usuário dos projetos, assume que a qualidade deles está diretamente ligada às atividades e aos comportamentos de seus usuários, como consequências das experiências pessoais possibilitadas pelos projetos. Considerando o que o projeto diz sobre a organização espacial para a realização das atividades previstas, não se pode falar em qualidade de projeto sem saber se as atividades previstas por este estão sendo realizadas e/ou ocorridas de maneira satisfatória, neste caso, hidrologicamente funcional.

A avaliação quanto à apropriação do usuário relaciona-se, assim, à avaliação de desempenho dos espaços urbanos, através também de seus usuários. Podemos dizer que espaços urbanos que apresentam um desempenho satisfatório, como resultados de avaliações envolvendo usuários, podem ser considerados como projetos qualificados (GEHL, 2015).

Diante do exposto, o presente trabalho busca uma abordagem da percepção ambiental (TUAN, 1974), de que o espaço não é apenas descrito pelos seus aspectos formais, mas deve ser analisado quanto ao efeito de suas características físico-espaciais sobre os usuários, buscando-se entender como as percepções destes aspectos afetam as atitudes e os comportamentos dos usuários do espaço urbano.

Os principais objetivos desta análise foram: o conhecimento acerca das opiniões e sensações dos usuários em relação à presença das TCs nos espaços públicos e a contribuição, a partir do conhecimento desta percepção, na propagação de tais



soluções alternativas de drenagem urbana de baixo impacto em projetos para as áreas verdes urbanas consolidadas.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

A cidade de Guarulhos faz parte dos 39 municípios que compõem a Região Metropolitana de São Paulo, a maior região metropolitana do Brasil e uma das dez maiores regiões metropolitanas mais populosas do mundo, com cerca de 21,5 milhões de habitantes. A cidade mantém ainda 38% de sua cobertura vegetal numa contínua faixa ao norte do município, protegidas em nove Unidades de Conservação e três Áreas de Proteção de Mananciais, possui 298 km de extensão de cursos d'água que percorrem os terrenos com relevos mais suavizados, contendo extensas planícies de inundação, onde se encontram as áreas mais urbanizadas e onde ocorrem, conseqüentemente, as enchentes (PREFEITURA DE GUARULHOS, 2008).

A cidade apresenta precipitação média anual de cerca de 1400 mm e sua evaporação potencial média situa-se ao redor de 850 mm, com uma temperatura média anual de, aproximadamente, 18° C.

Neste contexto, foram implantadas, entre os anos de 2009 a 2016, TCs com a finalidade de solucionar a microdrenagem local nas áreas verdes públicas, ou seja, com o objetivo de não drenar a água de chuva diretamente para o sistema de drenagem, mas sim, absorver/reter as águas ali captadas para o solo.

As duas áreas de estudo são caracterizadas a seguir:

*Área 1 - TC Viaduto: Espelhos d'água e bacia de infiltração em Paisagismo sob Viaduto. Área total de projeto: 9.000m<sup>2</sup>*

Tratam-se de 27 espelhos d'água com lâminas permanentes abastecidos a partir da água proveniente de nascente, captada em uma cisterna e bombeada aos espelhos d'água; e também a partir das águas pluviais captadas pelo sistema de drenagem do viaduto, através da abertura do fundo da caixa de boca de lobo a montante do sistema. Os espelhos d'água são impermeabilizados (capacidade de retenção de, aproximadamente, 945m<sup>3</sup>) e interligados por tubos que conduzem a água por gravidade até a última estrutura do sistema – bacia de infiltração - conforme podem ser verificados na Figura 1a.

O sistema possui bombeamento de água da nascente a cada 4h, o que coopera para a circulação frequente de água nos espelhos. Todos possuem plantas aquáticas e peixes da espécie *Pæcilia reticulata*, ou conhecidos como “guarus” ou “barrigudinho”, que

se alimentam de larvas de mosquito e outros microorganismos, auxiliando assim no combate à proliferação de vetores transmissores de doenças e também na qualidade da água. A água de chuva escoada do viaduto é lançada no primeiro espelho d'água à montante, que possui maior quantidade de plantas macrófitas. Tais plantas aquáticas possuem grande quantidade de raízes capazes de absorver substâncias tóxicas e de reter partículas finas em suspensão, antes de percorrerem os espelhos d'água e serem conduzidas até a bacia de infiltração (exutório).

A seguir, planta baixa e foto da TC Viaduto, em Figura 1.

Figura 1: (a) Planta geral de implantação dos espelhos d'água sob Viaduto Cidade de Guarulhos, com localização da bacia de infiltração. (b) Fotos da área inferior do Viaduto – Guarulhos SP.



Fonte: Elaboração autores, 2016.

*Área 2 – TC ParCão: dispositivos de drenagem em área de lazer para cachorros. Área total de projeto: 1.500m<sup>2</sup>.*

Trata-se de dispositivos hidráulicos para captação, redução da velocidade e condução das águas pluviais em área de grande declive, dentro do principal parque da cidade, conforme planta em Figura 2. É um sistema de drenagem misto formado por 2 (dois) poços de infiltração abertos e valas com o uso de materiais inertes reaproveitados, como: resíduos da construção civil, caixas d'água furadas e restos de tubos de PVC. A água ao ser lançada pela sarjeta escoam em um poço feito com uma caixa d'água de 10.000 litros (diâmetro de 2,2m) com fundo aberto preenchido com rachão (tipo de pedra bruta obtida logo na primeira britagem nas pedreiras), para desaceleração e infiltração da água de chuva.

Após a “quebra” da velocidade da água, esta escoam pela lateral do fundo deste poço, onde foi escavada no solo uma valeta de 18 metros de extensão revestida com resíduos da construção civil, que conduz a água mais lentamente permitindo sua desaceleração. A valeta conduz a água até outro poço (caixa d'água reutilizada enterrada com 1,4m de diâmetro, apresentada na Figura 2b) com fundo aberto com

rachão na base que, quando cheio, extravasa por um tubo de saída na parte superior. Caso a quantidade de água não seja suficiente para este extravasar pelo tubo superior, a água acumulada no poço é retida até sua infiltração completa pelo fundo de rachão de brita. Este tubo conduz a água de chuva até outra valeta aberta escavada no solo de 8,5m de extensão, esta atravessando trecho de calçada em laje suspensa, desaguando em uma bacia de infiltração.

Figura 2: (a) Planta de implantação geral dos dispositivos de drenagem da TC ParCão. (b) Fotos dos poços de infiltração com reaproveitamento de caixas d'água e (c) valas de condução com enrocamento - TC ParCão –Guarulhos, SP



Fonte: Elaboração dos autores, 2016.

## **2.2. MÉTODO DE PESQUISA E PÚBLICO ALVO**

O instrumento de pesquisa utilizado para avaliar a apropriação pelo usuário nas áreas de estudo foi um formulário de pesquisa composto por 17 (dezesete) questões, sendo que as três questões iniciais tratam sobre a identificação do usuário - o que faz no local e com que frequência - em seguida, o entrevistado responde com Sim ou Não, se já havia identificado a presença da TC na área, bem como sua funcionalidade; e após, responde dentro de uma escala de intensidade de opinião o quanto ele Concorda ou Discorda, Total ou Parcialmente, acerca de 10 (dez) afirmações apresentadas sobre temas relevantes sobre implantação da TC. Os temas das afirmações são: importância da implantação de técnicas para a drenagem urbana (questão 3); Riscos sanitários das técnicas - saúde e poluição (questão 4 e 5); Manutenção e Conservação das técnicas (questão 6); Insegurança das áreas com técnicas implantadas (questão 7); Valorização paisagística das técnicas (questão 8); Implantação das técnicas em áreas públicas urbanas (questão 9); Multifuncionalidade das técnicas (questão 10); Desvalorização imobiliária do entorno onde existem técnicas implantadas (questão 11) e Educação Ambiental – o uso das técnicas como práticas de manejo sustentável da água de chuva (questão 12).

Tais formulários foram aplicados por área de estudo. Os 4 (quatro) perfis de usuários destacados para esta pesquisa foram: Usuários em geral das áreas verdes com TCs implantadas, funcionários de equipamento público próximo às TCs, educadores ambientais da rede pública e funcionários públicos que implantaram e/ou realizam manutenção destas áreas verdes com TCs. Foram realizadas 12 (doze) entrevistas em cada TC, sendo 3 (três) entrevistas por perfil de usuário.

É importante destacar que o formulário elaborado e utilizado neste trabalho, foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética da UFSCar, bem como foram apresentadas as considerações e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, conforme recomendações da Resolução CNS Nº 466 do Ministério da Saúde, 2012.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Dentre os principais resultados obtidos para a TC Viaduto, foi observado que 92% dos entrevistados não conheciam a função na drenagem (questão 2) da TC implantada e que, em contrapartida a isto, 100% dos entrevistados consideraram importante a implantação desta TC para redução de problemas na drenagem urbana (questão 3). A aprovação da implantação da TC, devido à sua função na drenagem, demonstrada nesta confirmação geral dos entrevistados, é um fator que revela a necessidade de propagação destes conceitos e destas práticas voltadas para minimizar o risco de enchentes e outros danos que a água de chuva pode ocasionar. Pode ser verificada

que, após os usuários conhecerem a função da TC – informada durante a entrevista – a totalidade considerou importante a implantação deste tipo de técnica.

Verificou-se que as afirmações acerca do risco sanitário, relacionados à saúde e poluição (Figura 3), foram as que mais apresentaram divergências de opinião entre os diferentes tipos de usuários. Podemos dizer que na TC Viaduto, o fator que mais influencia negativamente na apropriação pelo usuário, são os riscos de proliferação de vetores de doenças que podem ser causados pela água, identificada como parada (questão 4) e/o pela presença de resíduos descartados irregularmente no local (verificados na questão 5 – sensação de odores desagradáveis provenientes da TC).

Figura 3: Gráficos representativos das respostas, em percentuais, referentes às afirmações 4 e 5 – TC Viaduto



Fonte. Elaboração dos autores, 2016.

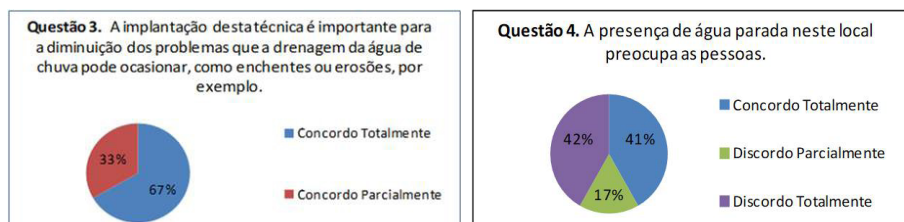
As demais questões demonstram bastante êxito na opinião dos usuários em geral. Considerando que a percepção de uma estética aprovada é um fator que auxilia na apropriação do usuário pelo espaço.

A TC ParCão foi a que mais apresentou usuários (50%) que declararam já terem conhecimento prévio da função da estrutura da TC (questão 2). Podemos afirmar que a participação dos funcionários da manutenção na execução da obra, proporcionou maior conhecimento técnico acerca da estrutura de drenagem, o que pode trazer benefícios na melhoria da qualidade da manutenção, na divulgação da função da estrutura aos demais usuários do parque, podendo auxiliar na valorização, maior conservação do dispositivo de drenagem e, conseqüentemente, maior apropriação da TC pelos usuários.

Porém, 100% dos educadores ambientais entrevistados, que também trabalham no parque, não conheciam a função de drenagem da estrutura implantada na área de lazer. Podemos dizer que isto representa um pouco a realidade dos projetos desenvolvidos normalmente apenas pela área técnica específica, sem a participação de outras áreas, competências e profissões que podem auxiliar e enriquecer com diferentes pontos de vista um projeto inserido no meio urbano. O conhecimento do educador ambiental neste caso poderia auxiliar muito na disseminação dos conceitos

de técnicas alternativas que buscam preservar o ciclo hidrológico da água; bem como o reaproveitamento de materiais em obras civis, dentre outras oportunidades de aprendizado.

Figura 4: Gráficos representativos das respostas, em percentuais, referentes às afirmações 3 e 4 – TC ParCão.



Fonte: Elaboração dos autores, 2016.

Podemos dizer que na TC ParCão, o risco sanitário também é um fator que influencia negativamente na apropriação pelo usuário, porém, devido suas estruturas se apresentarem sempre secas, tal preocupação apareceu reduzida frente aos seus usuários quando comparada às demais áreas estudadas.

Outro aspecto importante revelado na análise da TC ParCão foi o fato de na questão 3, acerca da importância da implantação de TCs para redução dos problemas de drenagem na cidade, 33% dos usuários – sendo eles funcionários da manutenção e educadores ambientais - disseram concordar apenas parcialmente com esta afirmação devido a presença de pequenas erosões à jusante da TC ParCão.

Aspectos importantes que propiciam maiores chances de apropriação pelo usuário obtiveram altos percentuais, entre eles, os que confirmam a percepção de uma estética satisfatória do projeto (questões 8 e 11); e os que confirmam, principalmente, a aprovação da relação de uso no espaço possibilitando uma relação satisfatória aos diversos usos existentes no local.

#### 4. CONCLUSÃO

De maneira geral, os resultados alcançados revelaram que as TCs implantadas nas áreas verdes públicas obtiveram uma boa aceitação dos usuários, principalmente em relação aos conceitos de projeto integrado que as TCs promovem sobre o meio ambiente, revelando soluções de baixa complexidade construtiva e novas práticas de gestão das águas pluviais urbanas que conciliam ainda usos e estética ao espaço público.

Podemos concluir que as estruturas da TC Viaduto, por exemplo, revelaram que o

projeto da intervenção urbanística com espelhos d'água e jardins com a finalidade também da drenagem, proporciona efeitos positivos nas opiniões e na relação entre espaço e usuário. Isso demonstra que o projeto possui qualidades físico-espaciais capazes de provocar reações e interações com o usuário, podendo ser considerado, assim, como um espaço urbano que apresenta um desempenho satisfatório na avaliação envolvendo usuários, além de sua função na drenagem urbana.

E, comparando com os resultados da TC ParCão, podemos ainda ressaltar a importância do bom funcionamento das estruturas na drenagem, pois esta se revelou fundamental para a apropriação pelo usuário frente à TC, impactando ainda mais os resultados do que aos riscos sanitários que a TC possa oferecer. Tal conclusão pôde ser obtida pelo fato de que, apesar da TC Viaduto ter apresentado em suas entrevistas percentuais mais elevados nas questões sobre riscos sanitários (afirmações 4 e 5) do que a TC ParCão, esta não ocasionou redução considerável no percentual de aprovação sobre a importância da implantação de TCs para diminuição dos problemas na drenagem urbana - questão 3. O visível problema das erosões na TC ParCão ocasionou queda considerável na aprovação do uso de TCs.

Diante dos resultados podemos dizer que o bom desempenho nas questões de reconhecimento da TC e de sua função está vinculado à possibilidade de maior legibilidade do projeto, ou seja, quanto mais houver facilidade com que os elementos construídos sejam reconhecidos pelos usuários, maior pode ser a apropriação destes. A legibilidade, segundo Lynch (1960), é uma das principais qualidades visuais da imagem urbana, que se refere à facilidade com que as partes podem ser reconhecidas e organizadas em um padrão coerente para o usuário.

A experiência de implantação de TCs na cidade de Guarulhos, através das análises obtidas nos casos analisados, contribui na percepção da sociedade das técnicas compensatórias adotadas na drenagem em espaços públicos, em especial na questão da presença da água no meio urbano, possibilitando outros usos e, principalmente, o convívio harmônico com a população. Destaca-se aqui que tais conceitos ainda são novos para a maioria dos técnicos e gestores em áreas como o saneamento e o urbanismo, demonstrando também a importância da capacitação destes profissionais de drenagem e manejo de águas pluviais para soluções com foco na sustentabilidade, e não apenas na eficiência hidráulica de redes de drenagem, evoluindo-se para um sistema de drenagem integrado ao ambiente urbano. A multidisciplinaridade na elaboração do projeto de TCs, e o diálogo entre esses projetistas de diferentes áreas técnicas, tem papel importantíssimo para a boa concepção de TCs que contribuam efetivamente para melhorias na qualidade de vida nas cidades.

Os resultados indicaram que o uso da percepção da comunidade é de grande

relevância na elaboração de projetos e como ferramenta de apoio para divulgação e conscientização da funcionalidade a fim de garantir aceitação e manutenção das TCs construídas principalmente em áreas públicas, pois demonstram as potencialidades e as fragilidades das técnicas, conforme o uso da população local.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## **5. REFERENCIAL**

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. *Técnicas compensatórias em drenagem urbana*. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2011.

CANHOLI, A. P. *Drenagem Urbana e Controle de Enchentes*. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2005.

GEHL, J. *Cidades para Pessoas*. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

LYNCH, K. *The image of the city*. Tradução. 70. ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1960.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. *Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil*. Rio de Janeiro: FBD, 2013. 76 p.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Conselho Nacional da Saúde. 2012. *Resolução Nº 466 de 12 de dezembro de 2012*. Diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília, DF. 2012.

PREFEITURA DE GUARULHOS. *Plano Diretor de Drenagem – Diretrizes, Orientações e Propostas*. Prefeitura de Guarulhos. Guarulhos, São Paulo, 107p. 2008.

TUCCI, C. E. M. *Inundações Urbanas*. ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Editora UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS. 2007.

TUAN, Y. *Topophilia: a study of environmental perception, attitudes and values*. Englewood Cliffs: Prentice – Hall, 1974.

UNITED Nations International Strategy for Disaster Reduction. *Terminology on disaster risk reduction*. Geneva, 2009.



# DIRETRIZES PROJETOAIS PARA CIDADES MAIS SUSTENTÁVEIS

Design Guidelines for Sustainable Cities

*Ricardo Siloto da Silva<sup>1</sup>*

*Nícolás Guerra R. Tão<sup>2</sup>*

## RESUMO

A produção de cidades conduz a mudanças nos ecossistemas naturais, porém o grau com que os mesmos são afetados pelo desenvolvimento urbano pode variar conforme as abordagens praticadas. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é estruturar um conjunto de diretrizes para projetos urbanos, adequadas ao cenário brasileiro, que auxiliem na idealização de cidades mais harmônicas com os atributos ambientais do território. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico e documental. Entende-se que os princípios e a metodologia fruto desta pesquisa podem contribuir para orientar diretrizes autóctones nos municípios brasileiros, que visem reduzir os impactos ambientais e, desta forma, promover qualidade de vida aos cidadãos.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Gestão Ambiental Urbana, Urbanismo.

## ABSTRACT

The development of cities leads to several changes on ecosystem's functionality. However, the degree in which the urban process can affect it will vary depending on the practiced approaches. This study aims to structure a framework of 'design guidelines' to help conceive cities more harmonic with the natural features of the landscape, adapted to the Brazilian context. To accomplish that, the methodology is based on documental and literature review. It is considered that the principles and methodology resulted from this research can orientate autochthonous guidelines for Brazilian cities that intend to reduce environmental impact and thus, promote quality of life.

**Keywords:** Urban Engineering, Environmental Urban Management, Urbanism.

---

(1) Doutor, Professor Titular do Departamento de Engenharia Civil, UFSCar. E-mail: [rss@ufscar.br](mailto:rss@ufscar.br)

(2) Mestre em Engenharia Urbana, UFSCar. E-mail: [nicolas.tao@hotmail.com](mailto:nicolas.tao@hotmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

As cidades podem ser analisadas como sistemas únicos ou como a soma de subsistemas dependentes. Isso se dá a partir da visão de há um conjunto de processos que nela se estruturam, os quais, do mesmo modo que os sistemas ecológicos, dependem de aportes externos de matéria e energia para que funcionem. Esses sistemas são ditos urbanos e possuem diferentes formas e funções. A forma relaciona-se ao ambiente biofísico que interage e sustenta as funções; estas por sua vez respondem às necessidades humanas determinadas pelo contexto sociocultural. Nas circunstâncias deste estudo, a compreensão dessas interações nas cidades, entre forma e função, pode contribuir para a replanejamento dos processos urbanos de modo a reduzir potenciais impactos ambientais (DOUGLAS & JAMES, 2014).

Assume-se como impacto ambiental a alteração do meio ambiente causada por uma atividade humana, em um recorte espaço-temporal, comparada com a situação que ocorreria na ausência dessa intervenção. Estão também envolvidos nesse conceito os indutores, que são as atividades humanas; os aspectos ambientais, ou processos, os quais podem causar efeitos na qualidade ambiental; e esses efeitos, que são propriamente os impactos, ou consequências. Uma atividade humana eventualmente ocasionará um ou mais aspectos ambientais, que irão ou não causar impactos ambientais (SANCHÉZ, 2013; ALBERTI *et al.*, 2003).

O modo como os projetos urbanos são concebidos, principalmente nas etapas de estabelecimento de estratégias e guias, pode contribuir para a redução dos impactos ambientais. O processo de projeto envolve decisões técnicas embasadas no campo teórico-prático, que serão aplicadas no ambiente físico (novo sítio). Para isso, recorre à análise do que tem sido utilizado para responder aos problemas urbanos e, a partir disso, propõe melhorias e avalia os impactos das novas propostas. Essas ideias devem ser testadas através de diretrizes de projeto previamente estabelecidas, já que o produto do projeto urbano – a cidade – é de difícil reestruturação, o que pressiona a acurácia das decisões técnicas envolvidas. Na elaboração de cenários, é possível que estas diretrizes se choquem, uma vez que cada sítio é único em suas características e demandas (ERICKSON & LLOYD-JONES, 2001). Porém, a racionalidade técnica não pode desvencilhar os projetos urbanos de seu objetivo principal: dotar os espaços de qualidade urbanística para usufruto da população (AGUIAR, 2012).

