Coletânea Interfaces entre Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares, n. 5

CONSTRUINDO SUSTENTABILIDADE EM CONTEXTOS URBANOS

Wanda Maria Risso Günther
Arlindo Philippi Jr
Organizadores

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO · FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
USP
ProASaS

Coletânea Interfaces entre Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares, n. 5
DOI 10.11606/9786588304105

CONSTRUINDO SUSTENTABILIDADE EM CONTEXTOS URBANOS

Wanda Maria Risso Günther
Arlindo Philippi Jr
Organizadores

Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública

São Paulo

2022

"*Esta obra é de acesso aberto. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e a autoria e respeitando a Licença Creative Commons indicada.*"
Os autores são exclusivamente responsáveis pelas ideias, conceitos, citações e imagens apresentadas neste livro.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Reitor: Carlos Gilberto Carlotti Junior
Vice-Reitor: Maria Arminda do Nascimento Arruda

FACULDADE DE SAÚDE PÚBLICA
Diretor: José Leopoldo Ferreira Antunes
Vice-Diretora: Patricia Constante Jaime

CONSELHO EDITORIAL
Angela Maria Belloni Cuenca (Presidente)
Carinne Magnago
Denise Pimentel Bergamaschi
Dirce Maria Lobo Marchioni
Fabíola Zioni
Gizelton Pereira Alencar
José Luis Negrão Mucci
Maria Cristina da Costa Marques
Maria do Carmo Avamilano Alvarez
Maria Tereza Pepe Razzolini
Patricia Constante Jaime

Organizadores
Wanda Maria Risso Günther
Arlindo Philippi Jr

Produção e Realização
Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade - Faculdade de Saúde Pública – USP

Produção Editorial
Edu Ambiental

Secretaria Editorial
Soraia Fernandes

Foto da Capa
Marcos Akira Watanabe

Apoio técnico:
Equipe da Biblioteca da
Faculdade de Saúde Pública da USP
Av. Dr. Arnaldo, 715
01246-904 – Cerqueira César – São Paulo – SP
http://www.biblioteca.fsp.usp.br
markt@fsp.usp.br

Catalogação na Publicação
Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública

Construindo sustentabilidade em contextos urbanos [recurso eletrônico] / Wanda Maria Risso Günther e Arlindo Philippi Jr (Organizadores).
São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2022.
323 p. : il. color. PDF -- (Coletânea Interfaces entre Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares ; n. 5)

Inclui bibliografia
ISBN 978-65-88304-10-5 (eletrônico)
DOI 10.11606/9786588304105

1. Sustentabilidade. 2. Saúde. 3. Área Urbana. 4. Meio Ambiente. 5. Gestão Ambiental. 6. Política Ambiental. I. Günther, Wanda Maria Risso. II. Philippi Jr, Arlindo. III. Série.

CDD 363.7

Elaborada por Alice Souza - CRB 8/6238

Coletânea Interfaces Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares

Comissão Editorial

Adriana Marques Rossetto (UFSC); Antônio C. Witkoski (UFAM); Arlindo Philippi Junior (USP); Cíntia Mara Ribas de Oliveira (UP); Cleverson Andreoli (Andreoli Engenheiros Associados); Davi Nakano (USP); Debora Sotto (USP); Gabriela Marques Di Giulio (USP); Helena Ribeiro (USP); Jairo L. Schimitt (FEEVALE); Leandro Luiz Giatti (USP); Liliana Pena Naval (UFT); Marcelo Antunes Nolasco (USP); Maria Aurora Santos da Mota (UFPA); Maria da Penha Vasconcellos (USP); Maria do Carmo Martins Sobral (UFPE); Mario Augusto Goncalves Jardim (MPEG); Sonia Maria Viggiani Coutinho (USP); Soraya Nór (UFSC); Thelmo Branco (USP); Wanda Maria Risso Günther (USP); Wanderley Paganini (USP); Werônica Meira de Souza (UFRPE).

Sumário

Prefácio VIII

Apresentação X

Parte I - Vulnerabilidades socioambientais na governança e gestão urbana

Capítulo 1
Espaço urbano, saúde e sustentabilidade em contexto de crises globais 2
Luís Sérgio Ozório Valentim

Capítulo 2
Vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em cidades brasileiras 27
Mariana G. A. da Paz, Júlia Alves Menezes, Evandro Albiach Branco, Ivan C. Maglio, Gustavo Felipe B. Arcoverde e Jean Pierre H. B. Ometto

Capítulo 3
Gestão integrada e participativa na governança municipal de São Paulo 55
Juliana de Avellar e Arlindo Philippi Jr

Capítulo 4
Gestão da drenagem urbana em Planos Diretores de cidades brasileiras 68
Debora Sotto e Arlindo Philippi Jr

Capítulo 5
Efeito da política de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo 94
Evandro Davi Cobo e João Vicente de Assunção

Parte II - Desafios da gestão ambiental de águas urbanas

Capítulo 6
Soluções baseadas na natureza na recuperação de rios urbanos..... 119
Carlos Alexandre Trindade Pinheiro Menuchi e Marcelo Antunes Nolasco

Capítulo 7
Conflitos e perspectivas socioambientais na gestão da qualidade de córregos urbanos 137
Marcio Salgado e José Luiz Negrão Mucci

Capítulo 8
Remoção de fármacos com a utilização de membranas em efluentes de estações de tratamento de esgoto 159
Fabio Pereira de Carvalho, Luana da Silva Freitas, Miriam Moreira Bocchiglieri e Wanderley da Silva Paganini

Capítulo 9
Índice de Qualidade das Águas na priorização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo 183
Luana da Silva Freitas, Fabio Pereira de Carvalho, Miriam Moreira Bocchiglieri e Wanderley da Silva Paganini

Parte III - Perspectivas de política e gestão ambiental em contextos urbanos

Capítulo 10
Criatividade e circularidade em contexto de sustentabilidade..... 210
Walter Ignácio Gonçalves dos Santos e Wanda Maria Risso Günther

Capítulo 11
Métodos de valorização de resíduos de podas e aparas 228
Tallita Eduarda da Veiga Reis, Ednilson Viana, Antonio Oswaldo Storel Júnior e Wanda Maria Risso Günther

Capítulo 12
Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo: processos de elaboração e implementação..... 255
André Luiz Fernandes Simas, Maria Fernanda Romanelli Alegre, Maria Teresa Castilho Mansor e Wagner Luiz Cabelho da Silva

Capítulo 13
Aplicação do conceito de Ruas Saudáveis em cidades brasileiras ... 270
Francisco Carlos Ferreira Ribeiro e Arlindo Philippi Jr

Capítulo 14
Movimentos sociais de resistência ao cenário de insegurança alimentar e fome no contexto da pandemia de Covid-19 294
Nilton Santos Stanguini, Nathália César Nunes, Ana Maria Bertolini e Gabriela Marques Di Giulio

Sobre os organizadores 315

Sobre os autores..... 316

Prefácio

O livro **Construindo sustentabilidade em contextos urbanos**, parte da *Coletânea Interfaces Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares,* representa dois aspectos importantes que são constantemente buscados no contexto da pós-graduação: a perenidade de um trabalho insistente de formação de talentos e produção de conhecimentos e a relevância das temáticas que trata, contemporâneas e estratégicas para o país.

Num contexto desafiador, às vezes com poucos recursos e no qual nem sempre a pesquisa e a formação de alto nível são valorizadas, um trabalho contínuo e perene, como o realizado no Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (ProASaS), traz lições inspiradoras. Este quinto livro da Coletânea é uma delas, principalmente porque resulta de trabalhos de discentes. Como afirmei em ponto de vista[1] publicado recentemente, no *mainstream* científico, a comunicação científica é parte importante do processo de construção dialógica do conhecimento. Acrescento aqui, que a comunicação é parte importante também da formação de talentos e este livro representa a concretização dessa missão, que completa um ciclo de formação, por meio da construção do conhecimento que envolve conceber uma pesquisa, realizá-la e colocá-la para diálogo com a comunidade científica.

O outro aspecto importante é sua temática atual, contemporânea, desafiadora e necessária. Ao passar pelos capítulos, observa-se que os contextos urbanos são o foco, que abordam os diversos temas inerentes, como política, gestão, governança, saúde, vulnerabilidade, poluição, resíduos, conflitos, entre outros, tendo como referência o ideário de sustentabilidade. Evidencia-se uma diversidade de temas, porém, conectados pelo urbano e pela sustentabilidade.

1 Fernandes, V. Why and where to publish. *Brazilian Journal of Environmental Sciences*, v. 57, n.3, p. 516–518, 2022. https://doi.org/10.5327/Z2176-94781439

O resultado desse arranjo é um conjunto rico de trabalhos, que certamente não seria possível sem um grande esforço coletivo e sem um processo interdisciplinar de produção de conhecimento, que requer empatia, alteridade, diálogo, cooperação que resultam na pertinência e na qualidade do conhecimento desenvolvido.

Valdir Fernandes
Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Apresentação

Por Wanda Maria Risso Günther e Arlindo Philippi Jr

Construindo sustentabilidade em contextos urbanos é o quinto livro que integra a *Coletânea Interfaces Ambiente, Saúde e Sustentabilidade: construindo diálogos e atuações interdisciplinares* do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade, da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo.

Esta publicação, disponibilizada de forma *online* e acesso aberto, atende a um dos objetivos do programa desde sua gênese: dar ampla visibilidade à produção técnico-científica resultante das pesquisas realizadas pelo corpo discente e docente, desenvolvidas com método científico e proposta de aplicação, com finalidade de melhorar as condições ambientais e a qualidade de vida da realidade estudada.

Os capítulos revelam a interdisciplinaridade e a integração de temáticas, características do programa, e incorporam a complexidade e dinamicidade da realidade contemporânea, em diferentes contextos e escalas. Espaço urbano e vulnerabilidades socioambientais, em especial, no contexto da Covid 19; Adaptação a mudanças climáticas; Gestão das águas urbanas, dos resíduos sólidos e governança; Circularidade e valorização de resíduos; Política, gestão e políticas públicas ambientais; e Soluções baseadas na Natureza são temáticas que integram os capítulos, que bebem na fonte das discussões atuais sobre sustentabilidade socioambiental. A publicação conta ainda com contribuição de pesquisadores externos ao programa com três temáticas relevantes. Um capítulo que evidencia questões de saúde e sustentabilidade presentes no espaço urbano em contexto de crises globais; outro sobre vulnerabilidade socioambiental do contexto urbano brasileiro frente às emergências climáticas com foco nas medidas de resposta e adaptação e um terceiro que discorre sobre os processos de elaboração e implementação do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, importante instrumento de planejamento e gestão trazido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Organizada em três partes, a publicação é composta por 14 capítulos, que apresentam conteúdos pertinentes às investigações desenvolvidas no programa, envolvendo aspectos sociais, ambientais e de saúde na perspectiva da sustentabilidade.

Na Parte I, intitulada *Vulnerabilidades socioambientais na governança e gestão urbana*, cinco capítulos contribuem para a reflexão sobre o urbano como espaço de múltiplos aspectos da cidade que revela vulnerabilidades socioambientais, impactos sobre o território e múltiplos cenários de riscos à saúde, passando por oportunidades e expectativas de prevenção, mitigação, adaptação e alternativas para um viver mais saudável e sustentável.

Na Parte II, *Desafios da gestão ambiental de águas urbanas*, com quatro capítulos, os autores se debruçam sobre questões que envolvem a qualidade de cursos d'água urbanos, seja incorporando diretrizes de soluções baseadas na natureza para recuperação da qualidade e controle de alagamentos, ou na discussão dos conflitos e perspectivas presentes na gestão de processos de despoluição com participação social, ou seja no controle de fontes de poluição, como no caso dos efluentes de estações de tratamento de esgotos com aplicação de membranas para remoção de fármacos presentes. Por fim, um capítulo tratou de analisar o histórico de aplicações de recursos do FEHIDRO para estabelecer parâmetros e critérios para priorização de investimentos deste fundo, como subsídio para tomada de decisão e contribuição para a gestão de recursos hídricos nas cidades.

Finalmente, na Parte III, *Perspectivas de política e gestão ambiental em contextos urbanos,* há abordagens referentes à economia circular e valorização de resíduos da cadeia têxtil e de resíduos orgânicos resultantes de atividades de podas e aparas realizadas em espaços urbanos, assim como sobre o contexto e processo de elaboração, implementação e revisão do Plano Estadual de Resíduos Sólidos. O conceito de ruas saudáveis, cuja inspiração vem da finalidade de tornar as cidades mais seguras, limpas e convidativas aos seus moradores, está presente em um capítulo, assim como o atual cenário de insegurança alimentar no país, com reflexões sobre a relevância das políticas públicas de alimentação e nutrição.

Merece ser destacado o cumprimento do princípio, em boa hora adotado pelo ProASaS, de dar visibilidade e divulgação aos resultados de seus estudos e pesquisas, com esta quinta publicação da Coletânea. Pelos temas abordados e resultados alcançados pelos estudos e pesquisas realizados, apresentados nesta edição, desejamos excelente leitura e, quiçá, cada vez mais efetivas aplicações às realidades urbanas, contribuindo para melhorias graduais e contínuas da qualidade de vida de nossas cidades.

Parte I

Vulnerabilidades socioambientais na governança e gestão urbana

1 Espaço urbano, saúde e sustentabilidade em contexto de crises globais

Luís Sérgio Ozório Valentim

INTRODUÇÃO

A humanidade vivencia um inédito conjunto de crises emergenciais em proporção planetária, envolvendo, dentre outras, as mudanças climáticas, perda de biodiversidade, pandemias e confrontos bélicos. Tais crises podem ser entendidas como um estado de tensão social derivado de desequilíbrios ou desajustes de várias ordens que aponta para possibilidades de mobilizações no sentido de sua superação ou de conflitos que o tornam mais agudo.

A instabilidade da condição humana no planeta está associada às vigorosas transições estruturais nos modos de vida, nas relações sociais e nos vínculos da espécie humana com seu habitat, implicando questões econômicas, políticas, científicas, tecnológicas, urbanas etc.

Habitamos um planeta tomado pelo humano, intensamente marcado pela ação histórica do homem sobre o meio natural. Um dos efeitos mais notórios desse fenômeno são os arranjos sociais baseados em formas urba-

nas de vida. Atualmente, mais de 4 bilhões de pessoas vivem em cidades, metade delas em centros urbanos com mais de 500 mil habitantes.

As cidades apresentam aspectos bem marcantes sob o ponto de vista da concentração, diversidade, complexidade e dinâmica de seus componentes. O meio urbano impõe diferentes impactos ao território e apresenta condições contrastantes de vida, ofertando e negando um mundo de proveitos a seus habitantes, protegendo-os e expondo-os a toda sorte de ameaças à vida e ao bem-viver.

As grandes cidades e as metrópoles contemporâneas expressam a imposição extrema do social sobre a natureza, abrigando, por assim, passivos ambientais de larga significância e de múltiplos cenários de riscos à saúde, motivos suficientes para as situarem em primeiro plano nos debates e nas iniciativas voltadas à superação dos desequilíbrios civilizatórios atuais.

Este capítulo propõe uma visão panorâmica de certos aspectos do urbano que se impõem no contexto presente, à sombra das múltiplas crises em escala global, realçando a polissemia de significados, conceitos um tanto fugidios, complexidades e dinâmicas que o assunto abriga e procura incentivar reflexões críticas e pesquisas mais apuradas a respeito das razões e dos modos de vida nas cidades.

AS CRISES DE UM MUNDO EM TRANSIÇÃO

Vivemos momento histórico inquietante, repleto de riscos ainda não bem delimitados. Essa afirmação, hoje tão frequente, contém acepções inerentes ao vocábulo "crise". Ela remete a transformações e inquietudes. Crise pode ser assim entendida como um estado de tensão social, que aponta para possibilidades de comunhões ou de conflitos, derivado de desequilíbrios ou desajustes de várias ordens.

A sociedade moderna é produto da Resolução Industrial e foi moldada a partir de constantes transformações e mutações em ritmos muitas vezes febris. Ela se identifica, frequentemente, com estados de desequilíbrios, instabilidades, incertezas, perturbações e hostilidades.

Os dias atuais dão testemunhos dessa sociedade de inflexões, que caminha em avanços e tropeços. As perturbações têm berço em paradoxo: os avanços civilizatórios desses dois séculos passados se veem solapados pela convergência de crises geradas por modelos de desenvolvimento concebidos para nos garantir progressos.

Três crises se destacam hoje neste cenário de tensões: a sanitária, a climática e a da biodiversidade (ARTAXO, 2020). Elas são reflexos da sanha

em intervir incisivamente na natureza para atender uma vasta coleção de interesses humanos. O massivo lançamento de poluentes na atmosfera e no ambiente em geral, o desmatamento e a matança generalizada das demais formas de vida, são alguns dos (mal) feitos do homem moderno em sua trajetória coletiva cada vez mais insustentável. A tais crises é forçoso acrescentar a gerada pelos conflitos bélicos, cuja escalada prenuncia ameaças existenciais em razão do poderio atômico das potências em disputa.

A *Crise Climática* se apresenta como uma das mais desafiadoras ameaças à sobrevivência da espécie humana. A escalada de fenômenos naturais nestas duas últimas décadas – ondas intensas de calor, tempestades, furacões, secas e estiagens, incêndios florestais e demais eventos de potencial trágico – sujeitam grandes contingentes populacionais a riscos, dentre outros, sanitários e econômicos. Estima-se que desde a intensificação da Revolução Industrial, a partir de 1850, a humanidade tenha lançado na atmosfera cerca de 2,5 trilhões de toneladas de dióxido de carbono (CO2), montanha poluente à qual, somada a outros gases causadores de efeito estufa, vem sendo creditado o atual aquecimento planetário de 1,2°C (CARBONBRIEF, 2022). As crises hídricas que na última década afetaram metrópoles como São Paulo, Cidade do Cabo e Los Angeles vêm sendo cada vez mais associadas às alterações climáticas motivadas pelas interferências humanas no planeta.

A *Crise da Biodiversidade*, embora sinalizada há muitas décadas, tem adquirido contornos dramáticos, pois a natureza está sendo alterada em intensidade sem precedentes na história humana. As atividades antrópicas intervêm hoje com inédito furor no meio natural, ameaçando diferentes ecossistemas, com imensos prejuízos à reprodução das espécies vegetais e animais, bem como impactos crescentes na produção agropecuária, pesca e outros processos econômicos essenciais para a manutenção da vida humana. Estima-se que 75% da superfície terrestre se apresenta significativamente alterada, 66% das áreas oceânicas estão sofrendo impactos cumulativos crescentes e mais de 85% das áreas úmidas foram perdidas (IPBES, 2019). Desmatamentos e incêndios devastadores em regiões de biomas extremamente sensíveis, como é o caso no Brasil do Pantanal, Cerrado e da Amazônia, indicam uma convergência especialmente desastrosa entre o declínio dos ambientes naturais e as alterações do clima.

A *Crise Sanitária,* que envolve um amplo espectro de ameaças à saúde humana, se tornou mais aguda e ganhou destaque internacional entre 2019 e 2020 com a rápida disseminação por todos os continentes do vírus causador da Covid-19. Em janeiro de 2020, a Organização Mundial da Saúde (OMS) declarou que o então surto do novo coronavírus (SARS-CoV-2),

causador da Covid-19, havia ascendido para uma situação de *Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional* (ESPII) (OPAS, 2020).

Em razão da acelerada disseminação da doença, em março de 2020 a OMS elevou a classificação da Covid-19 para um estado de Pandemia. Dois anos depois, o mundo já contabilizava 500 milhões de casos e 6 milhões de mortes. As medidas sanitárias para enfrentamento da doença demandaram decisões políticas com amplas repercussões sociais e econômicas, pois exigiram, além de outras ações profiláticas, regrar e limitar as relações interpessoais e a circulação das pessoas. Esse novo contexto sanitário instiga reflexões mais profundas sobre as relações entre a humanidade e o ambiente que a suporta, dado que o cenário pandêmico atual tem raízes na relação do homem com os demais conjuntos de seres vivos deste planeta.

Até onde se sabe, a pandemia por Covid-19 tem origem no "salto" do coronavírus do organismo de animais silvestres para o homem por meio de mutações genéticas e mecanismos biológicos de transferência ainda não suficiente esclarecidas (MALLAPATY, 2021). Tal fato sugere que o indiscriminado avanço antrópico sobre ambientes naturais, fomentando relações mais estreitas entre o humano e outras espécies, tem potencial para desencadear doenças e mesmo eventos pandêmicos de grande repercussão em saúde pública.

Nesse sentido, vislumbram-se certas convergências entre a pandemia de Covid-19 e a crise global do clima (THE LANCET, 2021), ainda que não haja evidências indicando conexões mais diretas entre as mudanças climáticas e as origens e transmissão da doença. De todo modo, sabe-se que as alterações do clima influenciam determinantes ambientais da saúde e pressionam os serviços de saúde, prejudicando, ainda que indiretamente, o combate a muitas doenças, como a Covid-19 (WHO, 2020c; 2021).

Por fim, os *confrontos bélicos* se convertem não só em crises humanitárias que expressam grande carga dramática, mas também impactam significativamente as condições sanitárias e ambientais dos territórios onde eles são travados. As interações desequilibradas entre a sociedade e a natureza, evidenciadas pelas crises descritas, fomentam e nutrem, numa cadeia viciosa de eventos, outras perturbações sociais, como as de ordem econômica, política, científica, tecnológica e urbana.

Apreensões quanto aos modelos vigentes de geração e distribuição das riquezas, de representação política, de produção e consumo de bens e serviços, de construção e aplicação dos saberes, de uso e ocupação do solo e de ordenamento dos territórios emergem e se mesclam às chamadas crises emergenciais, alternando-se no palco de debates públicos em escala global.

Interessa-nos aqui abordar, ainda que de modo panorâmico, o contexto de crises e transições a partir de um aspecto fundamental no entendimento das estruturas que amparam a sociedade contemporânea: o fenômeno urbano. As cidades, ao concentrar pessoas e suas obras, em camadas heterogeneamente sobrepostas, se configuram como elementos basilares da vida moderna, extremamente representativas das tensões, dentre muitas outras, entre o arcaico e o moderno, o local e o global, entre as formas tradicionais de progresso econômico e os modelos emergentes de desenvolvimento sustentável.

UM MUNDO URBANO, UM PLANETA TOMADO PELO HUMANO

Certos locais se tornam cidades a partir de uma sucessão de eventos que envolvem a convergência de amplos contingentes populacionais para espaços relativamente reduzidos, em movimentos de aproximação e sobreposição. As cidades se nutrem de pessoas e de seus fazeres; quando dadas a certa voracidade, elas se tornam metrópoles. Vivemos hoje, como nunca na história, num planeta tomado pelo humano, um mundo cada vez mais habitado. Um mundo, por assim, urbano.

Estima-se que vivam atualmente na Terra cerca de 7,8 bilhões de habitantes. A ela são incorporadas mais de 80 milhões de pessoas a cada ano. A galopante ocupação humana do planeta é própria da Era Moderna. No ano de 1500 éramos não mais que 450 milhões. Três séculos depois, em 1800, quase um bilhão; em 1900, 1,6 bilhão; em 2011, 7 bilhões. Ainda que as taxas de crescimento populacional venham decaindo há cerca de 50 anos (2,07% em 1970; 1,05% em 2020), calcula-se que o mundo terá 10 bilhões de pessoas em 2057 (UN, 2019).

Numa era de amplos recursos tecnológicos, grandes contrastes e muitas inquietudes sociais, não se pode esperar que esses 7,8 bilhões de pessoas se assentem passiva e homogeneamente no globo. Mais de três quartos da população mundial estão nos continentes asiático e africano. A Ásia concentra quase 4,5 vezes mais pessoas pela mesma unidade de área do que a Europa, 7,5 mais do que a América do Norte, 30 vezes mais do que a Oceania. A cada ano, a Ásia e a África contribuem com quase 90% do crescimento populacional do mundo.

Pode-se observar, pela síntese acima, que muito dos novos contingentes humanos emergem das regiões historicamente identificadas como de baixos índices socioeconômicos, caso da África. E as discrepâncias entre países são consideráveis. Enquanto em 2020 a Grécia, situada na porção sudeste do continente europeu, apresentou decréscimo populacional (-0,48%),

taxa de fertilidade de 1,88% e média de idade de 46 anos; o Niger, país da África Ocidental, aumentou sua população em 3,84% no mesmo ano, com taxa de fertilidade de 6,95% e população com média de idade de 15 anos.

São muitos os esforços em curso para compreender com mais apuro a presença, o comportamento e as condições da vida humana no planeta. Instituições de pesquisa, órgãos multilaterais e outros organismos voltados à avaliação e ao fomento de políticas públicas lançam mão de ferramentas e de indicadores com tal propósito, procurando estabelecer bases comparativas e organizar classificações de países e regiões segundo padrão ou qualidade de vida dos povos. Comum a todos eles, os rankings globais evidenciam as disparidades socioeconômicas entre continentes e países, permitindo compreensão mais aguda das tensões que tanto marcam as disputas geopolíticas contemporâneas.

Diferenças profundas de condições de saúde, acesso à educação ou rendimentos monetários entre nações ou grupos populacionais são facilmente expostos por indicadores que agregam conjuntos básicos de dados, como é o caso do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da Organização das Nações Unidas (ONU). O IDH evidencia, por exemplo, que 12 dos 20 países com melhores condições de desenvolvimento são europeus; por outro lado, 18 dos 20 piores países para este mesmo índice estão na África.

Ainda que a situação de pobreza extrema no mundo tenha se atenuado nas últimas duas décadas (de 36% em 1990 para 10% em 2015), cenários pandêmicos, climáticos e de conflito armado, dentre outros, têm refreado avanços e induzido novas situações de pobreza, vulnerabilidades e desigualdades globais. Além das privações históricas dos países de economia periférica, uma quantidade crescente de pessoas pobres vive atualmente nos países mais ricos, evidenciando que a resistência em partilhar prosperidade segue como um problema capital da humanidade. Países como Madagascar, Congo, Sudão e Burundi tinham cerca de três quartos de sua população vivendo em situação de extrema pobreza, com rendimentos *per capita* inferiores a 1,9 dólar por dia. As diferenças de renda são notórias entre estados e no interior de seus territórios. No Índice de Gini, elaborado para demonstrar as diferenças entre os rendimentos dos mais pobres e dos mais ricos, O Brasil figura entre as dez nações mais desiguais do mundo, acompanhado por nove países do continente africano (THE WORLD BANK, 2020).

Como a pobreza transcende a questão monetária da renda, abrangendo outros fatores, tais como exclusão social, baixa escolaridade, condições precárias de habitação e dificuldade no acesso a bens e serviços, há diferentes estratégias para tentar dimensionar essa condição humana,

como é o caso do G*lobal Multidimensional Poverty Index* (MPI), elaborado pela ONU, que aponta igualmente grandes contrastes sociais, evidenciando, dentre outras, disparidades de caráter geográfico, étnico, de casta e de gênero (UNDP; OPHI, 2021).

Esse quadro geral permite intuir as causas mais profundas da progressão dos deslocamentos humanos pelo planeta e suas rotas migratórias. Estima-se que em 2020 havia 281 milhões de migrantes internacionais no mundo, ou seja, 3,6% da população mundial viviam em países no qual não nasceram (IOM, 2021). Em 2020, eram 4,2 milhões de brasileiros morando no exterior. Parte considerável dessa migração planetária se dá em condições desordenadas e dramáticas, com levas humanas em fuga de seus países de origem para escapar da extrema pobreza; guerras e outras formas de violência; perseguições políticas, étnicas, culturais ou religiosas; colapsos políticos e econômicos, dentre outras ameaças.

As instabilidades de ordem socioeconômica e política têm incrementado crises migratórias e humanitárias, tornando mais agudas e sistemáticas as rotas transnacionais ou intercontinentais de fuga humana em busca de refúgio e alento em outros territórios, locais no mais das vezes hostis às suas demandas emergenciais e seus planos de vida. São migrantes ou refugiados sírios, afegãos, iraquianos, birmaneses, nigerianos, camaroneses, venezuelanos, haitianos, salvadorenhos, hondurenhos, guatemaltecos, dentre muitos outros indivíduos que conformam uma massa humana errante e sem cidadania. Em 2017, cerca de 68,5 milhões de pessoas foram deslocadas de suas casas à força, muitas delas perecendo no curso de precárias travessias do mar mediterrâneo, das selvas colombianas, das fronteiras americanas (MSF, 2019).

O mundo contemporâneo, caracterizado por intensas aglomerações e deslocamentos humanos, foi há muito estruturado e se sustenta fundamentalmente em arranjos sociais aos quais, ao longo da história humana, denominamos cidades. Interpretar a presença e o comportamento humano no mundo atual demanda conhecer a fundo os fenômenos urbanos.

A CIDADE É CONFORMAÇÃO DA NATUREZA ÀS LÓGICAS SOCIAIS

A crer em tais afirmações estatísticas, em 1800, o mundo tinha por volta de 7% de seus habitantes vivendo em cidades. Em 1900, as pessoas em áreas urbanas correspondiam a 16% das que então habitavam o planeta. Em 2007, a quantidade no mundo de pessoas morando em cidades suplantou a

do campo. O fenômeno da urbanização é, porém, muito desigual. Na China, a população urbana só suplantou a rural na década de 2010. Ainda hoje, cerca de dois terços dos 1,38 bilhão de cidadãos da Índia vivem em zonas rurais (RITCHIE, H.; ROSER, 2018).

A escalada demográfica e o avanço desmensurado da urbanização dos últimos 200 anos, ainda que em patamares e ritmos heterogêneos nas diferentes regiões do globo, guardam relações diretas com os progressos científicos e tecnológicos que revolucionaram a vida humana no planeta. Em 2020, a população urbana na terra era estimada em 4,35 bilhões, imenso contingente de pessoas vivendo em entidades espaciais distintas por suas escalas, estruturas, morfologias, tipologias etc.

Não é tarefa fácil caracterizar e conferir limites semânticos precisos a esses ajuntamentos desigualmente erigidos ao longo da história, mesclas distintas de muitas pessoas e suas muitas obras. Acúmulo de vivências e engenhos humanos em espaços relativamente restritos, o urbano remete a tantos contornos e feições quanto convém ao homem em seu conturbado trajeto civilizatório.

Aldeia, vila, vilarejo, cidade, centro urbano, metrópole, megacidade, macrometrópole, megalópole ou Gigacidade (DOBBINS, 2018; MARTINO et al., 2016) são alguns dos tantos termos ou neologismos usualmente empregados no esforço para apreendermos, com maior ou menor precisão, a essência desses objetos sociais de largo espectro, em geral complexos e de contornos fugidios. Da Cidade-Estado à Cidade Global, dentre muitas outras, a adjetivação dos termos que procuram abarcar tais construções sociais evidencia seu caráter histórico, dinâmico, transitório e representativo dos estágios de desenvolvimento dos povos.

Em razão de suas múltiplas expressões, é grande a dificuldade em categorizar e quantificar os assentamentos humanos (THE WORLD BANK, 2009). Entre o lugarejo e a megalópole, suas características são tão desiguais e peculiares que demandam grandes esforços interpretativos para enquadrá-los em categorias com limites razoáveis de distinção. Diferentes nações conceituam áreas urbanas a partir de diferentes entendimentos, fazendo uso, dentre outros, de indicadores demográficos, de infraestrutura e político-administrativos.

São imensos, portanto, os desafios para enquadrar esses arranjos populacionais concentrados em parâmetros que permitam alguma leitura comum e consensos mínimos. A União Europeia (EU) e a ONU, por exemplo, desenvolveram e vêm fazendo uso de metodologias específicas para diferenciar e graduar com mais rigor os espaços urbanos e rurais, empregando para isto critérios de densidade populacional e contiguidade territorial.

O banco e ferramenta de dados *Global Human Settlement Layer* (GHSL), tendo por referência um *Degree of Urbanization*, contabilizava, em 2015, mais de 13 mil centros urbanos (*Urban Centers*) no planeta, unidades com mais de 50 mil habitantes concentrados em espaços com densidades superiores a 1,5 mil hab./km². A Índia e a China são os países com mais desses centros, 3,7 mil e 2,2 mil, respectivamente. O GHSL realça também a existência no mundo de 32 megacidades, tidas como assentamentos humanos com mais de 10 milhões de habitantes. As maiores megacidades se concentram na Asia, com destaque para Guangzhou/Donguan, com 46 milhões de pessoas. Essas monstruosas estruturas urbanas somavam então mais de 610 milhões de pessoas, 8,4% da população mundial. Neste mundo em intensa expansão, o termo Gigacidade (*Giga-City*) já vem sendo usado para a região de Pequim, aglomerado urbano (*Urban Cluster*) no nordeste da China que abriga mais de 100 milhões de habitantes.

De acordo com os critérios da GHSL, o Brasil contava, em 2015, com 349 *Urban Centres*, que abrigavam 111 milhões de pessoas em 20.544km² (5.435hab/km²) (EUROPEAN COMMISSION (2022a). Em outro tipo de abordagem, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicava a existência no Brasil, em 2010, de 26 grandes concentrações urbanas cuja população excedia 750 mil pessoas, totalizando 79 milhões de habitantes. Dessas, 12 eram identificadas como aglomerações de caráter metropolitano (IBGE, 2016).

Essa breve incursão pelos espinhosos meandros dos saberes sobre o urbano nos permite perceber como tal arranjo antrópico abriga paisagens distintas e é, no mais das vezes, refratário a interpretações sem a devida robustez teórica e metodológica. Os assentamentos humanos, portanto, a despeito dos avanços conceituais, ainda encerram significados vagos e mutáveis, nem sempre permitindo distinções claras de seus limites e atributos. Melhor então pensar no urbano e suas transições, em "graus de urbanização", como vimos acima (DEUSKAR, 2015).

De todo modo, o urbano abre possibilidades de interpretações a partir de algumas propriedades que lhe são elementares, familiares aos que compartilham experiências pessoais do viver cotidiano nas cidades, que as observam rotineiramente de pontos de vistas comuns ou particulares.

Uma das principais características do urbano é a *concentração*. Como vimos acima, as tentativas de harmonizar conceitos para definir e quantificar com mais precisão o urbano supõem, de princípio, um certo tipo de arranjo coletivo no qual prevalece o acúmulo de pessoas e suas conquistas civilizatórias, materiais e imateriais, em espaços geográficos relativamente restritos. Daí a métrica de densidade para distinguir e graduar o urbano,

qualificando-o com base na quantidade de indivíduos que vivem em um determinado território e a intensidade de "concentração" desse coletivo humano no espaço dado.

Para o Governo do Estado de São Paulo, a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) é um ente composto por 39 unidades municipais, com área de 7,9 mil quilômetros quadrados, onde vivem 21,2 milhões de pessoas, numa densidade demográfica de 2,6 mil pessoas por quilômetro quadrado (SEADE, 2022). Para o GHSL, essa mesma entidade urbana é interpretada como um *Urban Centre* no qual se assentavam (2015) 19,1 milhões de habitantes numa superfície de dois mil quilômetros quadrados, com densidade de 9,5 mil pessoas por quilômetro quadrado.

Para esses diferentes enquadramentos do urbano, é necessário que as interpretações abriguem um tanto de generalização – ou homogeneização –, de maneira que as partes, de início, se rendam ao conjunto, ou seja, se relativizem para entendimento do todo. Embora possa ser caracterizada como uma só unidade, a RMSP tem um território bastante heterogêneo em termos de ocupação humana. O município de Taboão da Serra, por exemplo, tem uma densidade demográfica de 14 mil pessoas por km²; Salesópolis, outro município da RMSP, tem densidade 350 vezes menor: de 40 hab./km². No interior dos próprios municípios da RMSP há diferenças substanciais: a capital paulista tem territórios (distritos) com alta densidade, como Bela Vista, com 26,7 mil hab./km², e outros com baixíssima ocupação, como Marsilac, com 41 hab./km².

Um dos principais temas de debate sobre os fenômenos urbanos contemporâneos diz respeito à densidade das aglomerações humanas. Há hoje certo consenso de que o espalhamento e a dispersão urbana desordenada implicam prejuízos ao bem-viver humano e ao meio ambiente de maneira geral. Assim, as cidades mais compactas, sob, em especial, os aspectos demográfico e construtivo, tendem a ofertar melhores condições de vida a seus habitantes e causar menos impactos ambientais. Espaços intraurbanos mais densos permitiriam, deste modo, preservar territórios, evitando a degradação dos recursos naturais pela ocupação humana.

Esse entendimento, no entanto, precisa ser interpretado com base nos diferentes contextos que caracterizam os assentamentos urbanos. Segundo dados do GHSL, um morador de Los Angeles (2.535 hab./km²), nos EUA, ocupa, em média, quase oito vezes mais espaço urbano do que um outro de Bombaim (20.200hab./km²), na Índia. Se os cidadãos indianos tivessem o mesmo padrão de ocupação espacial dos americanos, Bombaim precisaria de 8.572km² para assentar seus 21,75 milhões de moradores, não os 1.077km² atuais. Se com a mesma densidade de Bombaim, a metrópole

paulista (9.533hab./km²) ocuparia menos da metade de sua área urbana atual (2.005km²), condição que permitiria, dentre outras possíveis vantagens, uma melhor preservação das áreas verdes e dos mananciais de abastecimento público de água que a envolvem.

Assentar mais gente em menos espaço – por aproximação ou sobreposição – é, portanto, uma das diretrizes de planejamento urbano para tornar as cidades mais sustentáveis e saudáveis, aumentando as possibilidades de um uso mais intenso e inclusivo das infraestruturas urbanas e da redução de impactos ambientais (UNHABITAT, 2022). Muitos autores alertam, porém, que a busca por maior adensamento urbano, quando realizada de forma pouco criteriosa e não inclusiva, acarreta efeitos deletérios à vitalidade urbana e são muitas vezes enganosos sob o aspecto da percepção do fenômeno, como quando se dão tendências de adensamento construtivo sem o respectivo aumento de densidade demográfica (NAKANO, 2018).