Portanto, focar-se na sustentabilidade pode ser estratégico para garantir boas práticas de projeto, já que a mesma exige uma visão holística, interdisciplinar e conciliadora entre demandas naturalmente conflitantes. Pautando-se nessa perspectiva, o objetivo principal desse estudo é a estruturação de um conjunto de diretrizes que auxiliem na concepção de cidades mais harmônicas com os atributos ambientais do

território, adequado às características do cenário urbano brasileiro.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

Para a elaboração deste estudo, foi realizado o levantamento bibliográfico e documental de critérios, diretrizes, exemplos de aplicação, modelos, indicadores, entre outros conteúdos, que contribuam com respostas a problemas ambientais urbanos. A busca por palavras-chave (em Inglês e Português) como “diretrizes/critérios/modelos/guias ambientais para projetos urbanos”, “projeto ambiental urbano”, “atributos físicos na expansão urbana”, “resiliência nas cidades/áreas urbanas”, “conectividade ecológica em áreas urbanas” e “impacto ambiental urbano reduzido”, entre outras correlatas, auxiliou na seleção das bibliografias pertinentes, de âmbito nacional ou internacional, em plataformas científicas online. O quadro a seguir resume as principais referências consultadas, destacando a base de informação dos mesmos e a área temática principal (Quadro 1).

Quadro 1: Bases de informação das referências selecionadas.

Principais Referências	Temática	Base de informação
Fragomeni (2012)	Mobilidade Urbana	Levantamento no periódico <i>Transportation Research Part D: Transport and Environment</i> .
Andrade e Romero (2007)	Saneamento ambiental	Indicadores de eficiência hídrica urbana.
ONU-Habitat (2015)	Todos os temas	Consulta a especialistas da ONU Habitat, que representa autoridades locais e associações de planejadores. Discussão na Habitat III e aprovação pelo conselho ONU.
Vassalo (2009)	Todos os temas	Sistemas de indicadores e certificação para áreas urbanas: SIDS - Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável; IUG - Indicadores Urbanos Globais; UIP - <i>Urban Indicators Programme do UNO-Habitat</i> ; ICE - Indicadores Comuns Europeus; AAE - Avaliação Ambiental Estratégica; Entre outros.
Huang et al. (2015)	Todos os temas	Guia desenvolvido pelo <i>China Development Bank Capital (CDBC)</i> focado em urbanismo, que consultou e realizou workshops com mais de 100 pesquisadores mundiais.
Gago et al. (2013)	Uso e ocupação do solo	Revisão bibliográfica internacional sobre a temática das ilhas de calor.
Negreiros e Abiko (2009, 2010)	Todos os temas	Avaliou os critérios de alguns sistemas de certificação e avaliação: ISO 14.001; AQUA - Alta Qualidade Ambiental; LEED-ND - <i>Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Developments Rating System</i> ; GRI - <i>Global Reporting Initiative</i> ; EIA - <i>Environment Impact Assessment</i> ; Entre outros.
Freitas et al. (2001)	Todos os temas	Manual de habitação e meio ambiente, focado em empreendimentos de interesse social, produzido por pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas.
Corghi (2014)	Uso e ocupação do solo	Tese produzida junto a Universidade Estadual de Campinas, focada em atributos físicos do território.
New York (2010)	Todos os temas	<i>Design Guidelines</i> produzido pelo município de Nova Iorque (EUA), na gestão de Michael R. Bloomberg.

Fonte: Elaboração própria do autor, 2019.

Durante a etapa de análise, o material consultado foi reinterpretado, já que muitas das fontes se tratam de indicadores e estratégias, não necessariamente construídos para nortear novos projetos urbanos. As diretrizes foram tabeladas e validadas sobre a perspectiva de sua contribuição para a redução de impactos e por meio do seu pareamento com modelos conceituais de sustentabilidade urbana (GUERRA-TÃO *et al.*, 2016). Foi verificado se as diretrizes se adequam aos princípios desses modelos.

Para sistematizar as diretrizes, foram utilizados dois níveis de agrupamento. O primeiro se refere a ação da diretriz sobre o potencial impacto ambiental. Pelas características dos impactos ambientais decorrentes dos projetos urbanos é possível adotar medidas que eliminem sua ocorrência (evitar que ele seja gerado), que reduzam sua intensidade (manter o impacto ao mínimo possível) ou que ofereçam uma contrapartida à degradação (compensar os danos causados). A partir dessa lógica, as diretrizes foram agrupadas em três categorias gerais: preservação de atributos naturais, eficiência no uso de recursos e compensação de impactos ambientais. O segundo nível de agrupamento é temático e se refere as principais questões imbricadas no processo de urbanização. As categorias temáticas são: uso e ocupação do solo e acesso à terra, mobilidade urbana, saneamento ambiental, desenvolvimento das atividades econômicas, energia e atividades agrícolas (adaptado de ALBERTI *et al.*, 2003).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

O conteúdo que se segue na discussão dos resultados apresenta as diretrizes qualitativas subdivididas em tópicos e analisa suas principais contribuições à sustentabilidade de projetos urbanos. O referencial teórico que embasa as diretrizes é indicado nas tabelas por números que correspondem às referências, listadas ao final do trabalho.

Ao parrear as diretrizes levantadas aos princípios dos modelos conceituais de sustentabilidade urbana levantados por Guerra-Tão *et al.* (2016), verificou-se que o material estruturado contempla teoricamente as ideias e valores que o arcabouço da ecologia urbana, cidades biofílicas, urbanismo sustentável e urbanismo ecológico apresenta, a exceção da dimensão política (Quadro 2). Isso atesta a relevância do arcabouço produzido e o valida enquanto uma possível ferramenta dessas propostas, aproximando-as do campo prático.

Salienta-se que, pela dinamicidade das diretrizes estruturadas, sua classificação é flexível. Para efeito de organização, foi selecionada a categoria geral e temática mais relacionada, não necessariamente a única.

Quadro 2: Implicações a projetos urbanos sugeridas em modelos conceituais.

Abordagens	Princípios relevantes aos projetos urbanos
Ecologia Urbana	Busca da eficiência metabólica através da reinvenção da morfologia urbana e organização de usos e atividades dentro da cidade.
Cidades Biofílicas	Aproveitamento de elementos naturais existentes e a recuperação dos degradados; Inserção da natureza em cada componente urbano.
Urbanismo Sustentável	Recupera a unidade de vizinhança como chave na promoção de espaços autossuficientes; Promove o modelo das certificações.
Urbanismo Ecológico	Permeabilidade com os ambientes rurais; Destaque do espaço público como palco político.

Fonte: adaptado de Guerra-Tão *et al.*, 2016.

Também é flexível a abrangência dos projetos nos quais as diretrizes podem ser aplicadas, já que essas foram adaptadas majoritariamente de órgãos internacionais que se propõem à universalidade de aplicação. Sendo assim, as diretrizes estruturadas não serão válidas em sua totalidade para todos os contextos e incentiva-se o seu aprimoramento à realidade local, principalmente na escala dos municípios. Limites da pesquisa também podem ser verificados em relação a dimensão socioeconômica, já que houve enfoque sobre a dimensão ambiental. São permeados alguns problemas e soluções relacionados a socio economia de modo breve, sendo necessária a devida complementação por trabalhos futuros dentro da temática.

A maioria das diretrizes aqui referidas estão relacionadas à loteamentos urbanos previstos para áreas de expansão urbana. Entretanto, como critério geral, destaca-se a necessidade de se ocupar vazios urbanos já existentes e lotes em áreas onde exista infraestrutura subutilizada. Quando possível, melhorar a infraestrutura de regiões localizadas dentro da mancha urbana para aumentar sua capacidade de suporte, evitando ao máximo a expansão nas franjas urbanas. Inclusive, a proteção de áreas aptas à agricultura e o incentivo às atividades econômicas do ambiente rural têm papel importante na redução da especulação imobiliária no limite urbano.

### 3.1. DIRETRIZES PARA A PRESERVAÇÃO DE ATRIBUTOS NATURAIS

As diretrizes organizadas dentro dessa categoria geral, preservação de atributos naturais, serão consideradas principalmente na etapa de seleção de sítios para urbanização (Quadro 3). Isso ocorre, pois, a presença de grande quantidade de bens a proteger pode até mesmo inviabilizar econômica e ambientalmente a expansão urbana em uma determinada área.

Se os atributos naturais, nesse primeiro crivo, permitirem o processo de urbanização, o primeiro esboço de desenho urbano nesta etapa apresentará as glebas urbanizáveis. Em menor escala, as diretrizes evidenciam os elementos ecológicos estruturadores

do território a serem integrados e conectados no espaço urbano, como corredores ecológicos, áreas vegetadas preferencialmente utilizadas como parques (se não forem exclusivas à preservação) e outros patrimônios paisagísticos. Também ficam evidentes pelas mesmas a necessidade de preservação e conservação de estruturas ecológico-paisagísticas relacionadas aos corpos hídricos, como as zonas de amortecimento de cheias, planícies de inundação e linhas de drenagem, que não precisam ser lidas como espaços “perdidos” para a urbanização, mas sim áreas onde é possível estabelecer usos mais resilientes e adaptados às suas condições.

Juntos, esses elementos estruturantes podem fornecer uma direção para a definição do sistema de espaços livres (SEL) da área a ser urbanizada. Por sua vez, O SEL pode ser utilizado como pano de fundo e norte para o desenho urbano, já que através dele é possível estruturar a paisagem urbana. Destaca-se entre as funções do SEL a reserva de espaços para usos futuros, um fator de importância estratégica para o funcionamento a longo prazo das cidades, mas que não é prática recorrente nas gestões municipais.

É importante destacar que as diretrizes, nessa etapa, estarão em parte contempladas pela legislação urbano-ambiental existente no contexto brasileiro, porém as leis não englobam a totalidade de informações compiladas no presente estudo. Destaca-se a lei de parcelamento do solo (Lei Nº 6.766, 1979); o Código Florestal (Lei Nº 12.651, 2012); o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Lei Nº 9.985, 2000) e a Política Nacional dos Recursos hídricos (Lei Nº 9.433, 1997) como o arcabouço legal que mais dialoga com as diretrizes aqui descritas.

### **3.2. DIRETRIZES PARA A EFICIÊNCIA NO USO DE RECURSOS**

O segundo grupo de diretrizes apresentadas, de eficiência no uso de recursos, refere-se principalmente à etapa do projeto, na qual é delineado o desenho detalhado e são estabelecidas as formas de implantação dos loteamentos (Quadro 4). A eficiência aqui citada não se limita ao uso de recursos naturais, mas também aos custos econômicos e sociais que podem ser evitados com um projeto urbano sensível ambientalmente e que ofereça qualidade de espaços para a população.

As diretrizes se baseiam nos princípios da compactidade urbana ao propor a eficiência no uso do solo urbano, tanto em forma quanto em função. Para isso, as principais diretrizes sugerem a redução máxima das distâncias de deslocamento (proximidade entre trabalho, casa, comércio e serviços, com uso misto e polinucleação) e acesso universal através de modais de transporte mais sustentáveis o possível (pedestres, ciclistas e transporte público coletivo). No espaço físico, propõe-se que vias e outras infraestruturas sejam desenhadas para atender tais modais, não mais focadas nas

Quadro 3: Diretrizes estruturadas, relacionadas à preservação de atributos naturais.

Preservação de atributos naturais		
Tema	Diretriz	Referência
Uso e ocupação do solo	Evitar solo exposto	7,8,9
	Proteger o patrimônio ambiental	11,8,12,9,10,13
	Proteger o patrimônio histórico	11,8
	Proteger a biodiversidade local e os espaços vegetados	11,8,9,10
	Integrar a paisagem do ambiente natural ao projeto urbano	8
	Proteger patrimônios paisagísticos locais	8,9,10
	Preservar e recuperar áreas de alta declividade	8,9,10
	Evitar a poluição por poeiras e partículas na implantação	8
	Minimizar o desmatamento na implantação	8,13
	Não ocupar áreas protegidas e habitats de esp. ameaçadas	8,9,10,13
	Evitar a fragmentação de habitats existentes	8
	Conservar áreas alagáveis e linhas de drenagem	8,13
	Prever planície de inundação dos corpos hídricos	9,10
	Investigar a suscetibilidade do meio físico em áreas de risco	14
	Ocupar vazios e melhorar a infraestrutura em áreas urbanas	8
Proteção das áreas de amortecimento de cheias	13	
Saneamento ambiental	Favorecer condições naturais de infiltração de águas pluviais	7,8,13
	Favorecer condições naturais de escoamento superficial	7,8,9,10
Energia e atividades agrícolas	Favorecer a utilização de terras agrícolas aptas	11,8,9,10

Fonte: Elaboração própria do autor, 2019.

demandas dos automóveis. Essas estratégias, aplicadas conjuntamente, têm relação direta com a questão ambiental, tendo em vista que reduzem as emissões de Gases do Efeito Estufa (GEE's), a dependência de combustíveis fósseis e a pressão da expansão urbana sobre áreas de preservação.

As diretrizes dessa etapa também detalham o sistema de espaços livres, sugerindo a sua conexão ao sistema viário, aos equipamentos públicos e o seu desenho de modo acessível à população a distâncias caminháveis. Sugere-se também a sua integração com as infraestruturas verdes e azuis, voltadas ao desempenho ambiental, além de outras citadas junto a seção de saneamento ambiental.

O projeto urbano pode ir além do desenho urbano, e, portanto, sugerir algumas diretrizes de implantação. Essas contemplam principalmente os materiais utilizados, preferencialmente de origem regional e fontes o mais sustentáveis o possível (métodos e modelos como a análise de ciclo de vida e a produção mais limpa podem

Quadro 4: Diretrizes estruturadas, relacionadas à eficiência no uso de recursos.

Eficiência no uso de recursos		
Tema	Diretriz	Referência
Uso e ocupação do solo	Promover a compacidade pelo controle da dispersão, adensamento, otimização de usos e infraestruturas	15,11,8,12,9,10
	Favorecer a proximidade entre comércios e residências	15,12,9,10,16
	Promover a economia de escala	15,11
	Atrelar o adensamento à oferta de áreas verdes	15
	Incentivar a polinucleação urbana	15,11
	Incentivar o uso misto do solo	15,11,8,12,9,10,16
	Incentivo a diversidade social e habitacional (fração social)	11,8,9,10
	Prever espaços públicos de qualidade, verdes, de esporte e culturais, com diversidade de equipamentos por idade	11,8,12,9,10,16
	Requalificação de assentamentos informais existentes	11
	Proximidade entre locais de trabalho e residência	11,8,12,9,10,16
	Incentivar a economia local	11
	Desenvolver códigos morfológicos de edificações	11,8,9,10
	Adequar as densidades dos bairros à infraestrutura	11,14
	Promover a multifuncionalidade de espaços públicos	11,8,13
	Promover a conectividade entre espaços públicos, atrativos comerciais, culturais e corredores verdes	11,8,16
	Reutilização de edifícios e adaptação de usos	8
	Consumo de materiais regionais na etapa de construção	8,9,10
	Utilização de materiais duráveis durante a construção	8
	Garantir iluminação pública de qualidade	8,9,10,16
	Evitar o projeto de ruas estreitas, "muros cegos", becos, inadequadas estruturas verdes, zonas amplas sem funcionalidade e desconectadas da malha urbana	8,9,10
	Garantir escala humana nos edifícios e infraestruturas	12,9,10
	Quadras pequenas, com exceção das áreas industriais, com mais ruas que possuam menos pistas	12,16
	Acesso a áreas verdes a uma distância caminhável	12,16
	Utilização de materiais e/ou revestimentos de alta capacidade de reflexão de radiação	17
	Estudo da localização e forma dos edifícios para facilitar a circulação de ar e evitar ilhas de calor	17,9,10
	Projeto paisagístico de baixa necessidade de irrigação	9,10
Utilização de tipologias habitacionais adaptadas as características do terreno	14	
Compatibilizar o traçado viário a tendência da topografia	13	
Terraplanagem pontual e mínima, evitada inclusive nos lotes antes da implantação dos edifícios	13	
Saneamento ambiental	Reaproveitamento de águas pluviais	7, 8,12, 9,10
	Integrar infraestruturas azuis aos espaços públicos	7, 11,12, 13
	Uso de materiais reciclados e/ou recicláveis na construção	8,9,10
	Incentivo ao reaproveitamento e produção mais limpa	8,12,9,10



<b>Mobilidade urbana</b>	Atrair adensamento aos corredores de transporte coletivo	15,11
	Utilização de rotatórias quando possível	15
	Estacionamentos integrados aos terminais de transporte	15
	Integração física e tarifária entre modais de transporte	15,12
	Transporte coletivo planejado à demanda local	15,11,8,9,10
	Estacionamentos verticais	15
	Controlar a circulação e estacionamentos de automóveis em áreas centrais	15,12,9,10
	Incentivo a melhoria do acesso à cidade (direito a cidade)	11,9,10
	Nós urbanos estruturantes de mobilidade	11,12, 16
	Incentivo ao transporte não motorizado	11,12
	Incentivo a estratégias que minimizem o uso de veículos individuais motorizados	11,8,12,9,10
	Rede de ruas seguras, confortáveis e conectadas	11,8,16
	Acesso ao transporte público a distâncias caminháveis	8,12
	Espaços projetados em função do pedestre	8,12,9,10,16
	Projetar infraestrutura para veículos de baixo impacto	8,9,10,16
	Criar rede cicloviária onde for possível	8,12,9,10,16
	Garantir acesso a pessoas com mobilidade reduzida	8,9,10,16
	Promover a conectividade viária e de infraestrutura entre bairros/comunidades	8,12,9,10,16
	Diversificar modais de transporte	12
	Minimizar o uso de passarelas e túneis para pedestres	16
Desenhar vias com o mínimo de faixas e largura o possível	16	
<b>Energia e atividades agrícolas</b>	Incentivar fontes sustentáveis e locais de energia	11,8,12,9,10
	Incentivo a eficiência energética do espaço urbano	11,8,12,9,10
<b>Desenvolvim. das atividades econômicas</b>	Prever a distribuição espacial de atividades econômicas, com alternância de horários dos comércios próximos	15,11
	Revitalizar espaços degradados e contaminados	11,8, 9,10,14
	Analisar ventos predominantes para evitar locais que recebam emissões de grandes geradores, como aterros	14

Fonte: Elaboração própria do autor, 2019.

contribuir) e os cuidados durante a movimentação de terra, para evitar processos de erosão e assoreamento que geram o carreamento de toneladas de solo aos corpos hídricos anualmente.

### 3.3 DIRETRIZES PARA A COMPENSAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

Nessa etapa são descritas diretrizes para compensar impactos que não puderam ser evitados (Quadro 5). Entre os impactos mais comuns destaca-se o desmatamento, que segundo as diretrizes pode ser em parte compensado pelo projeto de arborização

da área, telhados e paredes verdes e corredores ecológicos, os quais permitem a conectividade de fragmentos isolados.

Também são apresentadas estratégias que visam mimetizar o fornecimento de serviços ambientais que foram interrompidos, como o tratamento e reintegração de águas pluviais. Outros problemas ambientais, como a geração de resíduos e ruídos, são “entradas” do ecossistema urbano que não necessariamente existiam no sistema natural, para os quais igualmente são sugeridas formas de compensação através das diretrizes.

Destaca-se que atividades extinguidas na conversão do ambiente rural em urbano, como as agrícolas, podem ser reintroduzidas em menor escala por meio de hortas urbanas. Contribui-se assim para a segurança alimentar populacional e também para a reaproximação e sensibilização dos cidadãos quanto aos sistemas de produção dos alimentos.

Quadro 5: Diretrizes estruturadas, relacionadas à compensação de impactos ambientais.

Compensação de impactos ambientais		
Tema	Diretriz	Referência
Uso e ocupação do solo	Minimizar erosão e sedimentação durante e após o projeto	8,9,10,14,13
	Prevenção e mitigação dos impactos das mudanças climáticas	11
	Evitar o desenvolvimento de ilhas de calor ao projetar espaços, paredes e telhados verdes, além da arborização	11,17,8
	Promover a arborização urbana	11,8,9,10
	Assegurar conectividade entre habitats	8,9,10
	Projetar cinturões verdes ao longo das principais vias	8,16
	Práticas para minimizar ruído de vias, ferrovias ou aeroportos	8
	Propor um plano de minimização dos impactos da construção	9,10
	Preservação de solos superficiais durante a terraplanagem	13
Saneamento ambiental	Equilíbrio entre espaços pavimentados e ajardinados	7,12
	Integração do projeto urbano ao ciclo hidrológico	7,8,12
	Promover espaços para tratamento de águas pluviais	7,8
	Promover espaços para a retenção de águas pluviais	7,8,9,10,13
	Acesso a condições de saneamento adequadas	11
	Integrar gestão de resíduos sólidos e planejamento territorial	11,8,12,9,10
	Incorporar o tratamento e reutilização de águas residuais	8,12
Administrar resíduos de construção civil e perigosos	8,12,9,10	
Energia e atividades agrícolas	Incentivar complementariedades urbano-rurais e a segurança alimentar	11,9,10
	Promover a agricultura urbana	9,10

Fonte: Elaboração própria do autor, 2019.

## 4. CONCLUSÃO

À luz de referências conceituadas, foi possível estruturar um conjunto de diretrizes ambientais destinadas a prevenir, reduzir e compensar possíveis impactos ambientais urbanos desde a formulação do projeto. O que se propõe é um *checklist* de diretrizes aplicáveis a propostas de loteamentos urbanos que contempla a sustentabilidade principalmente ambiental, mas também permeia as dimensões social e econômica, paralelamente. Os resultados encontrados contribuem para uma tradução de princípios teóricos da sustentabilidade urbana em uma aproximação prática e holística de enfrentamento dos problemas decorrentes da urbanização. A proposta não visa esgotar o tema, mas sim propor um ponto de partida para a criação de guias autóctones nos municípios brasileiros, que visem reduzir os impactos ambientais desde a idealização das novas urbanizações.