A cidade é também reconhecida por abrigar significativa *diversidade,* pois ela não se limita a concentrar unidades idênticas entre si, abarcando um mundo de elementos díspares em sua natureza, escala, aspecto, propriedade, valor, qualidade etc. Tantos elementos distintos quão variados são as culturas, classes sociais e bases materiais que sustentam a vida moderna. É esse caldo de culturas, mescla de gentes, prédios, produtos e serviços, vias e veículos, infraestruturas e equipamentos urbanos, que qualifica e anima o urbano. A capital paulista, onde vivem 12,3 milhões de pessoas, tinha em 2020 cerca de 2,76 milhões de unidades residenciais (CEM, 2021) reconhecidas pelo Poder Público e mais uma grande quantidade de habitações não regularizadas – em favelas, cortiços e loteamentos clandestinos – com tipologias, padrões construtivos, condições de legalidade e segurança bastante heterogêneos. Além das habitações, o território paulistano abriga múltiplas formas de propriedades e de uso do solo, englobando, dentre outras, cerca de 240 mil lojas, 20 mil restaurantes, 22 mil indústrias, 1,9 mil agências bancárias e 9 mil clínicas. Na RMSP há 326 mil segmentos de ruas, avenidas, viadutos, acessos, travessas, praças e rodovias por onde circulam uma frota de 11,3 milhões de veículos.

Além do mais, a cidade é *dinâmica***.** Nela como que bailam muitos elementos diversos, em ritmos, ciclos e circulações que conferem animação e caráter histórico ao urbano

> É difícil contestar o caráter orgânico da cidade e, portanto, a sua predeterminação às mudanças e à evolução cíclica, que envolvem estágios de crescimento, transformação, adaptação, decadência, revitalização e outros. A capacidade de captar novos estímulos e novas demandas gerando respostas adequadas é a marca definitiva da vitalidade urbana (MEYER, 1986, p. 115).

Composta por um vasto repertório de elementos fixos (objetos) e de fluxos (ações), as cidades são transitórias, sujeitas aos humores e as intempéries da existência humana, refletem estágios civilizatórios, nunca se dão por concluídas:

> [...] uma vez fundadas, as cidades vivem se refazendo, jamais estão prontas. Talvez esse enfrentamento do espaço e do tempo através de ações sociais se pudesse chamar com mais propriedade de história – de história urbana pelo menos [...]. Há cidades que param. Deixam de se transformar através dos diálogos, nem sempre mansos, entre espaço e tempo. A rigor, não deveriam ser chamadas de cidades (SANTOS, 1986, p. 59).

Logo, as estruturas urbanas estão sempre em transformação, em processos de renovação, revitalização, requalificação ou degradação, em meio a intensa circulação de pessoas, de mercadorias e de dados. Os 20,8 milhões de habitantes dos 39 municípios da RMSP realizavam (2017) uma média de 42 milhões de viagens diárias, num animado reposicionamento no espaço metropolitano de corpos, ideias e ações; processo social que envolve um fluxo intenso, motorizado ou não, de trens, ônibus, automóveis particulares, taxi, motocicletas, bicicletas, dentre outros, quando não a pé (METRÔ, 2019).

Outra das características distintivas das cidades é a *complexidade*. Os territórios urbanos refletem contextos marcados por fenômenos sociais multifacetados, com paisagens que adquirem repetidamente novas conformações. Por complexa, a cidade pode ser entendida como um conjunto tomado como um todo mais ou menos coerente, cujos componentes funcionam entre si em numerosas relações de interdependência ou de subordinação. Desse modo, ela abrange ou encerra muitos elementos ou partes e é passível de ser encarada ou apreciada sob diversos ângulos ou pontos de vista. Quem contempla a cidade de São Paulo a partir do Capão Redondo, bairro periférico situado em sua porção sul, enxerga por ângulos diversos e tem impressões distintas da cidade em relação a quem a observa a partir do Jardim Europa, bairro nobre da capital paulista.

Como veremos adiante, o caráter complexo do urbano, em especial nas grandes cidades, remete à submissão de suas unidades funcionais a estruturas baseadas em sistemas, como é o de comunicações, transporte público, viário, de saúde, de esgotamento sanitário, de abastecimento de água, de drenagem urbana, de coleta de resíduos sólidos, de transmissão e distribuição de energia elétrica, de iluminação pública etc.

Outro aspecto relevante das cidades é seu caráter oscilante entre possibilidades de *oferta e de negação* de acesso de seus cidadãos aos bens e

oportunidades nelas produzidas. Em especial nas grandes cidades contemporâneas, as tensões e conflitos que comumente se apresentam, com maior ou menor intensidade, nos assentamentos humanos tendem a se tornar mais agudos e refletir condições desiguais de apropriação das vantagens do espaço urbano. A segregação espacial, que tanto aflige as grandes cidades brasileiras, é elemento fundamental para se compreender como estas se estruturam. Em exemplo, nas disputas entre grupos de interesse ou classes sociais para apropriação de localizações mais vantajosas de pontos mais acessíveis do território urbano, prevaleceu, em São Paulo, a ocupação do quadrante sudoeste da capital pelas camadas sociais de mais alta renda, "[...] num caminhamento que permanece até hoje e se firmou como um elemento básico na definição de toda estrutura territorial da metrópole" (VILLAÇA, 2001, p. 196). Restam às classes sociais mais desprovidas de condições para se impor espacialmente no tecido urbano as áreas periféricas das cidades, onde as carências se acentuam e as necessidades se avolumam, onde prevalecem cenários de riscos e iniquidades.

Nas dicotomias e contradições inerentes ao urbano, as cidades são também *espaços de proteção e de exposição*. Originalmente abrigo coletivo contra as forças da natureza e rivalidades tribais, bem como locais de convergência social e impulso civilizatório, as cidades se configuraram ao longo da história como redutos de amparo e proteção humana. O aumento da expectativa de vida, da segurança, do conforto, do acesso a bens e serviços coletivos, e a redução das morbimortalidades, das carências materiais etc. estão estreitamente atadas ao desenvolvimento dos modos urbanos de vida. Por meio desses arranjos a espécie humana criou anteparos potentes contra tudo aquilo que se lhe apresenta como opressor à existência e ao seu bem caminhar no mundo. No entanto, nas incoerências que emergem, em especial, da Era Moderna e do que nos é atual, as cidades, de tanto acúmulo civilizatório, se mostram também como espaços de muitos cenários de exposição a agentes hostis ao bem viver e de riscos de toda sorte. Parte considerável das cidades contemporâneas colecionam testemunhos doídos dos momentos históricos nos quais elas se fizeram industriais e impetuosas:

> O industrialismo, a principal força criadora do século XIX, produziu o mais degradado ambiente urbano que o mundo jamais vira, na verdade, até mesmo os bairros das classes dominantes eram imundos e congestionados. [...] Entre 1820 e 1900, a destruição e desordem, dentro das grandes cidades, é semelhante àquela de um campo de batalha, proporcional à própria extensão de seu equipamento e ao poder das forças emprega-

> das. Nas novas províncias da construção de cidades, deve-se agora ficar de olho nos banqueiros, industriais e inventores mecânicos. Foram eles responsáveis pela maior parte do que era bom e por quase tudo o que era mau (MUNFORD, 1982, p. 484).

Graças, em grande parte, à expansão das estruturas de saneamento e de assistência à saúde, a RMSP reduziu em 40 anos suas taxas de Mortalidade Infantil de 55,17 (1980) para 11,15 (2019) por mil crianças nascidas vivas. Por outro lado, herança de seu passado industrial e do uso generalizado de combustíveis fósseis, a região acumula 3,5 mil áreas cadastradas como contaminadas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), abrigando casos emblemáticos de passivos ambientais, a exemplo da contaminação do solo na Vila Carioca (Shell) e do condomínio Barão de Mauá (Basf) (VALENTIM, 2007). A região que, em igual período, reduziu a taxa de mortalidade de sua população com mais de 60 anos, de 4,6 mil para 3,2 mil por cem mil habitantes, é a mesma que abrigava 2,8 milhões de pessoas (2010) em assentamentos precários, como favelas, loteamentos clandestinos e/ou irregulares e cortiços (EMPLASA, 2015; SAYURI, 2014).

Das contraposições entre a proteção e a exposição emerge outro aspecto importante do processo de urbanização: o *impacto* ambiental. Eles expressam as interações precarizadas entre a sociedade e a natureza, implicando prejuízos a ambas. A produção de impactos ambientais na sociedade moderna pode ser compreendida como um vigoroso e contínuo processo de subtração de recursos naturais, dilapidação e restituição destes mesmos elementos, física e quimicamente alterados, ao ambiente. São geradoras de impactos ambientais quaisquer práticas sociais que, de uma forma ou de outra, afetam negativamente as propriedades naturais de um dado território.

Toda atividade humana, ainda mais as de caráter coletivo, provoca alterações com alguma significância no meio natural. Quem observa imagens de satélite da mancha urbana impressa em determinado território em razão de um assentamento humano de feições metropolitanas compreende uma das definições contidas em dicionário para o vocábulo *impacto*: "impressão ou efeito muito forte deixado por certa ação ou acontecimento". O "acontecimento" humano gerador de cidades é imposição do social sobre a natureza. Por extensão, as megacidades são imposições extremas das demandas do homem sobre o meio natural. As cidades contemporâneas, em particular as de grandes dimensões, podem, portanto, ser entendidas como entidades dotadas de vigor suficiente para conformar a natureza às lógicas sociais, onde o social pressiona os recursos naturais muito além de suas capacidades de regeneração e autodepuração.

A gênese da sociedade de tendências urbanas e industriais, como aqui já abordado, é fortemente atrelada a processos geradores de impactos ambientais. Basta lembrar que a cidade moderna, ainda nos primórdios da Revolução Industrial, se ancorou no uso abundante do poluente carvão como insumo energético, da agressiva mecanização dos sistemas de produção, da intensiva transformação da matéria prima por meio da síntese química, da exploração em larga escala dos recursos naturais e de mão de obra operária.

Como as áreas urbanas concentram vidas humanas e todo aparato que lhe suportam a existência, nas cidades é onde se acumulam impactos ambientais. Ainda que as áreas urbanas ocupem apenas 2% do território do planeta, é nelas, como vimos, onde vivem 55% da população mundial e se dão 60% do consumo global de energia, 70% da emissão de gases de efeito estufa e 70% da geração dos resíduos globais (UN, 2017). É nas cidades onde mais se expressa a contaminação e o assoreamento dos corpos d'água, a poluição do ar, a perda da flora e da fauna silvestre, dentre outros problemas ambientais.

DEPENDÊNCIA SOCIAL DE SISTEMAS URBANOS COMPLEXOS E CENÁRIOS DE RISCO À SAÚDE

O urbano compreende interdependências e ações solidárias para garantir as necessidades cotidianas de vida, atenuando assim encargos derivados da adoção de soluções isoladas e individualizadas, mais comuns às esferas do rural. Com a ascensão das cidades, muito da existência que envolvia certo controle na alçada pessoal cede lugar para arranjos ordenados sob a égide do público e do comunitário.

Desprovido da compreensão e pleno domínio dos mecanismos que lhe orientam a condução da vida em ambientes intensamente coletivizados, resta ao homem urbano se amparar em sistemas complexos e abstratos, que lhe exigem plena confiança na competência coletiva do fazer científico e tecnológico, já que hoje distante de percepções mais diretas das relações entre suas demandas e os artifícios para sua obtenção. Dessa maneira, nossas bases para a vida nas cidades contemporâneas estão ancoradas no que se pode chamar de *Expert Systems*, termo utilizado por Giddens (1991, p. 35) para designar "[...] sistemas de excelência técnica ou competência profissional que organizam grandes áreas dos ambientes material e social em que vivemos hoje".

Segundo o autor, as instituições modernas estão intensamente atreladas a mecanismos de confiança – uma forma de "fé" – em sistemas abs-

tratos de excelência técnica ou competência profissional. Tal confiança seria uma condição assumida para se viver sob a proteção das conquistas civilizatórias presentes, uma espécie de "barganha com a modernidade", na qual os conhecimentos pessoais são sempre ligeiros ou insuficientes para se compreender, com alguma profundidade, as abstratas práticas e os complexos mecanismos sociais, especialmente aqueles que se afiguram em bases científicas e tecnológicas mais elaboradas.

A rotina dos habitantes das cidades, em especial das de grande porte, se pauta pela forte dependência desses sistemas complexos, seja para fins de deslocamento ou de comunicação, seja para acesso a bens essenciais, como energia elétrica e água. Para transitar, por exemplo, entre os inúmeros pontos de interesse do mundo metropolitano o cidadão depende de sistemas que englobam um emaranhado de estruturas hierarquizadas, interligadas e muitas vezes superpostas de rodovias, avenidas e outras vias de rolamento, linhas de transporte sobre trilhos, estações ferroviárias e de metrô, terminais e corredores de ônibus.

Assim, é hoje expressivo o grau de sujeição das populações a sistemas urbanos complexos, que demandam funcionamento e operações contínuas, ininterruptas, seguras e dignas de confiança. A esses arranjos dinâmicos cabe o difícil propósito de garantir o fluxo incessante de pessoas, mercadorias, informações e capital para sustento do modelo econômico e dos modos de vida contemporâneos. Quando esses sistemas não cumprem a contento seus propósitos, expõem as disfuncionalidades urbanas, ou seja, resultam em tráfego congestionado, panes elétricos, falhas de comunicação, enchentes, crises hídricas e outras perturbações que limitam a ação e provocam riscos coletivos e ampliados de várias ordens.

Tais sistemas urbanos são concebidos para funcionar com alto grau de regularidade, pois defeitos contínuos ou mesmo colapsos, devido a uma certa sobreposição de anomalias, implicam sérias ameaças ao emaranhado de estruturas e de movimentos que sustentam o urbano. As disfuncionalidades dos sistemas urbanos complexos tendem a criar e acentuar cenários de risco à saúde.

Um cenário de risco à saúde pode ser entendido como um feixe de fatores determinantes da saúde se exercendo num certo local, projetando situações desfavoráveis e múltiplas ameaças ao pleno bem viver no ambiente urbano. Os cenários ambientais de risco à saúde representam contextos, espacialmente localizados, de interação sociedade e natureza, onde estão potencializados riscos à saúde humana de várias ordens.

Em se tratando de assentamentos humanos de ampla escala, territórios urbanizados geralmente marcados por fenômenos sociais complexos

e paisagens que constantemente adquirem novas conformações, os fatores determinantes da saúde que dão expressão aos cenários de risco não podem ser entendidos unicamente através de suas manifestações imediatas e locais, uma vez que eles usualmente implicam relações amplas, complexas e historicamente construídas (VALENTIM, 2013).

A crise climática, por exemplo, quando se manifesta em secas ou estiagens, tende a exercer forte impacto sobre os complexos sistemas urbanos de abastecimento de água, influenciando, por sua vez, cenários de risco à saúde. A estiagem ocorrida no território paulista entre 2014 e 2015 causou expressiva redução dos níveis e das vazões dos corpos d'água da RMSP e arredores, que ameaçou desabastecer grandes contingentes populacionais e restringiu severamente a oferta de água para outros usos. A abrupta alteração do regime de chuvas quase levou ao colapso o Sistema Integrado Metropolitano (SIM), cuja estrutura envolve uma ampla coleção de obras de engenharia, compreendendo quase 40 mil quilômetros de rede pública para levar água a cerca de 20 milhões de pessoas.

A situação oposta à estiagem, as chuvas intensas e tempestades, também implicam cenários de risco à saúde, por exercerem pressão sobre os sistemas de drenagem urbana e causar enchentes, alagamentos, deslizamento de encostas, dentre outros problemas, potencializando mortes e doenças, como a leptospirose e as diarreias.

DESCORTINA-SE UM NOVO MUNDO MAIS SAUDÁVEL?

Nesse quadro geral de intensa ocupação humana do planeta, com massiva urbanização e a eclosão de crises resultantes da potência crescente das ações antrópicas, são muitos os esforços para corrigir os rumos civilizatórios e para minimizar ameaças existenciais que pairam sobre o mundo contemporâneo.

As cidades, enquanto palco maior das vivências humanas e local de acúmulo das fortunas e das mazelas geradas pelos processos civilizatórios, são hoje instâncias políticas relevantes e categorias de análise fundamentais no que se refere às origens, impactos e enfrentamento das crises. É nas cidades que as instabilidades e desequilíbrios da sociedade se expressam com mais veemência e as tensões humanas se afiguram com maior carga dramática. Vejamos alguns exemplos de como o urbano se apresenta no contexto das crises emergenciais aqui consideradas e dos esforços globais para sua superação.

As catástrofes anunciadas, e em parte já em curso, atribuídas às mudanças climáticas e à perda da biodiversidade do planeta, conduziram a União Europeia a conceber, em 2019, o *European Green Deal*, uma espécie de pacto transnacional com ajuste da economia do continente para torna-lá mais sustentável e competitiva, comportando medidas comuns voltadas à eliminação dos gases de efeito estufa e para um desenvolvimento equilibrado sob a ótica social e ecológica (EUROPEAN COMMISSION, 2022b). O pacto confere às cidades papel importante na busca por uma economia radicalmente liberta das fontes de energia fóssil e com expansão melhor regulada. A proposta aspira fomentar práticas urbanas inteligentes e sustentáveis, destacando as cidades como instâncias dotadas de vigor e recursos suficientes para impulsionar a transformação e ao mesmo tempo sustentar a coesão social. A transição do modelo de desenvolvimento requer protagonismo das lideranças locais em questões relacionadas, dentre outras, à eficiência energética, economia circular, gestão de resíduos, mobilidade, segurança alimentar e cadeias de suprimento. Nesse novo urbano europeu, ganha relevo a cultura e o setor criativo como impulsionadores do crescimento econômico e da inclusão social. A *Eurocid*, rede formada por cerca de 200 cidades de 38 países da Europa, expressa assim a questão

> The European Green Deal must empower cities in their transformation towards climate neutrality. Policies on climate, energy, buildings, zero pollution, circular economy, biodiversity, mobility, food, and digital transformation must increasingly be shaped by local intelligence to be effective (EUROCITIES, 2020, p.1)

A crise sanitária também exige novas abordagens do urbano. A pandemia de Covid 19, iniciada em 2020, ensejou o manifesto *Health Recovery From Covid-19*, da OMS, que aponta as relações críticas entre a humanidade e a natureza, realçando a emergência de certas doenças infecciosas associadas às ações invasivas do homem na vida silvestre e indicando a urgência de se reforçar as políticas públicas de proteção social e de preservação dos sistemas ecológicos (WHO, 2020a). Segundo a OMS

> COVID-19 is the greatest global shock in decades. Hundreds of thousands of lives have been lost, and the world's economy likely faces the worst recession since the 1930s. The resulting loss of employment and income will cause further damage to livelihoods, health, and sustainable development.
> [...]
> Decisions made in the coming months can either "lock in" economic development patterns that will do permanent and escalating damage to the eco-

> logical systems that sustain all human health and livelihoods, or, if wisely taken, can promote a healthier, fairer, and greener world. (WHO, 2020b, p. 3)

Com base nesse diagnóstico, a OMS se adianta na proposição de iniciativas para um mundo mais saudável e sustentável, apresentando, para isto, seis prescrições de caráter geral, das quais destacamos a que preconiza a construção de cidades mais saudáveis e habitáveis. Para tanto, o manifesto sugere a integração das questões de saúde no planejamento das cidades a fim de que se promovam contextos urbanos conectados, compactos, diversificados, viáveis, tanto econômica quanto socialmente. A cidade idealizada no manifesto favorece uma vida ativa, com mobilidade sustentável, eficiência energética, dieta saudável e acesso a serviços essenciais, bem como deve se mostrar resiliente às mudanças climáticas e aos desastres naturais. Além disto, os centros urbanos precisam contar com espaços públicos inclusivos, ar limpo, infraestruturas abrangentes de saneamento e habitações seguras e favoráveis à saúde.

De certa forma, o manifesto da OMS dá sentido de urgência aos princípios e conceitos dispostos no "*New Urbanity*", que ressalta a importância do fenômeno urbano no desenvolvimento de nossa sociedade e conclama os países europeus a estruturar cidades mais coesas e sustentáveis (COUNCIL OF EUROPE, 2009; 2021).

A guerra é outra das crises de amplitude planetária que ameaça os centros urbanos e impõem novos desafios à comunidade global. A crescente urbanização dos conflitos bélicos tem impactos catastróficos na população civil, com ferimentos, perdas de vidas, deslocamentos forçados em massa, falência das cadeias de suprimentos e colapso das infraestruturas e dos sistemas urbanos. As cidades como teatros de guerra se mostram cada vez mais estratégicas nas conquistas territoriais e no domínio do inimigo. A escalada dos confrontos nas cidades tem envolvido o uso extensivo de armas explosivas pesadas em áreas povoadas, implicando consequências devastadoras, dificuldade de respostas humanitárias e a preservação dos serviços essenciais. O envolvimento direto dos territórios urbanos em ações de guerra acarreta impactos severos e cumulativos para uma grande multiplicidade de atores civis, conduzindo a situações de fome e insegurança alimentar, perda de laços afetivos e ameaças existenciais de toda ordem.

Atualmente, cidades da Ucrânia, Somália, Síria, Afeganistão, Iraque, Mianmar, Iêmen, Etiópia e de ao menos outras duas dezenas de países sofrem, em graus variados, impactos decorrentes de disputas bélicas, com sérias ameaças à vida e sobreposição de múltiplos cenários de risco

à saúde (ACLED, 2020). A Cruz Vermelha tem manifestado preocupação com a proteção de civis em ambientes urbanos sujeitos a conflitos bélicos, assim como o Conselho de Segurança da ONU aponta sérios prejuízos das guerras atuais às populações civis e infraestruturas essenciais à sobrevivência, especialmente em áreas urbanas, entendimento que motivou a ONU a publicar em 2021 a Resolução 2573 "*Protection of Objects Indispensable to the Survival of the Civilian Population*".

Desse modo, a busca por uma vida mais pacífica, sustentável e saudável nas cidades é aspiração que se impõe no concerto das nações, uma vez que os espaços urbanos concentram hoje a maioria da população do planeta, abrigam muito das mazelas contemporâneas e se firmam como atores políticos fundamentais nas agendas de desenvolvimento. Esse desejo comum se expressa em tratados, pactos, manifestos, conceitos, diretrizes e outros mais, emanados de organismos multilaterais que buscam dar sentido e voz a conjuntos representativos da comunidade humana global. Resta questionar se os tão díspares centros urbanos que compõem essa comunidade global guardam afinidades suficientes para amparar estratégias comuns e solidárias de superação das crises que hoje sombreiam e assombram o planeta.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso mundo testemunha fenômenos extremamente vigorosos de expansão dos centros urbanos e de eclosão de megacidades – especialmente em suas regiões mais pobres –, combinados com desequilíbrios ambientais, sanitários e de segurança em grande escala. Lidar com tais questões demandam arranjos políticos e sociais bastante desafiadores. Os anseios humanos por um mundo mais seguro, ecologicamente equilibrado e com saúde para todos os povos passa necessariamente pelo repensar e conferir novos significados às cidades. Afinal, entender como a humanidade se faz presente e se comporta neste planeta implica, forçosamente, saber mais a respeito das muitas facetas do urbano.

É nesse ente denso e complexo, dinâmico e desigual, que a maioria da humanidade vivencia suas experiências cotidianas e transita entre a saúde e a doença. Porém, não bastasse sua expansão desordenada e outros males intraurbanos, muitos dos centros urbanos pelo mundo sofrem o efeito combinado das crises bélicas, pandêmicas, climáticas e da perda de biodiversidade. Como este texto procura sugerir, os desafios são muitos e

as soluções só serão satisfatórias se firmadas em bases científicas sólidas, generosas sob o ponto de vista social e politicamente inclusivas.

REFERÊNCIAS

ACLED. The Armed Conflict Location & Event Data Project. *The Armed Conflict Location & Event Data Project:* Bringing clarity to crisis. 2020. Disponível em https://acleddata.com/#/dashboard Acesso em: 18 maio 2022.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. *Estudos Avançados*, São Paulo, n. 34, p. 35-66, 2020. https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005

CARBONBRIEF. Clear on Climate. *Analysis:* Which countries are historically responsible for climate change? 2022. Disponível em: https://www.carbonbrief.org/analysis-which-countries-are-historically-responsible-for-climate-change Acesso em: 18 maio 2022.

CEM - CENTRO DE ESTUDOS DA METRÓPOLE. *Notas técnicas*: Trajetória do estoque residencial formal, município de São Paulo, 2000/2010. Jun. 2021. Disponível em https://centrodametropole.fflch.usp.br/sites/centrodametropole.fflch.usp.br/files/cem_na_midia_anexos/01-nota_tecnica_estoque_residencial_1.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

COUNCIL OF EUROPE. *Manifesto for a new urbanity:* European new charter II. Strasbourg: Council of Europe, 2009. Disponível em https://rm.coe.int/urban-charter-ii-manifesto-for-a-new-urbanity-publication-a5-58-pages-/168095e1d5 Acesso em: 18 maio 2022.

COUNCIL OF EUROPE. *News 2021*: Europe's towns, cities and regions prepare post-covid recovery strategies that learn from the health crisis. 2021. Disponível em https://www.coe.int/en/web/congress/-/veurope-s-towns-cities-and-regions-prepare-post-covid-recovery-strategies-that-learn-from-the-health-crisis Acesso em: 18 maio 2022.

DEUSKAR, C. What does "urban" mean? *World Bank Blog*, 02 jun. 2015. Disponível em https://blogs.worldbank.org/sustainablecities/what-does-urban-mean Acesso em: 18 maio 2022.

DOBBINS, T. Qual é a diferença entre megacidade, metrópole, megalópole e cidade global? *ArchDaily*, 2018. Disponível em https://www.archdaily.com.br/br/896749/qual-e-a-diferenca-entre-megacidade-metropole-megalopole-e-cidade-global Acesso em: 18 maio 2022.

EMPLASA - EMPRESA PAULISTA DE DESENVOLVIMENTO METROPOLITANO S/A. Plano de Desenvolvimento Urbano Integrado da RMSP - Subsídios à elaboração do PDUI – Habitação: Relatório Preliminar, dezembro de 2015. Disponível em: https://multimidia.pdui.sp.gov.br/rmsp/docs_trabalho/rmsp_docs_trabalho_0007_relatorio_preliminar_habitação.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

EUROPEAN COMMISSION. GHSL - Global Human Settlement Layer. *Detailed list of settlements* - According to the Degree of Urbanisation: Settlements in Brazil. European Commission, 2022a. Disponível em: https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/cl.php?wcw=33 Acesso em: 18 maio 2022.

EUROPEAN COMMISSION. *A European Green Deal*: Striving to be the first climate-neutral continente. European Commission, 2022b. Disponível em https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european--green-deal_en Acesso em: 18 maio 2022.

EUROCITIES. *The European Green Deal:* Delivering results for citizens with Europe's cities. European Union, 2020. Disponível em https://eurocities.eu/wp-content/uploads/2020/08/EUROCITIES_reaction_to_the_Green_Deal_2020_Final_.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

GIDDENS, A. *As consequências da modernidade*. São Paulo: Editora UNESP, 1991.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 2016.

IOM - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MIGRATION. *World Migration Report 2022*. Geneva: IOM, 2021.

IPBES - INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES. *The Global assessment report on biodiversity and ecosystem services:* summary for policymakers. Bonn, Germany, 2019.

MALLAPATY, S. Where did covid come from? five mysteries that remain. *Nature*, n. 591, p. 188-189, 2021. Disponível em https://media.nature.com/original/magazine-assets/d41586-021-00502-4/d41586-021-00502-4.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

MARTINO et. al. *Atlas of the Human Planet 2016*: Mapping Human Presence on Earth with the Global Human Settlement Layer. Luxembourg: European Union, 2016. Disponível em https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/documents/Atlas_2016.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

METRÔ - COMPANHIA DO METROPOLITANO DE SÃO PAULO. *Pesquisa Origem Destino 2017 – 50 anos:* A mobilidade urbana na Região Metropolitana de São Paulo em detalhes. São Paulo: Metrô, 2019. Disponível em http://www.metro.sp.gov.br/pesquisa-od/arquivos/Ebook%20Pesquisa%20OD%202017_final_240719_versao_4.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

MEYER, R. M. P. Preservação e renovação: duas faces da mesma moeda. *Espaço e Debates*, São Paulo, v. 6, n. 17, p. 114-118, 1986.

MSF - MÉDICOS SEM FRONTEIRA. Rota de Fuga. *Informação,* n. 45, mai/19. Disponível em https://informacao.msf.org.br/rota-de-fuga/ Acesso em: 18 maio 2022.

NAKANO, A. K. Produção da "cidade oca" nos padrões recentes de verticalização e adensamento construtivo do município de São Paulo. *Oculum Ensaios*, Campinas, v. 15, n. 1, p. 33-50, 2018.

MUNFORD, L. *A cidade na história*: suas origens, transformações e perspectivas. São Paulo: Martins Fontes, 1982.

OPAS - ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. OMS declara emergência de saúde pública de importância internacional por surto de novo coronavírus. Brasília, DF: OPAS, 2020. Disponível em https://www.paho.org/pt/news/30-1-2020-who-declares-public-health-emergency-novel-coronavirus. Acesso em: 18 maio 2022.

RITCHIE, H.; ROSER, M. Urbanization over the past 500 years. Global Change Data Lab. 2018. *Our World in Data.* Disponível em https://ourworldindata.org/urbanization#urbanization-over-the-past-500-years Acesso em: 18 maio 2022.

SANTOS, C. N. F. Preservar não é tombar, renovar não é por tudo abaixo. *Projeto*, São Paulo, n. 86, p. 59-63, 1986.

SAYURI, J. Macrometrópole movediça. *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, 221. Jul. de 2014, p. 82-85.

SEADE – FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. Perfil dos municípios paulistas. 2022. Disponível em http://perfil.seade.gov.br/ Acesso em: 18 maio 2022.

THE LANCET. Climate and COVID-19: converging crises. [Editorial]. *The Lancet*, v. 397, p. 71, 2021. Disponível em https://www.thelancet.com/action/showPdf?pii=S0140-6736%2820%2932579-4 Acesso em: 18 maio 2022.

THE WORLD BANK. World Development report 2009: Reshaping Econo-

mic Geography. Washington DC: The World Bank, 2009. Disponível em https://documents1.worldbank.org/curated/en/730971468139804495/pdf/437380REVISED01BLIC1097808213760720.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

THE WORLD BANK. Reversals of Fortune: Poverty and Shared Prosperity 2020. Washington, D.C.: The World Bank, 2020. Disponível em https://www.worldbank.org/en/publication/poverty-and-shared-prosperity#a Acesso em: 18 maio 2022.

UN - UNITED NATIONS. New Urban Agenda – Habitat III. Quito, Ecuador: UN, 2017. Disponível em https://unhabitat.org/sites/default/files/2019/05/nua-english.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

UN - UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs Population Dynamics. World Population Prospects 2019. Geneva: UN, 2019. Disponível em https://population.un.org/wpp/ Acesso em: 18 maio 2022.

UNHABITAT - THE UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME. Urban Incators Database: New Urban Agenda (NUA). Geneve: UNHABITAT, 2022. Disponível em https://data.unhabitat.org/pages/new-urban-agenda Acesso em: 18 maio 2022.

UNDP - UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME; OPHI - OXFORD POVERTY AND HUMAN DEVELOPMENT INITIATIVE. Global Multidimensional Poverty Index 2021: Unmasking disparities by ethnicity, caste and gender. Oxford, UK: University of Oxford, 2021. Disponível em https://ophi.org.uk/wp-content/uploads/UNDP_OPHI_GMPI_2021_Report_Unmasking.pdf Acesso em: 18 maio 2022.

VALENTIM, L. S. O. *Requalificação urbana, contaminação do solo e riscos à saúde*: um caso na cidade de São Paulo. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2007.

VALENTIM, L. S. O. *Sobre a produção de bens e males nas cidades*: estrutura urbana e cenários de risco à saúde em áreas contaminadas da Metrópole Paulista. São Paulo: Annablume; FAPESP, 2013.

VILLAÇA, F. *Espaço intra-urbano no Brasil.* São Paulo. Studio Nobel: FAPESP; Lincoln Institute, 2001.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Strengthening preparedness for COVID-19 in cities and urban settings: interim guidance for local authorities. Geneva: WHO, 2020a.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. WHO manifesto for a heal-

thy recovery from COVID-19: prescriptions and actionables for a healthy and green recovery. Geneva: WHO, 2020b. Disponível em https://www.who.int/docs/default-source/climate-change/who-manifesto-for-a-healthy-and--green-post-covid-recovery.pdf?sfvrsn=f32ecfa7_8 Acesso em: 18 maio 2022.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Coronavirus disease (COVID-19): Climate change. Geneva: WHO, 2020c. Disponível em https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question--and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-climate-change

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Climate change and health: key facts. Geneva: WHO, 2021. Disponível em https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health Acesso em: 18 maio 2022.

2 Vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas em cidades brasileiras

Mariana G. A. da Paz
Júlia Alves Menezes
Evandro Albiach Branco
Ivan C. Maglio
Gustavo Felipe B. Arcoverde
Jean Pierre H. B. Ometto

AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS NA SOCIEDADE

A compreensão dos impactos das mudanças climáticas nos sistemas ambientais é um passo essencial para se pensar estratégias e medidas de mitigação e de adaptação (IPCC, 2022). Quando falamos de Mudanças Climáticas, bem como políticas de mitigação, entram em pauta o aquecimento global e o padrão das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEEs), em especial o CO_2 (gás carbônico ou dióxido de carbono). Vários estudos demonstraram a relação existente entre a concentração de CO_2 e as anomalias de temperatura do ar no planeta (a anomalia refere-se a temperatura com

relação à média, local ou global, sendo positiva, maior, ou negativa, menor que a temperatura média). A emissão de GEE continua elevada, apesar dos alertas da comunidade científica e de mecanismos políticos que vêm sendo propostos há décadas (esse assunto será retomado na seção "Das ameaças às oportunidades: medidas de resposta às ameaças climáticas"). O fato é que o volume das emissões e o acúmulo de CO_2 na atmosfera tem relação direta com o efeito estufa e com as mudanças do clima terrestre (IPCC, 2021). Portanto, o caminho para mitigar os impactos dessas mudanças está centrado na redução das emissões de GEE (aspecto de longo prazo), na capacidade de resposta (aspecto de curto prazo) e na capacidade de adaptação (aspecto de médio prazo), as quais possuem uma retroalimentação positiva (Figura 1).

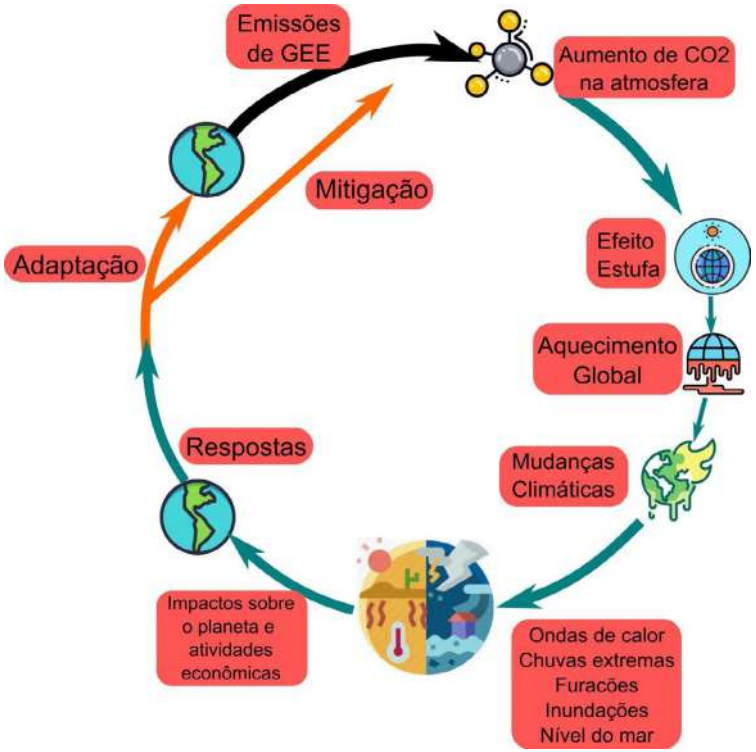


Figura 1 - Atividades socioeconômicas relacionadas ao aquecimento global e às mudanças no clima

Fonte: adaptado de Margulis (2020)

Por outro lado, estudos e análises publicados pelo Grupo de Trabalho I do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) em seu último relatório (AR6) mostram cenários mais alarmantes do que o esperado. Nas próximas duas décadas, mais cedo do que o demonstrado em relatórios anteriores, o planeta poderá atingir ou exceder 1,5°C. Esse limite de temperatura foi consensuado pela comunidade científica como necessário para que os riscos e impactos mais severos, advindos das mudanças climáticas, não atingissem as populações e sistemas naturais. Cento e oitenta países, signatários da Convenção do Clima United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), ratificaram o Acordo de Paris, decidido na Conference of Parties 21 (COP21), onde se comprometem a cumprir metas de reduções de emissões para que o limite de temperatura global, indicado pelo IPCC, não seja ultrapassado. Nesse sentido, a implementação das agendas da mitigação e da adaptação aos impactos das Mudanças Climáticas são urgentes e precisam ser planejadas e implementadas com a mesma importância. Em paralelo às ações de mitigação, as medidas de adaptação são centrais à redução de impactos à sociedade e aos ecossistemas.

Quando falamos em risco de impactos das Mudanças Climáticas, a abordagem do IPCC relaciona três dimensões: o clima, que congrega tanto a variabilidade natural quanto as mudanças de origem antropogênica - perigo ou ameaça -, e outras duas relacionadas aos sistemas socioecológicos de forma entrelaçada, ecossistemas e biodiversidade, e sociedade, que dão origem aos padrões de vulnerabilidade e exposição (IPCC, 2022). Como pode ser observado na Figura 2, as dimensões e os sistemas (clima, ecossistema e sociedade) estão em forte interação, da qual emergem os riscos de mudança climática, degradação e perda de ecossistema (IPCC, 2022).

A vulnerabilidade e a exposição são resultados de condições sociais, econômicas e ecológicas de um sistema, nas quais as mudanças no 'perigo' (clima) também desempenham um importante papel (OPPENHEIMER et al., 2014). Os sistemas climáticos e os processos socioeconômicos estão interligados (Figura 2), de modo que mudanças em um deles são *drivers* para os diferentes componentes que constituem o risco (IPCC, 2022). Os conceitos de vulnerabilidade e adaptação, que no contexto da produção de risco são o nosso foco neste capítulo, serão discutidos nas próximas seções.

O risco de impactos climáticos, portanto, aumenta na medida em que uma ou mais dessas dimensões leva o estado de um determinado sistema socioecológico (por exemplo, urbano) a ultrapassar seu limite de equilíbrio, em relação ao seu estado original. Caso as projeções de longo prazo relativo ao cenário do IPCC SSP/RCP 5-8.5 (Shared Socioeconomic Pathways 5; Representative Concentration Pathway - 8.5) se concretizem, em cerca de

80 anos teríamos regiões com aumento de temperatura em até cinco graus, em comparação com os níveis pré-industriais, enquanto os dias consecutivos sem chuva também aumentariam significativamente, a partir da data base (IPCC, 2021).

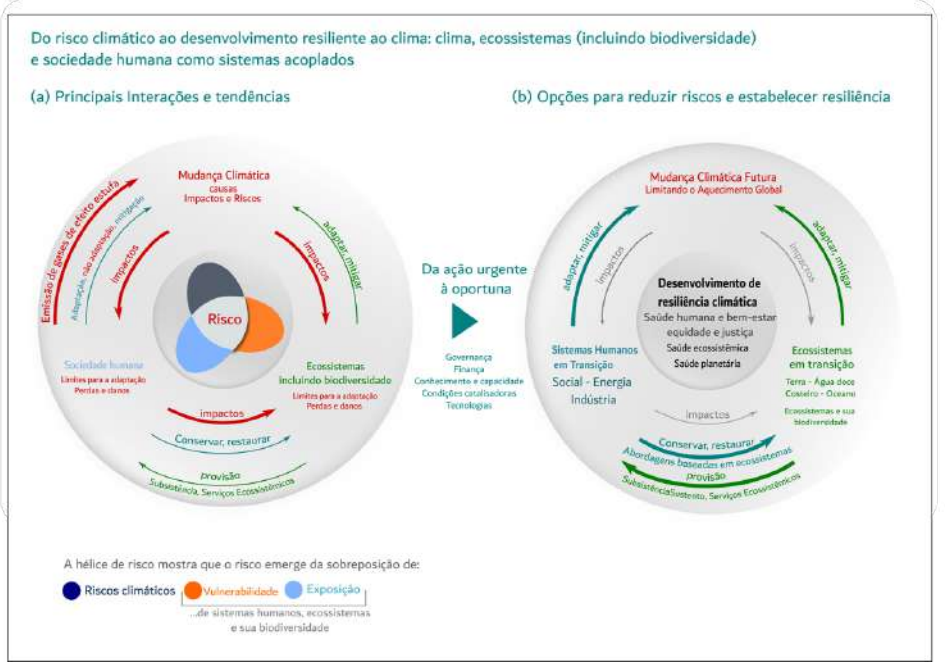


Figura 2 - Modelo de risco e desenvolvimento da resiliência cliática adotado no AR6[1]

Fonte: Adaptado de IPCC, 2022 (tradução nossa).

Existe uma interação, de retroalimentação entre os sistemas humanos e climáticos. De um lado, a sociedade pode adotar medidas de mitigação, para atenuar as perturbações climáticas e assim diminuir os impactos nos sistemas humanos. De outro, particularidades dos sistemas ecológicos

1 Ilustração dos conceitos do Grupo de Trabalho II do AR6 (*Assessment Report* - Relatório de Avaliação). "Este relatório foca fortemente nas interações entre os sistemas climático, ecossistema (incluindo sua biodiversidade) e sociedade humana. Essas interações são a base dos riscos emergentes das mudanças climáticas, da degradação dos ecossistemas e perda da biodiversidade e, ao mesmo tempo, de oferecer oportunidades para o futuro." (IPCC, 2022, p. 8).

e humanos deflagram a exposição e a vulnerabilidade desses sistemas, evidenciando o grau de contato e a propensão a danos, respectivamente, a uma perturbação climática, contribuindo assim para o impacto climático. Nesse aspecto, ações de adaptação pautadas na saúde, bem-estar humano e na justiça melhoram a resiliência do sistema humano (IPCC, 2022). No entanto, o primeiro passo para ações e transição para redução de riscos é o reconhecimento do risco climático, que pode fortalecer tais ações, bem como de adaptação e mitigação (IPCC, 2022). Dentre os sistemas humanos em transição (Figura 2 b) o urbano tem um papel relevante no potencial de implementação de ações locais, que é a escala de muitos impactos que afetam a saúde e qualidade de vida das pessoas.

Na última década, as cidades vêm ganhando protagonismo nos estudos de mudança do clima devido ao intenso adensamento populacional, que acaba por concentrar nesses espaços tanto a geração de riquezas e capacidade de ação, quanto as vulnerabilidades e riscos inerentes à variabilidade climática. Atualmente, mais da metade da população mundial vive em cidades, principalmente naquelas de menor porte (i.e. 100 a 500 mil habitantes), sendo que apenas 12% da população urbana reside em cidades de 10 milhões de pessoas ou mais (ROSENZWEIG et al., 2018). Um rápido crescimento populacional é esperado justamente para os centros menores que, muitas vezes, não possuem a infraestrutura necessária para suportar esse crescimento sem grandes impactos sociais e ambientais (IPCC, 2014a). A concentração populacional nas cidades representa um dado relevante para o aumento do risco de impacto, se ações para diminuição das vulnerabilidades não forem tomadas pelos gestores locais, dado todas suas peculiaridades socioambientais. Este capítulo traz reflexões sobre o sistema urbano, bem como a vulnerabilidade socioambiental; a capacidade de adaptação das áreas urbanas brasileiras; e as perspectivas no campo político institucional para a adaptação para redução dos impactos do clima nas áreas urbanas em um planejamento antecipatório das cidades frente à emergência climática.

É sobre esses pontos - vulnerabilidade, adaptação e mitigação - que este capítulo vai discorrer, com foco no sistema urbano. Para isso, o texto abordará a vulnerabilidade climática no contexto urbano e as medidas possíveis de serem adotadas para aumentar a resiliência urbana, abordando também aspectos da mitigação e adaptação. Como exemplo, será apresentado um case de métrica da vulnerabilidade e das ações de adaptação aplicados em um município paulista

VULNERABILIDADE DO CONTEXTO URBANO BRASILEIRO FRENTE À EMERGÊNCIA CLIMÁTICA

No Brasil, a população tem sido cada vez mais afetada por eventos climáticos extremos. Em termos de projeções, o Painel Brasileiro de Mudança do Clima (PBMC) aponta consenso na expectativa de diminuição significativa das chuvas em grande parte do centro-norte-nordeste do Brasil (SOUZA; MANZI, 2014). No mesmo sentido, os modelos sugerem alta probabilidade de aumento dos eventos extremos de secas e estiagens prolongadas principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga até o final do século XXI. No que se refere à temperatura do ar na superfície, as projeções indicam condições de clima futuro mais quente, em função não só do aquecimento induzido pelas emissões antrópicas de GEE como também por processos regionais (urbanização, desmatamento, dentre outros) que alteram o balanço de energia propiciando aquecimento da superfície e ilhas de calor urbanas (PBMC, 2016).

De fato, há uma diferença na tendência observada de aquecimento entre as cidades e seus arredores que pode ser, em parte, atribuída à urbanização (IPCC, 2021). A modificação antropogênica de paisagens naturais e consequentes mudanças atmosféricas/ termofísicas na camada urbana causam um desequilíbrio energético superficial que perturba o clima local e, embora não seja capaz de impactar de forma significante a temperatura de superfície em escala global, pode exacerbar os efeitos da mudança climática nas cidades (OKE, 1987). O chamado clima urbano é uma derivação ambiental resultante da interação entre as dinâmicas da natureza e a forma de urbanização dos espaços, sendo as repercussões nele inseridas, produto tanto da ação humana quanto da atmosfera (MONTEIRO, 1992; PASCOALINO; MARANDOLA JR, 2021).

Nesse contexto, o esperado é que os efeitos da mudança do clima, como alterações no ciclo hidrológico ou intensificação das ilhas de calor, acentuam os riscos de perigos existentes, como inundações, deslizamentos de terra, limitações de fornecimento de água potável e maior morbimortalidade nas áreas urbanas (PBMC, 2016). Como visto anteriormente, a probabilidade de ocorrência de tais efeitos - o impacto - está relacionada com a exposição, o perigo e a vulnerabilidade (Figura 2).

O conceito de vulnerabilidade - propensão ou predisposição a ser adversamente afetado - remete fortemente à ideia de perda, de suscetibilidade e, mais recentemente, reconhece que considerar apenas as perturbações ambientais e socioeconômicas é insuficiente para entender as respostas e os impactos nos grupos sociais, ecossistemas ou lugares expostos à amea-

ça climática (BLAIKIE et al., 1994; CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003; DE SHERBININ; SCHILLER; PULSIPHER, 2007; FÜSSEL; KLEIN, 2006; IPCC, 2018). Por isso, a vulnerabilidade também compreende a capacidade de lidar e se adaptar aos impactos, de forma que as estratégias ou mecanismos disponíveis constituem elemento chave da resposta dos sistemas urbanos e suas populações (Figura 2) (DE SHERBININ; SCHILLER; PULSIPHER, 2007; IPCC, 2018).

Na perspectiva da geografia urbana, as cidades compreendem locais onde se concretiza o produto sócio-histórico de diferentes agentes transformadores do espaço que são capazes de reorganizar a estrutura das cidades através de práticas como a incorporação de novas áreas, deterioração ou renovação de outras, densificação do uso do solo e relocação diferenciada da infraestrutura, representando tanto um reflexo quanto um condicionante social de seus diversos agentes (CORRÊA, 2004).

O adensamento populacional associado a outros fatores de cunho sócio-político-institucional definem a conformação dos espaços urbanos, de modo que são as ações ou inações humanas que produzem gatilhos que favorecem a consolidação dos desastres a partir das ameaças climáticas (OGIE; PRADHAN, 2019). Isso significa que as populações não são atingidas da mesma maneira pelos eventos climáticos, assim como não reagem a eles igualmente devido a suas capacidades distintas de se adaptar aos impactos do clima (MALUF; ROSA, 2011). Logo, a vulnerabilidade representa uma condição diferencialmente distribuída entre as populações devido a fatores não climáticos e endógenos a seu sistema socioecológico (ex. degradação ambiental, poluição, pobreza, e iniquidade de renda e de acesso a ativos), sendo importante ponderar o aspecto socialmente construído da vulnerabilidade (ALLEN et al., 2018; MALUF; ROSA, 2011).

Sabe-se que o nível de organização, planejamento e governança urbana pode amplificar os perigos e riscos climáticos de forma diferencial entre os variados grupos populacionais, dentre os quais já foram demonstrados crianças (0-4 anos), idosos (65 anos), pessoas que vivem com deficiência, famílias de baixa renda, e pessoas de etnia/minorias ou que são de origem cultural e linguisticamente diversa, de forma que a vulnerabilidade representa questão historicamente determinada e desigualmente distribuída (BORDEN et al., 2007; EMRICH; CUTTER, 2011; HUMMELL; CUTTER; EMRICH, 2016; OGIE; PRADHAN, 2019; RAMPAZZO, 2019; WISNER, 2016). É nessa linha que alguns grupos populacionais podem ser considerados duplamente expostos, principalmente os mais pobres, pois as condições precárias de vida pré-existentes se sobrepõem aos danos causados

pelos eventos climáticos, motivo pelo qual as áreas urbanas, e os chamados pobre urbanos, são considerados especialmente vulneráveis às ameaças climáticas (DE SHERBININ; SCHILLER; PULSIPHER, 2007; MALUF; ROSA, 2011; O'BRIEN; LEICHENKO, 2000).

Fisicamente, as cidades brasileiras podem ser consideradas produtoras de vulnerabilidade na medida em que adensam um grande contingente populacional exposto ao risco climático, sem que os serviços públicos e governos provenham adequadamente tais espaços, sendo palco de intensas modificações ambientais associadas à urbanização. Essas modificações são proporcionadas por complexas interações de processos humanos e físicos simultâneos, mas de ritmos distintos, que se baseiam em relações sociais, políticas e econômicas geradoras de susceptibilidades multicausais – tanto sociais quanto ambientais (HOGAN; MARANDOLA JR; OJIMA, 2010; PASCOALINO; MARANDOLA JR, 2021). Por isso, as vulnerabilidades são consideradas local-específicas, conformando um produto tanto das iniquidades sociais – fatores que influenciam e moldam a susceptibilidade de vários grupos ao dano e que também governam sua habilidade de responder – quanto das iniquidades espaciais – características das comunidades e do ambiente construído que contribuem para a vulnerabilidade dos lugares (CUTTER; BORUFF; SHIRLEY, 2003; JIMÉNEZ; GARCÍA; SUÁREZ, 2017).

As capitais brasileiras exemplificam nitidamente como o processo de urbanização no país esteve relacionado à intensificação dos riscos e vulnerabilidades socioambientais em um processo marcado pela i) ausência de infraestrutura adequada, ii) concentração da pobreza e iii) uma lógica de distribuição desigual dos danos ambientais, de cunho corporativista (MENDONÇA; DESCHAMPS; LIMA, 2013; PASCOALINO; MARANDOLA JR, 2021).

Em São Paulo, foi observada distribuição desigual dos riscos ambientais na medida em que as áreas mais propensas a ocorrência de enchentes e/ou de doenças associadas à contaminação da água e poluição do meio ambiente apresentaram concentração significativamente maior de população com baixos níveis de renda, escolaridade e saneamento em comparação às áreas de não-risco (ALVES, 2007). Da mesma forma, na Região Metropolitana de Curitiba, Sul do país, a ocupação das áreas com risco ambiental à inundação se mostrou agravada à medida que se distanciava da região central (MENDONÇA; DESCHAMPS; LIMA, 2013). Na megacidade do Rio de Janeiro, as áreas com menor vulnerabilidade à mudança do clima foram observadas nos locais mais caros da cidade, enquanto as áreas de alta ou média-alta vulnerabilidade se localizaram nas regiões central e sul, com

muitos aglomerados subnormais em áreas de risco ambiental (FREITAS; D'AVIGNON; CASTRO, 2019).

Historicamente, a descentralização das políticas de planejamento urbano a partir da Constituição de 1988 colocou sobre os municípios a responsabilidade e autonomia na implementação das políticas urbanas, o que se deu com grande desigualdade, principalmente entre os municípios mais pobres, carentes de recursos humanos e financeiros (FREITAS; D'AVIGNON; CASTRO, 2019). O processo histórico da política urbana brasileira revela resistência às medidas democráticas para produção de ambientes urbanos mais igualitários, de forma que ainda que os cenários de desigualdade socioespacial sejam bastante visíveis para as metrópoles, representam problemas históricos também para as pequenas cidades brasileiras, que concentram a maior parte da população. Nelas, a capacidade de resposta aos eventos climáticos e aos desastres pode ser bastante inferior ao das metrópoles devido à sua infraestrutura precária, falta de serviços públicos e alta dependência de setores econômicos primários (FANG; WANG, Y.; FANG, 2016; HANDAYANI; RUDIARTO; SIH, 2017; RIBEIRO; SAITO; ALVALÁ, 2022).

Essa realidade é facilmente depreendida do delta do Amazonas (DA), um dos lugares de ocupação mais antiga da Amazônia que compreende 41 municípios no estado do Pará e 9 no estado do Amapá em um mosaico de comunidades costeiras, pequenas áreas urbanas e duas regiões metropolitanas - Belém e Macapá (BRONDIZIO et al., 2016; COSTA; CARMO; BARJA, 2019). Nas áreas urbanas, se observa um cenário de degradação ambiental associado à ocupação ilegal das planícies fluviais e às invasões de terra em áreas de risco, onde as moradias são majoritariamente construídas sobre palafitas (BENATTI, 2011; MANSUR et al., 2016). Assim como em outras cidades, os grupos de baixa renda são desproporcionalmente vulneráveis devido à sua dependência de recursos naturais, habitação precária em áreas de risco de inundação e limitado acesso a serviços de saúde. Evidências nesse sentido são levantadas por Mansur et al. (2016) ao avaliar a vulnerabilidade socioeconômica à inundação urbana em 41 cidades da região estuarina do DA. A maioria dos setores urbanos pesquisados se mostrou exposta a interações entre riscos de enchentes, pobreza e deficiências de infraestrutura como saneamento básico, de forma que entre 60 e 90% da população urbana vivia em condições de grau moderado a alto de vulnerabilidade. A mesma metodologia foi aplicada a pequenas cidades do DA e apontou a falta de infraestrutura básica (ex. a coleta de esgoto) como um fator chave da alta vulnerabilidade social ligada à exposição

às inundações, além da renda média familiar mensal e da coleta de lixo residencial (LIMA et al., 2020).

Nesse sentido, pesquisa recente demonstrou que a vulnerabilidade a desastres das populações e capacidades municipais de pequenas cidades brasileiras esteve relacionada aos setores econômicos, políticas públicas e porte das cidades, de forma que mesmo a existência de planos diretores municipais e altos níveis de desenvolvimento humano não se traduziram em melhor infraestrutura urbana nem legislações específicas de gestão de risco (RIBEIRO; SAITO; ALVALÁ, 2022). Quadro semelhante se apreende do Índice de Vulnerabilidade Social, ferramenta que sinaliza o acesso, ausência ou insuficiência de alguns ativos relacionados à infraestrutura urbana (saneamento e mobilidade), capital humano (saúde e educação), e renda e trabalho para todos os municípios do Brasil. Mesmo os municípios com menor vulnerabilidade social apresentaram baixo desempenho nos indicadores de capital humano e renda e trabalho, com pior desempenho nas regiões Norte e Nordeste do país (IPEA, 2015).

É considerando esse cenário que se conclui que o enfrentamento das mudanças climáticas requer pensar em estratégias de adaptação para as áreas urbanas que foquem na efetivação de direitos sociais na mesma medida em que contemplem modelos de desenvolvimento mais sustentáveis, contribuindo para a redução da vulnerabilidade socioambiental em uma perspectiva de justiça ambiental e climática (MALUF; ROSA, 2011).

DAS AMEAÇAS ÀS OPORTUNIDADES: MEDIDAS DE RESPOSTA ÀS AMEAÇAS CLIMÁTICAS

As metas climáticas brasileiras apresentadas na recente Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), em 2020, geraram muitas repercussões entre cientistas e movimentos e organizações sociais, por serem consideradas pouco ambiciosas. Suas poucas modificações em relação à NDC anterior ficam mais evidenciadas diante dos esforços de vários países neste momento subsequente à Conferência das Nações Unidas para Mudanças Climáticas de 2021 (COP-26), com a oficialização de planos de ação e de financiamentos, como o "Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil", "Green finance" e "Plano de Recuperação", no contexto Europeu; os movimentos políticos para a construção de uma agenda de emissão dos gases do efeito estufa, pelo governo americano; as pautas e encaminhamentos do G20 em 2021; entre outros marcos relevantes que mostram a evolução da agenda mundial, ainda que não ideal, em torno da mitigação das mudanças climáticas globais.

O IPCC apresenta dois grupos de medidas de respostas a serem adotadas pelos sistemas humanos para lidar com as Mudanças Climáticas, são elas, a mitigação e a adaptação (Figura 2; IPCC, 2022). Essas medidas têm lógicas e respostas esperadas diferentes, sendo que a adaptação está focada nos impactos decorrentes das alterações do clima enquanto a mitigação foca na modificação no padrão de emissão dos GEEs (Figura 1). Os dois caminhos devem acontecer simultaneamente e apesar da escala local ser um protagonista essencial, o suporte deve vir de todas as escalas de gestão da sociedade. A seguir, apresentaremos alguns conceitos, reflexões e atualização sobre essas duas frentes de ação pelos sistemas humanos.

O papel das cidades como impulsionadores de estratégias de mitigação

Embora seja tradicionalmente considerado um problema que requer uma abordagem global, em um mundo cada vez mais urbanizado, cidades e grandes áreas urbanas precisam ser o lócus da busca por alternativas e soluções. Os enormes contingentes demográficos, que em um primeiro momento lançam as cidades em um contexto de grande vulnerabilidade, quando aliados à disponibilidade de recursos econômicos, capacidade institucional e intensos e velozes fluxos de informação, colocam as cidades em condições de ser o motor da inovação para o enfrentamento aos desafios climáticos (BOYD et al., 2022; BULKELEY, 2010; ROSENZWEIG et al., 2010).

Tal vocação encontra respaldo em importantes articulações como, por exemplo, o C40 *Cities Climate Leadership Group*, composto por quase 100 megacidades, o ICLEI (*The Local Governments for Sustainability*), que conecta mais de 1500 cidades em 86 países, e o Cities for Climate Protection Campaign (CCP), que atua a partir de mais de 650 governos locais. Tais iniciativas são comprometidas em construir soluções visando reduzir emissões de GEE e os riscos climáticos (MI et al., 2019). No Brasil, Rio de Janeiro, São Paulo, Curitiba e Salvador fazem parte do C40, e mais de 60 cidades brasileiras, de todas as regiões do país, fazem parte do ICLEI. No CCP, o Brasil está representado por 7 governos locais.

Articulações são relevantes uma vez que a construção de estratégias e arranjos institucionais compartilhados são fortemente associados à capacidade de desenvolvimento e implementação de políticas e ações de mitigação e adaptação (GRAFAKOS et al., 2019). No caso brasileiro, considerando o pacto federativo, bem como o histórico de atuação de arenas híbridas como conselhos, comitês e consórcios, e a transversalidade necessária ao enfrentamento do tema, as estratégias devem ser multiescalares, ou seja,

garantir a autonomia nas ações dos poderes locais, reforçando o aspecto policêntrico (WANG; DU; WU, 2020) mas, sempre que possível, buscar potencializar e criar sinergias por meio de estruturas efetivas de governança multinível e em rede (BULKELEY, 2010).

Políticas urbanas, nesse sentido, podem ser ferramentas poderosas para orientar, direcionar e coordenar um amplo conjunto de estratégias, abordagens e ações para a mitigação de mudanças do clima, afinal a redução de emissões urbanas de GEE passa por um amplo processo de reorientação de trajetórias de desenvolvimento urbano (BURCH et al. 2014; HUGHES, 2019; KHARE; BECKMAN, 2013). Esse novo papel das políticas urbanas, entretanto, implica mudanças profundas e duradouras na forma como compreendemos as cidades, que exigirão transformações institucionais profundas e fundamentais, integrativas e articuladas. Nesse sentido, é importante superar modelos institucionais tradicionais e que mantêm e reforçam assimetrias, tipicamente baseados em arranjos centradas no Estado (*state-centric*), rumo a um sistema de governança em rede e multicêntrico, congregando um amplo range de atores e estruturas (HUGHES, 2019; KLIJN; KOPPENJAN, 2016). A transição dos sistemas humanos - como o urbano - para um futuro de mudança climática viável de estratégias de adaptação pressupõe ações pautadas na governança, finanças, conhecimento e capacidades e tecnologias (IPCC, 2022).

Os compromissos assumidos pelo Brasil no Acordo de Paris, em dezembro de 2015 envolvem a definição e o engajamento com metas nacionais de redução da emissão de GEE. A NDC atualizada e anunciada pelo Brasil em dezembro de 2020 estabelece a redução da emissão de GEE em 37% até 2025 e em 43% até 2030. A contribuição dos chamados "subnational actors", dentre eles e com destaque os governos locais e regionais, são centrais para viabilizar tais intenções, e ainda mais relevantes em com contexto político nacional adverso (CDKN GLOBAL, 2019; NEWCLIMATE INSTITUTE et al., 2019).

A Conferência das Partes - COP 26 demarcou bem esses papéis. Enquanto as negociações no nível dos governos nacionais seguem derrapando, com muito discurso e pouca ação, governos locais apresentam alternativas e soluções concretas. Embora com alcance limitado, tais ações, além de atuarem sobre territórios altamente adensados e vulneráveis, endereçando estratégias reais de mitigação, aportam pressões em atores da esfera nacional (TIMES, 2021). Nesse sentido, o *Glasgow Climate Pact* destacou explicitamente e reforçou o caráter multinível e colaborativo das ações necessárias ao enfrentamento da crise, fomentando a ampla integração entre os níveis nacional, regional e local (UNFCCC, 2021).

Os modelos colaborativos, numa perspectiva de governança do clima em contexto local, vêm sendo identificados pontualmente, como em ações de cooperação técnica de estados com instituições como a GIZ e o ICLEI, o que resultou em Planos de Mitigação e/ou de Adaptação em Recife/PE, Curitiba/PR, Santos/SP, Rio de Janeiro/RJ e outros, com aspectos colaborativos em seu processo de construção e integrados, em termos de política urbana. Neste momento, as plataformas de governança do clima - considerando o policentrismo que essa pauta demanda - e de entes que cumpram o papel de regulação e de controle social terão especial papel fundamental para acompanhar a execução de tais planos, para que as metas locais, estaduais e nacionais de emissão sejam cumpridas.

Adaptação e capacidade adaptativa em cidades

Diferente de outros momentos históricos da humanidade, a adaptação que está sendo demandada agora tem relação com a emergência climática. Ainda que de forma distinta, seja pela ameaça climática, exposição ou vulnerabilidade, as repercussões são em todos os povos, setores e níveis de governo. O "pensar global e agir local", slogan da Agenda 21, ganha um sentido político e urgente com os impactos das mudanças climáticas cada vez mais intensos e frequentes. Isso porque, os processos são globais, mas as medidas devem ser traçadas com base no risco de impactos climáticos das localidades e, por essas localidades, de forma multiescalar.

No contexto da emergência climática, a adaptação consiste em estratégias de gestão com foco na prevenção e na minimização dos efeitos adversos que são construídos de modo a identificar e desenvolver as capacidades comunitárias (UNISDR, 2009). Essas estratégias são ajustes da sociedade para os efeitos climáticos atuais e/ou esperados, bem como aos seus possíveis efeitos nos sistemas socioecológicos (IPCC, 2014b). A definição de adaptação para os sistemas humanos envolve processos com o objetivo de "moderar ou evitar prejuízos ou explorar oportunidades benéficas" (tradução livre, IPCC, 2014b, p. 5) e, portanto, são preexistentes em relação aos impactos climáticos (Figura 1). Para que isso aconteça, conhecer os riscos e suas três dimensões é fundamental. Por exemplo, um sistema pode estar vulnerável a um perigo climático e manter-se sem impactos, por não ser exposto a ele (GALLOPÍN, 2006). Portanto, os níveis de vulnerabilidade e de exposição das sociedades devem dirigir o foco das políticas de adaptação para minimização dos riscos e impactos das mudanças climáticas, explorando oportunidades (IPCC, 2019).

Nesse sentido, avaliar e mensurar a capacidade adaptativa das cidades - habilidade de se ajustarem a danos potenciais, de aproveitar oportunidades ou de responder às consequências" (IPCC, 2014b, p. 5) - é o que pode ensejar medidas de adaptação a serem adotadas pelos governos/gestores, considerando diversos setores da sociedade. Os governos executivos Municipal, Estadual, Nacional juntamente a setores sensíveis como energético; de produção de alimentos; de infraestrutura sanitária e tantos outros podem, a partir do conhecimento de suas vulnerabilidades e capacidades, concorrer para mitigar o risco dos impactos climáticos urbanos, que são variáveis em função das ameaças, exposição, diversidade urbana e de recurso financeiro/humano para elaborar estratégias de adaptação climática.

Cabe ressaltar que os processos de adaptação não são ações pontuais, emergenciais e com escopo imediato, mas sim, processos de longo prazo que envolvem de forma sistêmica, dinâmica e consistente, ajustes no próprio sistema, sendo ele, ao mesmo tempo, resultado e aprendizado, experimentação e mudança (OPPENHEIMER et al., 2014).

O IPCC em seu guia para tomadores de decisão do 5o relatório (AR5) apresenta, como exemplos usuais, um conjunto de categorias e subcategorias de ações de adaptação, as quais mostram a importância da multiescalaridade, da intersetorialidade, mas, principalmente, do protagonismo dos gestores e atores locais, dos produtores e da escala local, em especial (IPCC, 2014b).

O processo participativo das ações também têm sido cada vez mais contemplados, valorizados em planos de ação climática, bem como uma estrutura de governança capaz de alavancar sua implementação. O caso de Santos, que será detalhado na próxima seção, apresentou essa plataforma de múltiplos setores, com a criação de um comitê científico em seu processo de elaboração do Plano de Ação Climática. São Paulo (município), por sua vez, teve um processo participativo pautado na Comitê Municipal de Mudanças do Clima e Ecoeconomia, instituído pela Lei nº 14933/2019, anteriormente ligado ao Gabinete da Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente e atualmente na Secretaria Executiva de Mudanças Climáticas (SECLIMA), da Secretaria de Governo Municipal (SÃO PAULO, 2021).

Recife também apresentou uma abordagem colaborativa na construção de seu Plano Local de Ação Climática do Recife (PE). A condução envolveu o ICLEI (Governos Locais pela Sustentabilidade), as secretarias municipais, movimentos sociais como o da juventude e a sociedade civil, que participam em um sistema de governança horizontal por meio dos arranjos COMCLIMA e GECLIMA, que atuam como instrumentos multi-atores de consulta e planejamento. Além do processo colaborativo, as ações têm um caráter integrador, considerando os eixos saneamento, mobilidade,

energia e resiliência, com base no risco climático; e contemplou também um plano de mitigação a partir do perfil de emissão e cenários, com a meta de neutralização do carbono até 2050 (ICLEI; PREFEITURA DE RECIFE, 2020).

Iniciativas como o projeto CITinova são pioneiras para o conjunto urbano brasileiro ao fomentar a municipalização dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável em consonância com a Nova Agenda Urbana. O intuito é instrumentalizar cidades com soluções tecnológicas e ferramentas colaborativas para a promoção de gestão pública integrada, inclusiva, participativa e sustentável através de duas plataformas – o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis e o Programa Cidades Sustentáveis (CITinova, 2019).

Em linha semelhante, mas focando em índices e indicadores do risco de impacto das mudanças climáticas, a plataforma AdaptaBrasil vem consolidando uma grande base de dados para subsidiar os tomadores de decisão das três esferas governamentais na formulação de políticas públicas e apoiar na produção de conhecimento especializado com foco na redução do risco da mudança do clima nos municípios brasileiros (MCTI, 2022). A plataforma informatizada, de acesso aberto, permite a visualização dos índices de risco gerados para três setores estratégicos - energia, alimentos e água. A seguir apresentaremos um exemplo que trabalhou com uma análise dos riscos e vulnerabilidades climáticos para pautar um plano de ação para seu território. O plano foi aprovado recentemente e, portanto, não foi implementado. No entanto, apresenta bem uma estratégia de integração da problemática local, ação proposta com um sistema de governança criado a fim de viabilizar sua execução.

Modelagem climática, índice de vulnerabilidade e Plano de Ação Climática: o exemplo de Santos, SP

Santos apresenta um longo histórico de desastres ocasionados por eventos climáticos extremos na região da Baixada Santista e apresentou 17 ocorrências de inundações e alagamentos, entre 2014 e 2019 e é polo de uma região metropolitana formada por nove municípios (CEMADEN, 2020). Sua área territorial é de 281,033 km2 e a população em 2020 era de 433.656 habitantes, sendo que a maior parte desta população está localizada na área insular do município (IBGE, 2020). Dadas as suas características sociais, ambientais e de risco climático, e em especial pela sua importância como cidade portuária, Santos tornou-se foco de atenção dos atores envolvidos nas ações de adaptação climática no Brasil. Os riscos climáticos considerados em Santos são o crescimento do nível do mar, exposição a ondas

e marés e erosão costeira; inundações; escorregamentos/ movimentos de massa; seca, altas temperaturas e ilhas de calor.

O Porto de Santos, maior porto da América Latina e responsável por 49% da produção nacional e 65% do PIB do Brasil foi classificado pelo ranking dos portos realizado pela ANTAQ com apoio da Agência Alemã (GIZ) – Projeto ProAdapta como o porto com maior risco de tempestade, vendaval e aumento do nível do mar no período de 2050 e no cenário de emissão RCP 8.5 (pessimista) do IPCC 2015 e está entre os portos que se mantiveram entre os cinco primeiros em pelo menos duas das ameaças analisadas (ANTAQ, 2021).

Santos foi selecionado como município-piloto no âmbito do projeto ProAdapta, liderado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), com apoio técnico e financeiro da GIZ, para implementar a agenda de adaptação às mudanças climáticas. O Plano de Ação Climática de Santos (PACS) foi elaborado em 2016 e atualizado em 2021 em consonância com o Plano Nacional de Adaptação (PNA) 2016, e as decisões sobre adaptação climática assumidas pelo Brasil no âmbito da Conferência das Partes (COP) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC).

Na atualização do PACS em 2020-2021 foi realizada uma modelagem climática utilizados 20 modelos climáticos utilizados buscando obter escalas mais detalhadas para o nível local e gerar prognósticos climáticos suficientes para mensurar a vulnerabilidade climática e os impactos e riscos relacionados aos eventos de origem geo-hidro-meteorológica mais relevantes para o município, visando desenvolver o PACS para os horizontes de 2025, 2030 e 2050 (CAMARINHA, 2016; PACS, 2022).

O elemento central do PACS foi a elaboração do Índice de Risco Climático e Vulnerabilidade Socioambiental (IRCVS) para o território santista, que teve como finalidade proporcionar uma visão estratégica para o enfrentamento das mudanças do clima. O índice incorpora os impactos climáticos climáticos e futuros a partir dos prognósticos climáticos oriundos das modelagens climáticas, visando desenvolver o PACS para os horizontes de 2025, 2030 e 2050. A criação do IRCVS é parametrizada no índice definido por Zanetti et al. (2016) no contexto dos Estudos de Política de Adaptação e no conceito de vulnerabilidade de Füssel e Klein (2006).

O Índice de Vulnerabilidade Socioambiental a Riscos Climáticos (IRCVS) é um índice multicritério e foi elaborado com base em indicadores geofísicos e socioeconômicos e um mapeamento de risco atualizado por sistema georreferenciado de dados para mapeamento da vulnerabilidade do território (Figura 3).

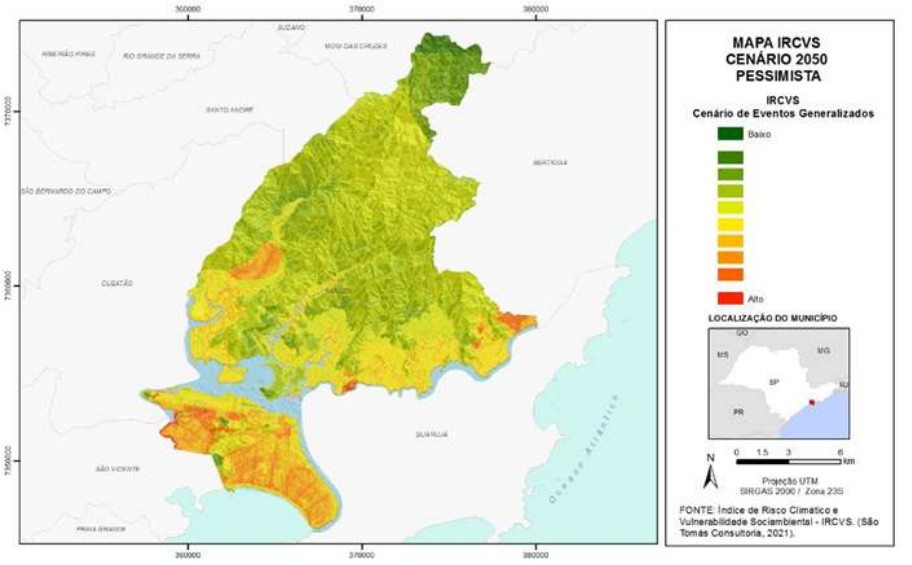


Figura 3 - Mapa do IRCVS para o Cenário 2050 Pessimista
Fonte: PACS (2022)

O PACS identificou as áreas mais críticas/vulneráveis (Figura 4), e definiu parâmetros para a adoção de medidas de adaptação em diversas escalas de planejamento, organizadas em eixos estratégicos e diretrizes de que se mantenham eficazes também nos cenários futuros projetados.

O Plano de Ação Climática é composto por 8 eixos estratégicos, com diretrizes e metas para três horizontes de planejamento, Curto (2025), Médio (2030) e Longo Prazo (2050): Planejamento urbano sustentável e meio ambiente; Inclusão e redução da vulnerabilidade social; Resiliência urbana e soluções baseadas na natureza; Resiliência da zona costeira, praias, estuários e rios e canais/drenagem urbana; Vulnerabilidade e gestão de riscos climáticos – desastres naturais; Gestão de infraestruturas (recursos hídricos/ saneamento/transportes/estrutura portuária) e equipamentos sociais de grande porte; Governança e participação na gestão climática; e Inventário de GEE e Plano Municipal de Mitigação.