Por fim, apesar do enfoque sobre o ambiente físico, ao qual tangem os projetos urbanos, entende-se que a qualidade dos espaços e infraestruturas almejada pelas diretrizes visa a concepção de cidades mais atrativas à vida urbana em geral. Dotar os assentamentos humanos de condições de acolhimento para que a população usufrua de sadia qualidade de vida pode ser considerado um primeiro passo em direção à urbanidade, aqui norteadas pelos princípios do desenvolvimento sustentável.

## 5. REFERENCIAL

DOUGLAS I., JAMES P. *Urban ecology: an introduction*. New York: Routledge, 2014.

SANCHÉZ L. E. *Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

ALBERTI, M. *et al.* Integrating humans into ecology: opportunities and challenges for studying urban ecosystems. *BioScience*, v. 53, n. 12, p. 1169-1179, 2003.

ERICKSON B., LLOYD-JONES T. Design problems. In: Roberts M., Greed C. *Approaching Urban Design: the design process*. Nova York: Routledge, 2001.

AGUIAR D. Urbanidade e a qualidade da cidade. *Arquitextos*, São Paulo, ano 12, n. 141.08, *Vitruvius*, 2012.

GUERRA-TÃO N. *et al.* Convergências dos campos urbano e ambiental em propostas conceituais que visam a sustentabilidade urbana: avanços e desafios. *Thésis*, v. 2, n. 3, p. 299-317, 2017.

ANDRADE L. M. S., ROMERO M. A. B. Construção de indicadores de eficiência hídrica urbana: desafio para a gestão ambiental urbana. *Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo*, n. 4, p. 63-80, 2007.

VASSALO V. P. L. *Certificação territorial: proposta de critérios de avaliação de áreas*

*urbanas sustentáveis*. Faculdade de Ciências e Tecnologia (Dissertação de Mestrado), 158 p, 2009.

NEGREIROS I. *Diretrizes para projetos de loteamentos urbanos considerando os métodos de avaliação ambiental*. Universidade de São Paulo Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade de São Paulo, 160 p., 2009.

NEGREIROS I., ABIKO A. K. Propostas de diretrizes para projetos de loteamentos urbanos considerando os métodos de avaliação ambiental. *In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 13., 2010, Canela, RS. **Anais** [...]. 2010.

ONU-HABITAT. *Diretrizes internacionais para o planejamento urbano e territorial*. Nairóbi: Programa das N.U. para Assentamentos Humanos, 40 p., 2015.

HUANG C. C. et al. *12 green guidelines: CDBC's green and smart urban development guidelines*. China Development Bank Capital (CDBC), 69 p, 2015.

CORGHI F. N. *Diretrizes para implantação de loteamentos urbanos: aspectos físicos, legais e sociais*. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

FREITAS C. G. L. D. et al. *Habitação e meio ambiente: abordagem integrada em empreendimentos de interesse social*. Instituto de Pesquisa Tecnológica, 236 p., 2001.

FRAGOMENI G. Planejamento e mobilidade urbana: uma breve análise da produção científica internacional. *Revista dos Transportes Públicos-ANTP*, v. 34, p. 57-76, 2012.

NEW YORK (CITY). *Active Design Guidelines: Promoting Physical Activity and Health in design*. 144 p. 2010.

GAGO E. J. et al. The city and urban heat islands: A review of strategies to mitigate adverse effects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 25, p. 749-758, 2013.

A photograph of a steep, eroded soil bank. The soil is reddish-brown and shows signs of weathering and cracking. A hand is visible on the left side, pointing towards the soil, providing a sense of scale. The background is a dense, green forest. The text "GEOTECNIA E GEOPROCESSAMENTO" is overlaid in white, bold, sans-serif font in the lower-middle part of the image.

# GEOTECNIA E GEOPROCESSAMENTO

# MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE DEPÓSITOS ANTROPOGÊNICOS GERADOS POR RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO

Mapping and Characterization of Anthropogenic Deposits Generated by Civil Construction and Demolition Waste

*Denise Balestrero Menezes<sup>1</sup>*

*Vinicius Gustavo de Oliveira<sup>2</sup>*

## RESUMO

Estudos envolvendo características geológico-geotécnicas de solo e subsolo em áreas urbanas são complexos, pois solo e subsolo em muito se distanciam dos materiais naturais. Em muitos locais há a formação de novas camadas geológicas, conhecidas como depósitos antropogênicos. Este capítulo trata de procedimentos metodológicos que estão sendo empregados para localizar, delimitar e caracterizar depósitos antropogênicos formados por resíduos de construção civil e demolição, em estudos na cidade de São Carlos – SP. Por meio de levantamentos de campo, análise de imagens aéreas, cartas, mapas, caracterização de composição além de ensaios de laboratório e campo, diversas áreas estão sendo estudadas com resultados importantes sobre seu potencial contaminante e características geotécnicas para futuras ocupações destas áreas.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Antropização, Degradação Ambiental, Contaminação, Caracterização Geológico-Geotécnica.

## ABSTRACT

Studies involving geological-geotechnical characteristics of soil and subsoil in urban areas are complex, as soil and subsoil differ greatly from natural materials. In many places, there is the formation of new geological layers, known as anthropogenic deposits. This chapter deals with methodological procedures that are being used to locate, delimit and characterize anthropogenic deposits formed by civil construction and demolition waste, in studies in the city of São Carlos - SP. Through field surveys, aerial image analysis, charts, maps, composition characterization and laboratory and field tests, several areas are being studied with important results about their

---

(1) Geóloga, Doutora, professora Departamento de Engenharia Civil, PPGEU, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). E-mail: [denisebm@ufscar.br](mailto:denisebm@ufscar.br)

(2) Eng. Geólogo, Mestre em Engenharia Urbana pelo PPGEU, Doutorando em Geociências e Meio Ambiente, UNESP, Universidade Estadual Paulista. E-mail: [vinicius.g.oliveira@unesp.br](mailto:vinicius.g.oliveira@unesp.br)

contaminating potential and geotechnical characteristics for future occupations of these areas.

**Keywords:** Urban Engineering, Anthropization, Environmental Degradation, Contamination, Geological and Geotechnical Characterization

## 1. INTRODUÇÃO

A realização de estudos e que envolvam a determinação de características geológico-geotécnicas de solo e subsolo em áreas urbanas é uma questão complexa. O solo urbano, em muito se distancia do solo naturalmente formado por processos de intemperismo e pedogênese, com perfis característicos, tanto pela introdução de elementos químicos das mais diversas naturezas, como pela realização de cortes, aterros terraplanagens, pela compactação de camadas modificando as propriedades de infiltração e também pela introdução de elementos antropogênicos formando pacotes e camadas com volumes e conteúdos diversos.

O termo solo urbano tem sido utilizado para definir solos modificados pelas atividades humanas em áreas urbanas e periurbanas, podendo ou não conter materiais antrópicos (PEDRON *et al.*, 2004). Já os solos antrópicos seriam aqueles contendo materiais resultantes de atividades humanas, como aterros, de rejeitos de construção civil e demolição (concreto, tijolos, aço), escórias cinzas de carvão, resíduos de mineração entre outros (MEUSER, 2010). Como destacam Lehmann e Stahr (2007), os solos urbanos tem sido muito estudados do ponto de vista das características ecológicas e menos do ponto de vista da contaminação e das características para fundação de obras (geotécnicas). Diante dos problemas causados pelas áreas contaminadas reocupadas, este aspecto vem sendo mais tratado nas duas últimas décadas.

Dentro dos solos antropogênicos podem ser inseridas as áreas degradadas pelo resíduos indiscriminados, em especial os resíduos de construção e demolição (RCD). Resíduos estes cada vez mais significativos em volume e com o equacionamento da sua gestão ainda ineficiente, a despeito de haver leis e normas para isto, quer seja pelo custo elevado da destinação, quer seja pela falta de locais adequados, quer seja pela dificuldade de separação de outros resíduos para a entrega nos destinos corretos. Segundo estudos do setor de construção (SÃO PAULO; SINDUSCON, 2012), da geração dos resíduos da construção civil, 70% se concentra no pequeno gerador, de forma difusa, proveniente de reformas, pequenas obras e demolições. Estes resíduos muitas vezes são descartados juntamente com resíduos volumosos (folhas e galhos) e ainda uma parcela de resíduos sólidos urbanos (RSU). Os descartes irregulares geram degradação do solo, que pode ser entendida como a redução ou

eliminação das “funções do solo e sua capacidade de apoiar serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano” (FAO, 2015, tradução nossa).

Localizada no interior do Estado de São Paulo, a cidade de São Carlos, também tem sérios problemas de degradação por descartes irregulares de RCD, com aumento de depósitos irregulares na última década. Comparando com dados de cadastros anteriores, em 2014 (MICELI; MENEZES, 2014) observou-se que houve um aumento destas áreas. Em 2015 foi iniciado estudo de algumas destas áreas caracterizadas como depósitos persistentes, com resíduos que foram incorporados ao terreno, consideradas depósitos antropogênicos (NIZO, 2016; VALENTE; GOMES; MENEZES, 2017).

Depósitos e terrenos antropogênicos apresentam características diferentes dos formados por agentes naturais. Devido a uma grande heterogeneidade e complexidade dos materiais que o compõem, esses locais formados devido a uma ação direta ou indireta do homem podem ser difíceis de serem classificados. Dessa forma as classificações utilizadas para solos e rochas não são adequadas para uma classificação de depósitos e terrenos antropogênicos.

Uma das primeiras classificações foi desenvolvida por Fanning e Fanning (1989), que influenciou outras classificações posteriores. É subdividida em: materiais úrbicos, materiais gárbicos, materiais espólicos e materiais dragados. Essa classificação é bem simples, e com ela não é possível obter um grau de detalhamento de forma a contemplar toda complexidade dos depósitos e terrenos antropogênicos. Alguns autores diferenciam os depósitos em Tecnogênicos, como os formados por materiais não naturais, produzidos por processamentos de atividades humanas (PELOGGIA, 1997).

A classificação mais utilizada foi desenvolvida por pesquisadores da *British Geological Survey* (BGS), que é o serviço geológico do Reino Unido. McMillan e Powell (1999), Rosenbaum *et al.* (2003), Ford *et al.* (2010), Price *et al.* (2011) e Edgeworth (2014) subdividem depósitos antropogênicos em quatro níveis, com aumentando gradativo de detalhamento em cada nível. No primeiro nível têm-se uma classificação genética. O segundo nível fornece informações sobre a origem da área, se foram escavadas (pedreiras ou minas), aterradas, ou mesmo escavadas e posteriormente depositadas. O terceiro nível fornece informações sobre a origem do material, podendo ser categorizado como rejeito de mineração, lixo urbano, resíduos de cerâmica. O quarto nível apresenta detalhamento dos materiais mais encontrados no depósito.

No Brasil, Peloggia *et al.* (2014) propuseram classificação baseada na BGS, também subdividindo depósitos e terrenos antropogênicos em quatro níveis, aumentando progressivamente o detalhamento das informações. Segundo Oliveira e Menezes



(2018), esse método apresenta a vantagem de também permitir classificar terrenos antropogênicos (gerados de forma indireta, não intencional) como erosão e terrenos quimicamente alterados.

O objetivo deste capítulo foi apresentar aspectos metodológicos que estão sendo empregados em localizar, delimitar e caracterizar depósitos antropogênicos formados majoritariamente por RCD, em estudos na cidade de São Carlos – SP e resultados obtidos por meio deles.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

**2.1. Cadastramento de áreas** - Para o cadastro e definição de áreas de descarte persistente, aqui consideradas como depósitos antropogênicos, iniciou-se por organizar uma listagem de pontos de descarte (MICELI; MENEZES, 2014), que foi comparada com listagens anteriores (2005, 2010, 2013).

**2.2. Composição dos materiais aterrados** - Estas áreas (Figura 1) foram localizadas em campo e georreferenciadas, as áreas mais antigas e/ou maiores foram definidas como áreas persistentes, estudadas com relação a conteúdo a partir de observações de campo e amostragens compostas, com posterior composição química por ensaio de percolação, para verificar a reatividade dos materiais. Em alguns locais o tipo de depósito é de material não reativo, não necessitando, a princípio, de análises químicas (VALENTE; GOMES; MENEZES, 2017).

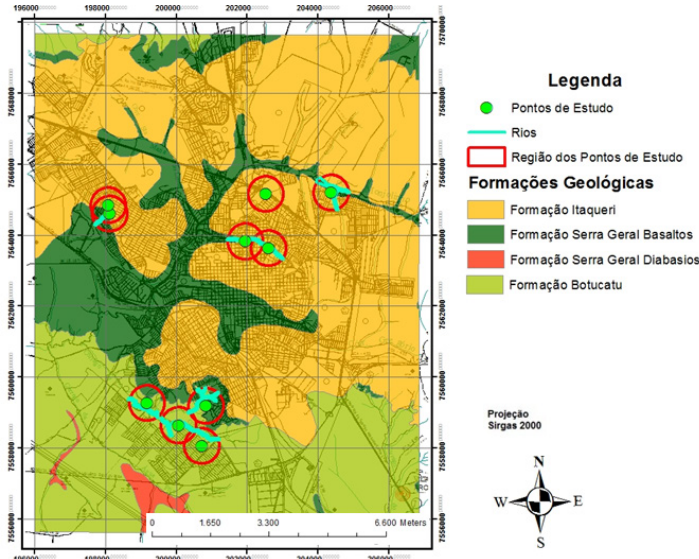
**2.3. Mapeamento de campo** - A delimitação de depósitos em campo passa por atividade de mapeamento semelhante ao geológico geotécnico, com coleta de materiais, marcação de pontos com GPS, descrição de afloramentos, mesmo que de materiais não naturais. É feita a utilização de imagens de satélite, fotografias aéreas antigas e cartas geológicas e topográficas de diferentes datas nas delimitações dos aterros, pilhas, terrenos naturais.

**2.4. Definição de volume / área ocupada** - Imagens de satélite históricas e fotografias aéreas antigas são utilizadas na delimitação e análise da evolução dos pontos estudados; as obtidas na plataforma *Google Earth Pro*® de diferentes satélites são muito úteis nesta etapa. Com uso de GPs são retirados pontos em campo e posteriormente é feito o georreferenciamento destas imagens, que terão a envoltória do aterro delimitada. Por meio da sobreposição de diferentes épocas define-se a área de maior volume aterrado. (OLIVEIRA; MENEZES, 2019)

**2.5. Caracterização geológico-geotécnica por mapeamento e ensaios** - Depósitos e terrenos antropogênicos podem apresentar graves problemas para a engenharia e o meio ambiente, portanto, avaliar suas características geológicas e geotécnicas é um passo importante para o planejamento urbano. Além do mais, esses locais podem

ser reaproveitados para as diversas obras de engenharia, como reutilização para moradias, locais de lazer, agricultura urbana ou mesmo para instalações industriais. Para isso, existem normas que facilitam a investigação e o desenvolvimento de soluções para esses locais.

Figura 1 – Primeiros pontos persistentes mapeados e estudados pelo grupo, sobre a carta de substrato rochoso de São Carlos (PONS, 2006; apud GOMES, 2017).



Fonte: Modificada de GOMES (2017).

Apesar de a NBR 8.044 (ABNT, 2018) não estabelecer normas específicas para depósitos antropogênicos, sua metodologia pode ser aplicada para essas áreas, estabelecendo etapas que devem ser seguidas em projetos geotécnicos:

- Levantamento informações através de estudos preliminares, de forma a se ter informações básicas para tomadas de decisão;
- Reconhecimento em campo das condições físicas do local; determinando parâmetros físicos e geomecânicos, compreendendo: Levantamento de dados já existentes; mapeamento geológico; investigações geológicas e geotécnicas, como prospecção geofísica, sondagem e amostragem; ensaios *in situ* e em laboratório; seções geotécnicas, classificação petrográfica dos materiais, classificação geotécnicas dos materiais, caracterização de ocorrências de materiais de empréstimo, identificação de áreas de bota-fora, e levantamento de aspectos geotécnicos ambientais;
- Anteprojeto, justificando as soluções para a área.

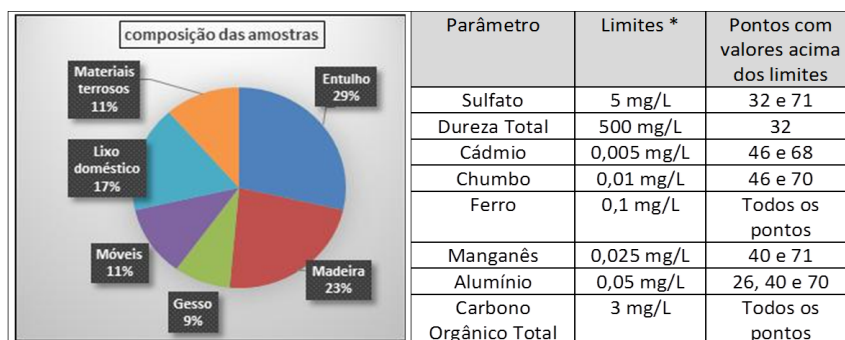
A norma ISO 14.688 (ISO, 2017) por outro lado, apresenta procedimentos para a caracterização de solos que contenham materiais antropogênicos, mas ainda limitada apenas ao reconhecimento visual dos resíduos antropogênicos. Segundo essa norma, para solos que foram escavados de depois redepositados, não contendo artefatos humanos, segue a norma de classificação para solos naturais. Quando os solos contêm materiais antropogênicos, determina-se: origem do material; presença ou não de materiais de grandes diâmetros; presença de vazios e regiões ocas; resíduos químicos e substâncias perigosas; presença ou não de matéria orgânica, detalhando o grau de decomposição; presença de cheiro ou odor; se possível, observa-se datas legíveis em documentos enterrados; sinais de calor subterrâneo ou combustão; estrutura, variabilidade e método de deposição.

Ensaio de campo, de infiltração e de resistência à penetração, assim como ensaios geotécnicos de laboratório (granulometria, índices físicos) podem ser utilizados com avaliação criteriosa de resultados, nem sempre semelhantes aos obtidos em solos naturais (OLIVEIRA, 2019).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos estudos realizados, em um primeiro momento foi possível avaliar que a composição dos aterros era diversa, com porcentagem de materiais distintos do entulho inerte, como gesso, RSU, móveis como pode ser observado no Quadro 1, que também apresenta o resultado do percolado da lixiviação de amostras compostas para cada local (VALENTE; GOMES; MENEZES, 2017).

Quadro 1 - Composição das amostras coletadas e valores de parâmetros percolados acima dos limites de potabilidade das amostras nos pontos estudados ao final do ensaio (17/10/2016).



\*Resolução CONAMA no 396 (BRASIL, 2008), \*\*Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), \*\*\*Portaria MS nº 2914 (BRASIL, 2011). Fonte: Modificado de Valente et al. (2017).

Os procedimentos de mapeamento de campo apresentam grandes diferenças entre áreas estudadas em decorrência do tipo de material, do depósito e da forma de aterro (em cava, em erosões, sobre o solo em pilhas ou camadas). Como exemplos são apresentados o do mapeamento de área marginal ao Córrego do Tijuco Preto, onde ocorrem depósitos diversos (Figura 2) e de área onde houve extração mineral de arenitos silicificados, gerando-se pilhas de rejeitos mais homogêneos (Figura 3).

Figura 2 – Pontos mapeados no córrego do Tijuco Preto

<p>Aluvião antrópico vindo de montante e acumulando no leito do rio. Material depositado caracterizado como Úrbico pelo acúmulo de RCD</p>	
<p>Pilhas de material (solo; saibro) para aterramento da área. Material depositado caracterizado como Espólico pelo acúmulo de materiais terrosos redepositados por terraplenagem</p>	
<p>Erosão do tipo Induzida, com afloramento de depósito antropogênico (aprox. 20m de altura) Gárbico pelos depósitos de material orgânico e Úrbico pelo depósito RCD</p>	

Autoria Denise Menezes, 2016.

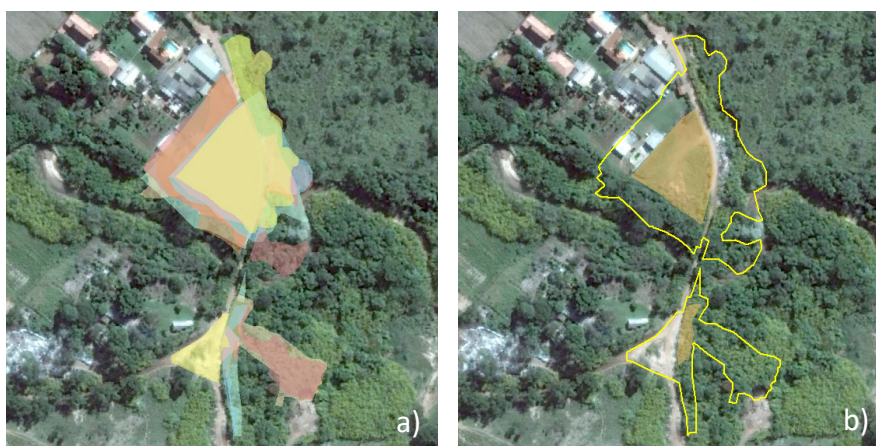
Figura 3 – Pontos mapeados em área minerada

<p>Talude de corte com altura média de 1.6m, em depósito antropogênico formado por rejeito de mineração, composto por blocos de arenito silicificado. Perfil mostrando solo já estruturado, com raízes profundas, indicando processos antigos</p>	
<p>Processo erosivo induzido por concentração de água pluvial, expondo o material natural (arenito silicificado) em contato com resíduo da extração composto por areia e blocos de arenito silicificado</p>	

Autoria Denise Menezes, 2016.

O traçado de polígonos envoltórios dos depósitos sobre imagens históricas, como pode ser visto na Figura 4 (GOMES; MENEZES; SILVA, 2018), mostrou-se eficiente para a delimitação dos depósitos e também, pela sobreposição, obtém-se as áreas com maior concentração de aterro. Como estas áreas muitas vezes são recobertas por arbustos e gramíneas, ter diversas imagens de épocas distintas possibilita um melhor detalhamento.

Figura 4 - Elaboração dos polígonos da área 32. Onde: (a) sobreposição dos contornos de imagens históricas da plataforma *Google Earth Pro* © e (b) contorno da área de deposição e área persistente em destaque.

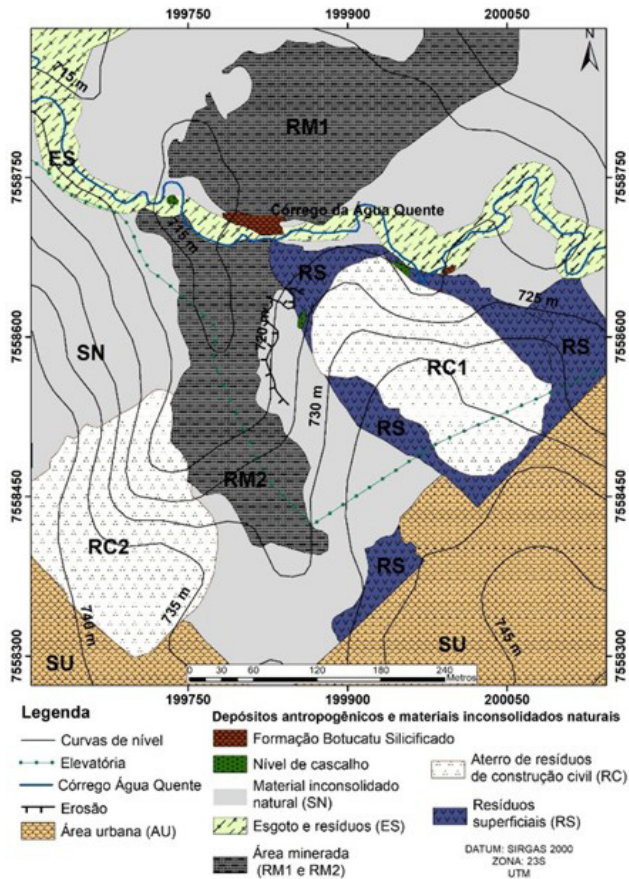


Fonte: modificada de Gomes, Menezes e Silva (2018).

Mapeamento mais completo foi realizado em aterro de RCC, localizado no bairro Cidade Aracy, no município de São Carlos, nas proximidades das margens do Córrego da Água Quente. Nesse local, inicialmente foi removido uma grande quantidade de solo, gerando assim uma cava, onde posteriormente foram depositados diversos tipos de resíduos, majoritariamente RCC, mas também lixo doméstico, madeiras, borrachas, podas e outros (OLIVEIRA; MENEZES, 2019).

Conforme indicado na Figura 5, a área compreende: aterro de RCD, (RC1); resíduos que foram despejados na superfície (RS) e não foram aterrados; rejeitos de mineração de areia (RM2); solos naturais (solos transportados da Formação Botucatu); Sedimentos do Córrego da Água Quente (ES), com lançamento de efluentes sanitários. Uma área de aterro de RCD (RC2) e uma de rejeitos de mineração (RM1) somente foram delimitadas.

Figura 5. Carta de intervenções antrópicas e solos naturais da área de estudo.



Fonte: Oliveira e Menezes (2019).

Para uma investigação mais detalhada da área estudo, primeiramente levantou-se informações preliminares, como mapas geológicos e geotécnicos, resultados de sondagens e relatórios técnico. Posteriormente realizou-se o mapeamento da área de estudo, seguido de trabalhos de campo. Com a área bem delimitada, realizou-se levantamento geofísico (método de eletrorresistividade), de forma a determinar o nível freático, a profundidade das camadas de resíduos de RCD e a presença de plumas de contaminantes. Com essas informações, foi possível selecionar a melhor localização para realizar os diversos ensaios geotécnicos, como ensaio de permeabilidade hidráulica, de resistência física a penetração, caracterização visual dos materiais e análise granulométrica.

Como resultado, através da geofísica foi possível determinar que o aterro pode

atingir até 15m em sua região mais profunda. Delimitou-se a ocorrência de plumas de contaminantes, provando que aterros de resíduos de construção civil podem contaminar águas subterrâneas. Com os ensaios de resistência física a penetração, juntamente com ensaios de permeabilidade hidráulica, pode-se determinar que o local não é o mais favorável para instalação de moradias. Devido ao fato da área de ser aterrada com materiais muito heterogêneos, com grande presença de vazios, não apresentando condições ideais para instalação de fundações. Os contaminantes lançados no Córrego da Água Quente formam plumas de contaminantes profundas, superiores a 60m, afetando a captação de água em poços tubulares.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os depósitos antropogênicos, nas suas mais diversas formas e composições, são uma realidade do solo e subsolo de áreas urbanas. Estudá-los e mapeá-los é tema ainda em desenvolvimento, sendo necessários testes de procedimentos metodológicos, desde os tradicionais da geologia /geotecnia até novas técnicas desenvolvidas para esta finalidade.

Dentre estes depósitos, os estudos que estão sendo desenvolvidos com os depósitos formados majoritariamente por resíduos de construção civil e demolição estão se mostrando eficazes em caracterizar química e composicionalmente estas áreas antropizadas, tendo sido alcançados resultados de seu potencial contaminante e restrições a formas de ocupação futura destes locais pelas características geotécnicas observadas.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem: Pedro Luiz Ferreira Gomes, iniciação científica processo nº 2017/00717-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### **6. REFERENCIAL**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. *ABNT NBR 8044*: Projeto geotécnico - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n. 357*: Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. DOU nº 53 de 18/03/2005, p. 58-63. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/>

<res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 25 nov. 2019.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resolução CONAMA n. 396*: Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. DOU nº 66 de 7/04/2008, Seção 1, p. 64-68. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>. Acesso em 25 nov. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. *Portaria MS n. 2914*: Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. DOU 239de 14/12/2011, p. 39-46.

EDGEWORTH, M. The relationship between archaeological stratigraphy and artificial ground and its significance in the Anthropocene. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 395, n. 1, p. 91–108. 2014.

FOOD and agriculture organization. *World Soil Charter*. Doc. C 2015/31. CONFERENCE 39 Session: Global Soil Partnership - World Soil Charter, Rome, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-mn442e.pdf>. Acesso em 01/11/2019.

FORD J. R. et al. *An Enhanced Classification of Artificial Ground*. British Geological Survey, Keyworth, Nottingham Open Report, 2010. 32 p.

GOMES, P. L. F. *Estudo do potencial de contaminação de solo e água subterrânea em áreas degradadas por resíduos de construção*. Relatório Final (Iniciação Científica) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2017.

GOMES, P. L. F.; MENEZES D. B.; SILVA G. C. Metodologia de Delimitação de Depósitos Tecnogênicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. *Anais [...]* São Paulo: ABGE, 2018.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 14688*: Geotechnical investigation and testing - Identification and classification of soil – Part 1: Identification and description - National Standards Authority of Ireland. ISO: Irlanda, 2018.

LEHMANN, A., STAHR, K. Nature and Significance of Anthropogenic Urban Soils. *J. Soils Sediments*, v.7, n.4, p. 247–260, 2007.

Meuser H. Anthropogenic Soils. In: Meuser H. *Contaminated Urban Soils*. Dordrecht: Springer, 2010. P121-195.

MCMILLAN, A. A., POWELL, J. H. *BGS Rock Classification Scheme*, Volume 4: Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits—applications to geological map and datasets in the UK. British Geological Survey Research Report, RR 99-04. British Geological Survey, Nottingham, 1999.

MICELI, V. G.; MENEZES, D. B. Estudo das áreas degradadas do município de São Carlos. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22, 2014. *Anais [...]*. São Carlos: UFSCar, 2014. v. 10. 1p.

NIZO, A. I. *Estudo das áreas degradadas do município de São Carlos*. Relatório final



Programa Jovens Talentos para a Ciência – CAPES 2016 - São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2016.

OLIVEIRA, V. G. *Estudo Geológico e Geotécnico de Depósito Antropogênico de Resíduos na Cidade de São Carlos – SP*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/11553>. Acesso em 22 nov. 2019.

OLIVEIRA, V. G.; MENEZES, D. B. Classificações geológico-geotécnicas para depósitos antropogênicos/tecnogênicos. In: Congresso Nacional de Geotecnia, 16, 2018. Ponta Delgada. **Anais** [...] Açores, Portugal: Sociedade Portuguesa de Geotecnia, 2018.

OLIVEIRA, V. G.; MENEZES, D. B. Delimitação e Classificação de Depósitos Antropogênicos no Município de São Carlos – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOTECNIA AMBIENTAL, 9, 2019. São Carlos-SP. **Anais** [...] São Carlos: EESC-USP, 2019. p. 977-983.

PEDRON, F. D. A. et al. Solos urbanos. *Ciência Rural*, v. 34, n. 5, p. 1647–1653, 2004.

PELOGGIA, A. U. G. A ação do homem enquanto ponto fundamental da geologia do Tecnógeno: proposição teórica básica e discussão acerca do caso do município de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*, v.27, n.3, p257-268, 1997.

PELOGGIA, A. U. G. et al. Technogenic geodiversity: a proposal on the classification of artificial ground. *Quaternary and Environmental Geosciences*, v. 05, n. 1, p. 28–40, 2014.

PRICE, S. J. et al. Humans as major geological and geomorphological agents in the Anthropocene: the significance of artificial ground in Great Britain. *Philosophical transactions. of the Royal Society a Mathematical, Physical, and Engineering Sciences*, v. 369, p. 1056–1084, 2011.

ROSENBAUM, M. S. et al. Classification of artificial (man-made) ground. *Engineering Geology*, v. 69, n. 3–4, p. 399–409, 2003.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Planejamento Ambiental. Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado De São Paulo - SINDUSCON - SP - Comitê de Meio Ambiente. *Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo*. São Paulo, SP, 2012.51p.

VALENTE, L. N.; GOMES, P. L. F.; MENEZES, D. B. Potencial Contaminante de Depósitos Tecnogênicos de Resíduos de Construção no Município de São Carlos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA, 2017, São Carlos. **Anais** [...] São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2017. p. 26-38.

# INTELIGÊNCIA GEOESPACIAL NO CONTEXTO URBANO

Geospatial Intelligence in the Urban Context

*Edson Augusto Melanda<sup>1</sup>*

*Tatiane Ferreira Olivatto<sup>2</sup>*

*João Mateus Marão Domingues<sup>3</sup>*

## RESUMO

O aprimoramento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) conduziram à Inteligência Geoespacial (IG), que foca na busca por soluções nos dados geográficos. Este estudo realizou um levantamento bibliométrico objetivando entender a aplicação de IG no contexto urbano. A metodologia utilizada baseou-se em ferramentas de busca e análise de resultados da base de indexação *Web of Science* (WoS); e no *software VOSViewer* para a visualização de um mapa-rede sobre as principais palavras-chaves. Foi possível verificar que mais de 70% das publicações se deram nos últimos 10 anos e que quase 80% delas tratavam-se de artigos. O Brasil está incluído na lista dos principais países que publicam esta temática, bem como tem participação no artigo mais citado. No que diz respeito às palavras-chaves mais recorrentes, SIGs, sensoriamento remoto e análises espaciais se destacaram. Foi possível identificar diversas palavras-chave relacionadas às aplicações nos setores da saúde, planejamento urbano e informação geográfica voluntária.

**Palavras-chave:** Inteligência Geoespacial, Inteligência Geográfica, Sistema de Informação Geográfica, Bibliometria, Engenharia Urbana.

## ABSTRACT

The Geographic Information Systems (GIS) enhancement has led to Geospatial Intelligence (GI), which focuses on finding solutions looking into geographic data. This study conducted a bibliometric survey aiming to understand the GI application in the urban context. The methodology used was based on Web of Science (WoS) indexing base searching and analysis tools; and on the VOSViewer software for a network map visualization about the main keywords. There was found that more than 70% of the publications occurred in the last 10 years and that over 80% of them were articles. Brazil is included in the list of the main countries that publish on this theme, as well

---

(1) Prof. Dr. Universidade Federal de São Carlos. E-mail: [melanda@gmail.com](mailto:melanda@gmail.com)

(2) Mestranda em Engenharia Urbana. E-mail: [tatianeolivatto@yahoo.com.br](mailto:tatianeolivatto@yahoo.com.br)

(3) Mestrando em Engenharia Urbana. E-mail: [jmmarao@gmail.com](mailto:jmmarao@gmail.com)

as participating in the most cited article. Regarding the most recurring keywords, GIS, remote sensing and spatial analysis were highlights. Several keywords related to applications in the health, urban planning and voluntary geographic information sectors were identified.

**Keywords:** Geospatial Intelligence, Geographical Intelligence, Geographic Information System, Bibliometrics, Urban Engineering.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, muitas cidades estão direcionando seus esforços na utilização de ferramentas tecnológicas visando auxiliar a tomada de decisão, otimizar operações e embasar o planejamento urbano. Uma tendência é a integração de Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), bem como conectividade, para atuar em setores como gerenciamento de tráfego e modais de transporte, controle de saneamento e proteção do meio ambiente, prevenção e monitoramento de riscos e desastres, além de outros setores socioeconômicos (ISMAGILOVA *et al.*, 2019).

Neste contexto, os Sistemas de Informações geográficas (SIGs) emergiram como importantes ferramentas na manipulação de dados que possuem atributos espaciais utilizando uma abordagem computadorizada (LIAO, 2001). Esta característica, aliada ao aprimoramento tecnológico e computacional, permitiu o desenvolvimento de técnicas e ferramentas capazes de simular em tempo real o comportamento de fenômenos naturais e antrópicos através da associação de modelos matemáticos e *softwares*, por meio de dados experimentais e/ou preexistentes, e conseqüentemente, permitindo realizar análises quantitativas e qualitativas.

A possibilidade de incorporar estes aprimoramentos à SIGs resultou na Inteligência Geoespacial (IG) ou Inteligência Geográfica, que muito além de dados geográficos atualizados, inclui abordagens e soluções. A IG parte também da premissa de que toda informação geográfica só é útil se puder ser corretamente interpretada e suas limitações forem compreendidas. Além disso, a IG pressupõe que a técnica precisa ser acessível para agentes do planejamento, pesquisadores e cidadãos de forma geral – incluindo instituições privadas em alguns casos (STILLWELL, 1999).

As aplicações da IG na engenharia urbana compreendem desde setores mais tradicionais, como planejamento urbano, gestão de águas pluviais, de abastecimento e residuais, e roteirização para transporte público (LIAO, 2001), até aplicações na área da saúde, analisando o comportamento de epidemias, e acessibilidade, de modo a providenciar rotas acessíveis.

Através da análise espacial desenvolvida por Tagliatti (2009) foi possível mapear a distribuição das escolas de ensino público no município de Araraquara, além disso,

a autora levou em consideração a faixa etária da população e as características socioeconômicas locais. O produto final indicou que há uma má distribuição de escolas públicas na cidade, e que a população de menor renda se localiza nas áreas periféricas distantes dos colégios de ensino público.

O cruzamento de um conjunto de dados (renda, educação, saúde e segurança) possibilitou Chen *et al.* (2011) mapear a condições da população na China. Sendo reconhecido que as zonas com maior renda acompanham as melhores condições de saúde e de segurança.

Com o auxílio do histórico de dados socioeconômicos, ambientais, climáticos e epidemiológicos Buczak *et al.* (2014) desenvolveram um modelo capaz de prever a ocorrência de novos casos de dengue nas Filipinas.

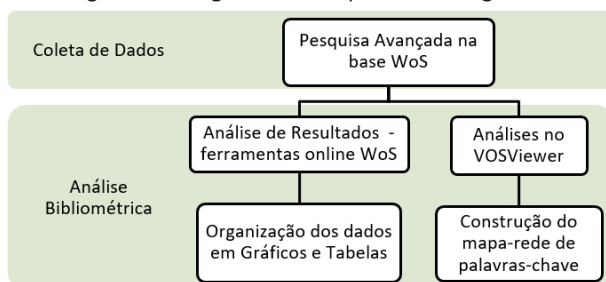
Estudos preliminares envolvendo características qualitativas e físicas de calçadas foram desenvolvidos por Neis e Zielstra (2014). O fundamento da pesquisa consiste na caracterização e no mapeamento de calçadas com o auxílio de Informação Geográfica Voluntária (VGI).

Reconhecendo a importância e característica emergente da IG e visando compreender melhor sua relação com a Engenharia Urbana, este trabalho propôs uma análise bibliométrica de trabalhos que tiveram como base aplicações de inteligência geográfica sobre aspectos urbanos.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia desenvolvida utilizou a base de dados online *Web of Science (WoS)*, referente à indexação de citações científicas (*Science Citation Index Expanded – Clarivate Analytics*)<sup>4</sup>. A principal vantagem da plataforma selecionada é a possibilidade de buscar publicações científicas de outras bases de indexação, com cobertura multidisciplinar e internacional (ROMANELLI, 2018). As etapas desenvolvidas neste estudo estão sistematizadas na Figura 1.

Figura 1: Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

(4) <https://www.webofknowledge.com>

A coleta de dados teve início na ferramenta de busca avançada no WoS e utilizou como base as palavras-chave: informação geográfica, inteligência geográfica, inteligência geoespacial, inteligência espacial; urbano e cidade. A busca foi realizada com os termos em língua inglesa. Os critérios estabelecidos e os dados retornados na busca estão resumidos no Quadro 1.

Quadro 1: Critérios de busca.

Parâmetros de entrada		
TS= (("geographic* information" OR "geographic* intelligen*" OR "geospatial intelligen*" OR "spatial intelligen*") AND (urban* OR cit*))		
Parâmetros de saída		
Período: 1945-2019 10.009 publicações	Período: 2010-2019 7.331 total de publicações	Período: 2010-2019 5.688 artigos publicados

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A partir dos parâmetros estipulados, a pesquisa retornou dados que foram avaliados por meio da ferramenta de análise de resultados disponibilizada na plataforma do WoS, os quais foram exportados (em formato .txt) para posterior estudo de palavras-chave.

As ferramentas de análises de resultados permitiram extrair informações referentes às publicações ao longo dos anos, tipos de documentos, áreas de pesquisas, países envolvidos nas pesquisas e artigos mais citados. Com os dados obtidos foram produzidos gráficos e tabelas.

A análise bibliométrica de palavras-chave utilizadas pelos autores foi desenvolvida através do *software VOSViewer*<sup>5</sup> e permitiram criar um mapa-rede de onde é possível extrair importantes informações sobre o campo de pesquisa em questão. O tamanho dos círculos representa a quantidade de citações dos artigos que contém as palavras-chave. A espessura da linha circular que conecta os termos indica a intensidade da relação entre os termos e, por fim, os *clusters* criados agrupam os termos que são mencionados frequentemente juntos e são diferenciados por cores (van ECK, 2014).

De forma geral, diferentemente das ferramentas do WoS que permitem apenas análises quantitativas, o VOSViewer permite também análises qualitativas, induzindo à investigações mais aprofundadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

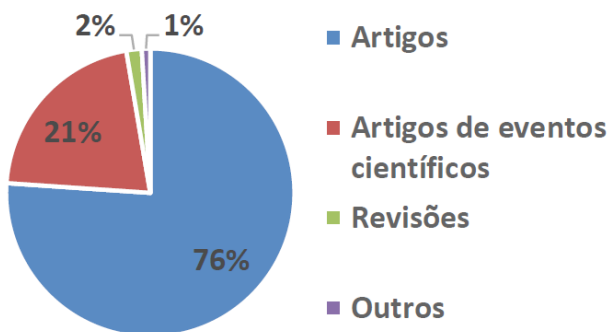
A pesquisa sobre “inteligência geoespacial” realizada na base de dados do WoS retornou um total de 10.009 documentos. Quando considerado o período de 2010 a 2019, o resultado foi 7.331, em outras palavras, 73,24% do total de publicações

(5) VOS Viewer é um *software* livre para construção e construção de redes com foco em bibliometria (Oliveira, 2018): <https://www.vosviewer.com/>.

sobre esta temática se deu nos últimos 10 anos. Por esta razão, este estudo focou neste período.

Ao todo foram observadas publicações do tipo artigo, artigo de evento científico, revisão, artigo de acesso antecipado, material editorial, artigo de dados, resumo estendido, capítulo e revisão de livro e correção. A Figura 2 apresenta a distribuição percentual dos tipos de publicações.

Figura 2: Tipos de publicações.

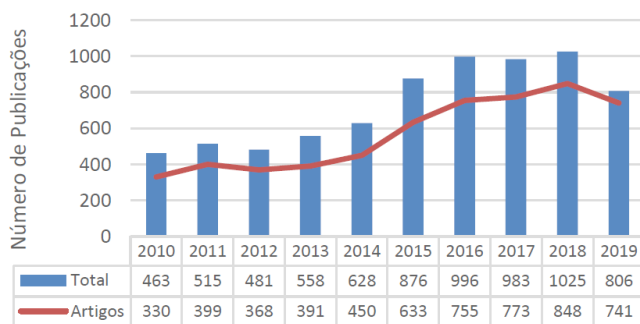


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Dentre os tipos de publicações resultantes, os artigos são predominantes em todos os anos investigados, como pode ser observado na Figura 3. Percebe-se também que o número de publicações vem crescendo ao longo dos anos, principalmente, a partir de 2014. Note que apesar do ano de 2019 aparentar uma queda no número de publicações, tal ocorrência não significa que houve necessariamente uma redução, uma vez que a consulta a base da WoS foi realizada antes do fim do ano.