Exemplificando, o eixo Redução das Vulnerabilidades e Gestão de Riscos Climáticos tem por objetivo tornar toda a cidade resiliente ao clima com o aumento gradual da escala de abordagem da adaptação e continuar a ajustar o caminho com base em novos insights sobre a velocidade e os efeitos das mudanças climáticas, considerando as incertezas presentes nos prognósticos. Destacam-se entre outras, a definição de diretrizes para pro-

jetos piloto de adaptação nas áreas críticas de risco climático identificadas no curto prazo até 2025, implantação desses projetos para São Manoel, Alemoa, Ponta de Praia, Quilombo e Monte Cabrão e demais áreas críticas até 2030, e gestão e monitoramento desses resultados até 2050.

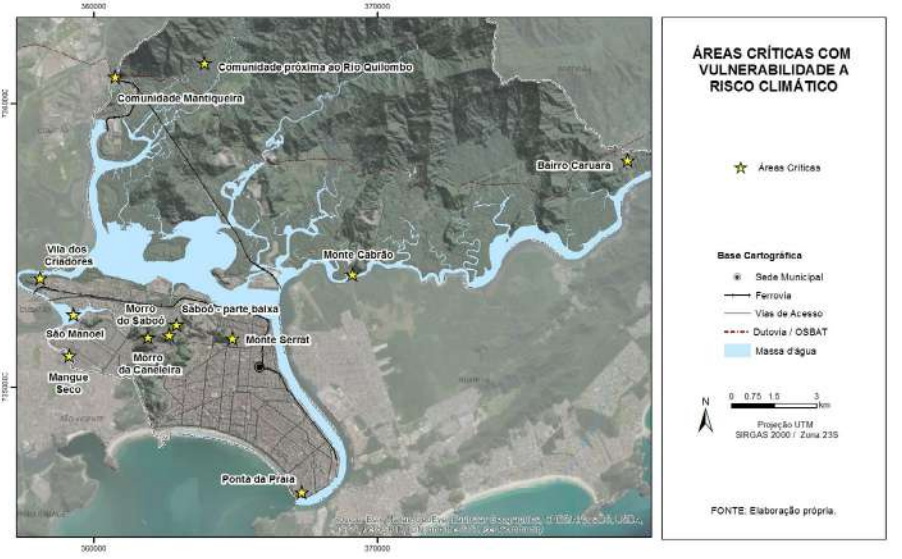


Figura 4 - Áreas críticas com vulnerabilidade ao risco climático
Fonte: PACS (2022)

No eixo Governança e Participação na Gestão Climática, o objetivo é fortalecer a estrutura de governança municipal com base na avaliação de experiências nacionais e internacionais bem-sucedidas. O PACS foi instituído por Decreto Municipal em 13/01/2022, bem como, uma nova estrutura institucional de governança que agora passou a ser vinculada ao Gabinete da Prefeitura Municipal. (PREFEITURA DE SANTOS, 2022).

Nesse novo arranjo institucional, a Comissão Municipal de Adaptação à Mudança do Clima (CMMC) ficará vinculada ao Gabinete do Prefeito e sua configuração atualizada contará com: I – Coordenação Política; II – Coordenação Executiva; III – Mesas de Sinergia e Alinhamento de Políticas Públicas; IV – Comissões Consultivas de Ciência e Clima; e V – Observatório da Resiliência de Santos (PACS, 2022).

Os impactos decorrentes dos riscos climáticos foram avaliados à luz de prognósticos fornecidos por modelos climáticos atualizados e elaborados na escala adequada à escala local e regional, para garantir a

formulação de medidas de adaptação focadas nas áreas mais críticas do território. Tais estudos climáticos subsidiaram a elaboração do Índice de Risco Climático e Vulnerabilidade Socioambiental (IRCVS) e permitiram quantificar diferentes perturbações climáticas causadas pelo aquecimento global projetado para as próximas décadas. Enfatiza-se que os eventos mais extremos de temperatura e de precipitação deverão ser observados com muita atenção.

A expectativa da gestão municipal é a de que a implementação dos instrumentos contidos no PACS consolide uma agenda climática bem-sucedida na cidade de Santos, por meio de um plano climático robusto, para que Santos se tornar uma liderança global no enfrentamento das mudanças do clima e inspiração para que outras cidades costeiras e portuárias sigam o mesmo caminho.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cidades vêm sendo cada vez mais afetadas pelos eventos climáticos extremos, os quais vêm ocorrendo com mais frequência, como resultado da emergência climática. Nos anos em que os relatórios do AR6 vêm sendo publicados (2021 e 2022) o Brasil passou por diversos eventos em contexto urbano, o que afetou de forma diferente as populações, de acordo com a região e/ou local no território em que habitam. Além do local, existem vários dados socioeconômicos e ambientais que explicam e, podem até ser instrumentos para a obtenção de cenários futuros, e auxiliar os tomadores de decisão a tomar medidas de adaptação climática.

Muitas vezes, existe uma incapacidade dos tomadores de decisão de reconhecer a gravidade e o incremento dos riscos, seja por desconhecê-los ou ignorá-los, perpetuando um ciclo de vulnerabilidade e vulnerabilização de diversos estratos sociais que se repete ano após ano. Conhecer bem as ameaças climáticas regional e local, a vulnerabilidade e a exposição - ou seja, o risco climático - é um passo importante para o desenho de políticas públicas aderentes às reais necessidades de cada localidade.

A exemplo de Santos, a construção dos índices de vulnerabilidade deve ser realizada com a participação das partes interessadas e em particular das populações diretamente afetadas, devendo ser compreensível e aberta a modificações e ajustes para adequação aos processos em curso nos municípios, longe das caixas pretas e modelos fechados que não permitam a participação bottom up das partes interessadas. O uso de metodologia multicritério, baseado em consulta a especialistas locais e nacionais, e às

comunidades afetadas, para definição de pesos associados aos indicadores da vulnerabilidade é um exemplo a ser seguido.

O município é um protagonista importante, pois é o local da execução de muitas políticas que afetarão a população. Como perspectiva, colocar os gestores municipais como parte da engrenagem necessária ao desenho e implementação das políticas de redução da vulnerabilidade e adaptação, garantindo que as especificidades regionais possam ser consideradas. Portanto, as estruturas de governança (como a de Santos) e de articulação territorial (como no DA) precisam estar desenhadas, visto que essa agenda não é pontual, mas é uma agenda de atualização dinâmica que deve permanecer como uma política de Estado, com sua inserção no contexto do planejamento urbano, em especial nos planos diretores municipais.

Os planos e estratégias de adaptação municipais precisam chegar à definição de parâmetros para a tomada de decisão em diferentes escalas adaptativas: vulnerabilidade social, normas de desenvolvimento urbano e infraestrutura, planejamento urbano, e delimitar quais regiões, setores, áreas e populações do município deverão ter sua capacidade adaptativa aumentada para reduzir os impactos futuros relacionados a eventos climáticos e meteorológicos projetados, e, indicar quais políticas públicas setoriais deverão aumentar a capacidade adaptativa. Mas também compreender possíveis *trad-offs* de curto prazo em outros setores na economia e na sociedade que podem elevar a capacidade adaptativa a médio e longo prazo das cidades.

Talvez o maior desafio para as cidades brasileiras seja perseguir um desenvolvimento sustentável capaz de reduzir os impactos do clima sem esquecer de assegurar o desenvolvimento humano e a equidade nas políticas de mitigação e de adaptação climáticas. No mesmo sentido, a forma de se pensar a gestão, ampliação e uso das cidades brasileiras parece estar parada no tempo no que se refere às ameaças climáticas, sendo necessário unir esforços no campo político-institucional e social para pensar cenários de desenvolvimento que sustentem as necessidades dos residentes urbanos e ecossistemas urbanos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. R. et al. Framing and Context. In: MASSON-DELMONTE, V. et al. (Org.). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global

greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. [*S. l.*], IPCC, 2018. p. 49–91.

ALVES, H. P. da F. Environmental inequality in the City of São Paulo, Brazil: Analysis of differential exposure of social groups to situations of environmental risk by using geoprocessing methodologies. *Revista Brasileira de Estudos de População,* Rio de Janeiro, v. 24, n. 2, p. 301–316, 2007. https://doi.org/10.1590/S0102-30982007000200008

ANTAQ - AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES AQUAVIÁRIOS. Impactos e riscos da mudança do clima nos portos públicos costeiros brasileiros. Brasília: ANTAQ, 2021.

BENATTI, J. H. Proposals, experiences, and advances in the legalization of land tenure in the Várzea. In: *The Amazon Várzea.* Dordrecht: Springer, 2011. p. 67-82.

BLAIKIE, P. et al. *At Risk*: Natural Hazards, People's Vulnerability, and Disasters. 2. ed. New York: Routledge, 1994.

BORDEN, K. A. et al. Vulnerability of U.S. cities to environmental hazards. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, v. 4, n. 2, 2007. https://doi.org/10.2202/1547-7355.1279

BOYD, D. et al. Mitigation co-benefits of climate change adaptation: A case-study analysis of eight cities, *Sustainable Cities and Society*, v. 77, 2022, 103563. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103563

BRONDIZIO, E. S. et al. A conceptual framework for analyzing deltas as coupled social–ecological systems: an example from the Amazon River Delta. *Sustainability Science*, v. 11, n. 4, p. 591-609, 2016.

BULKELEY, H. Cities and the Governing of Climate Change. *Annual Review of Environment and Resources*, v. 35, p. 229-253, 2010.

BURCH, S. et al. Triggering Transformative Change: A Development Path Approach to Climate Change Response in Communities. *Climate Policy*, v. 14, n. 4, p. 467–487, 2014.

CAMARINHA, P. I. M. *Vulnerabilidade aos desastres naturais decorrentes de deslizamentos de terra em cenários de mudanças climáticas na porção paulista da Serra do Mar.* Tese (Doutorado em Ciência do Sistema Terrestre) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2016.

CDKN GLOBAL - CLIMATE AND DEVELOPMENT KNOWLEDGE NETWORK. Brazil's local governments strengthen climate commitments. June

2019. Brazil's local governments strengthen climate commitments. Disponível em: https://cdkn.org/story/feature-brazils-local-governments-strengthen-climate-commitments-despite-federal-stance Acesso em: 17 maio 2022.

CEMADEN - CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. Intensificação de secas em alguns estados e inundações no Sul são apontadas pelo Cemaden. 2020. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/intensificacao-de-secas-em-alguns-estados-e-inundacoes-no-sul-sao-apontadas-pelo-cemaden/ Acesso em: 20 jan. 2021.

CITINOVA. CITinova - Planejamento integrado e tecnologias para cidades sustentáveis. 2019. Disponível em: https://citinova.mctic.gov.br/. Acesso em: 21 jan. 2022.

CORRÊA, R. L. *O espaço urbano*. 4ª ed. São Paulo: Editora Ática, 2004.

COSTA, S. M. F da; CARMO, M. B. Silva do; BARJA, P. R. The urban hierarchy at the delta of the Amazon River and the importance of small cities. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 11, 2019. e20180014. https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.AO09

CUTTER, S. L.; BORUFF, B. J.; SHIRLEY, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242–261, 2003. https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

DE SHERBININ, A.; SCHILLER, A.; PULSIPHER, A. The vulnerability of global cities to climate hazards. *Environment and Urbanization*, v. 19, n. 1, p. 39–64, 2007. https://doi.org/10.1177/0956247807076725

EMRICH, C. T.; CUTTER, S. L. Social vulnerability to climate-sensitive hazards in the Southern United States. *Weather, Climate, and Society,* v. 3, n. 3, p. 193-208, 2011. https://doi.org/10.1175/2011WCAS1092.1

FANG, C.; WANG, Y.; FANG, J. A comprehensive assessment of urban vulnerability and its spatial differentiation in China. *Journal of Geographical Sciences,* v. 26, n. 2, p. 153-170, 2016. https://doi.org/10.1007/s11442-016-1260-9

FREITAS, C. R.; D'AVIGNON, A. L. D. A.; CASTRO, A. C. Urban social vulnerability and climate change in Rio de Janeiro city associated with population mobility. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 21, n. 6, p. 797-810, 2019. https://doi.org/10.1080/1523908X.2019.1674135

FÜSSEL, H. M.; KLEIN, R. J. T. Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, v. 75, n. 3, p. 301-

329, 2006. https://doi.org/10.1007/s10584-006-0329-3

GALLOPÍN, G.C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, v. 16, n. 3, p. 293-303, 2006, https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004.

GRAFAKOS, S. et al. Analytical framework to evaluate the level of integration of climate adaptation and mitigation in cities. *Climatic Change*, v. 154, p. 87-106, 2019.

HANDAYANI, W.; RUDIARTO, I.; SIH, J. Vulnerability assessment: a comparison of three different city sizes in the coastal area of Central Java, Indonesia. *Advances in Climate Change Research*, v. 8, p. 286–296, 2017. https://doi.org/doi.org/10.1016/j.accre.2017.11.002

HOGAN, D. J.; MARANDOLA JR, M. J.; OJIMA, R. *População e ambiente*: desafios à sustentabilidade. Série Sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010.

HUGHES, S. *Repowering cities*. Governing Climate Change Mitigation in New York City, Los Angeles, and Toronto. Cornell University Press, 2019.

HUMMELL, M. B. de L.; CUTTER, S. L.; EMRICH, C. T. Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 7, p. 111–122, 2016. https://doi.org/10.1007/s13753-016-0090-9

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Portal Cidades.* 2020. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/santos/panorama Acesso em: 17 maio 2022.

ICLEI - GOVERNOS LOCAIS PELA SUSTENTABILIDADE; PREFEITURA DE RECIFE. Plano Local de Ação Climática do Recife (PE). Recife, PE: ICLEI; Prefeitura de Recife, 2020. Disponível em: https://americadosul.iclei.org/documentos/plano-local-de-acao-climatica-do-recife-pe/ Acesso em: 03 fev. 2021.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC: Geneva, Switzerland, 2014a. 151 p.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014*: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. FIELD, C.B., et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge

University Press, 2014b, p. 1-32. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf Acesso em 21 jan. 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Annex I: Glossary. *In*: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Org.). Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. [*S. l.*]: IPCC, 2018. p. 541–562.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems, 2019. Disponível em: https://www.ipcc.ch/srccl/ Acesso em: 17 maio 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Technical Summary Climate Change 2021*: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2021. Cambridge, UK and New York: Cambridge University Press, 2021. p. 33−144. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_TS.pdf Acesso em: 17 maio 2022.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2022: Summary for Policymakers. PÖRTNER, H. et al. (Eds.). In: *Climate Change 2022*: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. PÖRTNER, H. et al. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2022.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros.* Brasília: IPEA, 2015.

JIMÉNEZ, A. M.; GARCÍA, A. P.; SUÁREZ, P. M. Elaboración de un Índice de Vulnerabilidad Socio-Ambiental Intraurbana Apoyado en Sistemas ee Información Geográfica. In: Madrid. *XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Naturaleza, Territorio y Ciudad en un Mundo Global*. Madrid: Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid and AGE, 2017. p. 2629–2638. https://doi.org/10.15366/ntc.2017

KHARE, A.; BECKMAN, T. *Mitigating Climate Change*: The Emerging Face of Modern Cities. Springer Environmental Science and Engineering. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013. https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-37030-4

KLIJN, E. H.; KOPPENJAN, J. *Governance Networks in the Public Sector.* London: Routledge, 2016.

LIMA, A. C. B. et al. Climate hazards in small and medium cities in the Amazon Delta and Estuary: challenges for resilience. *Environment and Urbanization,* v. 32, n. 1, p. 195-212, 2020.

MALUF, R. S.; ROSA, T. da S. Mudanças climáticas, desigualdades sociais e populações vulneráveis no Brasil: construindo capacidades - subprojeto populações. *Relatório Técnico* 5. Rio de Janeiro: CERESAN, 2011. Disponível em: http://r1.ufrrj.br/cpda/ceresan/docs/Mudancas_climaticas,_desigualdades_sociais_e_populacoes_vulneraveis_no_Brasil_construindo_capacidades_subprojeto_populacoes_%28Volume_I%29.pdf Acesso em: 17 maio 2022.

MANSUR, A. V. et al. An assessment of urban vulnerability in the Amazon Delta and Estuary: a multi-criterion index of flood exposure, socio-economic conditions and infrastructure. *Sustainability Science*, v. 11, n. 4, p. 625-643, 2016.

MARGULIS, W.S. *Mudanças do clima*: tudo que você queria e não queria saber. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020.

MCTI - MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES. AdaptaBrasil MCTI. Dados e Impactos. 2022. Available at: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br Acesso em: 21 jan. 2022.

MENDONÇA, F.; DESCHAMPS, M.; LIMA, M. D. V. de. A cidade e as mudanças globais: (intensificação?) Riscos e vulnerabilidades socioambientais na RMC - Região Metropolitana de Curitiba/PR. In: OJIMA, R.; MARANDOLA JR., E. (Org.). *Mudanças Climáticas e as Cidades.* Novos e Antigos Debates na Busca da Sustentabilidade Urbana e Social. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2013. p. 129–152.

MI, Z., et al. Cities: The core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, v. 207, p. 582-589, 2019. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.034

MONTEIRO, C. A. de F. A Interação homem natureza no futuro da cidade. *Geosul,* Florianópolis, v. 7, n. 14, p. 7–48, 1992. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/12800/11983 Acesso em: 17 maio 2022.

NEWCLIMATE INSTITUTE, et al. Global climate action from cities, regions and businesses: Impact of individual actors and cooperative ini-

tiatives on global and national emissions. 2019. Disponível em: https://newclimate.org/2019/09/18/global-climate-action-from-cities-regions--and-businesses-2019/ Acesso em: 17 maio 2022.

O'BRIEN, K. L.; LEICHENKO, R. M. Double exposure: assessing the impacts of climate change within the context of economic globalization. *Global environmental change,* v. 10, n. 3, p. 221–232, 2000.

OGIE, R. I.; PRADHAN, B. Natural Hazards and Social Vulnerability of Place: The Strength-Based Approach Applied to Wollongong, Australia. *International Journal of Disaster Risk Science*, v. 10, n. 3, p. 404–420, 2019. https://doi.org/10.1007/s13753-019-0224-y

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. 2nd. ed. Methuen, London: Routledge, 1987.

OPPENHEIMER, M. et al. (Eds) *Climate change 2014*: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 1039–1099.

PACS - PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA DE SANTOS. Prefeitura de Santos, GIZ-PROADPTA. 2022. Disponível in: https://www.santos.sp.gov.br/?q=hotsite%2Fplano-municipal-de-acao-climatica-de-santos-pacs&fbclid=IwAR269zjiGw_6TYjbgJ9sRaKMPXjJgGqZO_fcZOBi-RsCq6qx8ki00ay6y-Y Acesso em: 17 maio 2022.

PBMC - PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. *Mudanças Climáticas e Cidades:* Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. RIBEIRO, S. K.; SANTOS, A. S. (Org.). Rio de Janeiro: PBMC; COPPE, 2016.

PASCOALINO, A.; MARANDOLA JR, E. A vulnerabilidade na cidade e as escalas do clima urbano: o potencial das unidades climáticas para o planejamento. *Revista Brasileira de Geografia Física*, Recife, v. 14, n. 5, p. 2711–2726, 2021. https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.5.p2711-2726

PREFEITURA DE SANTOS. Decreto nº 9.567, aprova o plano municipal de ação climática de Santos, e dá outras providências. Publicado no *Diário Oficial* de 14 de jan. 2022. Disponível em: https://egov.santos.sp.gov.br/legis/documents/9117 Acesso em: 17 maio 2022.

RAMPAZZO, C. R. *Clima urbano, risco climático e vulnerabilidade socioespacial mediados pela produção do espaço urbano em cidades paulistas (São Carlos,*

Marília e Presidente Prudente). 2019. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2019.

RIBEIRO, D. F.; SAITO, S. M.; ALVALÁ, R. C. S. Disaster vulnerability analysis of small towns in Brazil. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, v. 68, p. 102726, 2022. https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102726

ROSENZWEIG, C. et al. Cities lead the way in climate-change action. *Nature*, v. 467, p. 909-911, 2010.

ROSENZWEIG, C. et al. Pathways to Urban Transformation. *Climate Change and Cities*, Cambridge, Cambridge University Press, p. 3–26, 2018. https://doi.org/10.1017/9781316563878.008

SÃO PAULO. *Plano de Ação Climática do Município de São Paulo,* PlanClima SP. São Paulo: São Paulo, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/comite_do_clima/index.php?p=284394#:~:-text=O%20Plano%20de%20A%C3%A7%C3%A3o%20Clim%C3%A1tica,2015%2C%20no%20Acordo%20de%20Paris. Acesso em: 10 mar 2022.

SOUZA, E. B.; MANZI, A. O. Mudanças Ambientais de Curto e Longo prazo: Projeções, Reversibilidade e Atribuição. Base Científica das Mudanças Climáticas, Rio de Janeiro: COPPE, v. 1, p. 30, 2014.

TIMES. Countries Brought Big Promises to COP26. Cities Brought Actions. World: Climate Change. By Ciara Nugent/Glasgow, Scotland. November 12, 2021. Disponível em: https://time.com/6116779/cop26-cities-climate/ Acesso em: 17 maio 2022.

UNFCCC - *UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE*. *Glasgow Climate Pact*. Non-official session documents. Nov 2021. Disponível em: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/cop26_auv_2f_cover_decision.pdf Acesso em: 17 maio 2022.

UNISDR - INTERNATIONAL STRATEGY FOR DISASTER REDUCTION. Terminology on Disaster Risk Reduction 2009. Disponível em: https://www.preventionweb.net/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf Acesso em: 20 nov. 2020.

WANG, D.; DU, Z.; WU, H. Ranking global cities based on economic performance and climate change mitigation. *Sustainable Cities and Society*, v. 62, 2020, 102395. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102395

WISNER, B. Vulnerability as Concept, Model, Metric, and Tool. In: Oxford Research Encyclopedia of Natural Hazard Science. 2016. p. 1–51. https://

doi.org/10.1093/acrefore/9780199389407.013.25

ZANETTI, B. et al. A Climate Change Vulnerability Index and Case Study in a Brazilian Coastal City. *Sustainability,* v. 8, n. 8, p. 811, 2016. https://doi.org/10.3390/su8080811

3 Gestão integrada e participativa na governança municipal de São Paulo[1]

Juliana de Avellar
Arlindo Philippi Jr

INTRODUÇÃO

Dada a relevância do desenvolvimento sustentável para preservação da vida humana no planeta, em 2015, na sede da Organização das Nações Unidas (ONU), foi assinada por todos os 193 Estados-Membros a nova agenda global, chamada "Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável" (Agenda 2030), contendo 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), com 169 metas, que visam alcançar a prosperidade e o bem-estar de todos até 2030 (ODS BRASIL, 2020).

Essa adoção dos discursos de política global recentes orquestrados sob a égide da ONU, como a Agenda 2030, bem como a Nova Agenda Urbana da ONU Habitat, que foi adotada na conferência Habitat III, em 2016 na cidade de Quito, Equador (NOVA AGENDA URBANA, 2016), representam a mais recente tentativa da comunidade internacional de viver os desafios do planeta, cujo fluxo populacional está fora de controle, e enfatizam a necessidade de um foco coordenado na cidade e na escala da comunidade - não apenas para alcançar objetivos de desenvolvimento de longo prazo,

1 Este capítulo tem como base a dissertação da primeira autora. AVELLAR, Juliana de. O município de São Paulo no contexto de cidades sustentáveis da agenda 2030 ONU. 2022. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

mas, também, trazer benefícios tangíveis diretos para a qualidade de vida das pessoas.

A Nova Agenda Urbana propõe uma ampla ligação da urbanidade com os 17 ODS, além da inclusão do tema do direito à cidade, estabelecendo desafios importantes e complexos para políticos e gestores urbanos, sobretudo quando mais da metade da população mundial vive em cidades (FAVARÃO; COSTA, 2018).

As cidades representam 55% da população mundial, devendo chegar a 66% em 2050, produzem 85% do PIB global e 75% das emissões de gases de efeito estufa. Na América Latina a porcentagem é ainda mais alarmante, onde 80% da população já vive em áreas urbanas, com a perspectiva de aumento para 88% até 2050 (UN, 2018).

A adoção dessas metas de desenvolvimento sustentável marca uma transição no discurso da sustentabilidade global para um foco crescente no papel das áreas urbanas em alcançar o crescimento sustentável e inclusivo, mais explícito nas metas do ODS 11[2], que visa tornar as cidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis até 2030. Juntamente à Nova Agenda Urbana, o ODS 11 é a mais recente emanação da camada espessa de orientação

2 Metas do Objetivo do Desenvolvimento Sustentável nº11:

11.1 até 2030, garantir o acesso de todos a habitação segura, adequada e a preço acessível, e aos serviços básicos e urbanizar as favelas

11.2 até 2030, proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros, acessíveis, sustentáveis e a preço acessível para todos, melhorando a segurança rodoviária por meio da expansão dos transportes públicos, com especial atenção para as necessidades das pessoas em situação de vulnerabilidade, mulheres, crianças, pessoas com deficiência e idosos

11.3 até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países

11.4 fortalecer esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo

11.5 até 2030, reduzir significativamente o número de mortes e o número de pessoas afetadas por catástrofes e substancialmente diminuir as perdas econômicas diretas causadas por elas em relação ao PIB global, incluindo os desastres relacionados à água, com o foco em proteger os pobres e as pessoas em situação de vulnerabilidade

11.6 até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capita das cidades, inclusive prestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros

11.7 até 2030, proporcionar o acesso universal a espaços públicos seguros, inclusivos, acessíveis e verdes, aos espaços públicos verdes, particularmente para as mulheres e crianças, pessoas idosas e pessoas com deficiência

11.a apoiar relações econômicas, sociais e ambientais positivas entre áreas urbanas, peri-urbanas e rurais, reforçando o planejamento nacional e regional de desenvolvimento

11.b até 2020, aumentar substancialmente o número de cidades e assentamentos humanos adotando e implementando políticas e planos integrados para a inclusão, a eficiência dos recursos, mitigação e adaptação às alterações climáticas, a resiliência a desastres; e desenvolver e implementar, de acordo com o "Sendai Framework" para a redução do risco de desastres 2015-2030, o gerenciamento holístico do risco de desastres em todos os níveis

11.c apoiar os países menos desenvolvidos, inclusive por meio de assistência técnica e financeira, para construções sustentáveis e resilientes, utilizando materiais locais. (ODS BRASIL).

normativa teórica internacional sobre questões de desenvolvimento sustentável e governança urbana, trazendo metas que requerem ações específicas nas cidades, em todo o mundo, para garantir a sustentabilidade no contexto urbano (AUST; PLESSIS, 2018).

Em consonância às discussões internacionais supra, a cidade de São Paulo aprovou, em 31 de julho de 2014, seu novo Plano Diretor Estratégico (PDE), Lei Municipal nº 16.050/2014 (SÃO PAULO, 2014), que orienta o crescimento e desenvolvimento urbano de todo município até 2029. Mais adiante, a Lei Municipal nº 16.817/2018, do Município de São Paulo, adotou a Agenda 2030 como diretriz de políticas públicas em âmbito local (SÃO PAULO, 2018).

O PDE contempla 316 artigos que estabelecem um novo paradigma de planejamento e desenvolvimento urbano a ser alcançado pelo município de São Paulo até 2029. Nele foram definidos 17 objetivos que, de acordo com que dispõe o artigo 4º, devem ser alcançados até 2029 (SÃO PAULO, 2014). São eles:

> Art. 7o. A Política de Desenvolvimento Urbano e o Plano Diretor Estratégico se orientam pelos seguintes objetivos estratégicos:
>
> I - conter o processo de expansão horizontal da aglomeração urbana, contribuindo para preservar o cinturão verde metropolitano;
>
> II - acomodar o crescimento urbano nas áreas subutilizadas dotadas de infraestrutura e no entorno da rede de transporte coletivo de alta e média capacidade;
>
> III - reduzir a necessidade de deslocamento, equilibrando a relação entre os locais de emprego e de moradia;
>
> IV - expandir as redes de transporte coletivo de alta e média capacidade e os modos não motorizados, racionalizando o uso de automóvel;
>
> V - implementar uma política fundiária e de uso e ocupação do solo que garanta o acesso à terra para as funções sociais da cidade e proteja o patrimônio ambiental e cultural;
>
> VI - reservar glebas e terrenos, em áreas dotadas de infraestrutura e transportes coletivos, em quantidade suficiente para atender ao déficit acumulado e às necessidades futuras de habitação social;
>
> VII - promover a regularização e a urbanização de assentamentos precários;

VIII - contribuir para a universalização do abastecimento de água, a coleta e o tratamento ambientalmente adequado dos esgotos e dos resíduos sólidos;

IX - ampliar e requalificar os espaços públicos, as áreas verdes e permeáveis e a paisagem;

X - proteger as áreas de preservação permanente, as unidades de conservação, as áreas de proteção dos mananciais e a biodiversidade;

XI - contribuir para mitigação de fatores antropogênicos que contribuem para a mudança climática, inclusive por meio da redução e remoção de gases de efeito estufa, da utilização de fontes renováveis de energia e da construção sustentável, e para a adaptação aos efeitos reais ou esperados das mudanças climáticas;

XII - proteger o patrimônio histórico, cultural e religioso e valorizar a memória, o sentimento de pertencimento à cidade e a diversidade;

XIII - reduzir as desigualdades socioterritoriais para garantir, em todos os distritos da cidade, o acesso a equipamentos sociais, a infraestrutura e serviços urbanos;

XIV - fomentar atividades econômicas sustentáveis, fortalecendo as atividades já estabelecidas e estimulando a inovação, o empreendedorismo, a economia solidária e a redistribuição das oportunidades de trabalho no território, tanto na zona urbana como na rural;

XV - fortalecer uma gestão urbana integrada, descentralizada e participativa;

XVI - recuperar e reabilitar as áreas centrais da cidade;

XVII - garantir que os planos setoriais previstos neste Plano Diretor Estratégico sejam articulados de modo transversal e intersetorial. Parágrafo Único. Os objetivos estratégicos se desdobram em objetivos por porções homogêneas de território, estabelecidos por macroáreas, e nos objetivos estratégicos das políticas urbanas setoriais, definidas nesta lei. **[grifo nosso]**

Para o êxito dos objetivos supra, o planejamento integrado e participativo é reconhecido como fundamental. Nesse diapasão, esse estudo está focado nestes dois princípios – gestão integrada e participativa e busca colaborar, através dos dados levantados, para efetiva adoção municipal de um planejamento urbano regenerativo, e, em seguida, sustentável.

A ênfase é colocada no PDE, normativa local que foi desenvolvida de acordo com os muitos compromissos nacionais, regionais e internacionais da cidade e que está em vias de sofrer uma revisão legislativa, possivelmente em 2022[3]. Ademais, a eleição do planejamento urbano da cidade de São Paulo como estudo de caso deve-se ao fato que, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), esta ser a cidade brasileira mais populosa onde se encontram os impactos socioambientais típicos de grandes centros urbanos. Dessa forma, as experiências de planejamento urbano praticadas em São Paulo têm grande potencialidade de repercutir em outras cidades brasileiras e mundiais.

Este capítulo busca, acima de tudo, refletir como a implantação e o acompanhamento de ações locais tem sido feitos para efetivamente termos uma cidade regenerativa, e como a noção de planejamento integrado pode servir como um veículo para a busca da sustentabilidade. A escolha da problemática se justifica pela importância de continuamente revisitar o debate sobre os instrumentos do planejamento urbano no âmbito da gestão pública, revendo as ideias já ensaiadas, analisando seu impacto sobre a urbanidade e permitindo, assim, uma reflexão sobre as possibilidades e caminhos para inovação nesse campo, que contemple a efetiva incorporação de valores regenerativos e sustentáveis, alinhados em nível global e adaptado às práticas de gestão local.

Outrossim, o desenvolvimento sustentável é um tema no qual a saúde tem participação relevante. As condições ambientais nas quais as pessoas vivem – qualidade do ar, da água e dos alimentos, condições habitacionais e de mobilidade urbana, por exemplo – influenciam diretamente suas condições de saúde. Nesse contexto, estratégias de desenvolvimento sustentável tem grande impacto na promoção de saúde pública.

Em 1948 a Organização Mundial de Saúde (OMS) definiu a saúde como «um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não somente ausência de afecções e enfermidades». Para tanto, a obtenção de saúde requer um processo ativo em que a sociedade mantenha condições nas quais o bem-estar possa ser alcançado (WHO, 1948).

A saúde nas cidades é uma crescente preocupação e sofre várias ameaças oriundas, em especial, da poluição e da vulnerabilidade ocasionada pela desigualdade socioespacial. Viver em ambientes urbanos aumenta a probabilidade do surgimento de várias doenças, transmissíveis e crônicas,

3 O artigo 4º do PDE dispõe que "*Os objetivos previstos neste Plano Diretor devem ser alcançados até 2029. Parágrafo único. O Executivo deverá encaminhar à Câmara Municipal proposta de revisão deste Plano Diretor, a ser elaborada de forma participativa, em 2021*". A referida revisão estava prevista para ocorrer em 2021, no entanto, foi prorrogada, ainda sem data agendada, em razão da pandemia COVID-19.

bem como de doenças mentais como depressão e ansiedade. Em contrapartida, é notório que melhorias na usabilidade do espaço urbano adicionam bem-estar à vida das pessoas, e intervenções nessa área podem e devem ser pensadas como ferramentas para melhoria da saúde pública (BONETTO, 2017). Analisar a extensão, aplicação e desafios das políticas, programas e planos que determinam o desenvolvimento urbano e o crescimento das cidades contribui consideravelmente para a promoção de saúde pública.

Assim, o estudo aqui proposto visa contribuir para a melhoria na tutela institucional socioambiental urbana e, por essa razão, foi realizado dentro do **Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade** da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo; na linha de pesquisa **Gestão ambiental e sustentabilidade urbana**. Espera-se, com os resultados encontrados, colaborar para com a atualização normativa municipal, bem como dos programas e instrumentos de gestão pública, em busca do cumprimento efetivo do desenvolvimento urbano integrado e participativo no Município de São Paulo.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo quali-quantitativo e que se apoiou na revisão bibliográfica sobre: (i) o desenvolvimento urbano sustentável, (ii) o planejamento urbano, (iii) a legislação urbanística do município de São Paulo, com ênfase no Plano Diretor Estratégico, nº 16.050/2014, que orienta o crescimento e desenvolvimento urbano de todo município até 2029 e (iv) os ODS, em especial o ODS nº 11, da ONU.

Além da revisão bibliográfica supra, foi utilizado o método de abordagem indutiva de análise de dados secundários fornecidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo, referentes ao período de 2014 até 2020, em especial os dados fornecidos: (i) através do site de Monitoramento e Avaliação e implementação do PDE, que disponibiliza indicadores dos instrumentos de política urbana de cada um dos objetivos do PDE (SÃO PAULO, 2022a). Também foram utilizados os dados municipais fornecidos pela Prefeitura através (ii) do ObservaSampa, portal de indicadores da cidade com mais de 300 indicadores, divididos em 20 temas – ex. saúde; educação, mobilidade e etc.; (iii) dos Informes Urbanos disponibilizados pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU), e (iv) do GeoSampa, mapa digital do município (SÃO PAULO, 2022c, d, e).

Com os resultados obtidos através da revisão bibliográfica supramencionada e da abordagem indutiva de análise de dados secundários for-

necidos pela Prefeitura Municipal de São Paulo, foi aplicado o método de abordagem dedutiva, ou seja, aquele em que as premissas fornecem um fundamento definitivo de conclusão, para caracterização e conclusão dos resultados apurados no estudo proposto.

GESTÃO INTEGRADA E PARTICIPATIVA

A Agenda 2030 reforça a necessidade da boa governança em todos os níveis e instituições transparentes, eficazes e responsáveis, aliada ao estado democrático de direito como essenciais para a concretização do desenvolvimento sustentável. Além disso, os órgãos responsáveis, ou relevantes, para a governança devem ter condições de realizar um sistema estratégico de planejamento integrado que inclua não só o processo de implementação como também de avaliação participativa. Por outra perspectiva, a Agenda 2030 também avalia que a violência, a insegurança e a injustiça social decorrem de uma má governança, da desigualdade, da corrupção e dos fluxos financeiros e de armas e ilícitos (THORSTENSEN; MOTA, 2020).

Entende-se, portanto, que o tipo de gerência das cidades a que se refere a Agenda 2030, tem um sentido muito mais de gestação para o novo social ao analisarmos que o uso do termo "governança" reflete o deslocamento nas áreas de ciências sociais e de políticas públicas de abordagens focadas no conceito de governo para um conceito mais abrangente de governança que ressalta atores não estatais, em especial, a participação social (BARROS, 2019).

A meta três do ODS 11 da Agenda 2030 propõe "Até 2030, aumentar a urbanização inclusiva e sustentável, e as capacidades para o planejamento e gestão de assentamentos humanos participativos, integrados e sustentáveis, em todos os países". Também neste contexto, o item 13-b da Nova Agenda Urbana - Habitat III (2016) vislumbra alcançar espaços urbanos que "sejam participativos; promovam a participação cívica; e estimulem sentimentos de pertencimento e apropriação entre todos seus habitantes".

Nesse sentido, ambas Agendas, 2030 e Habitat III, buscam um planejamento urbano e territorial como processo de tomada de decisão integrativo e participativo. É o que trataremos neste estudo.

O PDE traz em seu artigo 7º dois objetivos específicos que convergem para este estudo:

> XV – fortalecer uma gestão urbana integrada, descentralizada e participativa; e
>
> XVII - garantir que os planos setoriais previstos neste Plano Diretor Estratégico sejam articulados de modo transversal e intersetorial.