Considerando a representatividade e o fato das publicações do tipo artigo serem revisadas por pares, as próximas análises desta bibliometria consideraram apenas este tipo de publicação, que totalizaram 5.688, isto é, 77,59% do total de publicações no período.

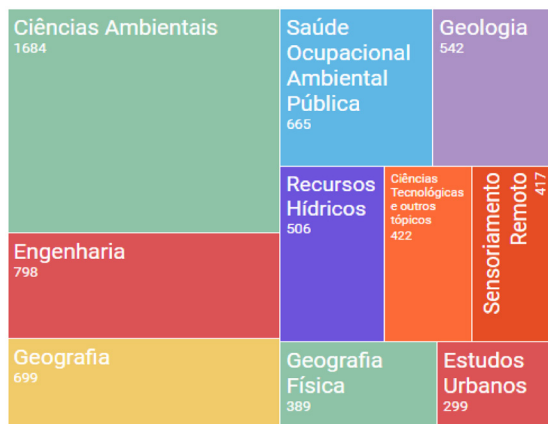
Figura 3: Total de publicações.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

No que diz respeito aos campos de pesquisa aos quais estas publicações se referem, a Figura 4 nos permite ter uma visão geral da distribuição das 10 áreas de pesquisa mais recorrentes.

Figura 4: 10 áreas de pesquisa mais recorrentes.

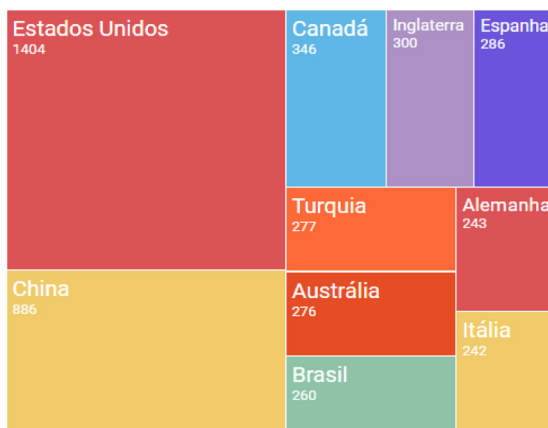


Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

A parcela mais significativa refere-se às Ciências Ambientais, relacionando-se à 1.684 dos 5.688 artigos analisados. Apesar dos termos da busca incluírem “urbano” e “cidades”, apenas 299 dos 5.688 artigos foram desenvolvidos na área específica de Estudos Urbanos.

De maneira similar, a Figura 5 mostra a representatividade dos países nos artigos publicados no período analisado. O Brasil aparece na oitava posição dentre estes países, contando com a participação de 260 artigos.

Figura 5: Representatividade dos 10 países com maior número de publicações.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Os artigos considerados nas análises foram publicados em 1.650 revistas, sendo que as 10 principais revistas (Tabela 1) foram responsáveis por quase 15% de todas as publicações de artigos.

Tabela 1: Principais revistas onde os artigos foram publicados.

Revista	% de 5688
Sustainability	2.44
ISPR International Journal of Geo Information	2.37
International Journal of Environmental Research and Public Health	1.58
Environmental Earth Sciences	1.57
Applied Geography	1.53
International Journal of Geographical Information Science	1.20
Plos One	1.13
Natural Hazards	1.06
Environmental Monitoring and Assessment	1.02
Science of the Total Environment	0.99

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

De acordo com Brandford's work (*apud* OKUBO, 1997), para cobrir 95% da literatura mais relevante de determinado campo de pesquisa são necessários de 500 a 1.000 revistas. Neste caso, mesmo considerando as 1.000 revistas mais influentes, somente um pouco mais de 88% dos artigos foram contabilizados. Isso pode ser explicado principalmente pela variabilidade das aplicações referentes ao tema, resultando numa gama de revistas com os mais variados focos.

Um outro aspecto interessante, que indica que não há predominância ou preferência em determinada revista, é que considerando os 10 artigos com o maior número de citações, apenas 1 deles foi publicado em uma das 10 principais revistas. Trata-se do artigo intitulado "*The walking interview: Methodology, mobility and place*" (destacado em verde na Tabela 2).

A Tabela 2 mostra o título destes artigos, o ano de publicação, o número de citações e a média anual de citações, ambos para os últimos 10 anos.

Da lista dos artigos mais citados, o mais recente é de 2016 e ainda assim foi citado 250 vezes. Trata-se do artigo intitulado "*Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: a cross-sectional study*" e, se considerarmos a média de citações anual, este artigo ascende da sexta para a terceira posição no ranking. O artigo mais citado é uma publicação de pesquisadores americanos e brasileiros, na revista "*Meteorologische Zeitschrift*".



Tabela 2: 10 artigos mais citados.

Título (em inglês)	Ano	Nº de citações	Média anual
Koppen's climate classification map for Brazil	2013	1495	213.57
Neighborhoods and health	2010	849	84.9
Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier	2010	368	36.8
Development of NO <sub>2</sub> and NO <sub>x</sub> land use regression models for estimating air pollution exposure in 36 study areas in Europe - The ESCAPE project	2013	334	47.71
Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice	2012	258	32.25
Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: a cross-sectional study	2016	250	62.5
The walking interview: Methodology, mobility and place	2011	196	21.78
Exposure to Particulate Air Pollution and Cognitive Decline in Older Women	2012	180	22.5
Geospatial Cyberinfrastructure: Past, present and future	2010	172	17.2
Application of an evidential belief function model in landslide susceptibility mapping	2012	157	19.63

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

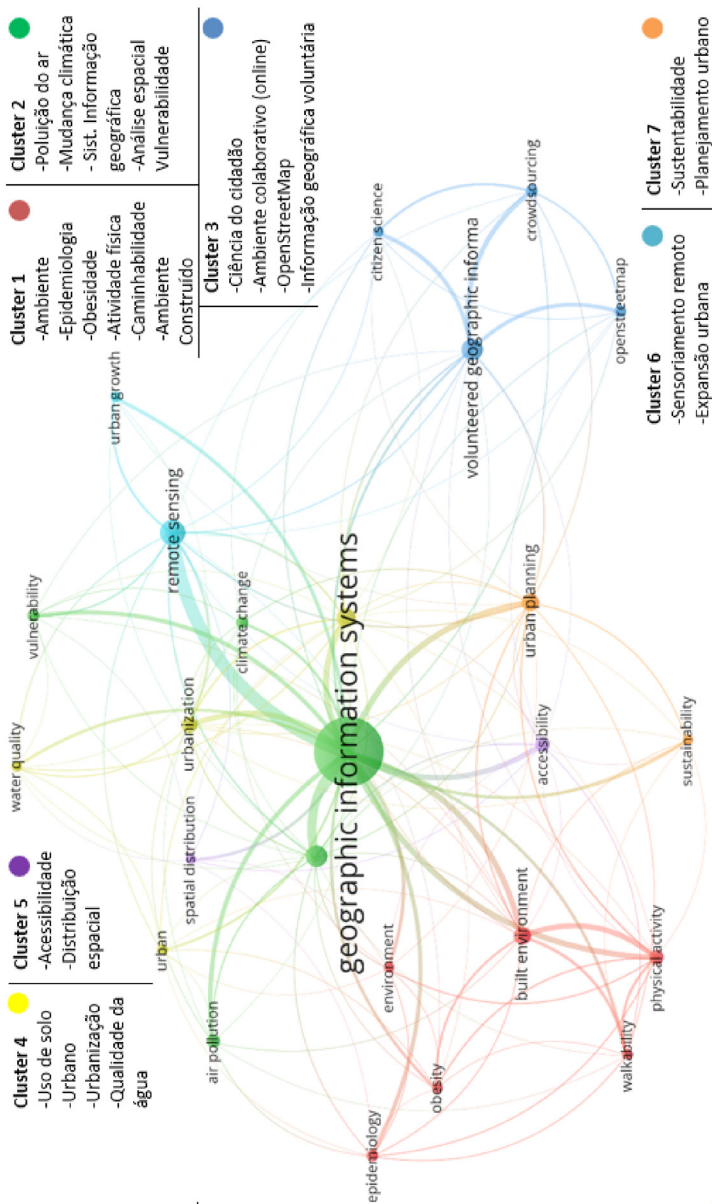
A Figura 6 exibe o mapa-rede resultante da análise bibliométrica com base nas palavras-chave identificadas pelos autores dos artigos. Esta etapa foi desenvolvida no *software VOSViewer* uma vez que as ferramnetas disponíveis na base da WoS são limitadas neste aspecto.

A palavra chave mais utilizadas entre os artigos foi Sistemas de Informações Geográficas, seguida pelos termos “Sensoriamento Remoto e Análise Espacial”. Além disso, os links entre estes termos são os mais evidentes no mapa de palavras-chave.

Um aspecto interessante relacionado a estes termos é que eles se localizam no centro do mapa e tratam-se de ferramentas e métodos utilizados na IG. Por outro lado, os termos localizados nas regiões periféricas do mapa referem-se predominantemente à aplicações, como por exemplo os termos Epidemiologia, Sustentabilidade e Planejamento Urbano. A principal excessão neste padrão trata-se dos termos inseridos no *Cluster 3*.

Considerando as aplicações mencionadas na introdução, é possível associá-las às palavras-chave identificadas na Figura 6. Por exemplo, a aplicação proposta por Tagliatti (2009) relaciona-se com os termos Uso do Solo e Planejamento Urbano. O estudo realizado por Buczak *et al.* (2014) faz menção ao termo Epidemiologia. Já a pesquisa desenvolvida por Neis e Zielstra (2014), relacionam-se diretamente com os termos Informação Geográfica Voluntária, *OpenStreetMap*, Ciência do Cidadão, Caminhabilidade e Acessibilidade.

Figura 6: Mapa-rede de palavras-chaves.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Quanto aos *clusters* resultantes, o *Cluster 3* apresenta-se, de forma geral, mais distante do conjunto dos outros grupos, podendo indicar uma dependência menos consistente com os outros *clusters*.

O *Cluster 1* chama a atenção devido à temática voltada para saúde (por exemplo, Obesidade e Atividade Física), associada à aspectos do ambiente (como nos termos Caminhabilidade e Meio Ambiente). Por outro lado, a temática urbana mostra-se presente nos *Clusters 4, 6 e 7*.

#### **4. CONCLUSÃO**

O levantamento bibliométrico desenvolvido neste trabalho possibilitou correlacionar pesquisas que abordaram, direta ou indiretamente, aspectos da Inteligência Geoespacial sob o pivô central do contexto urbano. Analisando um período de 10 anos, entre 2010 e 2019, é visto que foram elaborados 7.331 trabalhos. Onde houve uma tendência mais acentuada de ascensão de trabalhos deste cunho a partir de 2014.

Por meio do trabalho mútuo dos resultados obtidos na plataforma do *Web of Science* e da manipulação do *software VOSviewer* foi possível delimitar relações entre os tipos de publicações, temas abordados e países de origem. Apesar da diversidade de áreas de pesquisas apresentadas, é possível notar que, a partir das seleções das palavras-chave utilizadas pelos autores, as ferramentas utilizadas nas mais diversas aplicações foram SIGs, sensoriamento remoto e análises espaciais.

Por fim, apesar do termo Inteligência Geoespacial não ter sido identificado no grupo das principais palavras-chave, os resultados indicaram que seu conceito se faz presente nas pesquisas. Isso pode ser observado pela convergência das publicações predominantemente para aplicações de informações geográficas em busca de soluções para o planejamento urbano.

#### **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

#### **5. REFERENCIAL**

BUCZAK, A. L., BAUGHER, B., BABIN, S. M., THOMAS, L. C. R., GUVEN, E., ELBERT, Y., KOSHUTE, P. T., VELASCO, J. M. S., ROQUE, V. G., TAYAG, E. A., YOON, I. K., LWEIS, S. H. Prediction of high incidence of dengue in the Philippines. *PLoS neglected tropical diseases*, v. 8, n. 4, 2014.

CHEN, K., CHEN, Y., YU, J., YANG, Z. Comparisons with spatial autocorrelation and

spatial association rule mining. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPATIAL DATA MINING AND GEOGRAPHICAL KNOWLEDGE SERVICES, 2011, Fuzhou. Proceedings [...].* p. 32-37.

ISMAGILOVA E., HUGHES L., DWIVEDI Y.K., RAMAN K.R. Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International Journal of Information Management*, v. 47, p. 88-100, 2019.

LIAO S. H. A knowledge-based architecture for implementing military geographical intelligence system on Intranet. *Expert Systems with Applications*, v. 20, n. 4, p. 313-324, 2001

NEIS P., ZIELSTRA D. Generation of a tailored routing network for disabled people based on collaboratively collected geodata. *Applied Geography*, v. 47, p. 70-77, 2014.

OKUBO, Yoshiko. *Bibliometric indicators and analysis of research systems: Methods and Examples*. OECD Science, Technology and Industry Working Papers 1997/01, OECD Publishing, Paris, 70 p. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/18151965>. Acesso em 18/02/2020.

OLIVEIRA V. G. DE, MENEZES D. B. Depósitos Antropogênicos: Evolução das Abordagens por Meio de Análise Bibliométrica. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, n. 2, p. 369-376, 2019.

ROMANELLI J, FUJIMOTO J, FERREIRA M, MILANEZ D. Assessing ecological restoration as a research topic using bibliometric indicators. *Ecological engineering*, v. 120, p. 311-320, 2018.

STILLWELL, J.; GEERTMAN, S.; OPENSHAW, S. *Geographical information and planning: European perspectives*. Nova York: Springer Science & Business Media, 1999, 400 p.

TAGLIATTI, C. *Verificação das relações espaciais entre a distribuição de dados sócio-econômicos e a localização de escolas*. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

VAN ECK, N. J., WALTMAN, L. Visualizing bibliometric networks. *In: DING, Y.; ROUSSEAU, R.; WOLFRAM, D. Measuring scholarly impact*. Springer, Cham, 2014. p. 285-320.

**TRANSPORTES**

# VISÃO ZERO NA HUMANIZAÇÃO DO TRÂNSITO

Vision Zero on Road Traffic Humanization

*Archimedes Azevedo Raia Jr.<sup>1</sup>*

*Ana Carolina Oliveira Prado<sup>2</sup>*

## RESUMO

Acidentes de trânsito são um grave problema de saúde pública, matando 1,3 milhões de pessoas/ano. A filosofia Visão Zero (VZ) foi criada para sua mitigação em 1997. VZ está baseada na ideia de que pessoas cometem erros e são vulneráveis a lesões em caso de acidente. Com base nestes princípios, os sistemas de trânsito devem ser projetados para que o erro humano não conduza a lesão grave ou fatal. O objetivo deste texto é apresentar o estado da arte sobre VZ, sua origem, aplicações, casos de sucesso e principais resultados. O método usado é o da revisão sistemática. Os resultados mostram que a VZ está disseminada na Europa e América. Na América do Sul sua adoção é incipiente. São registradas reduções na morbimortalidade.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Visão Zero, Segurança viária, Sistema Seguro, Meta Zero.

## ABSTRACT

Road traffic crashes are a serious public health problem, killing 1.3 million people a year. The Vision Zero (VZ) philosophy was created for its mitigation in 1997. VZ is based on the idea that people make mistakes and are vulnerable to injury in the event of an crash. Based on these principles, road traffic systems should be designed so that human error does not lead to serious or fatal injury. The purpose of this paper is to present the state of the art about VZ, its origin, applications, success stories and main results. The method used is the systematic review. The results show that VZ is widespread in Europe and America. In South America its adoption is incipient. Reductions in morbidity and mortality are recorded.

**Keynotes:** Urban Engineering, Vision Zero, Road Safety, Safe System, Towards Zero.

---

(1) Doutor em Engenharia de Transportes, PPGEU/UFSCar. E-mail: [raiajunior@gmail.com](mailto:raiajunior@gmail.com)

(2) Mestre em Engenharia Urbana, PPGEU/UFSCar. E-mail: [anacarolina\\_oprado@hotmail.com](mailto:anacarolina_oprado@hotmail.com)

## 1. INTRODUÇÃO

No mundo, as mortes devido a acidentes de trânsito crescem, atingido 1,35 milhão, em 2016, e 50 milhões de vítimas não fatais, muitas com sequelas permanentes (WHO, 2018). Para Trafikverket (2006, 2018) e WHO (2018), acidentes são grave problema de saúde pública. As previsões sugerem que o número de óbitos aumentarão para 2 milhões, na próxima década (WHO, 2018). Neste diapasão, um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UN, 2015), que apregoa redução em 50% das mortes e lesões no trânsito, até 2020, dificilmente será atingido (WB, 2013).

Os impactos negativos da morbimortalidade no trânsito são suportados desproporcionalmente por usuários vulneráveis e por moradores de países de baixa e média rendas, onde, o crescente número de óbitos é alimentado pela elevação da taxa de motorização. Para enfrentar esta hecatombe, muitos países, principalmente os mais desenvolvidos, implementaram ações para mitiga-las, com sucesso. Neste cenário, foi criada a filosofia Visão Zero-VZ, que difere das políticas públicas tradicionais, uma vez que considera os princípios científicos relativos às lesões, à responsabilidade pelos acidentes (RUIZ, 2012; KRISTIANSSEN, 2018).

Países desenvolvidos que registram avanços na segurança viária adotaram como base este sistema de gestão do trânsito (KHANAL e SARKAR, 2014) Para Garrido (2014), os países emergentes precisam de capacidade institucional mais robusta para lidar com o aumento dos acidentes, representando um enorme desafio (HYDER e ORTIZ, 2014).

Pouco conhecida no Brasil, Raia Jr. e Santos (2005) já abordavam, nos anos 2000, a então recente filosofia VZ e questionavam: “acidente zero: utopia ou realidade?” Raia Jr. (2009) apontava que “acostumados com a tradicional impunidade dos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, particularmente, no Brasil, parece pouco provável que a sociedade, em curto prazo, possa adotar esta proposta inovadora de considerar as responsabilidades no trânsito.” Afinal, a VZ, fator de êxito em muitos lugares (OECD, 2008; MONCLÚS e NICOLÁS, 2015; IRTAD, 2017, 2018a; WHO, 2009, 2018), é viável de ser adotada em países em desenvolvimento? Mais de 22 anos após sua criação, a VZ amadureceu o suficiente para se tornar uma alternativa viável para esses países? No Brasil, p. ex., “Falta política. A segurança viária nunca esteve na pauta dos políticos brasileiros” (RAIA Jr, 2015). “Só o tempo dirá” a possibilidade de sua adoção (RAIA Jr, 2012).

Prado (2019) ressalta que órgãos como a Organização das Nações Unidas (ONU) e Organização Mundial de Saúde (OMS) têm proposto a VZ na gestão para a redução da morbimortalidade no trânsito. Diante deste fato, pode-se estabelecer as perguntas de pesquisa: i) como nasceu e quais são os fundamentos básicos da VZ? Onde já foi implantada? Quais os resultados obtidos? A VZ é utilizada em países em

desenvolvimento? Em vista do exposto, este texto tem como objetivo precípuo o de apresentar o estado da arte do tema Visão Zero, sua origem, aplicações, casos de sucesso, dificuldades e principais resultados obtidos com a sua adoção.

## **2. MATERIAIS E MÉTODO**

O método utilizado nesta pesquisa é o da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), um tipo de pesquisa que usa como fonte de dados a literatura sobre determinado tema. Esse tipo de investigação produz um resumo das evidências associadas a uma estratégia de intervenção específica, mediante a aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, apreciação crítica e síntese da informação selecionada. Utilizou-se como método a RBS, adaptada de Sampaio e Mancini (2007): i) Definição de fontes de informação – as fontes de informação são: IRTAD, principalmente publicações da ONU, OMS, *International Transport Forum/OECD*, sites de órgãos gestores de trânsito, anais de congressos e periódicos etc.; ii) Definição de palavras-chave para pesquisa – palavras tais como: visão zero, vision zero, zero accident vision, accidente cero, visión cero etc.; iii) Revisão e seleção dos títulos – análise de título e resumo, caso sejam esclarecedores; caso contrário, busca-se o artigo na íntegra, para não correr o risco de deixar estudos importantes fora da revisão sistemática. Os critérios de inclusão/exclusão são definidos com base nas perguntas de pesquisa (Introdução), e que orientam a revisão; iv) Análise da qualidade metodológica – a qualidade da RBS depende da validade dos estudos nela inclusos. Nesta fase é fundamental considerar todas as possíveis fontes de erros que possam comprometer a relevância do estudo; v) Sistematização e análise dos resultados – os resultados obtidos devem ter significância qualitativa e quantitativa e que deverão ser analisados separadamente.

## **3. A FERRAMENTA VISÃO ZERO**

Quando a Visão Zero foi criada, em 1995, na Suécia, ela representava uma maneira inédita de tratar problemas relacionados à segurança no trânsito (TRAFIKVERKET, 2018). Em 1997, ela foi aprovada pelo Parlamento sueco (TINGVALL e HAWORTH, 1999). A VZ não foi elaborada para combater uma hipotética alta taxa de mortalidade no trânsito sueco. Ao contrário, a Suécia já detinha uma das menores taxas do mundo (ELVEBAKK, 2007).

A VZ possui uma filosofia como pano de fundo, que é expressão do imperativo que jamais pode ser eticamente aceitável morrer ou ficar gravemente feridos no trânsito (KIM *et al.*, 2017; TRAFIKVERKET, 2018, CARMO e RAIÁ Jr., 2018). A VZ altera a visão sobre as responsabilidades. Na visão tradicional, segundo Evans



(2004), o entendimento era que o usuário do trânsito seria responsável por mais de 90% de todos os acidentes. Uma ênfase exagerada no comportamento das vítimas e na responsabilidade pessoal há muito aliviou a pressão sobre os governos para assumirem suas responsabilidades e agirem para proteger seus cidadãos (WRI/GRSF, 2018).

Segundo Ferraz *et al.* (2012), os pilares fundamentais da VZ são 4: ética, responsabilidade, filosofia de segurança no trânsito e compromisso com os cidadãos. Ela é constituída por vários elementos básicos, onde cada um dos quais afeta a segurança no tráfego. Trata-se de ética, capacidade e tolerância humanas, responsabilidade, fatos científicos e a constatação de que os diferentes componentes do sistema de trânsito interagem e são interdependentes (TAFIKVERKET, 2012). A mobilidade nunca pode prevalecer em detrimento da vida, saúde e segurança, segundo Signor *et al.* (2018). Esse enfoque procura seguir os rigorosos padrões de segurança estabelecido no setor aéreo (EVANS, 2004; ELVEBAKK, 2007, RAIA Jr., 2018).

A VZ tem uma visão de sistemas seguros, os quais podem ser usados para orientar a escolha de estratégias, seguida pelo estabelecimento de metas e objetivos concretos, factíveis e desafiadores. Os sistemas de trânsito, em geral, não são alinhados ao fato de que pessoas cometem erros e acidentes podem ocorrer, pois não há ser humano perfeito. Muitas vezes, um simples erro pune as pessoas, direta ou indiretamente envolvidas, com a morte ou ferimentos graves (WHO, 2013, 2017). A quantidade “zero” não é um simples numeral, como objetivo a ser alcançado em um dado prazo. Na VZ as responsabilidades são compartilhadas entre usuários e projetistas do sistema, aqui considerados em sentido amplo: *i)* os projetistas são sempre responsáveis pelo design, operação, uso do sistema de trânsito e seu nível de segurança; *ii)* os usuários são responsáveis por obedecer a legislação e normas; e *iii)* se os usuários não seguirem as leis pela falta de conhecimento, aceitação ou capacidade, e este fato implicar em vítimas, os projetistas devem adotar medidas necessárias para adequado atendimento. A VZ admite que acidentes possam ocorrer, mas as consequências devem se limitar à tolerância humana e as forças mecânicas nela agindo (TINGVALL e HAWORTH, 1999; BELIN *et al.*, 2012; TINGVALL e KRAFFT, 2017).

#### **4. EXPERIÊNCIAS DE ADOÇÃO DA VISÃO ZERO**

A maioria dos casos de adoção da Visão Zero (e demais sistemas de segurança) está localizada no território europeu. Políticas públicas visando à eliminação das lesões graves e das mortes no trânsito, em longo prazo, repensando as intervenções e a composição das instituições para alcançar este objetivo ambicioso, remontam ao

final da década de 1990. Exemplos dessas ações incluem os programas “Segurança Sustentável”, na Holanda e a “Visão Zero”, na Suécia (CGRS, 2009), bem como as abordagens de “Sistema Seguro” que influenciaram iniciativas na Austrália, Dinamarca, Finlândia, Noruega e Suíça (TURNER *et al.*, 2010, WHO, 2013, FIT, 2017). Em uma visão geral, *Vision Zero, Towards Zero, Sustainable Safety e Safe System* são diferentes nomes para políticas semelhantes que não aceitam a morte e ferimentos graves como externalidade da mobilidade (ITF, 2016, FIT 2017; SIGNOR *et al.*, 2018; IRTAD, 2016a, 2016b, 2018b, 2019). Baseado nesta hipótese, aqui considerar-se-á todos estes programas sob a denominação de Visão Zero.

A Suécia é considerada pioneira e líder global em desempenho de segurança viária, com uma taxa de 2,8 mortes/100 mil habitantes (SIGNOR *et al.*, 2018). Entre 1990 e 2015, o número de mortes no trânsito diminuiu 66%. Trafikverket (2015), em uma avaliação geral dos resultados da Suécia, até 2014, concluiu que parece provável que a meta prevista para 2020 seja atingida. Porém, é necessário cuidados devido a variações anuais aleatórias.

A Alemanha, segundo Shahum (2017), possui um programa ainda não muito consistente. Embora use algumas das mesmas estratégias e que alguns administradores de alto escalão apoiem a ideia, a Alemanha não tem um forte compromisso público com a VZ ou outro sistema seguro. Kölbl (2015), no entanto, defende o programa alemão, afirmando a sua eficácia através do número de mortes: caiu 85%, de 21.300 para 3.300, desde 1970.

A Polônia adotou a VZ como uma visão eticamente justificada de segurança no trânsito, segundo Jamroz *et al.* (2017) e a sua primeira ação estruturada foi o NRSP-*National Road Safety Programme*, para o período 2005-2013. Segundo NRSC (2013), entre 2002 e 2011, mais de 51 mil pessoas morreram e 596 mil ficaram feridas, das quais 154 mil de forma grave no trânsito polonês. Durante esta década, o número de mortes diminuiu 28%, o de acidentes 26%, e o número de feridos graves, 33%.

Na Eslovênia foi criada a *AVP-Slovenian Traffic Safety Agency*, em 2010, aderente à VZ, e trabalha rumo a zero morte. Os óbitos foram reduzidos em 61%, desde 2001, passando de 278 (2001) para 108 (2014). Os óbitos caíram 25%, de 138 (2010) para 104 (2017). Desde 2001, as mortes caíram 63%. Entre 2013 e 2014, o país registrou a 5ª maior queda de mortes dentre os países da União Europeia (-14%) (ADMINAITE *et al.*, 2018).

Na América do Norte, EUA, Canadá e México já registram a inclusão da VZ na gestão de segurança viária, no início dos anos 2000, em algumas cidades e em 3 estados e as mortes declinaram de maneira contínua: Minnesota (-43%), Utah (-48%) e Washington (-40%). Enquanto as mortes no trânsito nos EUA estão caindo, em parte

devido a melhorias no atendimento de emergência/trauma e aprimoramentos dos veículos (*airbags*, freio ABS etc.), as taxas de mortalidade nos estados aderentes à VZ diminuíram 25% mais rapidamente do que a taxa do país, desde 1997 (NYC, 2014). Nos EUA, em 2014, Nova York se alinhou à VZ. A maioria dos seus planos possui metas que devem ser atingidas até 2020, assumindo as próprias metas da ONU. Os resultados na melhoria da segurança no trânsito já haviam apresentado resultados relevantes, registrando queda de mortes de 65%, de 1990 a 2011. Com a implantação da VZ, houve um salto relevante (NYC, 2018).

Os dados relacionados ao número de acidentes oscilaram durante o período desde a implantação da VZ registrando um crescimento de mais de 11%, entre 2014 e 2018 (NYC, 2015, 2019). Em 2014, houve 205,5 mil acidentes (NYC, 2015); esse número subiu para 228,2 mil, em 2018 (NYC, 2019). O ano de 2015 foi o mais seguro da história da cidade de Nova York (NYC, 2016). Também houve um número crescente de feridos. Entre 2014 e 2018, as colisões que resultaram em ferimentos aumentaram 18%; de 37,6 mil, em 2014 (NYC, 2015), para 44,5 mil, em 2018 (NYC, 2019). Em contraposição, houve queda no número de óbitos: em 1990, foram 701 mortes, enquanto que, em 2001, 394 mortes (NYC, 2014). Em 2013, ano anterior à adoção da VZ, foram registrados 299 óbitos. A partir de então, esse número foi sendo gradativamente reduzido: 259 (2014), 234 (2015), 231 (2016), 222 (2017) e 202 (2018), segundo dados de NYC (2019).

Armlovich (2017) aponta que as melhorias de segurança no trânsito realizadas no âmbito da VZ reduziram acidentes graves, mortes e feridos, entre 2014 e 2016, em comparação ao período 2009 e 2013, nos bairros de população de baixa renda. No entanto, Petro e Ganson (2011) tecem sérias críticas ao programa VZ de Nova York ao comparar seus resultados com os de outras cidades similares de países desenvolvidos. Dizem que o atual objetivo da cidade não é tão ambicioso quanto pode e deve ser. A cidade fez um grande progresso na segurança viária na última década, mas ainda está atrás de cidades similares no oeste e norte da Europa, embora Nova York seja a cidade menos letal no trânsito americano.

A partir de resultados de taxas de morbimortalidade muito altas, Los Angeles adotou, nos anos 2010, o Programa VZ, já que é considerada a cidade mais letal no trânsito dos EUA. Diagnósticos apontam que infraestrutura deficiente e negligência de motoristas são os principais problemas (SAFE ROADS USA, 2019).

De 2005 a 2011, as mortes no trânsito em Toronto, Canadá, caíram de 52 para 35; após, elas só aumentaram, chegando a 77, em 2016. Devido a este fato, Toronto adotou a filosofia VZ, através do *Road Safety Plan*, que segue uma abordagem holística para melhorar a segurança viária, incluindo soluções de engenharia, educação,

fiscalização, engajamento e soluções tecnológicas, com foco em 6 fatores: pedestres, crianças em idade escolar, idosos, ciclistas, motociclistas e direção agressiva, e distração (TORONTO, 2017a, 2017b, 2019a). No entanto, no período de 2008 a 2018 não houve tendência de queda, subindo de 55 para 66 mortes (TORONTO, 2019b).

Ainda, considerando a América do Norte, Vallejo e Quesada (2015) reivindicavam a adoção de VZ pelo México, fato que acabou se consolidando em 2015, na Cidade do México. Inicialmente, com nova regulamentação de trânsito e, em seguida, por meio da VZ. Embora ainda precoce, o programa já apresenta bons resultados. Após 3 anos, há avanços, como nova regulamentação de trânsito e a redução de mortes e feridos (FIA/ITDP, 2018b). Enquanto a taxa de acidentes está em claro declínio, a Cidade do México ainda estava longe de atingir a meta de -35% de mortes, até 2018. Em 2017, havia reduzido apenas 21% (FIA/ITDP, 2018a).

Na Oceania, Austrália e Nova Zelândia registram a aplicação dos princípios de um Sistema Seguro em novos projetos viários importantes, a partir de 2003 (LANGFORD, 2009). O uso do conceito VZ criou consciência, educou e influenciou a ação dos engenheiros sobre os riscos de mortes e traumatismos graves, esperados para a operação de novos projetos viários (FIT, 2017). A abordagem do Sistema Seguro da Austrália está centrada em 4 áreas fundamentais: vias, velocidades, veículos e pessoas seguras. O resultado do novo sistema de gestão conduziu a Austrália de uma taxa de 30 mortes/100 mil habitantes, em 1970, para de 5 mortes/100 mil habitantes, em 2015 (SIGNOR *et al.*, 2018). O número de mortes no trânsito australiano foi, em 2008, inferior aos padrões registrados em 1950 (LANGFORD, 2009).

Em termos de América do Sul e Central, são ainda poucas as iniciativas na direção de VZ e/ou outros programas de segurança com meta morte zero. IRTAD (2019) relata a experiência do Chile, que elaborou nova estratégia nacional de segurança viária, em 2017. Metas específicas foram criadas sob a nova estratégia, ou seja, redução de 30% das mortes, até 2030, que representa o número médio de mortes de 2011 a 2017.

Campos *et al.* (2013, p.1) afirmam que, em termos de segurança viária, o Brasil apresenta “um panorama preocupante, e a necessidade de ações” urgentes para mitigá-lo. Além disso, adotar a VZ, por questões políticas, parece longe de se tornar realidade na maior cidade da América Latina. Em 2019, segundo Tanscheit (2019), São Paulo lançou o Plano de Segurança Viária Vida Segura, que reúne ações de curto, médio e longo prazos para reduzir à metade as mortes ocorridas no trânsito, até 2028.

A mesma estratégia foi adotada com sucesso em Bogotá e Buenos Aires. A capital argentina anunciou o *Plan de Seguridad Vial de la Ciudad*, em 2017, propondo reduzir em 30% as fatalidades e as lesões graves no trânsito, até 2019. Nos últimos

anos, a cidade tem realizado melhorias nas condições de segurança viária das vias, gerando mudanças urbanas em escala humana e criando alternativas de mobilidade saudáveis e sustentáveis, segundo Tanscheit (2019) e Buenos Aires (2016).

Desde 2015 Bogotá adotou a VZ. Seu *Plan Distrital de Seguridad Vial 2017-2016* tem como objetivo reduzir em 35% o total de mortos e feridos graves, até 2026, segundo Bogotá (2017) e Tanscheit (2019). As vítimas fatais no trânsito têm oscilado entre 500 e 630/ano. Outra cidade colombiana, Medellín se alinhou à ferramenta VZ, no escopo do seu *Plan de Movilidad Segura*, com tolerância zero para mortos e feridos graves e meta de redução de 25%, prevista em nível nacional (MEDELLÍN, 2014).

## **5. CONCLUSÕES**

A aplicação do método RBS procurou atingir ao objetivo precípua desta pesquisa, bem como o de apresentar o estado da arte sobre o tema Visão Zero, sua origem, aplicações, casos de sucesso e principais resultados obtidos com a sua adoção. Além disso, procurou responder às perguntas de pesquisa aqui elaboradas.

Criados nos anos 1990, os sistemas de segurança, incluindo a Visão Zero, considerado o mais conhecido deles, foram adotados, inicialmente, nos países da Europa Ocidental, tendo se espalhado em diversos países do mundo, sobretudo naqueles pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico, sobretudo após a aprovação da Década de Segurança no Trânsito, pela ONU. Nos países desenvolvidos o avanço da VZ ocorre de forma mais rápida e consistente. Já, nos países de baixa e média rendas, a evolução é mais frágil, principalmente pela falta de políticas públicas robustas. A VZ requer uma adesão profunda e consciente, uma vez que modifica paradigmas até então vigentes. Os resultados apontaram que há uma dificuldade emblemática nos países de baixa e média rendas, justamente aqueles que enfrentam piores indicadores de morbimortalidade.

Os resultados apresentados nos países que usam a VZ vêm evoluindo gradativamente de forma positiva, mesmo se em alguns a flutuação de números de mortes e feridos graves ainda se registra. Isto sugere que a filosofia VZ pode gerar programas e ações que venham a modificar o quadro caótico da acidentalidade viária em todo o mundo. Enfim, este trabalho não esgota absolutamente o tema, mas procura dar uma visão geral sobre ele.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 6. REFERENCIAL

ADMINAITE, D.; ALLSOP, R.; JOST, G. *Ranking EU progress on road safety*. European Transport Safety Council Brussels: ETSC. 2018.

ARMLOVICH, A. *Poverty and progress in NY: VZ and Traffic Safety*. New York, Manhattan Institute. 2017.

BELIN, M.; TILGREN, P.; VEDUNG, E. *Vision Zero. International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, v. 19, n. 2, p. 171-179. 2012.

BOGOTÁ (Ciudad). *Plan Distrital Seguridad Vial 2017-2026*, Bogotá. 2017.

BUENOS AIRES (Ciudad). *Plan de Seguridad Vial*, Buenos Aires. 2016.

CAMPOS, C. I. et al. O panorama do Brasil anterior à Década de Ação pela Segurança Viária 2011-2020. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 19., 2013, Brasília. Brasília: ANTP. 2013.

CARMO, C. L.; RAIÁ Jr., A. A. Avaliação das condições de infraestrutura viária. In: AssociaNPET, Gramado: ANPET, p. 3566–3576. 2018.

CGRS - Commission for Global Road Safety. *Make Roads Safe: A Decade of Action For Road Safety*. London: FIA Foundation. 2009.

ELVEBAKK, B. *Vision Zero. Mobilities*, v. 2, n. 3, p. 425-441. 2007.

EVANS, L. *Traffic safety*. Bloomfield, Mich: Science Serving Society. 2004.

FERRAZ, A. C. P. et al. *Segurança Viária*. São Carlos: Suprema, 2012. 322p.

INSTITUTO de Políticas para el Transporte y el Desarrollo. *Informe Visión Cero CDMX*, Ciudad de México: FIA. 2018.

INSTITUTO de Políticas para el Transporte y el Desarrollo. *Visión cero para la juventud*, Ciudad de México: FIA. 2018.

FORO INTERNACIONAL DE TRANSPORTE. *Cero muertes y lesiones de gravedad por accidentes de tránsito*, Paris: OCDE, 2017.

GARRIDO, A. *Visión cero*. Buenos Aires: AAC. 2014.

HYDER, A. A.; ORTIZ, A. I. V. BRICS: opportunities to improve road safety. *Bull World Health Organ*, n. 92, p. 423–428. 2014.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Road safety annual report 2016*.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Zero road deaths and serious injuries*, Paris: ITF. 2016.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Road safety annual report 2017*, Paris: ITF. 2017.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Road safety annual report 2018*, Paris: ITF. 2018a.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Speed & crash risk*, Paris: ITF. 2018b.

INTERNATIONAL Traffic Safety Data and Analysis Group. *Road safety annual report 2019*. Paris: ITF. 2019.

INTERNATIONAL Transport Forum. *Zero road deaths and serious injuries: leading a paradigm shift to a Safe System*, OECD Publishing, Paris. 2016.

JAMROZ, K.; MICHALSKI, L.; ZUKOWSKA, J. Polish implementing Vision Zero. *Current Trauma Reports*, v. 3, n. 2, p. 111–117. 2017.

KHANAL, M.; SARKAR, P. Road safety in developing countries. *Journal of Civil & Environmental Engineering*, Special Issue, p. 1-8. 2014.

KIM, E.; MUENNIG, P.; ROSEN, Z. Vision Zero: a toolkit for road safety in the modern era. *Injury Epidemiology*, v. 4, n. 1, 2017. 9p.

KÖLBL, S. *On the road to a safer world*. Road Safety Report 2015: a future based on experience. Stuttgart: DEKRA Automobil GmbH. 2015.

KRISTIANSEN, A. C. Swedish Vision Zero policies for safety: A comparative policy content analysis. *Safety Science*, v. 103, p. 260-269. 2018.

LANGFORD, J. *Towards Zero: understanding a safe system approach to road safety*, Perth: C-MARC. 2009.

PLANO de Movilidad Segura de Medellín 2014-2020. In: MONCLÚS, J.; NICOLÁS, D. Planes estratégicos Europeos de seguridad vial: propuestas de acción en España. Madrid: Fundación Mapfre. 2015.

NEW YORK CITY. *Vision Zero: action plan*. New York: NYC. 2014.

NEW YORK CITY. *Vision Zero*. N. York. 2015, 2016, 2017, 2018, 2019.

National Road Safety Council. *National Road Safety Programme 2013–2020*. 2013.

ORGANISATION for Economic Co-operation and Development. *Towards zero*, Paris: OECD. 2008.

PETRO, J.; GANSON, L. *VZ: How safer street in New York City can save more than 100 lives*. New York: DMIPP/TA, 2011.

PRADO, A. C. *Eficiência e eficácia da filosofia VZ na segurança de trânsito*. Dissertação (Mestrado Engenharia Urbana) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos. 2019.

RAIA Jr., A. A. A responsabilidade pelos acidentes de trânsito segundo a Visão Zero. *Revista dos Transportes Públicos*, n. 121, p. 7-18. 2009.

RAIA Jr., A. A. *Visão Zero na redução de acidentes*. 2012. Disponível em: <http://www.>

[perkons.com](http://perkons.com). Acesso em: 28 out 2019.

RAIA Jr., A. A. *Corrupção no DPVAT*. 2015. Disponível em: <http://www.perkons.com>  
Acesso em: 04 nov 2019.

RAIA Jr., A. A. *Visão Zero: da utopia à realidade*. 2018. Disponível em: <http://www.perkons.com>. Acesso em: 27 out 2019.

RAIA Jr., A. A.; SANTOS, L. Acidente Zero, utopia ou realidade? In: XV CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO. Goiânia: ANTP, 2005. 10p.

RUIZ, M. G. Suecia: una filosofía eficaz. Tráfico y Seguridad Vial. 2012. Safe Roads USA. Los Angeles road safety. Disponível em: <https://www.makeroadssafe.org/los-angeles-road-safety-overview/>. Acesso em: 24 out 2019.

SAMPAIO, R. F.; MANCINI, M. C. Estudos de revisão sistemática. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 11, n. 1, p. 83-89. 2007.

SHAHUM, L. *Safe streets: insights on Vision Zero policies from European cities*. GMFUS, Washington: GMF. 2017.

SIGNOR, K. *et al. Safe Systems synthesis: an international scan for domestic application*. Final Report. 2018.

TANSCHKEIT, P. *Sistemas Seguros já salvam vidas em Bogotá e Buenos Aires*. 2019. Disponível em: <https://wribrasil.org.br>. Acesso em: 04 nov 2019.

TINGVALL, C.; HAWORTH, N. Vision Zero: an ethical approach to safety and mobility. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ROAD SAFETY & TRAFFIC ENFORCEMENT, 6. , 1999, Melbourne. Melbourne: ITE. 1999.

TINGVALL, C.; KRAFFT, M. Defending Vision Zero. *Vision Zero Cities 2017, International Journal of Traffic Safety Innovation*, v. 2, p. 11-15. 2017.

TORONTO. *Vision Zero Road Safety Plan (2017-2021)*. Toronto. 2017.

TORONTO. *Vision Zero: Toronto's Road Safety Plan*. Toronto. 2017.