A implementação de diretrizes e ações prioritárias previstas no PDE são atribuição, em especial, das secretarias municipais e das subprefeituras. Para tanto, o PDE determina que as secretarias desenvolvam seus planos setoriais, como o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o Plano Municipal de Habitação, o Plano Municipal de Mobilidade, o Plano Municipal de Saneamento, dentre outros. Contudo, para que cada uma delas possa articular suas ações com as demais, de modo a enfrentar os desafios impostos pelas especificidades dos territórios, nas 32 subprefeituras, é necessário estabelecer fóruns de debate e discussão com todos os técnicos envolvidos e a população. Essa articulação é o principal objetivo dos Planos Regionais das Subprefeituras. Os Planos Regionais podem indicar áreas com maior demanda por equipamentos sociais, áreas verdes e parques; propor melhores conexões entre as áreas da cidade, os equipamentos públicos e as ciclovias; propor intervenções nos espaços públicos, articulando-os aos equipamentos existentes e às ações públicas previstas no território; propor a qualificação de ruas e praças, criando melhores condições de circulação, acessibilidade, permanência e uso (SÃO PAULO, 2022b).

No entanto, para análise destes objetivos, o site do Monitoramento do PDE – que disponibiliza indicadores dos instrumentos de política urbana de cada um dos objetivos do PDE - não nos apresenta subsídios para avaliarmos se houve ou não avanço nesses pontos. De maneira geral, as estratégias apresentadas no site trazem indicadores com os quais é possível extrair métricas da evolução de diversos objetivos previstos no artigo 7º do PDE, mas não para o tema em análise. A estratégia "*Fortalecer a Participação Popular nas Decisões dos Rumos da Cidade*", presente no site, apresenta relação com os objetivos XV e XVII, mas, diferente das demais estratégias disponibilizadas na mesma plataforma, não nos oferece indicadores para mensurar avanços na sua realização entre 2014 e 2020, fornece apenas uma série de conceitos, sem quaisquer dados.

De acordo com o texto (SÃO PAULO, 2022a) que apresenta a estratégia anteriormente mencionada, com o objetivo de garantir a gestão democrática, o Plano Diretor define instâncias e instrumentos de participação popular e controle social. O material destaca, ainda, que para assegurar o acompanhamento pela população do andamento das ações do Plano Diretor, todas as informações, como investimentos, projetos, licenciamentos, entre outras, deverão estar disponíveis em meio digital, de forma simples e clara para acesso do cidadão.

O texto que apresenta a estratégia "*Fortalecer a Participação Popular nas Decisões dos Rumos da Cidade*" traz tão somente os seguintes conceitos relacionados a participação popular na definição dos rumos do PDE:

> Fundo de Desenvolvimento Urbano (FUNDURB) - Composição paritária do Conselho Gestor do FUNDURB, responsável pela administração do fundo, com cinco representantes do Poder Público e cinco representantes da sociedade civil definidos pelos conselhos de política urbana, habitação, mobilidade urbana e meio ambiente;
>
> Conselho Municipal de Política Urbana (CMPU) - Definição da composição do CMPU, órgão responsável por estudar e propor diretrizes para implementação da Política Municipal de Desenvolvimento Urbano, com maioria de representantes da sociedade civil eleitos de forma direta;
>
> Conferência da Cidade - Regulamentação da Conferência Municipal da Cidade de São Paulo, a ser realizada a cada 3 anos, para que a sociedade possa avaliar, debater e propor mudanças para a política de desenvolvimento urbano;
>
> Conselhos Gestores - Previsão de Conselho Gestor paritário das Operações Urbanas Consorciadas (OUC), Áreas de Intervenção Urbana (AIU) e Concessões Urbanísticas, além de regulamentação da participação popular nos Conselhos Gestores das ZEIS, que tem como atribuição principal aprovar os Planos de Urbanização;
>
> Conselhos Participativos - Definição do papel dos Conselhos Participativos Municipais das Prefeituras Regionais nos processos de planejamento e monitoramento das ações locais, tais como Planos Regionais das Subprefeituras, Planos de Bairro e Projetos de Intervenção Urbana.
>
> Sistema de Monitoramento do PDE - Regulamentação do Sistema de Monitoramento com a participação da sociedade, disponibilizando documentos e informações sobre o processo de implementação do Plano, permitindo assim seu aprimoramento e controle social.

No entanto, no campo destinados aos indicadores da estratégia não há qualquer hiperlink para acompanhamento de como estão as ações para a criação, ou mesmo o desenvolvimento de trabalho de cada um dos itens acima, como por exemplo: Quantas e quando foram realizadas reuniões dos diferentes conselhos? Quando foram ou serão implantados esses conselhos? Quais as decisões tomadas pelos conselhos que já foram criados, ou

que já existiam antes da PDE e ganharam novo formato? Em suma, não há na estratégia subsídios para fazermos o acompanhamento de cada um dos itens apontados.

Também fontes de pesquisa para este capítulo, o ObservaSampa, Informes Urbanos e GeoSampa, plataformas de divulgação de estudos, análises e mapas da PMSP, não apresentam nenhum conteúdo relacionado, ainda que transversalmente, à gestão integrada e participativa.

Ambos os temas, gestão integrada e a participação social, são fundamentais para o êxito no que se considera desenvolvimento sustentável urbano. Lidar com sustentabilidade urbana requer, em especial, (i) comprometimento a longo prazo; (ii) estudos interdisciplinares, e (iii) perspectiva transversal de atuação; (iv) planejamento estratégico em detrimento a alguns setores – imobiliário, por exemplo – dada a desigualdade social instalada no país; (v) gestão integrada, pois trata-se de uma agenda, não bastando atender apenas a um ou outro item, sendo um coletivo de proposições; e a (vi) participação social é crucial para concretização deste planejamento estratégico de governança urbana.

Para Philippi Jr. e Maglio (2005), gestão ambiental é um processo político administrativo de responsabilidade do poder constituído destinado a, com a participação social, formular, implementar e avaliar políticas ambientais a partir da cultura, realidade e potencialidades de cada região em conformidade com os princípios do desenvolvimento sustentável. Assim, a gestão ambiental reveste-se de extensão e complexidade e deve ser tratada em seu contexto amplo, não se limitando a aspectos isolados (PHILIPPI JR.; ROMÉRO; BRUNA, 2004). Embora tais considerações tenham sido feitas com foco especialmente na gestão ambiental, podemos seguramente considerá-las à gestão urbana em sentido amplo, destacando a relevância da gestão integrada e da participação social para o alcance de seus objetivos.

A tarefa é 'multi', 'inter' e 'trans' disciplinar, e o gestor público, ao que vem demonstrando, não está preparado para trabalhar com o raciocínio em rede. E, mais ainda, é preciso fazer o casamento entre gestão e planejamento, longo prazo. No entanto, sob aspectos culturais enraizados na sociedade, tem-se que sair do coletivo representa ascensão social.

Para Silva (2012), o Plano Diretor extrapola o simples planejamento físico-territorial. É um plano geral que traz diretrizes, porém vai além destas, e tem por função sistematizar o desenvolvimento físico, econômico e social do território municipal, visando o bem-estar da população local. As melhores formas urbanas são onde se estabelece o equilíbrio de três forças:

econômica, estatal e social. Esse tripé sustentador precisa estar em equilíbrio. A construção de uma cidade melhor tem um efeito distributivo importante, em especial, na redução da desigualdade. Não há como atingir tal êxito sem a participação da sociedade nos processos formuladores e decisórios na gestão urbana.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Agenda 2030, em especial o ODS 11, traz metas corpulentas – com influência significativa na formação de políticas e práticas globais e locais – que podem ser estrategicamente usadas para promover e alcançar objetivos urbanísticos dignos. Igualmente neste contexto, o PDE traz em seus objetivos o conteúdo teórico necessário para o desenvolvimento urbano sustentável da cidade de cidade de São Paulo.

No entanto, o levantamento dos dados realizados neste estudo revela, na prática, pontos de tensão fundamentais que estas agendas de objetivos sejam consideradas integradas e exitosas, chamando a atenção, em especial, a (in)visibilidade das relações sociais e o acesso restrito da participação cívica.

O PDE define, dentre outros, instâncias e instrumentos de participação popular e controle social. Visando garantir a gestão democrática, para assegurar o acompanhamento pela população do andamento das ações de governança, todas as informações, como investimentos, projetos, licenciamentos, entre outras, deveriam estar disponíveis em meio digital, de forma simples e clara para acesso do cidadão. Conforme vimos neste estudo, tais informações não estão disponíveis, atualizadas, tampouco com a metodologia de cálculo utilizadas, impossibilitando mensurarmos os avanços dos objetivos estabelecidos no PDE. Nos quesitos gestão integrada e participação social, fundamentais para qualquer planejamento e desenvolvimento sustentável, não há sequer a eleição indicadores para monitoramento e aferição dos resultados obtidos.

Planejamento urbano é um processo que não se esgota com a edição de Planos. É um processo contínuo, amplo, de irrestrita participação da sociedade na elaboração, aplicação, controle e revisões destes Planos. Nesse sentido, a importância da eleição prévia de indicadores para monitoramento e aferição dos resultados obtidos, com publicidade e transparência, se faz crucial. Do contrário, concluímos que se busca, cada vez mais, um gerenciamento privado na cidade que atenda aos interesses de uma minoria privilegiada.

REFERÊNCIAS

AUST, H.P.; PLESSIS, A. (Eds.). *The Globalisation of Urban Governance:* Legal Perspectives on Sustainable Development Goal 11 (1st ed.). London: Routledge, 2018. https://doi.org/10.4324/9781351049269

BARROS, A. T. Governança ambiental da metrópole: análise das propostas de governança ambiental para a cidade de São Paulo nas eleições de 2016. *Polis Revista Latinoamericana*, n.52, 2019. Disponível em: https://journals.openedition.org/polis/17105#tocto1n2. Acesso em: 26 abr. 2022.

BONETTO, B. *Cidade saudável:* a relação entre planejamento urbano e saúde pública. 2017. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/876411/cidade-saudavel-a-relacao-entre-planejamento-urbano-e-saude-publica Acesso em: 07 maio 2022.

FAVARÃO, C. B.; COSTA, M. A. Governança e políticas nacionais urbanas: capacidade e desenvolvimento institucional. In: COSTA, M. A.; MAGALHÃES, M. T. Q.; FAVARÃO, C. B. (Orgs.). *A nova agenda urbana e o Brasil*: insumos para sua construção e desafios a sua implementação. Brasília: Ipea, 2018. p. 45-58.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Panorama das Cidades:* São Paulo, 2018. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/sao-paulo/panorama . Acesso em: 07 maio 2022.

NOVA AGENDA URBANA. Habitat 3. 2016. Disponível em: http://habitat3.org/the-new-urban-agenda. Acesso em: 27 abr. 2022.

ODS BRASIL – OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. 2020. Disponível: https://odsbrasil.gov.br/. Acesso em 26 abr. 2022.

PHILIPPI JR., A.; ROMÉRO, M. de A.; BRUNA, G. C. *Curso de gestão ambiental.* Barueri: Manole, 2004.

PHILIPPI JR., A.; MAGLIO I. C. Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos. In: PHILIPPI JR., A.; PELICIONE, M. C. F. (Ed.) *Educação ambiental e sustentabilidade*. Barueri-SP: Manole, 2005. p. 217-256.

SÃO PAULO. Lei Municipal nº 16.050, de 31 de julho de 2014. Plano Diretor Estratégico. Disponível em http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16050-de-31-de-julho-de-2014 Acesso em: 07 maio 2022.

SÃO PAULO. Lei Municipal nº 16.817, de 02 de fevereiro de 2018. Adota a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Na-

ções Unidas (ONU) como diretriz de políticas públicas em âmbito municipal e dá outras providências. Disponível em: http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16817-de-2-de-fevereiro-de-2018 Acesso em: 07 maio 2022.

SÃO PAULO. Monitoramento e Avaliação da Implementação do Plano Diretor Estratégico. 2022a. Disponível em: https://monitoramentopde.gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/ Acesso em: 24 de abril de 2022.

SÃO PAULO. Planos Regionais. 2022b. Disponível em: https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/planos-regionais/ Acesso em: 24 de abril de 2022.

SÃO PAULO. Observa Sampa. Observatório de indicadores da cidade de São Paulo. 2022c. Disponível em: http://observasampa.prefeitura.sp.gov.br/ Acesso em: 24 abr. 2022.

SÃO PAULO. Informes Urbanos. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano (SMDU). 2022d. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/urbanismo/dados_estatisticos/informes_urbanos/ Acesso em: 24 abr. 2022.

SÃO PAULO. GeoSampa. Mapa digital do município. 2022e. Disponível em http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br/ Acesso em: 07 maio 2022.

SILVA, J. A. *Direito urbanístico brasileiro*. 7. ed. São Paulo: Malheiros, 2012.

THORSTENSEN, V.; MOTA, C. R. *Governança pública e sustentabilidade*. Working Paper 537, Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas FGV EESP, 2020. Disponível em https://hdl.handle.net/10438/29721 Acesso em: 24 abr. 2022.

UN - UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. 2018 Revision of World Urbanization Prospects. New York: United Nations; 2018. Disponível em: http://esa.un.org/Unpd/Wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf Acesso em: 6 maio 2022.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Officials Records of the World Health Organization*. New York: WHO, 1948.

4 Gestão da drenagem urbana em Planos Diretores de cidades brasileiras

Debora Sotto
Arlindo Philippi Jr

INTRODUÇÃO

Problemas relacionados ao manejo das águas pluviais e a gestão da drenagem urbana incluem-se entre os maiores desafios de sustentabilidade enfrentados pelas cidades brasileiras.

Especialmente nas cidades de porte médio a grande, os processos de urbanização se deram e ainda se dão mediante o sacrifício dos rios e córregos urbanos, com a poluição de suas águas, utilizadas como canais de escoamento de águas pluviais e esgotos sem tratamento (SILVA-SÁNCHEZ; JACOBI, 2012). A ocupação das margens dos corpos d'água e dos fundos de vale por assentamentos urbanos formais e informais, a construção de vias de circulação sobre o leito canalizado dos rios e córregos e a intensa impermeabilização do solo contribuem para a ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações, que tendem a se agravar em função das mudanças climáticas (NOBRE et al., 2011). Para as cidades localizadas na zona costeira, a elevação do nível dos oceanos e a erosão costeira são fatores de agravamento dos problemas de drenagem urbana, com aumento do

risco de inundações, salinização dos aquíferos, sobrecarga do sistema de drenagem e risco de graves danos à infraestrutura de saneamento localizada na linha de costa (PBMC, 2016).

Segundo Buckeridge e Phillipi Jr. (2020, p. 143), as cidades são

> (...) sistemas adaptativos complexos cuja dinâmica depende de interações em forma de redes para funcionar. Assim como o ecossistema, uma cidade necessita de elementos básicos, como água, energia e materiais, e esse processo gera continuamente resíduos.

Nesse contexto, as águas pluviais, imprescindíveis à recarga dos mananciais e dos aquíferos e, consequentemente, para a sustentação da vida nas cidades, também operam como fatores de estresse e de choque, pois sobrecarregam infraestruturas e serviços que já operam ordinariamente no limiar de suas possibilidades, até serem interrompidos pela ocorrência de desastres naturais associados às chuvas, como é o caso dos alagamentos, inundações, enchentes, escorregamentos e deslizamentos.

Como afirmam Medeiros e Afonso (2017, p. 84),

> (...) as cidades precisam adaptar-se para se tornarem resilientes aos impactos ambientais, ou seja, precisam desenvolver a capacidade de voltar à forma e às características originais após passarem por processos que interferem em sua dinâmica.

Assim, sistemas adequados e eficientes de drenagem apresentam-se como elementos essenciais à promoção da resiliência urbana, compreendida como a capacidade das cidades de se manterem funcionando, independentemente dos fatores de estresse ou de choque que venham a enfrentar (THE ROCKEFELLER FOUNDATION; ARUP, 2015).

A DRENAGEM URBANA E O MANEJO DE ÁGUAS PLUVIAIS NO PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS CIDADES BRASILEIRAS

A drenagem urbana e o manejo de águas pluviais são definidos pela Política Nacional de Saneamento, com as alterações promovidas pela Lei Federal nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), como o conjunto das atividades, infraestrutura e instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, abrangendo o seu transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final bem como a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

Os equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais constituem a infraestrutura básica dos parcelamentos do solo urbano, juntamente com a iluminação pública, o esgotamento sanitário, o abastecimento de água potável, a energia elétrica pública e domiciliar e as vias de circulação, nos termos do artigo 2º, § 5º da Lei Federal nº 6.766/1979 (BRASIL, 1979).

De maneira semelhante, as soluções de drenagem constituem a infraestrutura essencial a ser necessariamente implementada em projetos de regularização fundiária urbana, juntamente com o sistema de abastecimento de água potável, coleta e tratamento de esgoto e rede de energia elétrica domiciliar, de acordo com o disposto no artigo 36, §1º da Lei Federal nº 13.465/2017 (BRASIL, 2017).

Reconhecendo o papel fundamental desempenhado pelo sistema de drenagem urbana na prevenção e mitigação de desastres naturais, a Lei Federal nº 12.608/2012 (BRASIL, 2012), que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, acrescentou ao texto da Lei nº 10.237/2001, Estatuto da Cidade, (BRASIL, 2001) o artigo 42-A, impondo aos municípios incluídos no cadastro nacional de áreas suscetíveis à ocorrência de desastres a obrigação de incluir em seus Planos Diretores as medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres.

De acordo com o relatório Perfil dos Municípios Brasileiros (IBGE, 2017), os desastres naturais que se relacionam mais proximamente a problemas de drenagem urbana são os alagamentos, mas deficiências no sistema de drenagem urbana e excessiva impermeabilização do solo também concorrem para ocorrência de enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas e escorregamentos ou deslizamentos. O Quadro 1 apresenta os dados atinentes à ocorrência dessas quatro modalidades de desastres nos municípios brasileiros, no período de 2013 a 2016.

Segundo alertam Cruz, Souza e Tucci (2007), os sistemas de drenagem das cidades brasileiras são em sua maioria de tipo combinado, ou seja, recebem contribuição de esgoto domiciliar além das águas pluviais, o que torna os alagamentos um grave problema de saúde pública, pela possibilidade de disseminação de doenças.

Diante desse quadro, o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima, de 2016, contemplou entre as medidas de adaptação da Estratégia de Cidades: o fortalecimento de ações de drenagem urbana sustentável voltadas à redução das enchentes e inundações; adequação de canais para a redução da velocidade de escoamento, sistemas de drenagem por infiltração; considerando obras e serviços que visem à implementação de reservatórios de amortecimento de cheias; implantação de parques fluviais, recuperação de várzeas e renaturalização de fundos de vale; ações de caráter comple-

mentar, com a recomendação de que essas ações observem, sempre que possível, princípios de Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) (BRASIL, 2016). As intervenções mais frequentes na gestão de drenagem urbana das cidades brasileiras envolvem obras de infraestrutura cinza, bastante dispendiosas, de difícil manutenção e alto impacto (CARVALHO, 2015). Como explana Souza (2013), ainda predomina no Brasil uma concepção de sistemas de drenagem baseada exclusivamente na eficiência hidráulica dos condutos, de modo que técnicas e abordagens mais integradoras desenvolvidas no meio acadêmico, com foco na bacia hidrográfica e nos impactos da urbanização sobre os processos naturais, não foram devidamente apropriadas pelos técnicos municipais e tomadores de decisão.

Quadro 1 - Distribuição dos desastres relacionados a problemas de drenagem no período de 2013 a 2016, por número de municípios atingidos e tipo de área atingida

Tipo de Desastre (2013 – 2016)	Número de Municípios atingidos	Distribuição dos desastres conformea área atingida*		
Enchentes	1515	32,7% em áreas não usualmente inundáveis	32,7% em áreas de ocupação irregular	35,3% em áreas com enchentes
Enxurradas	1590	35,3% em áreas não usualmente inundáveis	35,1% em áreas de ocupação regular	29,8% em áreas de ocupação irregular
Escorregamento ou deslizamento	833	61,9% em áreas de taludes e encostas sujeitas a deslizamentos	39,5% em áreas com ocupações irregulares	35,5% em áreas sem infraestrutura de drenagem
Alagamentos	1729	Nada consta		

*A soma de percentuais é superior a 100% (cem por cento) pois algumas ocorrências atingiram mais de um tipo de área.

Fonte: IBGE (2017)

Não obstante, soluções de drenagem mais integradas e focadas na conformação natural das bacias e sub bacias urbanas têm sido paulatina-

mente introduzidas na cultura do planejamento e gestão urbanos no Brasil, abrindo a oportunidade para a implementação de infraestruturas verdes e soluções baseadas na natureza, em alinhamento aos princípios de AbE.

Brink et al. (2016, p. 113) definem a AbE como "o uso das oportunidades de gestão sustentável, conservação e restauração de ecossistemas para fornecer serviços que permitam às pessoas se adaptar aos impactos das mudanças climáticas". As soluções baseadas na natureza são técnicas que "usam, ou simulam, processos naturais a fim de contribuir para o aperfeiçoamento da gestão da água", podendo envolver "a conservação ou a reabilitação de ecossistemas naturais e/ou o desenvolvimento de processos naturais em ecossistemas modificados ou artificiais" (UN WATER, 2018, p. 2).

A infraestrutura verde, por sua vez, como explicam Herzog e Rosa (2010, p. 98), consiste em "intervenções de baixo impacto na paisagem e alto desempenho com espaços multifuncionais e flexíveis, que possam exercer diferentes funções ao longo do tempo", conjugando vegetação (elementos verdes) e recursos hídricos (elementos azuis), no intuito de "adaptar e regenerar o tecido urbano de modo a torná-lo resiliente aos impactos causados pelas mudanças climáticas e também preparar para uma economia de baixo carbono".

Uma modalidade de infraestrutura verde já razoavelmente difundida nas cidades brasileiras é a implementação de parques-lineares ao longo das margens dos rios e córregos urbanos. Trata-se de espaços efetivamente multifuncionais, capazes de conjugar preservação ambiental, proteção da biodiversidade, promoção do lazer e da recreação com a absorção natural das cheias sem danos ou perdas materiais e humanos (ANDRADE; FERREIRA, 2012).

ANÁLISE DAS DISPOSIÇÕES SOBRE DRENAGEM URBANA NOS PLANOS DIRETORES DE DEZ CIDADES BRASILEIRAS

Objeto da investigação e metodologia empregada

Considerando a importância da drenagem urbana e do manejo das águas pluviais para o planejamento e gestão das cidades brasileiras, supõe-se que os Planos Diretores, na condição de instrumentos básicos da política de desenvolvimento urbano no Brasil, tragam provisões sobre a prestação desses serviços e sua distribuição no território municipal, sobretudo para as cidades incluídas no cadastro de áreas suscetíveis a desastres e portanto,

submetidas ao monitoramento pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN).

No intuito de verificar se e de que maneira os Planos Diretores tratam da prestação dos serviços de drenagem urbano e manejo de águas pluviais, este estudo compreendeu à análise do texto dos Planos Diretores de cinco cidades brasileiras grandes, com população acima de 500 mil habitantes, e cinco cidades médias, com população entre 100.000 e 500.000 habitantes, distribuídas em todas as regiões do país.

As dez cidades investigadas são objeto de um projeto de pesquisa desenvolvido entre os anos de 2019 e 2021 no Centro de Síntese USP Cidades Globais no Instituto de Estudos Avançados da USP, com a supervisão do Prof. Arlindo Philippi Jr, sob o tema "Planejamento Urbano e Resiliência no Brasil: técnicas, estratégias, instrumentos e indicadores para cidades resilientes e sustentáveis".

Dado o enfoque da pesquisa na promoção da resiliência urbana, as dez cidades, indicadas na Tabela 1, foram selecionadas com base nos seguintes critérios: (a) inclusão na lista de Municípios monitorados pelo CEMADEN; (b) população municipal vivendo em áreas de risco, conforme o levantamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)/CEMADEN; (c) participação em pelo menos uma rede internacional de cidades ou ação de cooperação descentralizada com enfoque em resiliência urbana.

Tabela 1 - Características essenciais dos Municípios investigados

Município	População Censo 2010	População estimada (2019)	Domicílios em risco (2018)	População em risco (2018)	Monitorado CEMADEN?	Inserção em rede internacional ou ação de cooperação descentralizada para resiliência
Cuiabá - MT	551.098	612.547	277	970	Não	UNDRR_Cidades Resilientes
Florianópolis - SC	421.240	500.973	6.780	23.105	Sim	UNDRR_Cidades Resilientes. ICES BID
Manaus - AM	1.802.014	2.182.763	13.782	55.851	Sim	UNDRR_Cidades Resilientes
Niterói - RJ	487.562	513.584	11.347	33.822	Sim	UNDRR_Cidades Resilientes
Porto Alegre - RS	1.409.351	1.483.771	3.205	10.706	Sim	UNDRR_Cidades Resilientes. 100 Resilient Cities
Rio Branco - AC	336.038	407.319	9.382	33.767	Não	UNDRR_Cidades Resilientes

Município	População Censo 2010	População estimada (2019)	Domicílios em risco (2018)	População em risco (2018)	Monitorado CEMADEN?	Inserção em rede internacional ou ação de cooperação descentralizada para resiliência
Salvador - BA	2.675.656	2.872.347	385.191	1.217.527	Sim	100 Resilient Cities
São Paulo - SP	11.253.503	12.252.023	209.386	674.329	Sim	UNDRR_Cidades Resilientes
Sobral - CE	188.233	208.935	2.716	10.494	Sim	CAF – Banco de Desenvolvimento da América Latina
Três Lagoas - MS	101.791	121.388	465	1.478	Sim	ICES BID

Fontes: Adaptado de IBGE (2010), CEMADEN (2019), UNDRR (2018), BID (2018), Fundação Rockefeller (2019) e CAF (2019)

Os critérios utilizados na escolha das cidades, conexos a vulnerabilidades frente a desastres e ao engajamento em redes de cooperação para a resiliência, favorecem a investigação sobre o regramento da drenagem urbana nos Planos Diretores, visto que a drenagem e o manejo de águas pluviais são serviços essenciais à qualidade ambiental urbana e à preparação das cidades para enfrentamento e remediação de fatores de choque e stress.

É certo que a presença de população residente em áreas de risco de desastres decorre de múltiplos fatores sociais, econômicos e ambientais, que concorrem para a maior vulnerabilidade e exposição dessas populações para além das questões estritamente relacionadas à drenagem urbana. Mencione-se, a título de exemplo, o Índice de Vulnerabilidade Urbana (IVU), desenvolvido por Perez et al. (2020) para medir a vulnerabilidade e exposição dos Municípios Brasileiros a desastres hidrometeorológicos, composto por dados atinentes à adequabilidade dos domicílios, disponibilidade de serviços de saneamento (água, esgoto e lixo), renda, e qualidade dos serviços de saúde e educação pública no Município.

Importa apontar que todas as dez cidades investigadas neste estudo, com exceção apenas de Sobral, no Ceará, acusaram a ocorrência de desastres relacionados a problemas de drenagem urbana no período compreendido entre os anos de 2013 e 2016, como especificado na Tabela 2.

Realizou-se, assim, um estudo de casos múltiplos, abrangendo **pesquisa bibliográfica**, com levantamento da literatura relevante existente nas diferentes disciplinas de interesse, **pesquisa documental**, com o levanta-

mento de dados junto aos repositórios oficiais de informação de caráter nacional, regional e local e bases de dados digitais, seguida pela **análise qualitativa** dos Planos Diretores das dez cidades investigadas, especificados na Tabela 3.

Tabela 2 - Ocorrência de desastres relacionados a drenagem no período de 2013 a 2016

Município	Alagamentos	Enchentes ou inundações graduais	Enxurrada ou inundação brusca	Deslizamentos
Cuiabá	Sim	Sim	Não	Não
Florianópolis	Sim	Não	Sim	Sim
Manaus	Sim	Sim	Sim	Sim
Niterói	Sim	Não	Não	Sim
Porto Alegre	Sim	Sim	Sim	Não
Rio Branco	Sim	Sim	Sim	Sim
Salvador	Sim	Sim	Sim	Sim
São Paulo	Sim	Sim	Não sabe	Sim
Sobral	Não	Não	Não	Não
Três Lagoas	Sim	Não	Sim	Não

Fonte: IBGE (2017).

Tabela 3 - Relação de Planos Diretores

Município	Plano Diretor	Adequado ao Estatuto da Cidade?
Cuiabá	Lei Complementar nº 150 de 29 de janeiro de 2007	Sim
Florianópolis	Lei Complementar nº 482, de 17 de janeiro de 2014	Sim
Manaus	Lei Complementar nº 2, de 16 de janeiro de 2014	Sim
Niterói	Lei nº 3.385, de 3 de junho de 2019	Sim
Porto Alegre	Lei Complementar nº 434, de 1º de dezembro de 1999	Sim
Rio Branco	Lei nº 1611, de 27 de outubro de 2006	Sim
Salvador	Lei nº 9.069, de 30 de junho de 2016	Sim
São Paulo	Lei nº 16.050, de 31 de julho de 2014	Sim
Sobral	Lei Complementar nº 28, de 15 de dezembro de 2008	Sim
Três Lagoas	Lei nº 2.083, de 28 de setembro de 2006	Sim

Cumpre nesse ponto observar que, dentre os Planos Diretores analisados, cinco são Planos Diretores de primeira geração, ou seja, editados no período dos dez primeiros anos de vigência do Estatuto da Cidade, a saber, os Planos Diretores de Cuiabá, Porto Alegre, Rio Branco, Sobral e Três Lagoas. Os cinco Planos Diretores restantes examinados no estudo, dos municípios de Florianópolis, Manaus, Niterói, Salvador e São Paulo, pertencem já a uma segunda geração de Planos Diretores editados na segunda década de vigência do Estatuto da Cidade.

Os textos dos Planos Diretores, colecionados em formato Portable document File (PDF) com Optical Character Recognition[1] (OCR), foram submetidos à análise qualitativa com o *software* NVivo, uma modalidade de Computer Assisted Qualitative Data Analysis[2] (CAQDAS).

Como apontam de Paula, Viali e Guimarães (2016, p. 67), o uso de CAQDAS como ferramenta para análise qualitativa traz como vantagens "maior agilidade e profundidade oferecida ao apresentar os resultados destas escolhas. E é essa agilidade que gera esperanças de obter melhores resultados provenientes da coleta de dados realizada para a pesquisa".

Cada cidade investigada constituiu, no âmbito do NVivo, um "Caso". Os Planos Diretores, classificados para cada "Caso", foram submetidos a buscas de palavras-chave atinentes à drenagem urbana, com os pertinentes conectores: [drenagem OR permeáv* OR permeabili* OR pluvi*]. Na busca de palavras, foi utilizado o recurso de contexto estrito, de modo que as palavras mediata e imediatamente adjacentes às palavras-chave também foram codificadas. As referências assim codificadas foram analisadas textualmente uma a uma, para exclusão de expressões ambíguas ou com conotações distintas das pretendidas e construção de um panorama geral sobre as previsões de cada Plano Diretor sobre drenagem urbana.

Resultados gerais

Foram localizadas referências a medidas de drenagem e manejo de águas pluviais em todos os Planos Diretores investigados, como demonstra a Figura 1.

A busca de frequência de palavras realizada no conjunto de referências codificadas permitiu formar uma nuvem de palavras, colecionando as 30 palavras de uso mais frequentes, com extensão mínima de quatro caracteres, excluídas as chamadas palavras-vazias, como artigos, pronomes e preposições.

1 Reconhecimento ótico de caracteres.

2 Programa de análise qualitativa de dados assistida por computador.

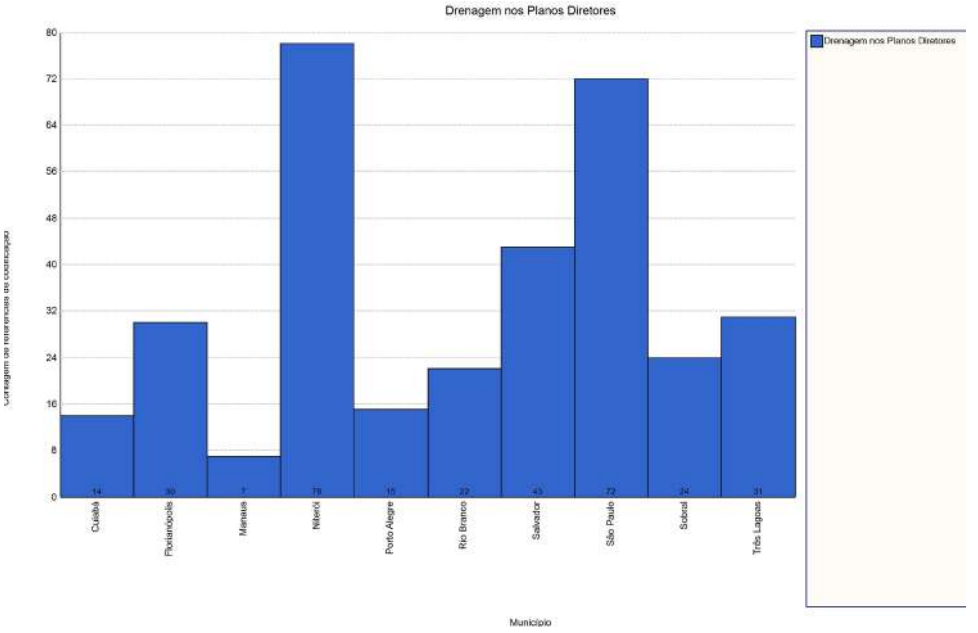


Figura 1 - Número de referências a Drenagem nos Planos Diretores

Fonte: Elaborado pelos autores no *software* NVivo

Figura 2 - Nuvem de Palavras. Referências codificadas para Drenagem nos Planos Diretores.

Fonte: Elaborada pelos autores no *software* NVivo

A Figura 2 demonstra que, em harmonia com o prescrito pelo Estatuto da Cidade, pela Lei Federal nº 6766/1979 (que dispõe sobre as normas

gerais de parcelamento do solo urbano) e pela Lei Federal nº 13.465/2017 (que trata da regularização fundiária rural e urbana), os Planos Diretores tratam a drenagem e o manejo de águas pluviais como infraestrutura urbana básica ou essencial, juntamente com as redes de distribuição de água e energia e de coleta de esgoto e resíduos (BRASIL, 1979; 2017).

Não apenas isso, a presença de palavras como "solo", "ocupação", "saneamento", "esgoto", "esgotamento", "resíduos", "bacias", "verdes", "parques" e "mobilidade" aponta que os Planos Diretores trazem alguma forma de articulação das ações de drenagem e manejo de águas pluviais com as políticas municipais de saneamento, recursos hídricos e gestão de resíduos sólidos, assim como com a política ambiental, de mobilidade e de ordenação do uso e ocupação do solo urbano. Importante observar nesse ponto que a integração das políticas locais de uso, ocupação e conservação do solo, meio ambiente e saneamento básico com a gestão da água é uma das diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos, regulada pela Lei Federal nº 9.433/1997 (BRASIL, 1997). Como os Planos promovem essa articulação e se esta redunda efetivamente em uma integração de políticas é algo que depende da investigação mais detalhada dos textos de cada Plano.

A análise apurada das referências codificadas em cada Plano Diretor permitiu traçar um panorama geral das medidas de drenagem prescritas em cada documento, sintetizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Comparação das principais medidas de drenagem previstas nos Planos Diretores

Plano Diretor	Plano de Drenagem	Contenção de águas pluviais (infraestrutura cinza)	Preservação e recuperação de áreas de drenagem	Infraestrutura Verde	Desvinculação das redes de esgoto e drenagem
Cuiabá	Específico	Sim	Sim	Parques lineares	Sim
Florianópolis	Específico	Sim	Sim	Parques, praças e áreas de lazer	Nada consta
Manaus	Atrelado a saneamento	Nada consta	Sim	Nada consta	Nada consta
Niterói	Específico	Sim	Sim	Soluções de infraestrutura verde	Sim
Porto Alegre	Atrelado a saneamento	Sim	Nada consta	Nada consta	Nada consta

Plano Diretor	Plano de Drenagem	Contenção de águas pluviais (infraestrutura cinza)	Preservação e recuperação de áreas de drenagem	Infraestrutura Verde	Desvinculação das redes de esgoto e drenagem
Rio Branco	Nada consta	Sim	Nada consta	Parques lineares	Nada consta
Salvador	Específico	Sim	Sim	Parques lineares	Sim
São Paulo	Específico	Sim	Sim	Parques lineares	Sim
Sobral	Específico	Sim	Sim	Corredores de integração ecológica	Sim
Três Lagoas	Específico	Sim	Nada consta	Nada consta	Nada consta

Todos os Planos Diretores examinados contemplam a elaboração de um Plano de Drenagem, autônomo ou associado ao Plano Municipal de Saneamento, com exceção de Rio Branco, município não incluído na lista de monitoramento pelo CEMADEN e portanto, desobrigado da inclusão de medidas de drenagem voltadas à prevenção de desastres, nos termos do artigo 42-A, inciso IV do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001).

É importante destacar que Cuiabá também não foi incluído na lista de monitoramento do CEMADEN mas apresenta medidas de drenagem detalhadas em seu Plano Diretor, editado no ano de 2007 e com caráter bastante progressista e inovador em relação a outros Planos Diretores de primeira geração examinados neste estudo.

Cumpre destacar que a previsão de elaboração de planos de drenagem urbana pela quase totalidade dos Planos Diretores examinados neste estudo é uma constatação bastante positiva. A elaboração dos chamados "Planos Diretores de Drenagem Urbana" é uma providência essencial para a implementação do manejo sustentável das águas pluviais urbanas, uma vez que estes permitem criar mecanismos de gestão da infraestrutura de drenagem de modo a evitar perdas econômicas e promover a melhoria da saúde e do meio ambiente da cidade (TUCCI, 2003, p. 20).

A medida de drenagem urbana uniformemente mais contemplada pelos Planos, com exceção de Manaus, é a retenção de águas pluviais por meio de reservatórios e elementos similares. A implementação de soluções

de drenagem por meio de infraestrutura verde, é contemplada por sete dos dez Planos Diretores examinados, com especial ênfase em parques lineares. Apenas os Planos Diretores de Manaus, Porto Alegre e Três Lagoas não trouxeram previsões explícitas nesse campo.

A preservação e recuperação de áreas de interesse em drenagem, como margens de corpos d'água, cabeceiras de drenagem, fundos de vale e planícies fluviais, também é uma medida contemplada em sete dos dez Planos Diretores examinados, com exceção de Porto Alegre, Rio Branco e Três Lagoas. Por fim, a previsão expressa da desvinculação das redes de esgoto e drenagem, medida importante para a despoluição das bacias e sub bacias urbanas, constou apenas dos Planos Diretores de Cuiabá, Niterói, Salvador, São Paulo e Sobral.

Entre todos os Planos Diretores examinados, os Planos Diretores de Niterói, Salvador e São Paulo propuseram os quadros normativo-institucionais mais abrangentes para a drenagem urbana e o manejo de águas pluviais, mediante intensa articulação com a gestão ambiental, de recursos hídricos, regularização de assentamentos precários, prevenção de desastres e mudanças climáticas.

Panorama do quadro normativo-institucional da drenagem urbana nos Planos Diretores analisados

Cuiabá

O Plano Diretor de Cuiabá dedica toda uma Seção ao estabelecimento de diretrizes para a Área de Saneamento e Drenagem. Determina, em curto prazo, a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, com implementação a médio prazo, priorizando as seguintes medidas: implantação de um sistema de monitoramento, controle e prevenção contra enchentes e inundações; ampliação, em médio prazo, da capacidade de escoamento da rede existente nos pontos subdimensionados; desenvolvimento de projetos de drenagem que considerem a circulação de pedestres e pessoas com mobilidade reduzida, a paisagem urbana e o uso para atividades de lazer; prevenção de inundações, controlando a erosão, especialmente em movimentos de terra, o transporte e a deposição de resíduos. Quanto à gestão do serviço de drenagem urbana, o Plano Diretor determina que a empresa municipal de saneamento promova a desvinculação da rede de drenagem de águas pluviais da rede de esgoto, medida fundamental para a despoluição dos corpos d'água.

Visando assegurar recursos financeiros para o setor de drenagem, o Plano Diretor determina a alocação de dotação orçamentária anual para serviços de limpeza e desobstrução da rede urbana de drenagem. Em conexão com a legislação de uso e ocupação do solo, o Plano Diretor traz o coeficiente de permeabilidade, correspondente à relação entre a área mínima permeável a ser mantida e a área do próprio lote, como parâmetro urbanístico para gestão de drenagem. Determina, ainda, que na oportunidade de revisão da lei de uso e ocupação do solo, seja definido um sistema de retenção de águas pluviais em lotes a serem edificados, visando à recarga de aquíferos e à redução da sobrecarga em galerias pluviais. A política de drenagem conecta-se, também, com a política ambiental, por meio da diretriz de preservação e recuperação das áreas de drenagem, principalmente as várzeas, faixas sanitárias e fundos de vale e pela prescrição de mecanismos de fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem, tais como parques lineares, área de recreação e lazer, hortas comunitárias e manutenção da vegetação nativa. Por fim, em conexão à política de mobilidade urbana, o Plano determina o condicionamento da pavimentação de vias à execução de obras de drenagem, segundo estudos técnicos preliminares e mediante a fiscalização de órgãos públicos.

Florianópolis

O Plano Diretor de Florianópolis propõe, fundamentalmente, a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana como um dos instrumentos de planejamento das ações de saneamento básico no Município. Determina, como princípios da Política Municipal Integrada de Saneamento Básico, a introdução de conceitos de absorção, retenção e detenção, nos projetos de drenagem urbana, nas áreas privadas e públicas; a preservação e recuperação das áreas de interesse para a drenagem, tais como várzeas, fundos de vale, faixas sanitárias dos cursos de água, áreas sujeitas a inundações e cabeceiras de drenagem; e a compatibilização de áreas de interesse para a drenagem com usos de parques, praças e áreas de recreação. Por fim, o Plano Diretor define em detalhes as condições necessárias para a configuração de áreas permeáveis nos lotes, articulando tecnologias alternativas para a gestão de águas pluviais e elegendo a Taxa de Impermeabilização Máxima do lote como parâmetro de controle. Finalmente, como medida de prevenção e remediação dos riscos decorrentes da elevação do nível do oceano, o Plano Diretor determina que, nas áreas com risco de intrusão salina e contaminação de aquíferos, todas as pistas de rolamento, à exceção das vias de trânsito rápido, arteriais, coletoras e ciclovias, sejam construídas em materiais que assegurem sua permeabilidade.

Manaus

O Plano Diretor de Manaus determina que a drenagem urbana seja regulada por um Plano de Saneamento e Drenagem, que estabelecerá diretriz para as ações dos organismos públicos e privados, inclusive concessionários, responsáveis pelos serviços públicos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem de águas pluviais e gerenciamento dos resíduos sólidos. Há, no Plano Diretor, a preocupação de coordenar as ações de drenagem estruturadas pelo Plano de Saneamento e Drenagem com outros planos e programas municipais, em especial, o Plano de Proteção das Margens dos Cursos d'Água, que deverá ter um cronograma de intervenções compatível com o cronograma definido pelo Plano de Saneamento. Ambos os Planos atinentes à proteção das margens dos cursos d'água e de saneamento poderão prever a implantação de Zonas de Proteção Ambiental nas margens dos cursos d'água, prioritariamente com áreas verdes remanescentes significativas, nos termos do Código Ambiental de Manaus. O monitoramento das bacias de drenagem sob jurisdição municipal, objeto do Programa de Gestão dos Recursos Hídricos, poderá se desenvolver mediante a articulação intra e interinstitucional com instituições de ensino e pesquisa. O Plano Diretor prevê também a articulação das ações de drenagem urbana com a política de mobilidade, mediante a regulação, pelo Programa de Melhoria da Circulação e Acessibilidade Urbana, de medidas de adequação e ampliação das redes de serviços urbanos que interfiram na qualidade de circulação nas vias, incluindo os sistemas de drenagem.

Niterói

O novíssimo Plano Diretor de Niterói, aprovado em junho de 2019, é semelhante em estrutura ao Plano Diretor de Salvador de 2016 e ao Plano Diretor de São Paulo de 2014, todos com provisões analíticas e detalhadas sobre o manejo de águas pluviais e a drenagem urbana. Para fins de gerenciamento ambiental do território e de manejo das águas pluviais, o Plano Diretor de Niterói divide o território do Município em bacias e sub bacias hidrográficas e propõe a estruturação de Programas visando a Revitalização de Bacias Hidrográficas e a Recuperação Ambiental de Fundos de Vale. Ambos os programas deverão ser executados mediante a articulação de ações de saneamento, drenagem, implantação de parques lineares e urbanização de favelas. Autoriza, ainda, a demarcação de Zonas de Especial Interesse Ambiental - ZEIA para a proteção e preservação de planícies aluviais, anfiteatros e vales encaixados associados às cabeceiras de drenagem e outras ocorrências de fragilidade geológica e geotécnica.

Na área de saneamento, o Plano Diretor de Niterói prevê, como elementos a compor o conteúdo mínimo do Plano Municipal de Saneamento Ambiental Integrado, o estabelecimento de metas de curto, médio e longo prazo, bem como a elaboração de propostas para garantir a sustentabilidade, eficiência e boa qualidade urbana e ambiental para todos os serviços de saneamento. Para garantir a proteção dos ecossistemas aquáticos, da saúde humana e da balneabilidade das praias, o Plano Diretor estabeleceu, como uma das diretrizes do sistema de esgotamento sanitário, a eliminação dos lançamentos de esgotos nos cursos d'água e no sistema de drenagem e de coleta de águas pluviais.

Especificamente quanto à drenagem, o Plano Diretor de Niterói determinou a elaboração de um Plano Diretor de Manejo das Águas Pluviais e Drenagem Urbana, articulado com as demais políticas municipais, compreendendo mecanismos estruturais e não-estruturais de gestão da infraestrutura de drenagem urbana com ênfase em soluções baseadas na natureza e tipologias de infraestrutura verde. São conteúdos mínimos deste Plano Diretor de Drenagem: plano de gestão, com estruturação de entidade específica para o planejamento e gestão do sistema de drenagem; programa de bacias; diagnóstico dos sistemas de drenagem e estabelecimento de metas de curto, médio e longo prazo. São apontados como produtos principais esperados: a regulamentação da drenagem em novos empreendimentos; planos de controle estrutural e não-estrutural para os impactos nas bacias urbanas; manual de manejo de águas pluviais e drenagem urbana; e mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações, com aprimoramento dos sistemas de alerta e de emergência.

O Plano Diretor de Niterói traz, de maneira bastante inovadora, uma série de medidas atinentes ao enfrentamento das mudanças climáticas, prevendo inclusive a elaboração de um Plano Municipal de Resiliência Frente às Mudanças do Clima, com medidas como preservação e recuperação das áreas com interesse para drenagem; ampliação da área permeável nas vias públicas e divulgação à população sobre a importância da permeabilidade do solo. Ainda no âmbito climático, o Plano Diretor traça uma série de diretrizes para a melhoria do clima local, entre elas, a ampliação de áreas verdes e permeáveis no tecido urbano. Por fim, para oportuna revisão da lei de parcelamento, uso e ocupação do solo, o Plano Diretor prescreve o estabelecimento de parâmetros e mecanismos relacionados à drenagem das águas pluviais que evitem a sobrecarga das redes, alagamentos, inundações e enchentes e o estímulo ao aproveitamento dos lotes com áreas permeáveis, tetos verdes, instalações de cogeração e energias renováveis. Prevê adicionalmente que a futura lei de parcelamento, uso e ocupação do

solo deverá estabelecer parâmetros qualificadores do meio ambiente, relacionados à vegetação e à permeabilidade do solo, que contribuam tanto para a melhoria da drenagem como para a atenuação das alterações do microclima e biodiversidade. Determina ainda que lei específica criará, em até 3 anos, incentivos fiscais para estimular as construções sustentáveis, tais como o IPTU Verde, destinados a apoiar a adoção de técnicas construtivas voltadas ao aumento da permeabilidade do solo e da cobertura vegetal, à racionalização do uso de energia e água, gestão sustentável de resíduos sólidos, entre outras práticas.

Porto Alegre

O Plano Diretor de Porto Alegre prevê, como um dos elementos da estratégia de qualificação ambiental do Município, a elaboração de um Plano de Gestão Ambiental, consolidando diretrizes gerais de atuação a partir dos planos de proteção ambiental, drenagem, abastecimento de água, esgotamento sanitário, gerenciamento de resíduos sólidos e de energia, para qualificação de soluções e redução de custos operacionais no âmbito das bacias hidrográficas. O Plano Diretor prevê ainda a elaboração, pelo Poder Executivo, de um Macroplano de Saneamento e Drenagem, sem detalhar o seu conteúdo. Há, ainda, a menção da possibilidade de implementação de bacias de contenção de águas pluviais em áreas de praças e logradouros do Município. As demais disposições do Plano Diretor atinentes à drenagem são conexas ao estabelecimento de parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo. Elege-se a Área Livre Permeável (ALP) como o parâmetro urbanístico voltado à promoção da drenagem urbana no lote. Ainda, nas zonas identificadas como problemáticas quanto à drenagem urbana, a critério do órgão técnico competente, o Plano Diretor prescreve que deverão ser construídos, nos lotes edificados, reservatórios de retenção de águas pluviais.

Rio Branco

De todas as dez cidades investigadas neste estudo, Rio Branco, ao lado de Cuiabá, é uma das poucas a não integrar a lista de Municípios monitorados pelo CEMADEN, estando assim desobrigada a contemplar, em seu Plano Diretor, medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres, conforme o artigo 42-A do Estatuto da Cidade. Assim, o Plano Diretor de Rio Branco é o único entre os Planos Diretores examinados neste estudo a não prever a elaboração de uma plano setorial de drenagem urbana e a não conferir à matéria um tratamento

sistemático, apesar de possuir população residente em área de risco e ter registrado ocorrências de desastres naturais conexos a problemas de drenagem urbana no período de 2013 a 2016.

O Plano Diretor de Rio Branco traz algumas disposições de parcelamento, uso e ocupação do solo voltadas ao manejo de águas pluviais e drenagem, tais como o estabelecimento da Taxa de Permeabilidade (TP) como um parâmetro urbanístico de controle da drenagem do lote, admitindo a utilização de forração com material ou vegetação de permeabilidade igual ou superior à do solo natural e exigindo a construção de reservatório de retardamento de escoamento de águas pluviais nos empreendimentos em que a taxa de permeabilidade mínima não for atingida. Exige, ainda, a previsão de reservatórios de reaproveitamento de águas pluviais no interior de empreendimentos de maior porte, conforme regulamentação por lei específica.

O Plano Diretor admite, a critério da autoridade licenciadora e do órgão ambiental competente, a transposição de Áreas de Preservação Permanente (APP) para a implantação e manutenção de sistemas de drenagem de águas pluviais e outras obras, desde que a intervenção seja de baixo impacto ambiental e não descaracterize a totalidade da APP. Há, por fim, menção à implantação de parques lineares como medida de proteção às áreas de preservação e à rede de drenagem natural e a previsão de que os Planos de Urbanização de Áreas de Especial Interesse Social compreendam, entre outras medidas, projetos e intervenções de drenagem de águas pluviais e estabilização de margens de córregos.

Salvador

Por Salvador ser a cidade brasileira com o maior número de pessoas residentes em área de risco no Brasil, de acordo com o levantamento feito pelo IBGE em parceria com o CEMADEN em 2018, seu Plano Diretor, coerentemente, dedica-se em detalhe à integração e articulação das ações de drenagem e manejo de águas pluviais, preservação ambiental, saneamento e recursos hídricos, com a regularização de assentamentos precários (IBGE; CEMADEN, 2018).

Diversamente do Plano Diretor de Niterói, que já delimita em seu próprio texto as bacias e sub-bacias hidrográficas urbanas, o Plano Diretor de Salvador prevê a delimitação das bacias hidrográficas e de drenagem compreendidas no território do Município em curto prazo pelo Poder Executivo, e estabelece as bacias hidrográficas como unidades de planejamento, informação e gestão ambiental em favor da integração das políticas, planos e ações municipais e intergovernamentais pertinentes às águas urbanas, inclusive drenagem urbana. Outro elemento territorial relevante

para a estruturação e articulação dessas diferentes políticas setoriais é a Rede Hídrica Estrutural do Município de Salvador, constituída pelos cursos d'água e fundos de vale, eixos ao longo dos quais devem ser propostas intervenções urbanas para recuperação urbanística e ambiental nas diferentes macrozonas e macroáreas, envolvendo intervenções em drenagem, recomposição de vegetação, saneamento básico e urbanização de assentamentos precários, além de áreas para o convívio da população moradora nas suas imediações.

Especificamente para a drenagem urbana, o Plano Diretor de Salvador aponta princípios, diretrizes e objetivos prioritários para o Sistema de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais no Município e prevê a elaboração de um Plano Municipal de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, além da formatação de um cadastro físico das redes de infraestrutura, modelagem hidrológica, cartas geotécnicas e manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais. Na configuração do Plano Diretor de Drenagem Urbana há especial enfoque na adoção de medidas estruturantes de prevenção de inundações, controle e fiscalização da ocupação de áreas de risco e APPs, criação de parques lineares e recuperação de áreas de interesse para drenagem, implantação de valas de infiltração gramadas e reservatórios de contenção de cheias articulados a áreas de lazer, e manutenção e monitoração preventiva e periódica das infraestruturas, seguindo as orientações do Plano Preventivo de Defesa Civil e do Plano Municipal de Saneamento Básico. Destaca-se, por fim, tal como no Plano Diretor de Niterói, a garantia do manejo adequado de resíduos sólidos e dos efluentes de esgotos e das águas pluviais visando garantir a balneabilidade das praias.

São Paulo

De maneira bastante semelhante ao Plano Diretor de Salvador, o Plano Diretor de São Paulo estrutura e articula diferentes políticas setoriais, inclusive drenagem e manejo de águas pluviais, nas diferentes macrozonas e macroáreas em que se divide o território municipal, por meio da Rede Hídrica Ambiental. Nesse sentido, de maneira semelhante a Niterói, o Plano Diretor de São Paulo autoriza que planícies aluviais, anfiteatros e vales encaixados associados às cabeceiras de drenagem e outras ocorrências de fragilidade geológica e geotécnica assinaladas na Carta Geotécnica do MSP sejam demarcadas como Zonas Especiais de Proteção Ambiental (ZEPAM).

Metas de curto, médio e longo prazo para todos os serviços de saneamento, inclusive drenagem, devem ser estabelecidas pelo Plano Municipal de Saneamento Ambiental. Tal como no Plano Diretor de Niterói, estabelece-se como diretriz do Sistema de Esgotamento a eliminação dos

lançamentos de esgotos nos cursos d'água e no sistema de drenagem, no intuito de contribuir para a recuperação de rios, córregos e represas. O Plano Diretor de São Paulo aponta objetivos, diretrizes e ações prioritárias específicas para o sistema de drenagem urbana, entre estas: a elaboração de um Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais; a estruturação de um órgão municipal de planejamento e gestão de drenagem e dos recursos hídricos; o mapeamento e cartografia georreferenciados das áreas de risco de inundações e aprimoramento dos sistemas de alerta e de emergência; a implantação de detenção ou retenção temporária de águas pluviais, considerando previamente a adoção de medidas não-estruturais na mesma sub bacia, como a implantação de parques lineares; desassoreamento de cursos d'água e demais elementos dos sistema de drenagem; controle de lançamentos na fonte e minimização da poluição difusa; adoção de pisos drenantes nas pavimentações e estruturação de um Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, este de maneira articulada com o Sistema de Sistema de Áreas Protegidas, Áreas Verdes e Espaços Livres (SAPAVEL).

Os parques lineares colocam-se como parte fundamental do Programa de Recuperação Ambiental de Fundos de Vale, a serem implantados mediante a articulação de ações de saneamento, drenagem, sistema de mobilidade, urbanização de interesse social, conservação ambiental e paisagismo. Há também a expressa previsão da integração das medidas de drenagem com as iniciativas de habitação, defesa civil e resíduos sólidos nas ações mitigadoras nas áreas de risco.

Por fim, o Plano Diretor estabelece diretrizes para a revisão da lei de parcelamento, uso e ocupação do solo atinentes à drenagem, mais especificamente, o estabelecimento de parâmetros e mecanismos relacionados à drenagem das águas pluviais, que evitem a sobrecarga das redes, alagamentos e enchentes e que promovam a insolação, aeração, permeabilidade e índice mínimo de cobertura vegetal. No que tange à taxa de permeabilidade do solo, o Plano Diretor estabeleceu um mínimo de 20% para as áreas de influência dos Eixos de Estruturação e Qualificação Urbana, demarcados pelas vias públicas em que se localizam as estações de metrô, trem metropolitano e corredores de ônibus.

Sobral

Como Município localizado no semiárido nordestino, Sobral não registrou ocorrências de desastres naturais conexos a problemas de drenagem urbana no período de 2013 a 2016. Não obstante, seu Plano Diretor contempla medidas bastante detalhadas sobre drenagem urbana, uma vez que a preservação dos recursos hídricos se coloca como um desafio importante

de sustentabilidade, em função das secas que acometem a região. O Plano Diretor de Sobral traz como diretrizes da Política Municipal de Saneamento Ambiental Integrado: a elaboração e implementação de um Plano Setorial de Drenagem, coordenado e integrado com os demais planos setoriais; o controle do uso e ocupação de margens de cursos d'água, áreas sujeitas à inundação, áreas de mananciais, áreas de recargas e áreas de alta declividade e cabeceiras de drenagem; e a garantia da manutenção das áreas permeáveis no território do Município. A cessação do lançamento de esgotos na rede pluvial é, por sua vez, uma das diretrizes dos serviços de esgoto. A Política de Drenagem do Município tem como objetivo permitir o gerenciamento do sistema de drenagem, considerando toda rede hídrica que interfere no território municipal e as estruturas de micro e macrodrenagem.

O Plano Diretor de Sobral prevê a elaboração de Planos Diretores de Drenagem para todas as bacias hidrográficas do Município e de um Plano de Controle de Águas Pluviais e Enchentes, tomando como ações prioritárias o fomento para usos do solo compatíveis com áreas de interesse para drenagem; a prevenção de inundações com controle de erosão; as melhorias das calhas fluviais e recuperação dos sistemas de macro e microdrenagem; o cadastro georreferenciado dos sistemas de drenagem; a elaboração de um manual de drenagem e de estudos de viabilidade para implantação de bacias de amortecimento de águas pluviais. Nesse contexto, os corredores de integração ecológica, integrantes da rede hídrica municipal, visam ampliar progressiva e continuamente as áreas verdes permeáveis, de modo a diminuir os fatores causadores de alagamento e seus respectivos danos. O Plano Diretor elegeu ainda a taxa de permeabilização como um parâmetro urbanístico de controle da drenagem, definindo-a como a proporção de áreas livres privadas, sem nenhum tipo de pavimentação, em relação à área do terreno, associadas ao regime de regulação e retenção temporal do sistema de drenagem de águas pluviais.

Três Lagoas

Finalmente, o Plano Diretor de Três Lagoas prevê a ampliação da rede coletora de águas pluviais e do sistema de drenagem nas áreas urbanizadas do território como uma diretriz da Política Municipal do Meio Ambiente, dos Recursos Naturais e do Saneamento. Assim, determina a elaboração de um Plano de Drenagem Urbana, contendo no mínimo o planejamento das obras de drenagem urbana; a indicação de mecanismos de gestão dos sistemas de drenagem; orientação e normas técnicas para futuros projetos de drenagem, públicos e privados; e o ordenamento de prioridades nas obras de drenagem. Paralelamente, o Plano Diretor impõe a

adoção de uma série de medidas de drenagem aos empreendedores privados, tais como a construção de reservatórios para infiltração ou retenção de águas pluviais em todas as zonas de uso, com no mínimo 20 litros por metro quadrado da área ocupada do lote; conservação das áreas permeáveis ou dispositivos de drenagem nas calçadas pelos proprietários das unidades imobiliárias lindeiras; e execução de bacias de retenção de águas pluviais em loteamentos.

CONCLUSÕES

Conclui-se, em resposta à pergunta de investigação que lastreou a realização deste estudo, que todos os Planos Diretores examinados contemplam medidas de drenagem urbana razoavelmente alinhadas à sustentabilidade e aos preceitos das normas federais editadas sobre a matéria. Aponta positivamente nesse sentido o fato de nove entre os dez Planos Diretores examinados preverem a elaboração, a curto prazo, de Planos Diretores de Drenagem Urbana.

Em harmonia com o prescrito pelo Estatuto da Cidade, e pelas normas gerais de parcelamento do solo e regularização fundiária urbana, todos os Planos Diretores examinados tratam a drenagem e o manejo de águas pluviais como infraestrutura urbana básica ou essencial. Há igualmente o esforço de todos os Planos Diretores examinados por integrar a política de drenagem com as políticas municipais de saneamento, recursos hídricos, gestão e resíduos sólidos, ambiental e de mobilidade. Os resultados obtidos no estudo apontam, assim, que as cidades investigadas estão direcionando suas políticas de desenvolvimento urbano na direção de um planejamento territorial mais integrado e sustentável.

Destaca-se a preocupação dos Planos Diretores em conectar as medidas de drenagem com a regularização de assentamentos precários e a preservação de áreas de interesse de drenagem para a prevenção de desastres naturais, inclusive mediante a incorporação de soluções baseadas na natureza e infraestrutura verde. A coordenação de medidas de drenagem urbana com ações de adaptação e resiliência climática também foi detectada, sobretudo nos Planos Diretores editados a partir na segunda metade da década de 2010.

Sob o prisma estrito da ordenação do parcelamento, uso e ocupação do solo urbano, detecta-se nos Planos Diretores examinados o estabelecimento de parâmetros urbanísticos voltados a promover maior permeabilidade do solo lote a lote, por meio da fixação de taxas de per-

meabilidade mínima e a imposição ou o estímulo à adoção de medidas de absorção das águas pluviais no próprio lote, abrangendo desde a construção de reservatórios e implantação de pavimentação permeável a técnicas alinhadas a soluções baseadas na natureza, como a introdução de áreas vegetadas mais amplas, telhados verdes e outras medidas de construção sustentável.

Se por um lado a inclusão da drenagem urbana no instrumento básico de planejamento urbano de todas as dez cidades investigadas é algo extremamente positivo, pois sinaliza no sentido da aderência desses Municípios a preceitos de sustentabilidade e de promoção de resiliência, tal não significa que os desafios do manejo sustentável e integrado das águas pluviais urbanas tenham sido superados. É preciso verificar se as diretrizes, princípios e objetivos fixados pelos Planos Diretores para a drenagem urbana estão sendo de fato observados e desdobrados em ações concretas e minimamente eficazes, especialmente quanto à prevenção e mitigação dos desastres naturais conexos ao manejo das águas pluviais. Trata-se, no entanto, de questão que extrapola o objeto deste estudo, e que descortina oportunidades para a realização de outras investigações científicas.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, I.; FERREIRA, N. Análise do projeto Parque Linear do Córrego do Bispo. *Revista LABVERDE*, São Paulo, v. 4, p. 207-225, 2012.

BRASIL. Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 10.237, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os artigos 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm Acesso em: 23 mar. 2022.

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; e dá outras providências. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 2: estratégias setoriais e temáticas: portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016. 2 v.

BRASIL. Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13465.htm Acesso em: 23 mar. 2022.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm Acesso em: 23 mar. 2022.

BRINK, E. et al. Cascades of green: a review of ecosystem-based adaptation in urban areas. *Global environmental change*, v. 36, p. 111-123, 2016.

BUCKERIDGE, M. S.; PHILIPPI JUNIOR, A. Ciência e políticas públicas nas cidades: revelações da pandemia da Covid-19. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 34, n. 99, p. 141-156, 2020. https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.3499.009

CARVALHO, D. W. Os serviços ecossistêmicos como medidas estruturais para prevenção dos desastres. *Revista de Informação Legislativa*, Brasília, v. 52, n. 206, p. 53-65, 2015.

CRUZ, M. A. S., SOUZA, C. F.; TUCCI, C. E. Controle da drenagem urbana no Brasil: avanços e mecanismos para sua sustentabilidade. *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo, v. 51, p. 1-18, 2007.

HERZOG, C. P.; ROSA, L. Z. Infraestrutura verde: sustentabilidade e resiliência para a paisagem urbana. *Revista LABVERDE*, São Paulo, v. 1, p. 92-115, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Cidades.* 2010. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/2098-np-censo-demografico/9662-censo-demografico-2010.html?=&t=destaques. Acesso em: 16 out. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de População e Indicadores Sociais. *Perfil dos Municípios Brasileiros 2017*. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Geografia; CEMADEN. *População em áreas de risco no Brasil.* Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

MEDEIROS, C. F.; AFONSO, S. Espaços livres públicos: utilização de infraestrutura verde para otimizar a drenagem urbana nos centros históricos tombados. *Paisagem e Ambiente*, São Paulo, v. 39, p. 83-111, 2017.

NOBRE, C. A. et al. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. In: MOTTA, R. S. et al. (Eds.). *Mudança do clima no Brasil*: aspectos econômicos, sociais e regulatórios. Brasília: Ipea, 2011. p. 233-260.

PAULA, M. C., VIALI, L.; GUIMARÃES, G. T. D. A pesquisa qualitativa e o uso de CAQDAS na análise textual: levantamento de uma década. *Internet Latent Corpus Journal*, Aveiro, v. 6, n. 2, p. 65-78, 2016.

PBMC - PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Impacto, vulnerabilidade e adaptação das cidades costeiras brasileiras às mudanças climáticas. In: MARENGO, J.A., SCARANO, F.R. (Eds.) *Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas*. Rio de Janeiro: PBMC; COPPE, 2016. 184 p.

PEREZ. L. P.; RODRIGUES-FILHO, S.; MARENGO, J. A.; SANTOS, D. V.; MIKOSZ, L. Mudanças climáticas e desastres: análise das desigualdades regionais no Brasil. *Sustainability in Debate*, Brasília, v. 11, n. 3, p. 278-296, 2020. https://doi.org/10.18472/SustDeb.v11n3.2020.33813

SILVA-SÁNCHEZ, S.; JACOBI, P. R. Políticas de recuperação de rios urbanos na cidade de São Paulo. Possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 2, p. 119-132, 2012.

SOUZA, V. C. B. Gestão da drenagem urbana no brasil: desafios para a sustentabilidade. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, Salvador, v. 1, n. 1, p. 58-72, 2013.

THE ROCKEFELLER FOUNDATION; ARUP. *City Resilience Framework.* The Rockefeller Foundation; ARUP: London, 2015. Disponível em: https://www.rockefellerfoundation.org/report/city-resilience-framework/ Acesso em: 22 mar. 2022.

TUCCI, C. E. Drenagem urbana. *Ciência e cultura*, Campinas, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003.

UN WATER. *Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2018:* soluções baseadas na natureza para a gestão da água. Resumo Executivo. Paris: Unesco: 2018.

5 Efeito da política de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo[1]

Evandro Davi Cobo
João Vicente de Assunção

INTRODUÇÃO

Os veículos automotores a combustão, classificados como fontes móveis, são responsáveis por emissão de poluentes atmosféricos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

A deterioração da qualidade do ar ocasiona mais ida a hospitais e perdas de dias de trabalho para atendimento médico, também ocasiona maior número de mortes (ESTEVES et al., 2004).

Os principais poluentes emitidos por veículos a diesel causam danos à saúde e ao meio ambiente. O óleo diesel é o principal combustível

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. COBO, Evandro Davi. Efeito de política pública de restrição ao tráfego de veículos pesados na qualidade do ar do município de São Paulo: estudo de caso. 2021. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

utilizado no transporte de cargas, do modal rodoviário fortemente utilizado na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). A emissão de poluentes por esses veículos movidos a diesel também causa prejuízos econômicos por essa degradação. Por outro lado, a redução dos poluentes nas vias do município relaciona-se com melhores condições à qualidade de vida.

O grande número de veículos pesados, usando óleo diesel circulando pelas vias da cidade de São Paulo é responsável por quantidades elevadas de emissão de poluentes, que ocasionam deterioração do ar. Dentre os diversos poluentes atmosféricos, os principais provenientes de fontes de veículos diesel são Material Particulado (MP), óxidos de nitrogênio (NO_x), e dióxido de enxofre (SO_2). Diante disso torna-se importante o estudo da influência na qualidade do ar do tráfego destes veículos nos principais corredores viários no município de São Paulo.

Utilizando-se de medidas restritivas municipais, em especial da Portaria da Secretaria Municipal de Transportes (SMT) nº 84 de 24 de agosto de 2010 (SÃO PAULO, 2010), que estabeleceu a restrição de veículos pesados a partir de 2010 nas Vias Estruturais Restritas (VER), que inclui a Avenida dos Bandeirantes, torna-se possível realizar um comparativo do impacto na qualidade do ar das emissões desses veículos no período sem restrição e no período pós restrição.

OBJETIVO

Objetivo Geral

Verificar a influência de políticas públicas, em relação à restrição de circulação de veículos pesados, na qualidade do ar, em São Paulo, por meio de estudo de caso.

Objetivos Específicos

Identificar como as emissões de veículos pesados impactam a qualidade do ar tendo como referência os poluentes $MP_{2,5}$, MP_{10} e NO_x e SO_2 e as restrições à circulação de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, no município de São Paulo.

Elaborar produto bibliográfico técnico sugerindo medidas complementares para melhorar a eficácia de políticas públicas de restrição à circulação de veículos, em relação a poluição do ar.

MÉTODO

Foi utilizado o método do estudo de caso, considerando a Portaria SMT 84/2010, que inclui a Avenida dos Bandeirantes, a qual serviu de base para este estudo.

A Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) realizou, de 1977 a 1987, pesquisas anuais de volume de tráfego, medindo simultaneamente os volumes de tráfego de veículos e os tempos de percurso em 15 dos principais corredores de tráfego da cidade de São Paulo. Estas atividades foram suspensas em 1988 e retomadas em 1991. Em 1992, o total de rotas pesquisadas passou de 15 para 30, possibilitando o acompanhamento das condições de tráfego não só no sistema viário das áreas centrais como nas periféricas (CET, 2006).

Foram considerados os períodos de tráfego permitido de caminhões da Av. dos Bandeirantes de 2005 a 2010 e o período de restrição de 2010 a 2015 de acordo com a Portaria SMT 84/2010 regulamentando a proibição do trânsito de caminhões de segunda-feira a sexta-feira das 5h00 às 21h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00.

Utilizando-se dos dados dos relatórios da CET (2020) e a Portaria SMT 84/2010, viu-se a oportunidade de analisar a qualidade do ar com essa restrição. Para isso foi realizada uma pesquisa exploratória com estudo de caso tendo como base a Av. dos Bandeirantes, que é uma importante ligação entre a Marginal Pinheiros e Baixada Santista, com trânsito intenso de veículos pesados. Foram considerados como período de estudo, cinco anos anteriores a restrição de veículos pesados na via, e cinco anos posteriores a restrição, a fim de apresentar um comparativo sobre esses dois períodos. Utilizou-se a média do tráfego do total de caminhões extraídos dos relatórios da CET (2020), de 2006 a 2016, sobre a monitorização da fluidez do sistema viário no município de São Paulo, dos caminhões de dois eixos, três eixos e quatro eixos ou +, com pontos de contagens bidirecionais no período da manhã (07h00 às 10h00), e período da tarde (17h00 às 20h00), sendo esses os períodos com maiores volumes de tráfego. Os valores de volumes de tráfego de caminhões foram somados e divididos pelo número de horas da amostragem nos respectivos horários de contagem dos períodos da manhã e tarde gerando a unidade volume/hora.

Foram considerados para este trabalho os poluentes MP, NO_x e SO_2 sendo os caminhões, geralmente movidos a óleo diesel, os principais emissores destes poluentes conforme Figura 1.

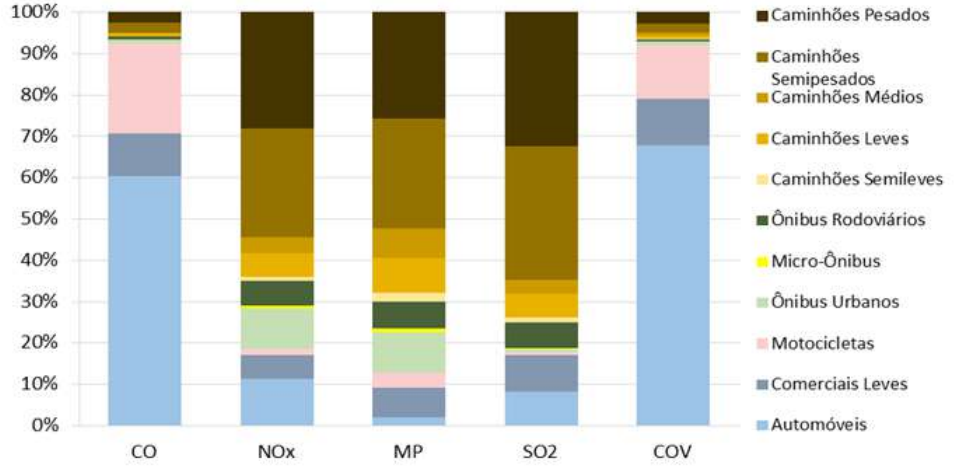


Figura 1 - Contribuição relativa de cada categoria na emissão de poluentes no Estado de São Paulo

Fonte: CETESB (2020a)

1. Contribuição conforme estudo de modelo receptor para partículas inaláveis.

A contribuição dos veículos (40%) foi rateada entre os veículos de acordo com os dados de emissão disponíveis.

nd: não disponível.

Obs.: Ano de referência do inventário de fontes móveis: 2015.

De acordo com a Figura 1, a contribuição relativa das fontes de poluição do ar na RMSP apresenta o MP, NO_x e SO_2 associados em maior parte aos caminhões pesados e semipesados. Os caminhões apresentam-se como principais fontes desses poluentes, o que possibilitou a comparação anterior e posterior à restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

A estação de monitoramento de qualidade do ar da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) Congonhas é uma estação de microescala pela proximidade a via de tráfego intenso de veículos (CETESB, 2020b). Na Figura 2 é apresentada a localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas Observa-se que a localização da estação de monitoramento de qualidade do ar da CETESB, próxima a Av. dos Bandeirantes, possibilitando então eficaz monitoramento da qualidade do ar nessa via, principalmente das fontes veiculares que são os maiores emissores.

Obteve-se a média horária da concentração dos poluentes MP_{10}, $MP_{2,5}$, NO_x e SO_2. O poluente $MP_{2,5}$ teve início da sua medição na estação de monitoramento de qualidade do ar da CETESB Congonhas a partir de 2011,

sendo possível a coleta dos dados desse poluente dessa data em diante. Os dados foram extraídos do sistema Qualidade do Ar da CETESB (QUALAR).