TORONTO. *Vision Zero 2.0 - Road Safety Plan Update*. Toronto. 2019.

TORONTO. *Traffic collision fatalities*. 2019. Disponível em: [http:// data.torontopolice.on.ca/pages/fatalities](http://data.torontopolice.on.ca/pages/fatalities). Acesso em: 28 out 2019.

TRAFIKVERKET. Swedish Transport Administration. *Road safety: Vision Zero on the move*. Borlänge: STA. 2006.

TRAFIKVERKET. Swedish Transport Administration. *Road Safety: Vision Zero on the move*. Borlänge: STA. 2012.

TRAFIKVERKET. Swedish Transport Administration. *Analysis of road safety trends 2014*. Borlänge: STA. 2015.

TRAFIKVERKET. Swedish Transport Administration. *Analysis of road safety trends 2017*. Borlänge: STA. 2018.



TURNER, B. et al. Recent progress in implementing the Safe System. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, p. 17-19. 2010.

UNITED NATIONS. *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. New York: UN. 2015.

VALLEJO, A. L.; QUESADA, C. V. *Visión Cero: estrategia integral de seguridad vial en las ciudades*. Ciudad de Mexico. 2015.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global status report on road safety*. Geneva. 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Strengthening road safety legislation*. Geneva: WHO. 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Managing speed*. Geneva: WHO. 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Global status report on road safety 2018*. Geneva: WHO. 2018.

WORLD BANK. *Global Road Safety Facility Strategic Plan 2013-2020*, Washington: WB. 2013.

WORLD Resources Institute. *Sustainable & safe: a vision and guidance for zero road deaths*, Washington: GRSF. 2018.

# CITY BUILDING GAMES PARA SIMULAÇÕES URBANAS EM PLANOS DE MOBILIDADE

City Building Games for Urban Simulations in Mobility Plans

Rochele Amorim Ribeiro<sup>1</sup>

Bruno Joaquim Lima<sup>2</sup>

Edson Augusto Melanda<sup>3</sup>

## RESUMO

Este capítulo aborda as potencialidades dos *City Building Games* para o uso em Planos de Mobilidade Urbana. O objetivo é identificar quais pontos da estrutura dos Planos podem ser analisados através das simulações realizadas por *City Building Games*, em específico o *Cities: Skylines*. O método consistirá na identificação de cada tema obrigatório do Plano e análise das ferramentas principais do jogo, de forma a identificar quais temas podem ser analisados com as ferramentas. Foi obtido que o jogo permite a análise de 80% dos itens obrigatórios do Plano, utilizando 87% das ferramentas. Desta forma, o *Cities: Skylines* pode ser utilizado em Planos de Mobilidade com foco na análise preliminar de dados existentes, principalmente na área de transportes, e no planejamento de metas e ações. Estudos que procurem aproximar as variáveis do jogo com as reais de uma cidade, potencializariam as possibilidades de uso e a precisão dos resultados.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Mobilidade Urbana, *City Building Games*, Plano de Mobilidade.

## ABSTRACT

This chapter discusses the potential of City Building Games for use in Urban Mobility Plans. The goal is to identify which points of the structure of the Plans can be analyzed through simulations performed by City Building Games, specifically Cities: Skylines. The method will consist of identifying each required theme of the Plan and analyzing the main tools of the game in order to identify which themes can be analyzed with the tools. It was obtained that the game allows the analysis of 80% of the mandatory items of the Plan, using 87% of the tools. Thus, Cities: Skylines can be used in Mobility Plans focusing on the preliminary analysis of existing data, especially

---

(1) Doutora, UFSCar. E-mail: [bjoaquimlima@gmail.com](mailto:bjoaquimlima@gmail.com)

(2) Mestrando, UFSCar. E-mail: [ribeirorochele@gmail.com](mailto:ribeirorochele@gmail.com)

(3) Doutor, UFSCar. E-mail: [melanda@gmail.com](mailto:melanda@gmail.com)

in the area of transportation, and on the planning of goals and actions. Studies that seek to approximate the game variables with the real ones of a city, would enhance the possibilities of use and the accuracy of the results.

**Keywords:** Urban Engineering, Urban Mobility, City Building Games, Mobility Plan.

## 1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) instituída pela Lei 12.587/12 estabelece os princípios e as diretrizes para os Planos de Mobilidade Urbana (PMU) dos municípios, que são os encarregados da elaboração, avaliação, revisão e atualização a cada 10 anos (BRASIL, 2012).

Em 2015 foi lançado o *PlanMob: Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana*. Esta publicação detalha os pontos chave da PNMU e mostra formas de aplicação e construção do Plano de Mobilidade e suas políticas associadas (BRASIL, 2015).

Uma das partes componentes do Plano de Mobilidade é o diagnóstico da mobilidade seguido pela apresentação de metas e ações para o município. As duas etapas em questão são trabalhadas através da análise dos dados existentes da cidade e proposição de projetos de intervenção para solucionar os problemas identificados.

Estes processos podem ser realizados com o auxílio de simulações dos cenários existentes e dos propostos. O objetivo é identificar quais pontos da estrutura dos Planos de Mobilidade podem ser analisados através das simulações realizadas por *City Building Games*, em específico o *Cities: Skylines*.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

Os *City Building Games* (CBG), Jogos de Construção de Cidades em português, são jogos do estilo “*sandbox*” que não possuem um objetivo final específico nem um único caminho para desenvolvimento dos processos (SQUIRE, 2008). O pioneiro desse tipo de jogo foi o *SimCity*, da *Electronic Arts*, que, lançado no começo deste século, permitiu a construção e desenvolvimento de sistemas urbanos diversos e complexos, influenciou uma geração de planejadores e interessados pelas características únicas das cidades (BEREITSCHAFT, 2016). Após anos do lançamento do primeiro *SimCity*, surge um novo CBG: o *Cities: Skylines* (C:S).

O C:S é um construtor de cidades desenvolvido pela *Colossal Order* e publicado pela *Paradox Interactive* no ano de 2015 (SKYLINES WIKI, 2015). Visto as diversas possibilidades que o jogo oferece, este pode ser bem aproveitado na área do planejamento urbano, principalmente no que tange ao planejamento dos transportes.

Segundo Haahtela *et al.* (2015), o *Cities: Skylines* é uma plataforma bem desenvolvida e que suporta uma infinidade de modificações, cuja implementação devidamente elaborada, permitiria o uso educacional, especialmente para a solução de problemas de planejamento urbano utilizando cenários.

A metodologia do trabalho consistirá na identificação de cada tema obrigatório do PlanMob e da análise de cada ferramenta principal do C:S, de forma a identificar quais temas podem ser analisados por quais ferramentas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ferramentas do C:S que serão consideradas neste trabalho são as da barra de ferramentas principal (considerando todas as expansões já lançadas), cujas são:

- **Estradas:** ferramenta que permite o traçado de vias urbanas de várias especificidades (uso geral, exclusivas para determinado veículo, pedestres). Podem ser definidos para as vias o tipo de traçado (curvo ou retilíneo), o sentido de circulação (duplo ou único), o número de faixas e a altura em relação ao nível do terreno (pontes ou túneis). Também pode alterar os tipos de controle de cruzamento, podendo ser por pare simples ou por semáforos, e insere pedágios nas vias, podendo controlar o valor cobrado por tipo de veículo.
- **Zoneamento:** define o uso do solo das áreas do mapa, tanto pelo tipo (residencial, comercial, industrial) quanto pela densidade (alta, baixa).
- **Distritos:** permite a criação de regiões (bairros) onde pode se implementar políticas específicas (correspondente ao macrozoneamento de um Plano Diretor).
- **Energia:** construção e gerenciamento dos aspectos energéticos.
- **Água e esgoto:** construção e gerenciamento dos sistemas de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgoto.
- **Indústria e Resíduos:** construção de indústrias especializadas (como mineradoras e madeireiras) e o gerenciamento de toda a sua cadeia logística. Também possui o controle logístico dos resíduos sólidos.
- **Serviços Públicos:** gerenciamento e construção dos serviços públicos de bombeiros, polícia e saúde, além de serviços de emergência para desastres (logística humanitária).
- **Educação:** gerenciamento e construção de instituições de ensino de todos os níveis (fundamental, médio e superior).
- **Transporte Coletivo:** gerenciamento das linhas de transporte coletivo por vários

modais (ônibus, metrô, trem, balsa, teleférico, táxi, monotrilho, etc). Permite criação de linhas, bem como integrações e terminais e a visualização do número de passageiros atendidos.

- **Parques e Praças:** criação e gerenciamento dos espaços de lazer e áreas verdes.
- **Edifícios Especiais:** construção de edifícios que possuem benefícios diferenciados (shopping, centros administrativos, estátuas, etc).
- **Monumentos:** construção de grandes marcos urbanos que geram benefícios para toda a área do mapa.
- **Terreno:** ferramentas de modelagem de terreno, criação de canais, caminhos para pedestres e ciclovias.
- **Orçamento:** controle das receitas e despesas da cidade, através de empréstimos, impostos e % de alocação dos recursos para cada setor.
- **Políticas da Cidade:** modificações nos parâmetros de simulação de determinadas regiões para atender determinado fim proposto.

Além das ferramentas padrão, existem as modificações criadas pela comunidade do jogo, permitindo novas análises ou melhorias nas já existentes (principalmente nos itens relativos a transporte). As três principais são:

- **TM:PE (*Traffic Manager: President Edition*):** modificação do jogo que permite maior controle sobre as variáveis de tráfego, tais como programação semaforica, tipo de controle da interseção, velocidade da via, restrições de circulação e estacionamento de veículos e restrições de movimento.
- **TLM (*Transport Lines Manager*):** modificação do jogo que permite maior controle sobre as linhas de transporte coletivo no geral. Melhora a visualização dos sistemas de integração, da definição do número de carros para cada linha e período do dia e permite a visualização dos dados de cada ponto de parada (como tempo de espera e número de pessoas no local).
- **Cimtopographer:** permite a importação de informações no formato *.osm* do *OpenStreet Maps* para dentro do cenário do jogo, além de permitir exportar o conteúdo do mapa também em formato *.osm*, permitindo trabalhar com esses dados em programas de geoprocessamento como o QGIS. Na importação deve-se usar as coordenadas referentes ao local do mundo de qual se quer os dados, importar a base de dados dessas coordenadas e depois ordenar que o sistema viário seja construído. Algumas sobreposições ocorrem, sendo necessárias várias correções depois da importação concluída.

O PlanMob reforça alguns temas obrigatórios que a Lei 12.587 impõe na estrutura de ações e diretrizes do PMU. Para este capítulo, foi definido que os itens do PlanMob que serão analisados são os presentes no art. 24 da Lei 12.587/12 (BRASIL, 2012):

- I. Os serviços de transporte público coletivo;
- II. A circulação viária;
- III. As infraestruturas do sistema de mobilidade urbana, incluindo as ciclovias e ciclofaixas;
- IV. A acessibilidade para pessoas com deficiência e restrição de mobilidade;
- V. A integração dos modos de transporte público e destes com os privados e os não motorizados;
- VI. A operação e o disciplinamento do transporte de carga na infraestrutura viária;
- VII. Os polos geradores de viagens;
- VIII. As áreas de estacionamentos públicos e privados, gratuitos ou onerosos;
- IX. As áreas e horários de acesso e circulação restrita ou controlada;
- X. Os mecanismos e instrumentos de financiamento do transporte público coletivo e da infraestrutura de mobilidade urbana.

Para cada item do PlanMob definido, foi avaliado a possibilidade de medição usando pelas ferramentas do C:S. O resultado foi o quadro 1.

Quadro 1: Ferramentas viáveis para análise dos itens do PlanMob

Ferramenta do <i>Cities: Skylines</i>	Item Obrigatório									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Estradas	x	x	x		x	x				
Zoneamento							x			
Distritos		x				x	x			
Energia										
Água e esgoto										
Indústria e Resíduos						x	x			
Serviços Públicos		x					x			
Educação							x			
Transporte Coletivo	x	x	x		x		x			
Parques e Praças							x			
Edifícios Especiais							x			
Monumentos							x			
Terreno		x	x							
Orçamento	x									
Políticas da Cidade	x	x			x	x	x		x	x

Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Considerando o quadro 1 podemos extrair quantos itens são atendidos por cada ferramenta (figura 1) e quantas ferramentas são úteis para avaliar cada item (figura 2.)

Figura 1: Itens atendidos por ferramenta



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

Figura 2: Ferramentas utilizáveis por item



Fonte: Elaborado pelos autores, 2019.

#### 4. CONCLUSÃO

As ferramentas de “Políticas da Cidade”, “Transporte Coletivo” e “Estradas” são as que permitem a análise de um maior número de itens, enquanto os itens de “Circulação Viária” e “Polos Geradores de Viagem” são os que possuem mais ferramentas para realização dos estudos necessários.

Por padrão, o jogo oferece uma gama de ferramentas que permite a análise de 80%

dos itens obrigatórios do PlanMob (com exceção dos temas de acessibilidade e estacionamento) e utiliza 87% das ferramentas principais do jogo.

Complementando a estrutura básica, as modificações, que são incentivadas pela desenvolvedora do jogo, melhoram as simulações já existentes e podem acrescentar outros aspectos que desejam ser trabalhados (como os temas que não foram contemplados pelo básico).

Com estes resultados, o *Cities: Skylines* pode ser uma ferramenta para uso em Planos de Mobilidade Urbana, focado na análise preliminar de dados existentes (diagnóstico) de uma cidade, principalmente na área de transportes, e no planejamento de metas e ações. Estudos que procurem aproximar as variáveis utilizadas pelo jogo com as existentes na realidade da cidade, aliadas as correções na importação da malha viária georreferenciada, potencializariam as possibilidades de uso e a precisão dos resultados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil (CNPq).

## 5. REFERENCIAL

BEREITSCHAFT, Bradley. Gods of the City? Reflecting on City Building Games as an Early Introduction to Urban Systems. *Journal of Geography*, [s. l.], v. 115, n. 2, p. 51–60, 2016.

BRASIL. *Lei n. 12587*, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana. 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm). Acesso em: 07 nov. 2019.

BRASIL. Portal Capacidades. PlanMob: *Caderno de Referência para Elaboração de Plano de Mobilidade Urbana*. 2015. Disponível em: <http://www.capacidades.gov.br/biblioteca/download/id/12607/titulo/planmob---caderno-de-referencia-para-elaboracao-de-plano-de-mobilidade-urbana>. Acesso em: 07 nov. 2019.

HAAHTELA, P. et al. *Gamification of Education: Cities Skylines as an educational tool for real estate and land use planning studies*. [s. l.], 2015.

SKYLINES WIKI. *Features*. 2015. Disponível em: <https://skylines.paradoxwikis.com/Features>. Acesso em: 07 nov. 2019.

SQUIRE, K. *Open-Ended Video Games : A Model for Developing Learning for the Interactive Age*. *The Ecology of Games: Connecting Youth, Games, and Learning*, [s. l.], p. 167–198, 2008. Disponível em: <https://website.education.wisc.edu/kdsquire/tenure-files/12-macarthur-book-salen-squire.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2019.



# MELHORIA DA MOBILIDADE URBANA COMO AUXÍLIO À REDUÇÃO DE ACIDENTES DE TRÂNSITO

Improving Urban Mobility as an Aid to Reduce Traffic Accidents

*Thais de Cassia Martinelli Guerreiro<sup>1</sup>*

*Wilson Ferreira Chaves Filho<sup>2</sup>*

*Marcus Vinícius Gomes de Lima<sup>3</sup>*

*Camilo Andres Mora Olmos<sup>4</sup>*

## RESUMO

Nos últimos anos as cidades brasileiras têm vivenciado o crescimento de acidentes de trânsito fatais, notadamente envolvendo motociclistas. O objetivo deste trabalho é apresentar um panorama dos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas, verificar se o país está atingindo a meta para redução dos acidentes, de acordo com o estabelecido pela “Década de Ações para a Segurança Viária” (DASV) (2011-2020) e propor uma alternativa para a melhoria da mobilidade urbana. Embora ainda em fase preliminar, as pesquisas desenvolvidas mostram que as internações provenientes de acidentes envolvendo motociclistas representam 58,1% do total registrado e o estado do Piauí é o que apresenta os maiores índices de mortalidade. O Brasil não alcançou as metas previstas estipuladas pela DASV e a implantação de um sistema de bicicletas compartilhadas mostra-se como uma boa opção para diminuir os índices de acidentes de trânsito, visto que apresenta uma alternativa para os deslocamentos urbanos.

**Palavras-chave:** Engenharia Urbana, Segurança Viária, DASV, Mobilidade Urbana, Transporte Sustentável.

## ABSTRACT

In recent years, Brazilian cities have experienced the growth of fatal traffic accidents, notably involving motorcyclists. The objective of this work is to present an overview of traffic accidents involving motorcycles, to verify if the country is reaching the goal for the reduction of accidents, according to the established by the “Decade of Actions for Road Safety” (DASV) (2011-2020) and propose an alternative for improving urban

---

(1) Doutora em Ciências, PPGEU/UFSCar. E-mail: [tcmguerreiro@ufscar.br](mailto:tcmguerreiro@ufscar.br)

(2) Mestrando em Engenharia Urbana, PPGEU/UFSCar. E-mail: [wilson\\_fcf@hotmail.com](mailto:wilson_fcf@hotmail.com)

(3) Mestrando em Engenharia Urbana, PPGEU/UFSCar. E-mail: [marcus.ecivil@gmail.com](mailto:marcus.ecivil@gmail.com)

(4) Mestrando em Engenharia Urbana, PPGEU/UFSCar. E-mail: [geokmol@gmail.com](mailto:geokmol@gmail.com)

mobility. Although still in a preliminary stage, the researches developed show that hospitalizations resulting from accidents involving motorcyclists represent 58.1% of the total registered and the state of Piauí is the one with the highest mortality rates. Brazil has not achieved the targets set by DASV and the implementation of a system of shared bicycles is a good option to reduce the rates of traffic accidents, as it presents an alternative for urban displacement.

**Keywords:** Urban Engineering, Road Safety, DASV, Urban Mobility, Sustainable Transport.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos últimos anos, as cidades brasileiras apresentaram uma crescente expansão urbana aliada, muitas vezes, ao uso excessivo do transporte individual motorizado, o que causou muitos problemas de mobilidade urbana. De acordo com dados da ANTP (2018), no ano de 2016 e considerando os municípios pesquisados, foram contabilizados 394 bilhões de quilômetros percorridos, sendo a maior parte por transporte público (46,1%), seguido do transporte individual (36,5%) e do transporte não-motorizado (10,1%). Destaca-se que, dentro do transporte individual a maior parte dos deslocamentos ocorreu através de automóveis (84,7%) seguidos das motocicletas (15,3%). Já considerando os não-motorizados, os deslocamentos a pé foram maioria (82,5%), seguidos dos realizados por bicicletas (17,5%).

Especificamente com relação ao transporte individual por motocicletas, embora o percentual de viagens contabilizados pela ANTP (2018) tenha sido inferior a 20,0%, segundo dados da ABRACICLO (2019), entre os anos de 1998 e 2016 foi registrado um aumento de mais de 800% na frota de motocicletas trafegando no país.

A motocicleta provê uma alta mobilidade para seus usuários, especialmente aqueles que pertencem às populações com menor renda, para os quais a motocicleta representa uma oportunidade econômica, seja atuando como mototaxistas ou como motofretistas. Em contrapeso às vantagens das motocicletas há também suas desvantagens: poluição do ar e sonora e o aumento da taxa de acidentes. No Brasil no ano de 2012, os motoristas e/ou passageiros de motocicletas foram responsáveis por 28% de todas as mortes em acidentes de trânsito ocorridas (WHO, 2012).

Segundo Carvalho (2016), no período entre 1997 e 2012, enquanto as vendas de motocicleta subiram três vezes mais que a economia brasileira, as mortes cresceram em uma proporção ainda maior, tendo sido um crescimento de mais de 1000%. Embora esse fenômeno da utilização da motocicleta tenha se evidenciado há anos, não houve um planejamento da mobilidade visando o aumento da frota.

Em 2010, a Organização das Nações Unidas - ONU, através da Assembleia Geral

e resolução 64/255, de 02 de março de 2010 instituiu a “Década de Ações para a Segurança Viária” (DASV), definida pelo período de 2011 a 2020. O objetivo é reduzir o número de mortes decorrentes dos acidentes de trânsito, seja ele causado por motocicletas ou por outro modal. Para tanto, por meio de políticas e planos, os países membros devem estabilizar e, então, reduzir o número de mortes no trânsito em 50% em todo o mundo, até o final da década (WHO, 2010).

No caso do Brasil foi elaborado pelo Comitê Nacional de Mobilização pela Saúde, Segurança e Paz no Trânsito (CNMSSPT) o plano intitulado “Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a Década 2011-2020” (PNRASVD 2011-2020) (CNMSSPT, 2010).

Este plano contempla ações em tornos dos cinco pilares estabelecidos pelo Plano Global da Organização das Nações Unidas (ou WHO, de *World Health Organization*, na sigla original em inglês): i) Fiscalização, ii) Educação, iii) Saúde, iv) Infraestrutura e v) Segurança veicular a serem implementadas a curto, médio e longo prazo. O plano não é uma política nacional de trânsito, mas sim um conjunto de medidas intersetoriais a serem estabelecidas com a finalidade de reduzir acidentes e mortes no trânsito e que pode ser um alicerce para a construção de uma política de estado.

Além da grande importância da DASV para a redução de mortes provenientes dos acidentes de trânsito, a efetiva melhoria da mobilidade urbana também contribui grandemente para salvar vidas. Por meio da promulgação da Lei 12.587/2012, conhecida como “Lei de Mobilidade Urbana” (Brasil, 2012), as cidades devem priorizar os modos até então marginalizados pelas políticas de transporte: modo público, representado pelo transporte coletivo, e o modo individual não-motorizado, ou seja, o transporte a pé e por bicicleta.