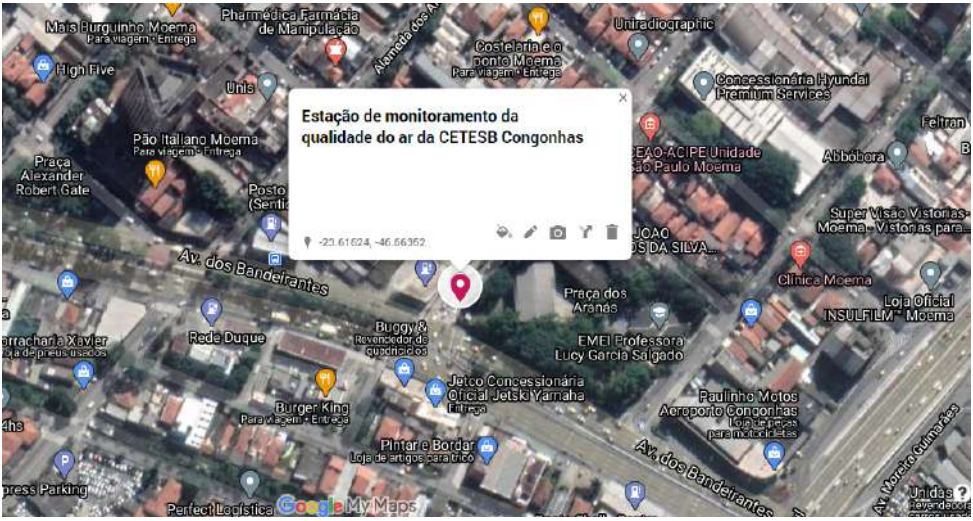


Figura 2 - Localização da estação de qualidade do ar da CETESB Congonhas
Fonte: Google Maps (2021)

Utilizando-se o *software* Microsoft EXCEL 2010, foi analisado o volume de caminhões referentes aos anos estudados. Analisou-se a média horária da evolução das concentrações dos poluentes no período 2005-2015, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas dos poluentes MP_{10}, $MP_{2,5}$, NO_x e SO_2 utilizando-se do *software* Openair (CARSLAW; ROPKINS, 2012), e gráficos da média horária desses poluentes segundo dia da semana, hora e mês.

Correlação dos poluentes com volume de caminhões na Av. dos Bandeirantes

Foi realizada estatística descritiva e análise de correlação entre o fluxo de veículos e a qualidade do ar. Com isso, por meio do *software* Microsoft EXCEL 2010, determinou-se a correlação entre os poluentes NO_x, MP_{10}, $MP_{2,5}$ e SO_2 considerando o volume de tráfego em cada sentido da via e os períodos da manhã e da tarde.

Após o cálculo da correlação de r calculou-se a significância de r, ambos realizados por meio do *software* Microsoft EXCEL 2010, a fim de interpretar se as amostras utilizadas e os resultados apresentaram confiabilidade.

Em estatística, a questão da significância é dada por hipótese nula. Essa hipótese assume que determinado valor estatístico foi obtido por acaso, e não a realidade que obteve o resultado. Para a confiabilidade de 95% quando o valor p é menor que 0,05 rejeita-se a hipótese nula e confirma a confiabilidade e significância estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Média de volume anual de caminhões na Av. dos Bandeirantes, no período 2005-2015

No período de 2005-2015 foi realizado o levantamento do volume de caminhões de acordo com os anos de interesse na pesquisa, obtendo os gráficos em que pode ser observada a curva do volume/hora de caminhões (dois eixos, três eixos e quatro ou + eixos) x ano.

Os gráficos gerados permitem melhor visualização do volume/hora de caminhões nos anos refrentes à pesquisa, relacionando o aumento ou queda do número de caminhões na Av. dos Bandeirantes no período de estudo.

Na Figura 3 é apresentado o valor da média de volume/hora de caminhões nos dias de semana, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, pela manhã das 07h00 às 10h00, segundo número de eixos, no período de 2005-2015.

Observa-se aumento do volume/hora de caminhões de 2005 a 2006 com queda acentuada para os caminhões de dois eixos, até 2010, quando volta a subir em 2011 e apresenta queda nos anos seguintes e depois leve crescimento em 2015. Para os caminhões de três eixos observa-se aumento de 2005 a 2006, apresentando queda de 2006 a 2010 e leves oscilações até 2012, quando teve leve crescimento. Após 2013 registra discreta queda. Para os caminhões de quatro ou + eixos observa-se aumento de 2005 a 2006 e queda até 2008, com ligeiro aumento em 2009, e depois queda acentuada em 2009 até 2010, a partir daí apresenta leves oscilações.

Nota-se que as restrições ao trânsito de caminhões na Av. dos Bandeirantes diminuíram significativamente o volume/hora de caminhões nos anos pós 2010, no sentido Rod. Anchieta – Marg. Pinheiros. A diminuição

no volume/hora de caminhões reduz a emissão de poluentes e colabora para que o trânsito flua melhor. Opções como a construção do trecho Sul do Rodoanel favoreceram o desvio desses caminhões por outras rotas, além de outras medidas de restrição à circulação de caminhões no período 2005 a 2010 que tiveram repercussão na Av. Bandeirantes.

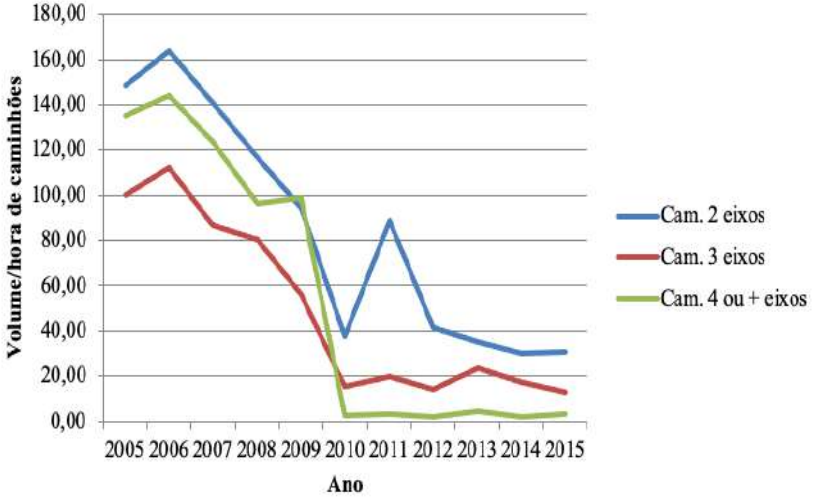


Figura 3 - Valor médio do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, período da manhã, segundo número de eixos, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016

Na Figura 4 é apresentado o valor médio do volume/hora de caminhões, nos dias de semana, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, período da tarde das 17h00 às 20h00, segundo número de eixos, no período 2005-2015.

Constata-se na Figura 4 oscilações no aumento do volume/hora de caminhões de dois eixos em 2007, com queda significante em 2010, e aumento do volume/hora em 2011, com leves oscilações nos anos seguintes. Para os caminhões de três eixos têm queda de 2005 a 2010 com ligeiro aumento em 2007 e 2009 e queda acentuada em 2010, com leves oscilações de 2010 a 2015. Para os caminhões de quatro ou + eixos observa-se pequeno

aumento no volume/hora em 2006, e queda acentuada até 2010, com leves oscilações nos anos seguintes.

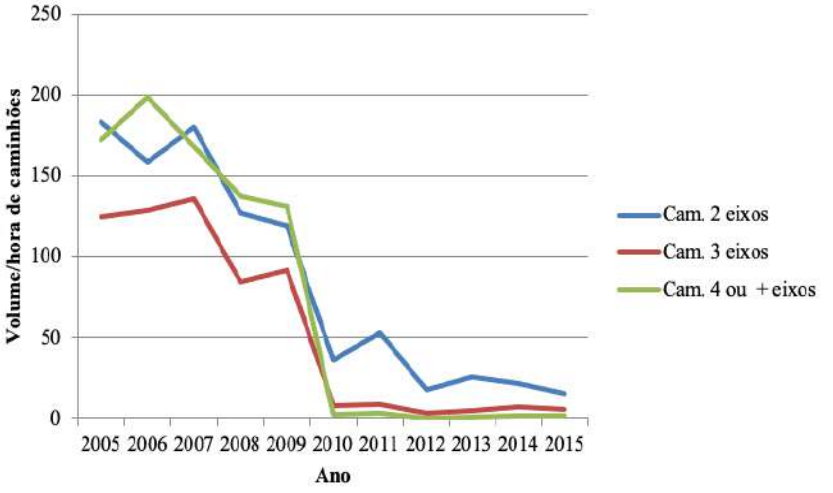


Figura 4 - Valor médio do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta – Marginal Pinheiros, período da tarde, segundo número de eixos, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016.

Observa-se queda brusca de caminhões na Av. dos Bandeirantes a partir de 2010.

A restrição de veículos pesados nas vias da cidade é benéfica para o município e apresenta alternativas para o trânsito de caminhões, desviando os veículos do centro da cidade.

Temos na Figura 5 o gráfico do volume/hora de caminhões dos dias de semana, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, período da manhã das 07h00 às 10h00, segundo número de eixos, no período 2005-2015.

A Figura 5 apresenta queda no volume/hora de caminhões de 2005 a 2010 e aumento no volume/hora de caminhões de dois eixos em 2011, que de acordo com o Decreto Municipal 48338/2007 permitiu o fluxo de caminhões Veículo Urbano de Carga (VUC), que tendem a ser mais novos e menos emissor de poluentes. Essa permissão deve ter estimulado a utilização dos caminhões de dois eixos como os VUCs, após o período

de restrição dos veículos de três eixos e quatro ou + eixos de acordo com a Portaria SMT 84/2010.

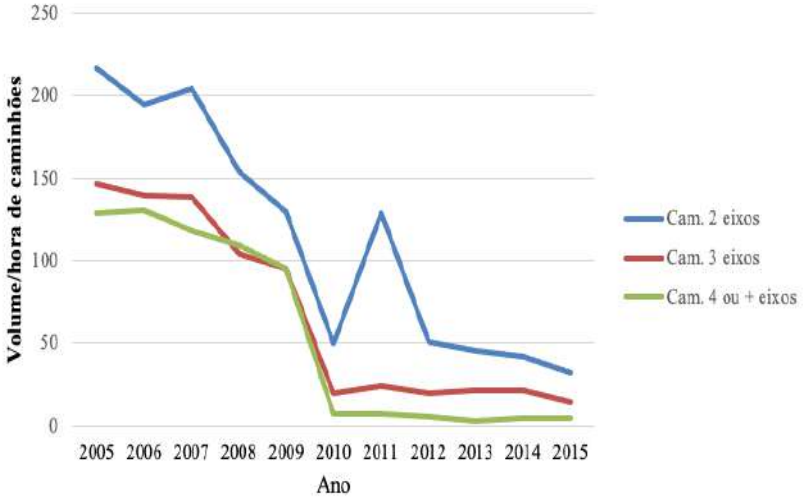


Figura 5 - Valor médio do volume/hora de caminhões na Av. dos Bandeirantes, sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, período da manhã, segundo número de eixos, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016

Algumas vias apresentam grande circulação de caminhões como a Av. Salim Farah Maluf e a Marginal Tietê. A ocorrência de desvio das rotas desses caminhões para outras vias, mais distantes de áreas residenciais, beneficiariam a saúde da população e contribuiriam para fluidez do trânsito. A construção do trecho norte do Rodoanel serviria como alternativa de interligação das rodovias no município de São Paulo, promovendo estímulo para caminhões de outras regiões, circularem pelas áreas marginais da RMSP.

Na Figura 6 é apresentado o gráfico do volume/hora de caminhões dos dias de semana, excluindo os finais de semana, conforme resumo do corredor de tráfego por faixa horária de caminhões na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta período da tarde das 17h00 às 20h00, segundo número de eixos, no período 2005-2015.

Nota-se, na Figura 6, queda no volume/hora de caminhões de 2005 a 2008 com leve aumento em 2009, e queda acentuada até 2010, com aumento em 2011 e queda no ano seguinte com leves oscilações nos anos posterio-

res. Assim como nos outros sentidos e períodos a diminuição do volume/hora, de 2005 a 2010, foi acentuada, resultando nas consequências anteriormente citadas.

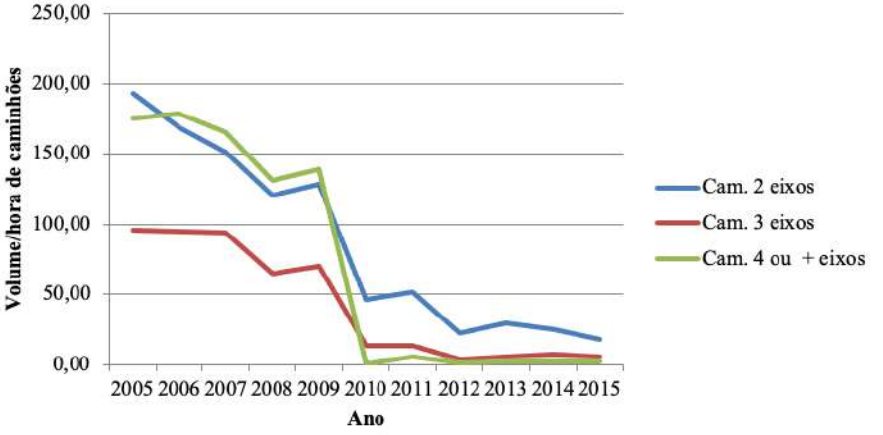


Figura 6 - Valor médio do volume/hora de caminhões, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros – Rod. Anchieta, segundo número de eixos, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CET, 2006 a 2016

Algumas restrições legais podem ter impactado o volume/hora na Avenida Bandeirantes no período 2005 a 2010 até entrar em vigor a Portaria SMT 84/2010.

Um exemplo é o Plano Diretor Estratégico, Lei nº 13.430, de 13 de setembro de 2002 complementado pela Lei nº 13.885, de 25 de agosto de 2004 (SÃO PAULO, 2004), que estabeleceu restrição a caminhões nas ZER's (Zonas Exclusivamente Residenciais). Esta lei pode ter causado menor trânsito de caminhões na Av. dos Bandeirantes por ter restringido o acesso por vias com menores fluxos. Eventualmente pode ter concentrado o fluxo nas vias que suportam maior fluxo.

Outro exemplo é o Decreto municipal de São Paulo nº 48338 de 10 de maio de 2007 (SÃO PAULO, 2007) estabeleceu normas para o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no município de São Paulo, introduzindo a figura do VUC, de menor porte e com exigência de atendimento a fases mais recentes do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores (PROCONVE) criada pela Resolução CONAMA nº18 de 1986, e as Zonas de Máxima Res-

trição à Circulação (ZMRC). Esse decreto pode ter impactado a circulação de caminhões mais pesados e mais poluentes na Av. dos Bandeirantes ocasionando menor fluxo deles. O horário estabelecido para restrição foi de segunda a sexta-feira das 10h00 às 20h00 e aos sábados das 10h00 às 14h00. As operações de carga e descarga foram limitadas a horários reduzidos, podendo ser realizadas somente das 0h00 às 6h00 e das 22h00 às 24h00, de segunda a sexta-feira, aos sábados das 0h00 às 6h00 e das 14h00 às 24h00, sendo proibidas aos domingos e feriados.

Evolução das concentrações médias horárias dos poluentes no período 2005-2015, na estação Congonhas

Durante os anos de pesquisa, a estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas permitiu observar a evolução dos níveis de concentrações médias horárias de poluentes no período anterior e posterior à restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, bem como o período do ano, dia e horários em que ocorrem as maiores concentrações de poluentes.

Os dados foram extraídos do sistema QUALAR da CETESB (https://cetesb.sp.gov.br/ar/qualar/), campo consulta, exportar dados avançados, estação Congonhas. A princípio foram selecionados três parâmetros máximos permitidos MP_{10}, $MP_{2,5}$ e NO_x do dia 1º do mês de janeiro ao dia 31 do mês de dezembro dos anos de 2005 a 2015. Após exportar os dados desses poluentes, em seguida foi exportado para o parâmetro SO_2 no mesmo período.

Apresentou-se maior concentração de MP_{10} nos anos de 2005, 2006, 2007 e 2008. Ocorreram maiores concentrações nos meses de inverno, quando a concentração do poluente é mais intensa. No período anterior a restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, há concentrações elevadas do MP_{10} no período de tráfego intenso, assim como no período noturno como das 0h00 às 6h00 horas, quando a concentração de poluentes também se mostra maior se comparada a outros horários, como próximo das 12h00, período com menor concentração de MP_{10}.

Nos anos seguintes a partir de 2009 a concentração do poluente passa a ser inferior aos anos anteriores, conforme há redução de caminhões na via, o que ocorre de forma mais acentuada a partir de 2009.

O período de julho de 2005 a abril de 2006 não apresentou dados no sistema QUALAR, impossibilitando a obtenção dos dados deste poluente neste período.

Para o $MP_{2,5}$ a concentração se apresenta maior nos meses de inverno, devido a condições mais estáveis da atmosfera e menor volume de chu-

vas. O $MP_{2,5}$ está relacionado com as emissões dos veículos diesel. Maiores concentrações no período entre 23h00 e 6h00 com menores concentrações desse poluente no período da tarde.

O NO_x apresentou grande concentração do poluente NO_x, nos anos de 2005 a 2009, e a queda da concentração em 2010, apesar da ocorrência, de significativa presença do poluente. A partir de 2011 até 2015, ocorreu menor concentração de NO_x que coincide com o início do período de restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes pela Portaria SMT 84/2010.

O período de outubro de 2005 a maio de 2006 e abril de 2013 a novembro de 2013 não apresentou dados no sistema QUALAR, impossibilitando a obtenção dos dados de concentração de poluentes neste período. No horário da 01h00 também não houve registro dos dados devido à calibração do equipamento.

O SO_2 apresentou maiores concentrações de 2005 a 2010 e queda a partir de 2010, com a restrição dos caminhões pela Portaria SMT 84/2010. A diminuição do teor de enxofre no óleo diesel também contribuiu para que ocorressem menores emissões desse poluente. No período de abril de 2006 a dezembro de 2006 não houve registro dos dados, assim como as 04h00 período que ocorre a calibração do equipamento de leitura dos gases.

Variação das concentrações dos poluentes segundo dia da semana, hora e mês, na estação Congonhas

A variação das concentrações médias horárias dos poluentes conforme dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, permite visualizar os dias da semana, o horário e os meses com maiores concentrações de poluentes no ano.

Na Figura 7 é apresentada a variação das concentrações médias horárias de MP_{10} na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas no período 2005-2015, que pode ser observada maior concentração de acordo com os períodos sem restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

Observa-se, na Figura 7, o pico de concentração do poluente no período noturno próximo as 0h00 que tende a diminuir nos horários posteriores, apresentando crescimento no período da manhã e oscilando nos horários posteriores, apresentando pico acentuado no início da noite e queda nos horários posteriores, voltando a subir até atingir o pico próximo as 0h00.

Em relação à sazonalidade, o período de inverno apresentou maiores concentrações, devido à menor dispersão dos poluentes e menor umidade, tendo a concentração reduzida nos períodos de maior umidade, melhor

condição de dispersão de poluentes, como o verão, com maior ocorrência de chuvas.

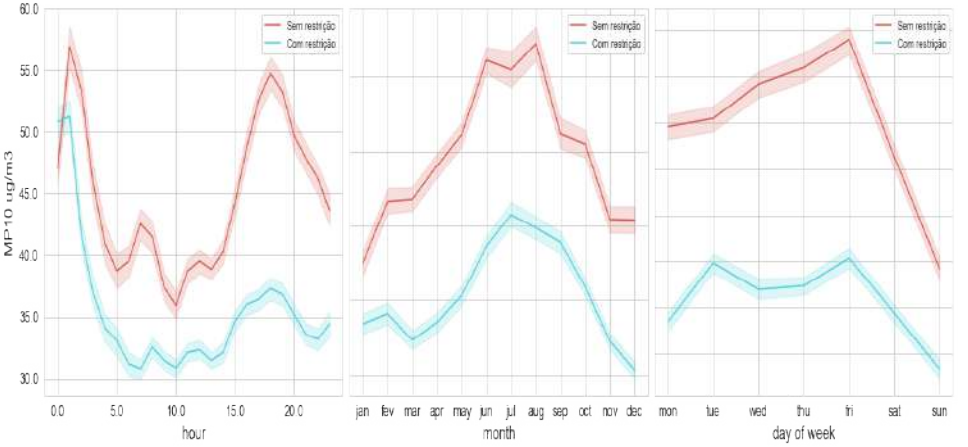


Figura 7 - Variação das concentrações médias horárias de MP_{10} segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR

Na distribuição de poluentes pelos dias da semana e horários, observa-se que entre terça-feira e sexta-feira a concentração de poluentes se apresenta maior do que sábado e domingo, aumentando na segunda-feira e voltando a apresentar maiores concentrações de terça feira a sexta-feira. Isso está associado ao maior fluxo de veículos durante a semana que tende a diminuir aos fins de semana.

Na Figura 8 é apresentada a variação das concentrações médias horárias de $MP_{2,5}$ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2011-2015, onde podem ser observados períodos de maior ocorrência da concentração de poluentes.

Observa-se, na Figura 8, a concentração de $MP_{2,5}$ mais elevada no período noturno assim como ocorre para o MP_{10}, apresentando queda após as 0h00, quando volta a subir após as 10h00 oscilando no período da tarde, voltando a subir a noite, a restrição de veículos pesados durante o dia e a permissão da circulação de veículos pesados durante a noite pode ter aumentado as concentrações de $MP_{2,5}$ durante a madrugada, devido as emissões dos caminhões nesse período. Referente aos meses do ano, o $MP_{2,5}$ apresenta maior concentração nos meses de inverno período em que as con-

dições de dispersão de poluentes são piores e os dias são menos chuvosos, apresentando menor concentração de poluentes nos meses mais chuvosos. Sobre os dias da semana apresenta-se com menores concentrações aos finais de semana, dias estes com menor volume de tráfego de veículos.

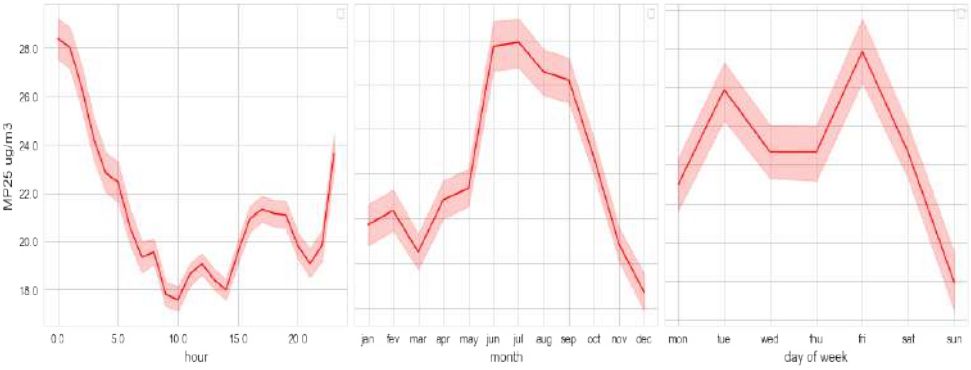


Figura 8 - Variação das concentrações médias horárias de $MP_{2,5}$ segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, período 2011-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR

Na Figura 9 é apresentada a variação das concentrações médias horárias de NO_x segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005-2015, onde pode ser observado a ocorrência da concentração de poluentes de acordo com os períodos sem restrição de veículos pesados e com restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, pela Portaria SMT 84/2010.

Nota-se, na Figura 9, a concentração de NO_x, no período sem restrição e com restrição. No período sem restrição de veículos pesados pela Portaria SMT 84/2010 apresenta picos de concentração no período da manhã e no final da tarde. No período com a restrição em referência observa-se pico no período da manhã e menor pico de concentração de poluentes no final da tarde, comparado ao período a sem restrição em referência.

Assim como ocorre com o MP_{10} a maior concentração do poluente no ano se dá nos meses de inverno devido a menor dispersão atmosférica e baixa umidade.

Durante os dias da semana ocorrem maiores concentrações dos poluentes de terça-feira a sexta-feira, diminuindo aos fins de semana que volta

a subir às segundas-feiras. Assim como o MP_{10} isso se dá pela maior circulação de veículos durante a semana do que nos fins de semana.

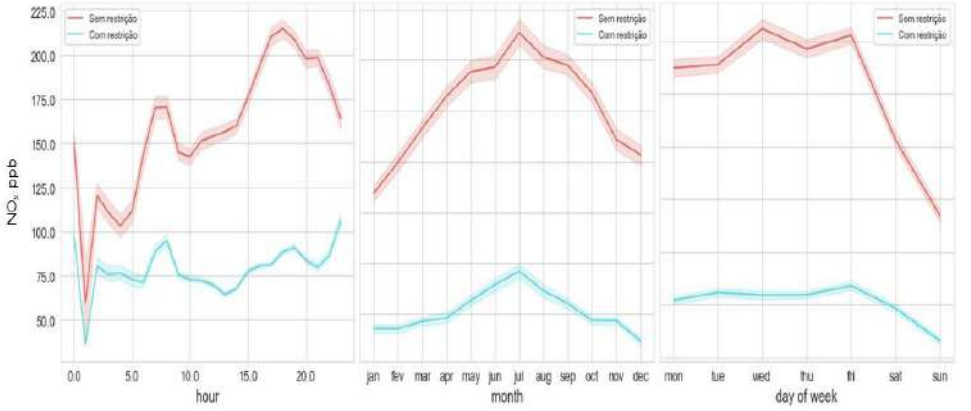


Figura 9 - Variação das concentrações médias horárias de NO_x segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR

Na Figura 10 é apresentada a variação das concentrações médias horárias de SO_2 segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, no período 2005-2015, que pode ser observado maior ocorrência da concentração de acordo com os períodos, sem restrição de veículos pesados e com restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes.

O pico de concentração de SO_2 ocorre no final da tarde, observa-se que a concentração começa apresentar queda no início da noite até o início da manhã, voltando a subir durante o dia.

Na Figura 10 atenta-se a variação das concentrações de SO_2 de acordo com os dias da semana. As concentrações apresentaram crescimento de segunda-feira a sexta-feira e menores concentrações nos finais de semana, associadas à menor circulação de veículos nesses dias.

Durante o ano observa-se que as concentrações de SO_2 são maiores nos meses de inverno, período que ocorrem piores condições de dispersão de poluentes, tendo seu pico em agosto para o período com restrição pela Portaria SMT 84/2010. Para o período sem restrição foram observadas maiores concentrações nos meses de inverno e em outubro. Nos meses de

verão as concentrações são menores devido ao período de chuvas e melhores condições de dispersão de poluentes.

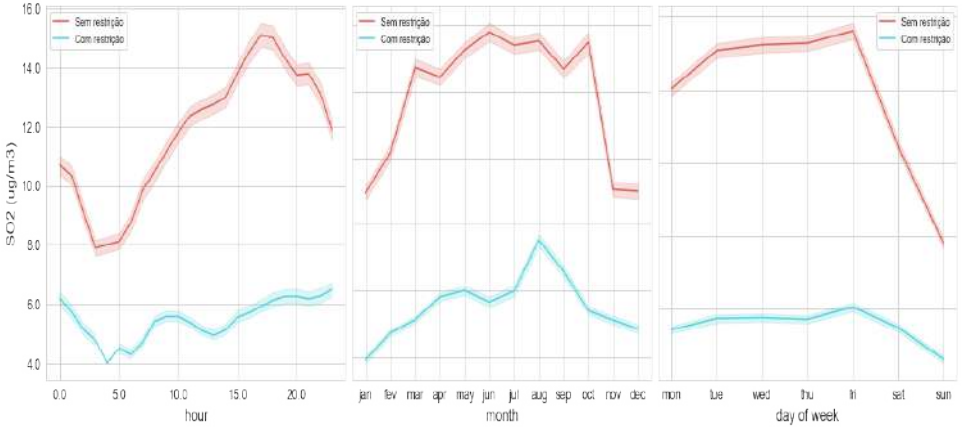


Figura 10 - Variação das concentrações médias horárias de SO_2 segundo dia da semana, hora e mês, na estação de monitoramento da qualidade do ar Congonhas, período 2005-2015

Fonte: Elaboração própria com dados da CETESB/QUALAR

Análise estatística

Serão apresentados os resultados encontrados da regressão linear da média do volume/hora de caminhões (eixo X) e média horária da respectiva concentração de poluentes (eixo Y) que permite avaliar o comportamento destas duas variáveis. O valor do coeficiente de correlação de Pearson (r) e respectivo valor p permite avaliar se há significância estatística na correlação. Foi adotado o nível de confiança de 95%.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã) apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9432, e valor p = 0,000013 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros

(período da tarde) apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9516, e valor p = 0,000007 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã) apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9435, e valor p = 0,000013 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de NO_x com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde) apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente NO_x e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9519, e valor p = 0,000006 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{10} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã), apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente MP_{10} e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9136, e valor p = 0,000084 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e respectiva média horária de concentração de MP_{10} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde) apresentou uma correlação forte entre a média horária de concentração do poluente MP_{10} e o volume/hora de caminhões, com r = 0,8845, e valor p = 0,000299 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de MP_{10} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã) apresentou uma correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente MP_{10} e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9078, e valor p = 0,00011 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de MP_{10} com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde) apresentou uma correlação forte entre a média horária da

concentração do poluente MP_{10} e o volume/hora de caminhões, com r = 0,8899, e valor p = 0,000243 apresentando significância estatística.

São apresentados os dados da regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de $MP_{2,5}$ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã). Neste caso se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010, por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela, apresentou uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente $MP_{2,5}$ e o volume/hora, com r = 0,5357, e valor p = 0,352122 acima de 0,05 que mostra que correlação não é estatisticamente significante.

Apresenta-se os dados da regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de $MP_{2,5}$ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde). Neste caso se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010, por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela, apresentou uma correlação forte entre a média horária da concentração do poluente $MP_{2,5}$ e o volume/hora de caminhões, com r = 0,7155, e valor p = 0,174214 acima de 0,05 que mostra que correlação não é estatisticamente significante.

Os dados da regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de $MP_{2,5}$ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã) é apresentado. Neste caso se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010, por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela, apresentou uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente $MP_{2,5}$ e o volume/hora de caminhões, com r = 0,6469, e valor p = 0,238068 acima de 0,05 que mostra que a correlação não é estatisticamente significante.

Observa-se a regressão linear do volume/hora de caminhões e média horária da respectiva concentração de $MP_{2,5}$ com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde). Neste caso os dados se referem somente ao período posterior à Portaria SMT 84/2010, por ausência de medição deste poluente no período anterior a ela, apresentou uma correlação moderada entre a média horária da concentração do poluente $MP_{2,5}$ e o volume/hora de caminhões, com r = 0,6883, e valor p = 0,198889 acima de 0,05 que mostra que a correlação não é estatisticamente significante.

Os valores utilizados para cálculo de regressão linear da média do volume/hora de caminhões e respectiva concentração de $MP_{2,5}$ foram uti-

lizados a partir de 2011, período que já havia a restrição de caminhões na Av. dos Bandeirantes, apresentando diferença na quantidade de dados da média horária da respectiva concentração de $MP_{2,5}$ comparados a média horária das concentrações dos poluentes MP_{10}, NO_x e SO_2, que foram coletados em período anterior e posterior ao início da restrição de caminhões na via pela Portaria SMT 84/2010.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO_2 com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da manhã) apresentou correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO_2 e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9171, e valor p = 0,000070 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO_2 com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Rod. Anchieta-Marginal Pinheiros (período da tarde) apresentou correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO_2 e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9148, e valor p = 0,000080 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO_2 com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da manhã) apresentou correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO_2 e o volume/hora de caminhões, com r = 0,9257, e valor p = 0,000044 apresentando significância estatística.

A regressão linear do volume/hora de caminhões e a média horária da respectiva concentração de SO_2 com valores de correlação e significância, na Av. dos Bandeirantes sentido Marginal Pinheiros-Rod. Anchieta (período da tarde) apresentou correlação muito forte entre a média horária da concentração do poluente SO_2 e a queda do volume/hora de caminhões, com r = 0,9391, e valor p = 0,000018 apresentando significância estatística.

De acordo com as correlações e significância obtidas entre o volume/hora de caminhões e as concentrações dos poluentes NO_x, SO_2 e MP_{10}, observa-se que quanto maior o número de caminhões trafegando maior a concentração destes poluentes, com correlação estatisticamente significante. O mesmo resultado foi obtido no estudo de Zhang et al. (2019), que realizou análise de correlação espacial de emissões de NO_x, PM e SO_2, de caminhões pesados a diesel em 200 distritos de Pequim-Tianjin-Hebei, na China. O estudo mostrou que houve correlações positivas para os veículos pesados a diesel nos 200 distritos estudados da região.

CONCLUSÃO

Medidas de restrição à circulação de caminhões em vias do município de São Paulo se mostram favoráveis à menor emissão de poluentes. Após a restrição ao tráfego de veículos pesados (caminhões) na Av. dos Bandeirantes, em agosto de 2010, observou-se diminuição da concentração dos poluentes analisados, MP_{10}, NO_x e SO_2, de acordo com os dados obtidos no período anterior e posterior a restrição dos veículos pesados na via. O que mostra que a política pública de restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes também foi eficaz na redução da poluição do ar provocada pela diminuição de emissões de veículos diesel.

Observou-se que a concentração de poluentes diminui aos fins de semana quando ocorre menor circulação de veículos na via, como era esperado.

De acordo com os resultados da análise estatística, a correlação da média do volume/hora de caminhões e concentração dos poluentes NO_x, MP_{10} e SO_2, obtidos no período anterior e após a restrição ao tráfego de caminhões na Av. dos Bandeirantes, apresentou alta confiabilidade, mostrando correlação positiva estatisticamente significante, com maior concentração de poluentes relacionado com maior número de caminhões trafegando na via. Demonstra que, quanto maior o volume de caminhões circulando em determinadas vias da cidade, maior deverá ser o impacto à saúde da população da região referente às emissões de MP_{10}, NO_x e SO_2 dos veículos diesel.

Em relação ao $MP_{2,5}$ não foram obtidas correlações com significância estatística, provavelmente devido ao menor período de coleta dos dados pela CETESB em relação aos outros poluentes deste estudo e ser posterior ao início da restrição de veículos pesados na Av. dos Bandeirantes, imposta pela Portaria SMT 84/2010. Dessa forma, não é possível afirmar que o poluente $MP_{2,5}$ apresenta o mesmo impacto que os outros poluentes estudados. No entanto, o $MP_{2,5}$ é parte do MP_{10} e existe relação entre as concentrações destes dois poluentes, conforme (WHO, 2006) e assim, pode-se esperar correlação semelhante à obtida para MP_{10} se os períodos de dados fossem iguais.

Com este estudo conclui-se que algumas medidas de restrição de tráfego são relevantes para diminuição da concentração de poluentes dos veículos diesel em vias da cidade de São Paulo.

Os poluentes do ar provenientes de emissões veiculares, em especial os provenientes das emissões de veículos diesel, como o MP, NO_x e SO_2 causam efeitos adversos à saúde e ao meio ambiente.

Medidas complementares para melhorar a eficácia de políticas públicas de restrição à circulação de veículos em relação à poluição do ar são benéficas, como metas mais restritivas, atendendo o Decreto Estadual 59113/2013 (SÃO PAULO, 2013), relacionadas à concentração de poluentes atmosféricos, para diminuir os impactos dos poluentes na saúde da população.

Manutenção preventiva periódica e eficaz dos veículos em uso e combustíveis de melhor qualidade serve como alternativa para minimização da concentração de poluentes na atmosfera.

Políticas municipais e estaduais para minimização da emissão de poluentes, e o programa PROCONVE, atuando na tecnologia veicular e legislações para regulação da emissão de poluentes, se apresentam como essenciais para melhoria da qualidade do ar.

A renovação da frota e incentivos para financiamentos de novos veículos e retirada de circulação de veículos com grande emissão de poluentes surgem como alternativas para circulação de veículos com melhores tecnologias e, por consequência, menores emissões de poluentes.

A fiscalização de emissão veicular de veículos em uso, movidos a diesel, apresenta-se como uma forma de combate ao excesso de emissão veicular e a penalidade deveria ser ampliada aos veículos de todos os Estados da Federação, uma vez que rodovias importantes do país atravessam a RMSP e veículos de outros estados também por aqui transitam.

A ampliação de outros modais de transporte como ferrovias podem beneficiar menores emissões de veículos diesel, substituindo transporte rodoviário com criação de zonas industriais e comerciais próximos a centros de distribuição abastecidos pela rede ferroviária a fim de diminuir os quilômetros percorridos por veículos diesel.

Alternativas de rotas para os veículos que atravessam o município de São Paulo poderiam ser utilizadas como o Rodoanel, que teve seus trechos ampliados nos últimos anos favorecendo o fluxo de veículos pesados, sem passar pelas áreas mais centrais da cidade.

A implementação de outras áreas de restrição de caminhões no município de São Paulo, em vias próximas a áreas residenciais que comportam grande fluxo de caminhões como Av. Salim Farah Maluf, corredor de acesso direto da Rodovia Presidente Dutra com a Rodovia Anchieta, se mostra relevante na diminuição do impacto das emissões de veículos pesados na qualidade do ar da cidade.

Pode ser sugerido, por exemplo, que de acordo com o ano-modelo de fabricação e fases do PROCONVE os veículos com menores emissões de poluentes teriam acesso a áreas restritas, denominadas de zonas de baixa

emissões de poluentes, enquanto os veículos com maiores emissões teriam restrição de circulação nessas áreas.

Todas essas medidas contribuem para menor impacto na saúde da população e promoção do desenvolvimento sustentável.

Finalmente, algumas limitações referentes ao estudo devem ser ressaltadas: vários fatores além daquele tido como base influenciam na concentração de poluentes devido a variáveis como condições meteorológicas que impactam na concentração dos poluentes na atmosfera. Outros fatores também podem impactar a emissão de poluentes no período estudado, como renovação da frota com novas fases de controle estabelecidas pelo PROCONVE que apresentam menor emissão de poluentes e redução do enxofre nos combustíveis que diminui a concentração de MP. Veículos leves podem contribuir para aumento de emissão de poluentes como o NO_x, que pode ter sido influenciado pelo aumento do volume de tráfego após a restrição de veículos pesados. Por não se tratar de um experimento controlado não é possível isolar as variáveis a fim de que seja direcionado apenas aos elementos estudados no trabalho.

REFERÊNCIAS

CARSLAW, D.C; ROPKINS, K. Openair - An R package for air quality data analysis. *Environmental Modelling & Software,* Manno, v. 27-28, p. 52-61, 2012.

CET - COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. *Pesquisa de monitoração da fluidez.* Desempenho do sistema viário. Volumes 2005. Novembro/2006. Disponível em: http://www.cetsp.com.br/media/228079/2005%20%20volumes%20e%20velocidades.pdf Acesso em: 15 out. 2020.