A partir do estabelecimento desta lei, as cidades acima de 20.000 habitantes são obrigadas a elaborarem seus Planos de Mobilidade, os quais devem obrigatoriamente, dentre outros itens, priorizar o planejamento de uma rede cicloviária com infraestrutura adequada para os deslocamentos. Não obstante, a inserção de um sistema de bicicletas compartilhadas também pode se somar à infraestrutura cicloviária existente, ampliando e diversificando as opções de deslocamentos. Uma maior variedade de opções de modais de transporte, aliada ao efetivo planejamento com segurança, conforto e legibilidade das rotas acarreta diretamente em uma redução dos números de acidentes contribuindo diretamente para resultados positivos relacionados às mortes de motociclistas e de metas da DASV.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um panorama dos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas no Brasil, verificar se o país está atingindo a meta para redução dos acidentes, de acordo com o estabelecido pela DASV e propor uma

alternativa para a melhoria da mobilidade urbana, a qual influenciará diretamente sobre os índices de acidentes de trânsito.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

Visando atingir o objetivo deste trabalho, a metodologia foi desenvolvida em três frentes distintas: a) relacionada aos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas, b) relacionada aos dados de acidentes de trânsito em comparação à meta estabelecida pela DASV e, c) relacionada à melhoria da mobilidade urbana, com a proposição de um sistema de bicicletas compartilhadas.

Ressalta-se que, por tratar-se de estudos que ainda estão em andamento, as metodologias aqui apresentadas não são as definitivas para a consolidação do tema, bem como os resultados obtidos não são os finais, mas sim os preliminares.

Para tanto, em cada frente foram desenvolvidas etapas a saber:

- a) Relacionada aos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas: i) levantamento de dados relacionados aos acidentes fatais, população (total e por estado), frota brasileira (total e por estado) - total e de motocicletas e número de internações; ii) processamento dos dados; iii) cálculo dos índices de mortalidade por população e por frota e, iv) elaboração de mapas temáticos;
- b) Relacionada às ações desenvolvidas pelo Brasil para a DASV: i) levantamento do número absoluto de: mortes, lesões, acidentes, população, frota de veículos, ii) confrontação dos dados e índices obtidos no ano de 2010 e 2016 com os considerados como meta pela DASV para o ano de 2016;
- c) Relacionados à proposição de um sistema de bicicletas compartilhadas: i) identificação de critérios para definição da localização de estações; ii) coleta de dados, iii) determinação dos critérios mais importantes com base no método AHP (Processo Hierárquico Analítico, em inglês *Analytic Hierarchy Process*) e, iv) definição do(s) local(is) mais importante(s) para implantação das estações utilizando MOORA (Otimização de Múltiplos Objetivos por Análise de Proporção, em inglês *Multi-objective Optimization by Ratio Analysis*).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da metodologia apresentada, os resultados seguem a mesma ordem de apresentação.

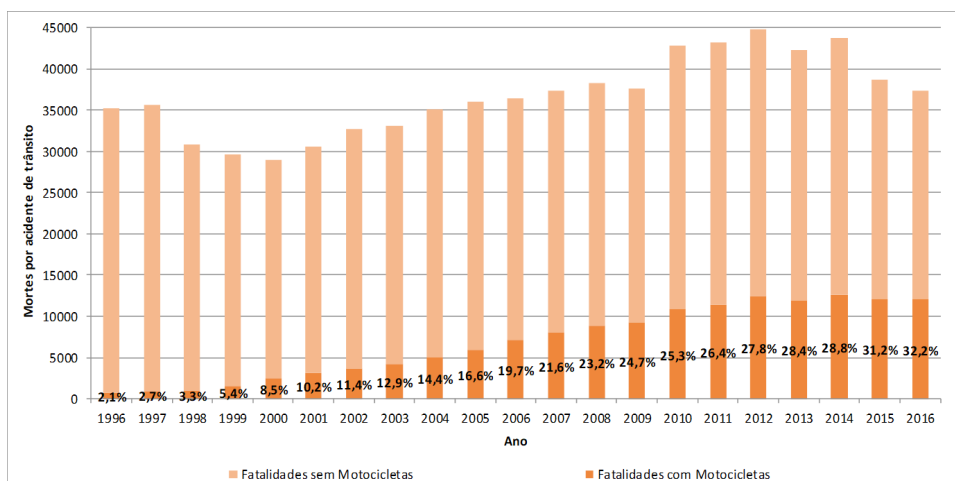
### 3.1 ACIDENTES DE TRÂNSITO ENVOLVENDO MOTOCICLETAS

Para a obtenção dos dados referentes aos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas foi utilizada a ferramenta TABNET aplicada aos dados disponíveis do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Tais dados são fornecidos pelo Ministério da Saúde (MS), pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS), pelo Sistema de Informação sobre Mortalidade (SIM) da Coordenação Geral de Informações e Análises Epidemiológicas (CGIAE) e pelo Sistema de Informações Hospitalares do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS).

Os dados corresponderam ao período entre 1996 e 2016 e, após o seu processamento foi possível constatar que entre 1997 e 2000 houve uma queda na quantidade total de mortes, como apresentado na Figura 1.

Após o ano 2000 este número só cresceu até 2008 aumentando o número em quase 10 mil mortes por ano. Nos dados da década de 2010 houve uma estabilização no número de mortes no trânsito por ano, iniciando uma tendência à redução a partir de 2012, quando foram registradas quase 45 mil mortes.

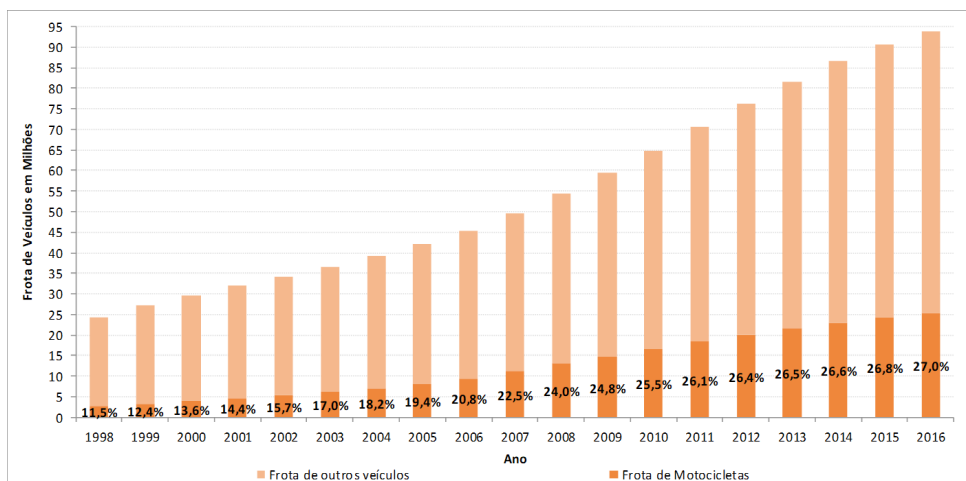
Figura 1: Número de fatalidades em acidentes de trânsito por ano no Brasil



Fonte: Autoria própria (2019)

Com relação à frota nacional, de acordo com a Figura 2 é possível observar seu rápido crescimento e também o crescimento da frota de motocicletas, assim como sua representação percentual dentro da frota total.

Figura 2: Frota de veículos em milhões por ano no Brasil

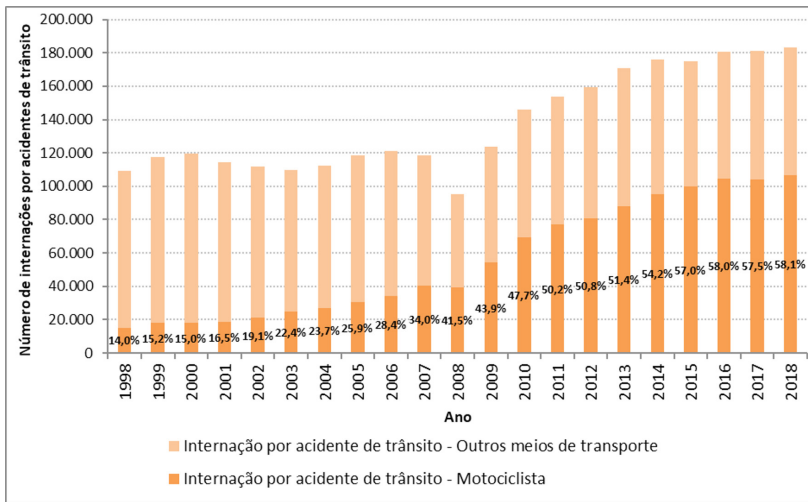


Fonte: Autoria própria (2019)

É possível notar como o brasileiro, cada vez mais, está dando preferência à motocicleta no momento de adquirir um novo veículo. Em 1998 apenas 11,5% dos veículos eram motocicletas, enquanto em 2016 a motocicleta já representa 27% da frota brasileira. Com relação ao número de internações por acidentes de trânsito no Brasil no período de 1998 a 2018, nota-se que entre os anos de 1998 e 2007 o número total de internações era razoavelmente estável flutuando entre a faixa dos 110 mil a 120 mil internações por ano (Figura 3). Em 2008 houve um comportamento anômalo no número de internações registradas, quando o número caiu repentinamente e esteve na faixa das 95 mil internações. Após esse ano houve um crescimento praticamente contínuo, atingindo seu número máximo de mais de 183 mil internações devido a acidentes de trânsito no ano de 2018.

Especificamente com relação ao grupo de motociclistas existe um comportamento totalmente diferente no seu número de internações quando comparado ao número total das internações por acidentes de trânsito. O número de internações de motociclistas apresenta um crescimento praticamente constante por todo o período analisado, não só em número absoluto, mas também em sua representatividade percentual do total de internações por acidentes de trânsito. Em 1998 os motociclistas representavam 14% das internações, com um número por volta de 15 mil internações, enquanto em 2018 foram mais de 105 mil internações (por volta de 7 vezes mais), representando 58,1% do total.

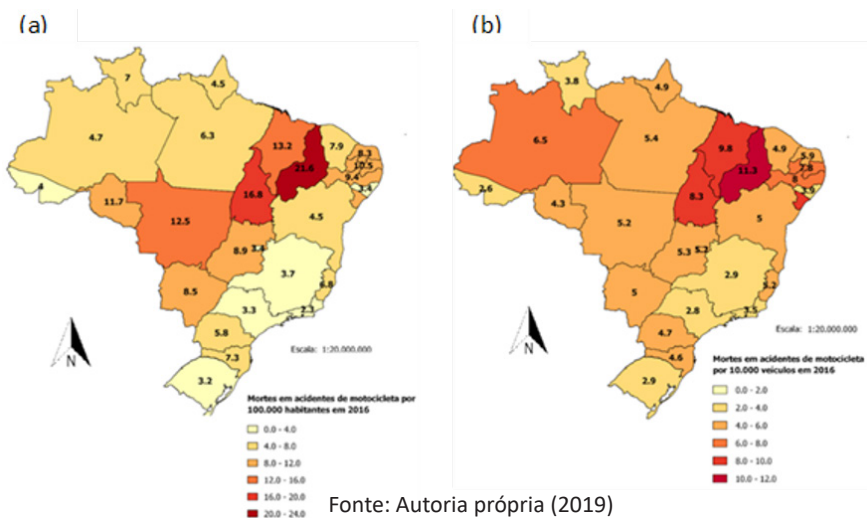
Figura 3: Número de internações por acidentes de trânsito por ano no Brasil



Fonte: Autoria própria (2019)

Ao comparar mapas temáticos de índices de mortalidade em acidentes de motocicletas por população e por frota entre todos os estados brasileiros é possível obter alguns resultados interessantes. Com relação aos índices de mortalidade por população (Figura 4a), observa-se que o estado com menor taxa de mortalidade em acidentes de motocicleta por 100.000 hab. no ano de 2016 foi o Rio de Janeiro (2,3) e o maior o Piauí (21,6).

Figura 4: Mapa de índices de mortalidade em acidentes de motocicleta no Brasil pela população (a) e por frota (b)



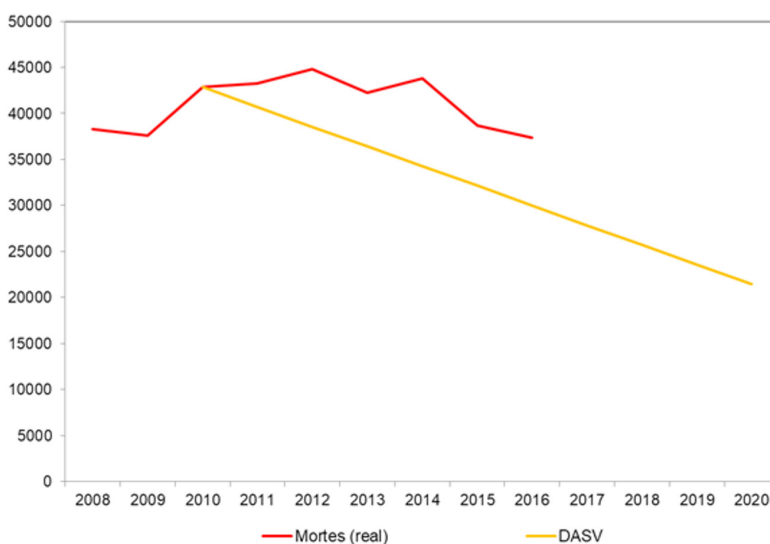
Fonte: Autoria própria (2019)

Já considerando os índices da mortalidade de motociclistas por frota (Figura 4b), observa-se que o estado com menor taxa no ano de 2016 foi o Acre (2,6), enquanto o estado do Piauí novamente apresentou o maior valor (11,3).

### 3.2 METAS DO BRASIL PARA A DÉCADA DE AÇÕES PARA A SEGURANÇA VIÁRIA (DASV)

Considerando o período estabelecido para a DASV (2011-2020), o Brasil tem visto uma estabilização do número absoluto de fatalidades ao longo dos anos, tendendo a uma redução a partir de 2014. A figura 5 ilustra esse fenômeno para os anos de 2008 a 2016, bem como a previsão da redução de mortes de acordo com DASV.

Figura 5 - Número absoluto de mortes por acidentes de trânsito no Brasil



Fonte: Aatoria própria (2019)

A tabela 1 fornece valores dos indicadores da acidentalidade viária considerando o ano de 2010 (ano base da DASV) e de 2016. Para este último, além dos valores obtidos, também são apresentados os definidos como meta para o referido ano, com base nas diretrizes da DASV.

É possível perceber que, nos dados possíveis de comparação, o Brasil não alcançou o valor previsto no tocante às reduções propostas pela DASV. Para o ano de 2016 a meta era haver uma redução de 30% no número absoluto de mortes e lesões, entretanto foi registrada uma queda de apenas 12,83% no número de fatalidades. Com relação às lesões o obtido foi ainda mais grave e preocupante: um aumento de 11,84%, contrariando todas as expectativas e esforços do estipulado pela DASV.



Por outro lado, foi constatada uma melhora em alguns índices (mortes por 100 mil habitantes e por 10 mil veículos).

Tabela 1 - Evolução da acidentalidade viária do Brasil na DASV

<b>Indicador</b>	<b>Ano-base 2010</b>	<b>2016</b>	<b>2016 DASV</b>
Mortes	42.844	37.345	29.991
Lesões	146.737	164.117	102.716
Acidentes*	183.381	96.360	N/A
População	195.497.797	206.081.432	N/A
Frota de veículos	64.817.974	93.867.016	N/A
Índice de mortes por 100 mil hab.	21,92	18,12	N/A
Índice de mortes por 10 mil veículos	6,61	3,98	N/A

Fonte: Autoria própria (2019)

\*Acidentes em rodovias federais

### **3.3 PROPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE BICICLETAS COMPARTILHADAS:**

A seguir são apresentados os 14 critérios necessários para que um sistema de bicicletas compartilhadas seja implantado:

- a) Fatores Urbanos: são aqueles que motivam uma viagem para os habitantes: i) proximidade das universidades; ii) proximidade das escolas; iii) proximidade dos centros esportivos e parques; iv) proximidade dos pontos de turismo; v) proximidade dos shopping centers; vi) proximidade dos Polos Geradores de Viagens (PGV's);
- b) Fatores de Transporte: são aqueles que permitem e influenciam uma viagem: i) proximidade da rodoviária; ii) proximidade das estações de ônibus; iii) proximidade dos pontos de ônibus com mais número das viagens; iv) proximidade da ciclofaixa atual e projetada;
- c) Fatores da Dimensão do Usuário: elementos internos do usuário (relação com o tema da bicicleta) ou externos (clima, topografia): i) população dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); ii) topografia; iii) clima; iv) caracterização socioeconômica do usuário

Uma vez que a pesquisa se encontra em andamento, ainda não há resultados quanto aos pesos atribuídos para cada um dos critérios considerados, utilizando o

método AHP. Consequentemente, ainda também não estão classificados os locais prioritários para a implantação do sistema utilizando o método MOORA. Ressalta-se que a definição de locais prioritários é importante para o poder público, uma vez que muitas vezes não possui condições financeiras de implantar todas as estações ao mesmo tempo, o que pode prejudicar a aceitação e o uso do sistema.

#### **4. CONCLUSÃO**

Este artigo buscou apresentar um panorama dos acidentes de trânsito envolvendo motocicletas no Brasil, verificar se o país está atingindo a meta para redução dos acidentes, de acordo com o estabelecido pela DASV e propor uma alternativa para a melhoria da mobilidade urbana, a qual influenciará diretamente sobre os índices de acidentes de trânsito.

De acordo com os dados obtidos, o número de acidentes fatais envolvendo motociclistas tem aumentado ao longo dos anos tal como a frota de motocicletas. Além disso, no ano de 2016 o estado do Piauí foi o que apresentou os maiores índices de morte por população e por frota, o que pode ser explicado, dentre outras possíveis razões, à falta de fiscalização no trânsito, ausência ou insuficiência de campanhas educativas e falta de opção para a utilização de outros modais de transporte.

Com relação aos dados da acidentalidade no Brasil e considerando o previsto pela DASV para o ano de 2016, provavelmente a negligência relativa com a segurança viária (típico de países em desenvolvimento, como o Brasil) teve um peso importante nesses resultados. Ressalta-se que a demora do governo em aprovar o PNRASVD no tempo devido, aplicando medidas isoladas de caráter paliativo, de forma descoordenada com outras ações, pode ter contribuído para o aumento do número de lesões no ano estudado.

Uma alternativa à redução dos acidentes de trânsito, seja ele envolvendo motocicletas ou não, é a efetiva melhoria da mobilidade urbana. Como exemplo apresentou-se a proposta de um sistema de bicicletas compartilhadas. Não somente a identificação dos indicadores, a definição de quais são mais importantes e quais os locais prioritários para implantação são importantes. Faz-se necessário e urgente também investir em campanhas educativas de segurança no trânsito, investimento maciço nos sistemas de transporte público, redução da velocidade nas vias urbanas e um total replanejamento da expansão das cidades e de sua mobilidade. Somente assim será possível conseguir reduzir os acidentes de trânsito fatais, contribuindo para a melhoria da mobilidade urbana e, sobretudo, salvar vidas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e à Organização dos Estados Americanos (OEA), pela bolsa de estudos e auxílio financeiro.

## 5. REFERENCIAL

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE MOTOCICLETAS, CICLOMOTORES, MOTONETAS, BICICLETAS E SIMILARES. *Frota Circulantes - Duas Rodas a Motor*. 2019. Disponível em: [http://www.abraciclo.com.br/images/pdfs/Motocicleta/Frota/2019\\_06\\_Frota.pdf](http://www.abraciclo.com.br/images/pdfs/Motocicleta/Frota/2019_06_Frota.pdf). Acesso em 01 de nov. de 2019.

ANTP - Associação Nacional dos Transportes Públicos. *Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - Simob/ANTP - Relatório Geral 2016 - Maio de 2018*. 2018. São Paulo, S.P. 110 p.

BRASIL. Lei 12.587 3 de janeiro de 2012. *Institui as Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana e dá Outras Providências*. Brasília, DF. 2012. Disponível em [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12587.htm). Acesso em: 14 abril. 2019

CARVALHO, C. H. R. *Mobilidade Urbana Sustentável: Conceitos Tendências e Reflexões*. Texto Para Discussão/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília, 2016. ISSN: 1415-4765.

World Health Organization. Resolution 64/255: *Improving Global Road Safety*. Sixty-fourth General Assembly. Geneva, 2010.

World Health Organization. *Global Health Observatory (GHO) data*. 2012. Disponível em: [http://www.who.int/gho/road\\_safety/en/](http://www.who.int/gho/road_safety/en/). Acesso em 15 de set. de 2019.

COMITÊ NACIONAL DE MOBILIZAÇÃO PELA SAÚDE, SEGURANÇA E PAZ NO TRÂNSITO (CNMSSPT). *Plano Nacional de Redução de Acidentes e Segurança Viária para a década 2011-2020*. Denatran e Ministério das Cidades. 2010. Disponível em: [http://vias-seguras.com/a\\_prevencao/a\\_decada\\_de\\_acoes\\_de\\_seguranca\\_do\\_transito\\_2011\\_2020/plano\\_nacional\\_de\\_reducao\\_de\\_acidentes\\_2011\\_2020](http://vias-seguras.com/a_prevencao/a_decada_de_acoes_de_seguranca_do_transito_2011_2020/plano_nacional_de_reducao_de_acidentes_2011_2020). Acesso em 28 mai. 2019.