CET - COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO. *Desempenho do sistema viário*. 2020. Disponível em: http://www.cetsp.com.br/sobre-a-cet/relatorios-corporativos.aspx. Acesso em: 15 out. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Emissões veiculares no Estado de São Paulo*, série relatórios, 2019. São Paulo, 2020a. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/6/2020/11/Relatorio-Emissoes-Veiculares-no-Estado-de-Sao-Paulo-2019.pdf Acesso em: 23 jun. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de qualidade do ar*, série relatórios, 2019. São Paulo, 2020b. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2020/07/Relat%C3%B3rio-de-Qualidade-do-Ar-2019.pdf Acesso em: 04 jul. 2020.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Sistema QUALAR*. Disponível em: https://qualar.cetesb.sp.gov.br/qualar/home.do. Acesso em: 15 nov. 2020.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA nº 18, de 6 de maio de 1986. Dispõe sobre a criação do Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores – PROCONVE. *Diário Oficial da União*, 17 de junho de 1986, Seção 1, p. 8792-8795.

ESTEVES, R. T.; BARBOSA, S. R. C. S.; SILVA, E P.; ARAÚJO, P. D. *Estimativa dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde humana:* algumas possibilidades metodológicas e teóricas para a cidade de São Paulo. NIPE/FEM/Unicamp. Campinas, 2004.

EXCEL 2010. Microsoft Computer software. [S.l.]: 2010.

GOOGLE MAPS. Google, INC. Disponível em: https://www.google.com.br/maps Acesso em: 31 jan. 2021.

SÃO PAULO. Lei nº 13.430 de 13 setembro de 2002. Plano Diretor Estratégico. *Diário oficial do Município de São Paulo,* São Paulo, 14 de setembro de 2002, p.1.

SÃO PAULO. Lei nº 13.885 de 25 agosto de 2004. Estabelece normas complementares ao Plano Diretor Estratégico, institui os Planos Regionais Estratégicos das Subprefeituras, dispõe sobre o parcelamento, disciplina e ordena o Uso e Ocupação do Solo do Município de São Paulo. *Diário oficial do Município de São Paulo*, São Paulo, 06 de outubro de 2004, p.1.

SÃO PAULO. Decreto nº 48.338 de 10 de maio de 2007. Estabelece normas para o trânsito de caminhões e para operações de carga e descarga em estabelecimentos situados no Município de São Paulo. *Diário oficial do Município de São Paulo*, São Paulo, 11 de maio de 2007, p.1.

SÃO PAULO. Portaria Secretaria Municipal de Transportes – SMT nº 84 de 24 de agosto de 2010. Dispõe sobre o trânsito de caminhões em determinadas vias do município e estabelece suas excepcionalidades. *Diário oficial do Município de São Paulo*, São Paulo, 25 de agosto de 2010, p.21.

SÃO PAULO. Decreto nº 59.113, de 23 de abril de 2013. Estabelece novos

padrões de qualidade do ar e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 25 de abril de 2013, p. 3.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide*. Global update 2005. Geneva, 2006. Summary of risk assessment. WHO. Disponível em: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69477/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf?sequence=1. Acesso em: 23 maio 2019.

ZHANG, B.; WU, S.; CHENG, S.; LU, F.; PENG, P. Spatial characterististics and factor analysis of pollution emission from heavy-duty diesel trucks in the Beijing-Tianjin-Hebei Region, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Basel, v. 16, n. 24, 4973, 2019. https://doi.org/10.3390/ijerph16244973

Parte II

Desafios da gestão ambiental de águas urbanas

6 Soluções baseadas na natureza na recuperação de rios urbanos[1]

Carlos Alexandre Trindade Pinheiro Menuchi
Marcelo Antunes Nolasco

INTRODUÇÃO

O crescimento e a concentração populacional na cidade de São Paulo, a partir da metade do século XX, se modelou em um processo de desenvolvimento socioeconômico e industrial insustentável para o gerenciamento urbano da água, provocando significativa degradação de seus recursos hídricos, com a ocupação intensiva e irregular de áreas de mananciais e fundos de vale (ANDERSSON; OTOO; NOLASCO, 2018; JACOBI; FRACALANZA; SILVA-SÁNCHEZ, 2015), ligados ao aumento do risco de inundação e degradação dos ecossistemas aquáticos (FERREIRA, WALSH; FERREIRA, 2018). O *déficit* de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos cursos de água, causando implicações negativas aos usos múltiplos dos recursos hídricos (ANA, 2017). Com os impactos da contaminação dos cursos de águas em razão da insuficiência de uma cobertura adequada de coleta e tratamento de esgotos, os rios e córregos na cidade de São Paulo se tornaram inviáveis para o consumo, recreação e navegação.

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. MENUCHI, Carlos Alexandre Trindade Pinheiro. Análise das oportunidades e desafios no uso de Soluções baseadas na Natureza como medidas complementares ao "Programa Novo Rio Pinheiros" na cidade de São Paulo. 2021. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

Além disso, outro problema a ser considerado como resultado da alteração da qualidade da água é o das doenças de veiculação hídrica (COSTA; NOLASCO, 2019; SILVA; PORTO, 2013).

O crescimento acelerado dos assentamentos urbanos delineou a drenagem natural das bacias hidrográficas, retificando os cursos d'água em canais e galerias subterrâneas, interferindo principalmente para o aumento dos picos de escoamento superficial pluvial. A expansão das periferias da cidade e as políticas viárias priorizam a retificação de canais e o aterramento de várzeas, ampliando a impermeabilização do solo e, consequentemente, aumentam o volume de inundações (JACOBI, FRACALANZA; SILVA-SÁNCHES, 2015). As deficiências na infraestrutura sanitária e urbana, a má gestão dos resíduos sólidos urbanos, as ocupações das planícies aluviais e a impermeabilização do solo são alguns dos principais fatores que condicionam ao estado de poluição dos cursos hídricos, bem como potencializam os riscos de inundações (KATO et al., 2018; PAULO et al., 2018).

O desafio em assegurar à atual e às futuras gerações a disponibilidade de água em padrões de qualidade, com garantia da oferta e demanda para abastecimento público, tem evidenciado a importância de uma gestão sustentável de recursos hídricos local e regional, e de investimentos para a ampliação e melhorias das infraestruturas de saneamento, com destaque ao controle da poluição nos mananciais de abastecimento.

A restauração e a proteção de bacias hidrográficas têm se tornado cada vez mais importantes quanto ao enfrentamento de múltiplos desafios em manter o fornecimento de água para cidades que crescem rapidamente e reduzir os riscos associados a esse processo (CONNOR et al., 2018). Nas últimas décadas, os responsáveis pelo planejamento e pela concepção das zonas urbanas vêm adotando uma nova abordagem que transforma as infraestruturas "cinzentas", pavimentadas e monofuncionais, em espaços que oferecem inúmeros benefícios às pessoas, utilizando os princípios ecossistêmicos como a base dos seus projetos (HERZOG; ROZADO, 2019).

O planejamento para universalizar os sistemas de esgotamento sanitário envolvem o conjunto de obras de ampliação da coleta e tratamento de esgotos, com a eliminação dos lançamentos dessas águas residuárias sem tratamento em sistemas pluviais, córregos, ribeirões, rios, represas e estuários. Controlar a poluição difusa decorrente do escoamento de águas em bacias urbanas altamente perturbadas, é um desafio grande de ser alcançado, no entanto, várias medidas são aplicadas para essa finalidade. Algumas cidades, por exemplo, já estão sendo planejadas, concebidas e executadas novas tecnologias baseadas em ecossistemas e adaptadas aos contextos locais e regionais entre as diversas soluções sustentáveis de gerenciamento

de bacia hidrográfica urbana, relacionadas com águas pluviais e sistemas de drenagem (JURCZAK et al., 2018). A exemplo da Drenagem Urbana de Baixo Impacto, Infraestruturas Verdes, Melhores Práticas de Gerenciamento (US EPA, 2021a, 2021b, 2021c), Projeto Urbano Sensível à Água (EEA, 2020), Projetos Sustentáveis de Drenagem Urbana (CIRIA, 2021), e conceitos mais recentes como as Soluções baseadas na Natureza (SbN) (CONNOR et al., 2018) que adotam uma abordagem ecossistêmica em escalas maiores de projetos, que se destinam a regenerar e recuperar os processos e os fluxos naturais.

Cormier e Pellegrino (2008) ressaltam a importância da Infraestrutura Verde quanto ao seu potencial de manejo das águas pluviais urbanas, e Silva et al. (2018) sustentam o uso da técnica como alternativa para auxiliar no controle quantitativo e qualitativo do escoamento superficial. As SbN, tais como os corredores verdes, a recuperação dos recursos hídricos e a renaturalização dos rios, são opções viáveis para cidades sustentáveis e resilientes e podem estimular a inovação social nas cidades e acelerar a transição para a sustentabilidade (FAIVRE et al., 2017).

Para mitigar os impactos da poluição das águas superficiais e de alagamentos urbanos, este estudo propôs analisar o potencial de otimização da infraestrutura convencional de saneamento com medidas de controle na fonte que integram elementos naturais ou seminaturais, denominadas neste estudo como "Soluções baseadas na Natureza", como ações complementares ao Programa de despoluição e revitalização da bacia do rio Pinheiros, na cidade de São Paulo.

O Programa implantado pelo Governo do Estado de São Paulo, em agosto de 2019, com o cronograma de conclusão previsto até 2022, tem como meta a redução do esgoto lançado nos afluentes do rio Pinheiros, melhorando a qualidade das águas e integrando o rio à cidade (GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2021). O Programa é coordenado pela Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA) e as ações são planejadas por cinco eixos estruturantes: saneamento, manutenção, resíduos sólidos, revitalização das margens, e comunicação.

Para a execução do Programa reuniram-se as ações da Empresa Metropolitana de Águas e Energia (EMAE), da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). E ainda, recebe importante apoio da Prefeitura de São Paulo (PMSP) para os serviços de limpeza urbana de resíduos sólidos, manutenção dos sistemas de drenagem e a conservação de córregos na bacia do rio Pinheiros.

O CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA E DE ENCHENTES URBANAS COM SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

O crescimento da cidade e os sucessivos planos e programas de intervenção urbana que resultaram em grandes modificações da rede hídrica original, decorrente de alterações no espaço geográfico urbano como a impermeabilização do solo, o aterramento de várzeas, a alteração nos leitos e nas margens dos rios e a diminuição da cobertura vegetal nas cidades são fatores que podem provocar alterações no ciclo da água. Como resultado da perda da capacidade de infiltração e retenção de água no solo, os volumes de escoamento superficial de águas pluviais aumentam e intensificam os problemas de enchentes na cidade.

A utilização de sistemas naturais no meio urbano como respostas aos principais desafios socioambientais contemporâneos tem ganhado evidências cada vez maiores por diversos países, uma vez que a natureza pode ajudar a fornecer soluções viáveis que usam e implantam as propriedades dos ecossistemas e os serviços que eles fornecem de maneira inteligente e resiliente. E geralmente aprimoram a infraestrutura natural ou artificial existente e estimulam benefícios econômicos, sociais e ambientais de longo prazo (IUCN, 2020).

Embora o reconhecimento do papel dos ecossistemas esteja consolidado nas ciências hidrológicas modernas há décadas (CONNOR et al., 2018), o termo *Nature-based Solution* foi usado pela primeira vez no final dos anos 2000 (MACKINNON; SOBREVILA; HICKEY, 2008), e em contextos de conservação da natureza quando organizações internacionais, como a *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) e o Banco Mundial (BIRD), buscaram soluções para trabalhar com ecossistemas, em vez de depender de intervenções convencionais de engenharia para se adaptar e mitigar os efeitos das mudanças climáticas, melhorando meios de subsistência sustentáveis e protegendo os ecossistemas naturais e a biodiversidade (EGGERMONT et al., 2015). Desde 2013, a Comissão Europeia tem dedicado particular atenção às SbN através de consultas e diálogos que procuraram tornar o conceito mais concreto, melhorar a capacidade e a base de evidências para a implantação e desenvolver mercados futuros correspondentes (FAIVRE et al., 2017).

As soluções envolvendo a conservação ou a reabilitação de ecossistemas naturais fornecem alternativas multifuncionais e flexíveis para vários objetivos de desenvolvimento para as cidades. Segundo o guia *Blue Green Solutions* (2017), os benefícios das SbN incluem a redução da poluição da água e do ar, mitigação do risco de inundações e ilhas de calor, além

da oferta de áreas para recreação, convivência e agricultura urbana. Dessa forma, a implantação de projetos com SbN em áreas urbanas asseguram às diversas partes interessadas múltiplas funções e benefícios para o desenvolvimento sustentável local e regional. Segundo Dige (2015), as funções podem ser ambientais (conservação da biodiversidade ou adaptação às alterações climáticas), sociais (drenagem de água e espaços verdes), e econômicas (criação de emprego e valorização imobiliária), pois são soluções sistêmicas que atendem a diversas necessidades e propiciam o fechamento de ciclos, tanto das águas como da produção de alimentos, dentre outros serviços ecossistêmicos (HERZOG, 2020).

Nos últimos anos, tem havido um reconhecimento crescente da função e importância da SbN como uma alternativa ou suplemento aos sistemas convencionais de tratamento de águas residuárias e podem ser identificadas em microescalas, por exemplo o conceito *Low Impact Development* (LID) que se refere aos sistemas e práticas que usam ou imitam processos naturais, empregando princípios como preservação e recriação de recursos naturais da paisagem, minimizando a impermeabilidade para criar uma drenagem funcional e atraente do local, que promove as águas pluviais como um recurso, ao invés de um produto residual (US EPA, 2021a). Essas práticas de gerenciamento para a drenagem urbana estabelecem medidas sustentáveis em que predominam, mas não se limitam a: alagados construídos, reservatório de biorretenção, jardins de chuvas, pavimentos porosos, valas de infiltração e biovaletas. E também as SbN podem ser implantadas em macroescalas, por exemplo, *Green Infrastructure* (GI) que representam as infraestruturas verdes, que tem como objetivos proteger ou recriar reflorestamentos urbanos e cursos de águas naturalizados conectando fragmentos isolados de biomas naturais, e recuperar as funções hidrológicas e ecológicas de uma bacia hidrográfica. As técnicas de engenharia baseadas na natureza para proteção das margens dos rios são uma ferramenta viável para apoiar os esforços gerais no sentido de melhorar a autopurificação dos rios e contribuir para a mitigação das mudanças climáticas, especialmente se forem conduzidas em maior escala (SYMMANK et al., 2020).

A infraestrutura verde é uma maneira de reconhecer e aproveitar os serviços ambientais que a natureza pode realizar no ambiente urbano (CORMIER; PELLEGRINO, 2008) que incorpora espaços naturais de rios e florestas, aprimorando a paisagem e promovendo o bem-estar e a qualidade de vida humana. Conforme Symmank et al. (2020) para atender aos desafios ecológicos atuais, projetos de restauração de várzeas e rios em grande escala devem ser prioridade. A integração da SbN na gestão da qualidade da água fornece não apenas soluções econômicas promissoras, mas tam-

bém benefícios ambientais e socioeconômicos dos mesmos investimentos, oferecendo cobenefícios ambientais que incluem proteger e melhorar a biodiversidade, reduzindo e revertendo a tendência de perda e degradação dos ecossistemas terrestres e aquáticos (CONNOR et al., 2018).

Langergraber et al. (2019), definem SbN como conceitos que trazem a natureza para as cidades e, em muitos casos, isso inclui ideias para o design urbano que são inspiradas ou derivadas da natureza. O conceito de SbN passou a abranger soluções de projeto para paisagens e arquitetura contemporâneas, nas quais materiais naturais e vivos são aproveitados para enfrentar desafios sociais específicos que são comuns no ambiente construído (PEARLMUTTER et al., 2020). Do mesmo modo, Bonzi (2015) também identifica os benefícios das infraestruturas verdes relacionados à drenagem, mobilidade, conforto ambiental, limpeza da água e do ar, biodiversidade, lazer e imagem local.

As intervenções em cursos d'água podem ser classificadas em função do grau de requalificação em que o processo de reversão se insere localmente. Silva e Porto (2020) classificam o uso predominante em três âmbitos: a Renaturalização, a Revitalização e a Recuperação. Do menor para o maior grau de intervenção, a recuperação compreende uma etapa inicial para restabelecer as condições sanitárias. A partir desta, a revitalização busca estabelecer um equilíbrio com os tipos de usos urbanos. E na fase de maior grau de intervenção, a renaturalização visa ao retorno das condições naturais do curso d'água. Ainda segundo Silva e Porto (2020), a adoção da melhor técnica - renaturalização, revitalização ou recuperação - a ser empregada em cada caso, dependem das características da bacia, uso e ocupação do solo atual, as demandas da sociedade para a área, sua relevância ecológica e condições políticas e econômicas para implantação de um projeto de requalificação de rios urbanos. No entanto, a bioengenharia ainda desempenha um papel marginal na gestão dos rios (SYMMANK et al., 2020), que correspondem a menos de 1% do investimento total em infraestrutura para a gestão dos recursos hídricos (CONNOR et al., 2018).

As infraestruturas verde-azuis urbanas ensejam o conceito de SbN para o manejo sustentável de águas superficiais e com as áreas verdes. Por exemplo, os parques lineares, redes hídricas, ao longo de logradouros, estacionamentos, rodovias, e em propriedades privadas como telhados e quintais de residências, condomínios, clubes, escolas.

No contexto da gestão de bacias hidrográficas, destacam-se três objetivos essenciais de implantação das SbN: melhorar a disponibilidade de água, melhorar a qualidade da água e reduzir os riscos de desastres. As tendências atuais levam a enfrentar múltiplos e complexos desafios na ges-

tão hídrica para dois aspectos relevantes, a disponibilidade e demanda de água, que estão relacionadas aos impactos das alterações dos ecossistemas e com o aumento da população urbana. A alteração do ciclo hidrológico decorrentes da rápida expansão das cidades implica na potencialização do escoamento superficial acompanhado por maiores quantidades de sedimentação e erosão, menor capacidade de armazenamento de água, com sérios impactos negativos no ciclo da água e o agravamento dos riscos ao ambiente urbano. Em muitos casos, formas de armazenamento de água mais amigáveis aos ecossistemas, como áreas úmidas naturais, melhorias na umidade do solo e recarga mais eficiente das águas subterrâneas, podem ser mais sustentáveis e econômicas do que a infraestrutura cinza tradicional (CONNOR et al., 2018). No entanto, a infraestrutura verde e cinza podem e devem trabalhar de maneiras consorciadas. Alguns dos melhores exemplos da implantação da SbN são onde eles melhoram o desempenho da infraestrutura cinza e ainda criam oportunidades como soluções inovadoras que incorporam perspectivas de serviços ecossistêmicos, resiliência aprimorada e considerações de subsistência no planejamento e gerenciamento da água.

As alternativas decentralizadas com SbN, auxiliares às infraestruturas convencionais de saneamento, buscam aperfeiçoar a rede hídrica existente com medidas sustentáveis de drenagem. Os princípios e aplicações práticas com SbN urbanas, que abordam múltiplas funcionalidades das drenagens sustentáveis e resilientes emergem de diversos métodos, com destaque para as infraestruturas verdes (GI) e desenvolvimentos de baixo impacto (LID) nos Estados Unidos e Canadá, os sistemas de drenagem urbana sustentável (SUDS) no Reino Unido, projeto urbano sensível à água (WSUD) na Austrália, e mais recentemente na China as cidades-esponja (SCs).

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS CRÍTICAS DE POLUIÇÃO HÍDRICA E ALAGAMENTOS URBANOS

Os principais desafios ambientais enfrentados pela cidade de São Paulo são a falta de serviços públicos nas regiões mais distantes e pobres, principalmente saneamento (URBAN GREEN UP, 2021), que causa significativa perda na qualidade das águas superficiais (rios, córregos e represas) relacionada com a expansão desordenada das zonas periféricas.

A carga de poluição em corpos hídricos é caracterizada por fontes pontuais, quando é possível identificar o local de geração e são mais fáceis de regularizar. E pela fonte difusa quando a poluição é gerada de formas esparsas e não muito bem definidas e, portanto, mais difíceis para controlar.

Nas áreas urbanas, as formas mais comuns de poluição hídrica por fontes pontuais são os esgotos não coletados para a rede pública. O *déficit* de coleta e tratamento de esgotos nas cidades brasileiras tem resultado em uma parcela significativa de carga poluidora chegando aos corpos d'água (ANA, 2017). O despejo de esgoto não tratado tem como destino o sistema público de drenagem, como as ligações irregulares nas redes de galerias pluviais. A deterioração da qualidade da água por falta de tratamento dos efluentes tem criado potenciais riscos ao abastecimento da população em vários cenários, e o mais crítico tem sido a ocupação das áreas de contribuição de reservatórios de abastecimento urbano que, eutrofizados, podem produzir riscos à saúde da população (TUCCI, 2008).

Os processos que contribuem para a ocorrência das cargas difusas de poluição hídrica não possuem origem determinadas, o que torna difícil o controle na geração. Poluição difusa são aquelas geradas de forma distribuída ao longo da bacia contribuinte, sendo elas produzidas por inúmeros agentes poluidores, que afluem aos corpos d'água preferencialmente por ocasião dos eventos de chuva (SILVA, 2014). Os impactados ambientais de fontes difusas de poluição nos córregos urbanos são gerados, em grande parte, pelo mau armazenamento e acúmulo de lixos e entulhos em vias públicas. A impermeabilização das superfícies do solo intensifica o escoamento de água pluvial, e potencializam a geração da poluição em corpos hídricos urbanos. A primeira carga de lavagem - ou *first flush* - é um dos principais contribuintes de poluentes para o escoamento superficial urbano, o qual pode ser definido como o período inicial de escoamento de águas pluviais que carreiam grande parte dos poluentes depositados na superfície do solo até os cursos d'água receptores da bacia. A explicação para as concentrações de poluentes serem mais altas no início dos eventos de precipitação está na remoção inicial do material acumulado entre episódios de chuvas. Nesse contexto, observa-se que os deflúvios superficiais urbanos influenciam a qualidade dos corpos aquáticos, transportando diversos tipos de poluentes como sedimentos, nutrientes, matéria orgânica, bactérias e outros patogênicos, hidrocarbonetos, metais pesados e agentes tóxicos (RIGHETTO; GOMES; FREITAS, 2017).

As SbN foram investigadas pelo seu desempenho como medidas de controle para atenuar os impactos de poluição hídrica e de alagamentos. Por meio de intervenções para a redução dos volumes escoados, introduzem alternativas que se integram harmoniosamente com a paisagem e, também, tratam da poluição difusa, melhorando a qualidade da água que escoa para os canais (PMSP, 2020). No presente estudo, sugere-se a implantação

de projetos pilotos híbridos de SbN e as infraestruturas de drenagens urbanas que atenuem as cargas de poluição e o escoamento superficial.

Um critério importante para a escolha de sub-bacias urbanas é a complexidade para a implantação das infraestruturas convencionais de coleta, afastamento e tratamento de esgotos nos núcleos de ocupações subnormais em fundos de vales. Os despejos de esgotos predominantemente orgânicos em galerias pluviais e córregos a céu aberto constituem, em geral, a principal fonte de poluição da água nessas sub-bacias. Em face de limitações técnicas para construção das infraestruturas cinzas (i.e. coletores de esgoto) em áreas habitacionais sem infraestruturas urbanas, algumas alternativas com SbN são propostas como soluções alternativas possíveis, principalmente para o manejo sustentável de águas pluviais e de esgotos nos córregos (AVELLÁN; GREMILLION, 2019; MENDONÇA; NOLASCO, 2017; MULLIGAN et al., 2020).

As alternativas de SbN decentralizadas que podem ser eficazes no controle de escoamentos pluviais e descargas de poluentes são as biorremediações com *wetlands* construídas (ÁLVAREZ-ROGEL et al., 2020; BALDOVI et al., 2021; CANO et al., 2019; CANO et al., 2020; HERNÁNDEZ-CRESPO et al., 2017; JURCZAK et al., 2018; JURCZAK et al., 2019; KOTSIA et al., 2020; LIQUETE et al., 2016; MATAMOROS et al., 2020; MENDONÇA; NOLASCO, 2017; YANG et al., 2020), as infraestruturas de biofiltração com parques lineares em margens de rios (IZYDORCZYK et al., 2018; SYMMANK et al., 2020; SZKLAREK et al., 2018), trincheiras de infiltração e biovaletas vegetativas, jardins de chuva, pavimento permeável, telhados verdes e cisternas (EATON, 2018; MEI et al., 2018; RIECHEL et al., 2020; SHE; WEI; YOU, 2021). Os cursos de águas das áreas urbanas de São Paulo são envoltos em galerias pluviais e, dessa forma, as SbN integradas com as infraestruturas de drenagem urbanas são promissoras para mitigar o impacto da urbanização nas redes hídricas. A cidade de São Paulo é bastante favorável para o uso de SbN em larga escala por se tratar de uma região com extensos períodos de radiação solar, temperaturas quentes na maior parte do ano e com o clima subtropical úmido.

Apoiado nos resultados quantitativos da capacidade de redução da concentração de substâncias químicas orgânicas e eutrofizantes aos cursos de água, obtidos pela revisão sistemática de literatura, os dados dos estudos de caso com intervenções de SbN denotam eficiências que potencializam o atingimento das metas de despoluição do Programa Novo Rio Pinheiros. Ou seja, garantem a manutenção da quantidade de matéria orgânica presente nos corpos de água não superior a 30 mg/l de DBO e a quantidade de oxigênio dissolvido não inferior a 2 mg/l.

Apesar do Programa Governamental não definir metas específicas com relação ao controle de alagamentos urbanos, este trabalho estudou as áreas críticas das ocorrências de alagamentos e o potencial das SbN para reduzir a exposição da população aos riscos de enchentes urbanas, e por fim sugeriu-se medidas multifuncionais de controle do escoamento pluvial para a contribuição ao Programa. Dessa forma, as sub-bacias localizadas na margem direita da bacia do Pinheiros, apresentaram as áreas mais críticas de alagamentos registradas pelo Centro de Gerenciamento de Emergências Climáticas da Prefeitura de São Paulo (CGESP) nos últimos cinco anos.

O controle da quantidade se baseia na retenção/detenção, na infiltração, no transporte, e na captação da água superficial (PMSP, 2020), atenuando as vazões de pico do escoamento pluvial e reduzindo o descarregamento a montante da sub-bacia de contribuição. As principais técnicas de detenção, infiltração e captação de águas pluviais superficiais que foram comparadas no estudo, como medidas potenciais de controle na fonte de serem implementadas de acordo com a disposição local das áreas públicas são: bacia de detenção e células de biorretenção (FU et al., 2019; GUNNELL et al., 2019; MEI et al., 2018; PMSP, 2012; SHE et al., 2021; TERÊNCIO et al., 2020), relevos côncavos verdes (DU et al., 2019), jardim de chuva, trincheira de infiltração e valas vegetativas (EATON, 2018; FU et al., 2019; MEI et al., 2018; PMSP, 2012; SHE et al., 2021), pavimento poroso ou permeável (EATON, 2018; FU et al., 2019; SHE et al., 2021), parques lineares e coberturas arbórea (GUNNELL et al., 2019; LIQUETE et al., 2016). E em loteamentos e terrenos baldios, devem ser incentivadas medidas estruturais como a construção de jardim de chuva, pavimentos permeáveis (EATON, 2018; FU et al., 2019), telhados e fachadas verdes, barris de chuva e cisterna (EATON, 2018; FU et al., 2019; RIECHEL et al., 2020) e faixas gramadas (PMSP, 2012). Os bairros antigos pós-industriais da cidade com problemas de terrenos degradados e inutilizados são bastante oportunos, pois podem ser convertidos em espaços verdes multifuncionais e revalorizar o bairro (SANCHES; PELLEGRINO, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho ressalta a literatura da área e o potencial para o uso de Soluções baseadas na Natureza como componentes para o gerenciamento sustentável de águas superficiais. Diversos estudos de caso de sucesso foram apontados com SbN e pelo estudo das áreas críticas de poluição das águas superficiais e de ocorrência de alagamentos urbanos. As SbN como

medidas sustentáveis de manejo para águas superficiais adicionais às infraestruturas tradicionais de drenagem e de esgotamento sanitário desempenham a retenção, filtração, infiltração, absorção, evaporação, tratamento, armazenamento e permitem o aproveitamento das águas pluviais. E ainda, proporcionam múltiplos benefícios paisagísticos e ecossistêmicos.

A contribuição que emerge deste estudo está na identificação da potencialidade desempenhada pela natureza para o desenvolvimento urbano sustentável e resiliente, bem como na contribuição para o reconhecimento dos rios e córregos urbanos como um patrimônio cultural para a sociedade. Portanto, fortalecendo os valores ambientais na sua conservação e restabelecendo o propósito de uso harmônico dos ecossistemas aquáticos dentro das grandes cidades. Assim, por meio da disseminação desses conhecimentos, busca-se fazer com que a adoção para essas práticas de sustentabilidade ganhe maior visibilidade na gestão de bacias hidrográficas urbanas, de maneira a beneficiar a sociedade em geral, reduzir os impactos inerentes da urbanização e potencializar a resiliência das cidades.

REFERÊNCIAS

ÁLVAREZ-ROGEL, J. et al. The case of Mar Menor eutrophication: State of the art and description of tested Nature-Based Solutions. *Ecological Engineering,* [s.l], v. 158, n. 106086, 2020.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. *Atlas Esgoto: despoluição de Bacias Hidrográficas.* Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, Brasília, 2017.

ANDERSSON, K.; OTOO, M.; NOLASCO, M. A. Innovative sanitation approaches could address multiple development challenges. *Water Science and Technology,* v. 77, p. 855-858, 2018.

AVELLÁN, T.; GREMILLION, P. Constructed wetlands for resource recovery in developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 99, p. 42-57, 2019.

BALDOVI, A. A.; AGUIAR, A. R. B.; BENASSI, R. F.; VYMAZAL, J.; JESUS, T. A. Phosphorus removal in a pilot scale free water surface constructed wetland: hydraulic retention time, seasonality and standing stock evaluation. *Chemosphere.* v. 266, n. 1289939, 2021.

BLUE GREEN SOLUTIONS GUIDE. *A Systems Approach to Sustainable, Resilient and Cost-Efficient Urban Development*. Imperial College, London, 2017.

BONZI, R. S. *Andar sobre Água Preta*: a aplicação da infraestrutura verde em áreas densamente urbanizadas. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CANO, V.; VICH, D. V.; ROUSSEAU, D.; LENS, PIET N. L.; NOLASCO, M. A. Influence of recirculation over COD and N-NH4 removals from landfill leachate by horizontal flow constructed treatment wetland. *International Journal Of Phytoremediation,* v. 20, p. 998-1004, 2019.

CANO, V.; VICH, D. V.; ANDRADE, H. H. B.; SALINAS, D. T. P.; NOLASCO, M. A. Nitrification in multistage horizontal flow treatment wetlands for landfill leachate treatment. *Science of the Total Environment,* v. 704, p. 135376, 2020.

CIRIA - CONSTRUCTION INDUSTRY RESEARCH AND INFORMATION ASSOCIATION. CIRIA publishes new guidance on SuDS construction. [s.d.]. Disponível em: https://www.ciria.org/news/CIRIA_news2/CIRIA_publishes_new_guidance_on_SuDS_construction.aspx . Acesso em: 22 maio 2021.

CONNOR, R.; DAVID, C.; UHLENBROOK, S.; KONCAGÜL, E. *The World Water Development Report 2018:* Nature-based Solutions for Water. United Nation Education, Scientific and Cultural Organization. Paris, 2018. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261424 Acesso em: 08 set. 2022.

CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. Infraestrutura Verde: Uma Estratégia Paisagística para a Água Urbana. *Paisagem Ambiente: Ensaios,* São Paulo, n. 25, p. 125-142, 2008.

COSTA, T. A.; NOLASCO, M. A. Cidade ignorada: acesso aos serviços de esgotamento sanitário em assentamentos precários. Governança e titularidade no município de São Paulo. In: DI GIULIO, G. M.; GÜNTHER W. R. (Org.). *Inovação nas práticas e ações rumo à sustentabilidade*. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, USP, 2019. 351p.

DIGE, G. *Infraestrutura verde*: viver melhor graças a Soluções baseadas na Natureza. Agência Europeia do Ambiente. [s.l.], 2015. Disponível em: https://www.eea.europa.eu/pt/articles/infraestrutura-verde-viver-melhor-gracas. Acesso em: 17 nov. 2019.

DU, S.; WANG, C.; SHEN, J.; WEN, J.; GAO, J; WU, J.; LIN, W.; XU, H. Mapping the capacity of concave green land in mitigating urban pluvial floods and its beneficiaries. *Sustainable Cities and Society*, Shanghai, v. 44, p. 774-782, 2019.

EATON, T. T. Approach and case-study of green infrastructure screening analysis for urban stormwater control. *Journal of Environmental Management,* New York, v. 209, p. 495-504, 2018.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *Water sensitive urban and building design.* Climate-ADAPT. European Commission, [s.l.], [s.d.]. Disponível em: https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/adaptation-options/water-sensitive-urban-and-building-design Acesso em: 16 nov. 2020.

EGGERMONT H.; BALIAN E.; AZEVEDO J. M. N. A.; BEUMER V.; BRODIN T. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe Nature-based Solutions, an Emerging Term. *GAIA*, Brussels, v. 24, n. 4, p. 243-248, 2015.

FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; DE BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJINE, S. Nature-Based Solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and environmental challenges. *Environmental Research,* Brussels, v. 159, p. 509-518, 2017.

FERREIRA, C. S. S.; WALSH, R. P. D.; FERREIRA, A. J. D. Degradation in urban areas. *Current Opinion in Environmental Science & Health,* Coimbra, v. 5, p. 19-25, 2018.

FU, X.; HOPTON, M. E.; WANG, X.; GODDARD, H.; LIU, H. A runoff trading system to meet watershed-level stormwater reduction goals with parcel-level green infrastructure installation. *Science of The Total Environment*, v. 689, p. 1149-1159, 2019.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Novo Rio Pinheiros. [S.l.], [S.d]. Disponível em: https://novoriopinheiros.sp.gov.br Acesso em: 31 ago. 2021.

GUNNELL, K.; MULLIGAN, M.; FRANCIS, R. A.; HOLE, D. G. Evaluating natural infrastructure for flood management within the watersheds of selected global cities. *Science of The Total Environment*, v. 670, p. 411-424, 2019.

HERNÁNDEZ-CRESPO, C.; GARGALLO, S.; BENEDITO-DURÁ, V.; NÁCHER-RODRÍGUEZ, B.; RODRIGO-ALACREU, M.A.; MARTÍN, M. Performance of surface and subsurface flow constructed wetlands treating eutrophic waters. *Science of the Total Environment,* v. 595, p. 584-593, 2017.

HERZOG, C. P.; ROZADO, C. A. *Diálogo Setorial UE-Brasil sobre Soluções baseadas na Natureza*: Contribuição para um roteiro brasileiro de Soluções baseadas na Natureza para cidades resilientes. Comissão Europeia, Direção-Geral da Investigação e da Inovação, Bruxelas, 2019.

HERZOG, C. P. Soluções baseadas na Natureza para um novo paradigma no tratamento de esgoto em áreas urbanizadas. Soluções baseadas na Natureza para cidades sustentáveis - Seção 2. *Revista Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 25, n. 50, p. 133-158, 2020.

IUCN - INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE. *IUCN Global Standard for NbS*. Gland, 2020. Disponível em: https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions/resources/iucn-global-standard-nbs Acesso em: 04 jul. 2021.

IZYDORCZYK, K.; MICHALSKA-HEJDUK, D.; JAROSIEWICZ, P.; BYDALEK, F.; Extensive grasslands as an effective measure for nitrate and phosphate reduction from highly polluted subsurface flow – Case studies from Central Poland. *Agricultural Water Management*, Lodz, v. 203, p. 240-250, 2018.

JACOBI, P. R.; FRACALANZA, A. P.; SILVA-SÁNCHES, S. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. *Revista Cadernos Metrópole:* Dossiê Águas Urbanas, São Paulo, v. 17, n. 33, p. 61-81, 2015.

JURCZAK, T.; WAGNER, I.; KACZKOWSKI, Z.; SZKLAREK, S.; ZALEWSKI, M. Hybrid system for the purification of street stormwater runoff supplying urban recreation reservoirs. *Ecological Engineering,* Lodz, v. 110, p. 67-77, 2018.

JURCZAK, T.; WAGNER, I.; WOJTAL-FRANKIEWICZ, A.; FRANKIEWICZ, P. BEDNAREK, A.; ŁAPIŃSKA, M.; KACZKOWSKI, K.; ZALEWSKI, M. Comprehensive approach to restoring urban recreational reservoirs. Part1 – Reduction of nutriente loading through low-cost and highly effective ecohydrological measures. *Ecological Engineering*, Lodz, v. 131, p. 81-98, 2019.

KATO, M; LAPOLLI, F. R.; SOUSA, J. T. NOLASCO, M. A.; GONCALVES, R. F.; LEITE, V. D. Oportunidades e desafios na implementação de estações de tratamento de esgoto descentralizados. In: SANTOS, A. B. (Org.). *Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregados e não-segregados em empreendimentos habitacionais*. 1ed. Fortaleza-CE: IMPRECE, p. 23-47, 2018.

KOTSIA, D.; DELIGIANNI, A. FYLLAS, N. M.; STASINAKIS, A. S.; FOUNTOULAKIS, M. S. Converting treatment wetlands into "treatment gardens": Use of ornamental plants for greywater treatment. *Science of The Total Environment,* v. 744, n. 140889, 2020.

LANGERGRABER, G., PUCHER, B., SIMPERLER, L., KISSER, J., KATSOU, E., BUEHLER, D., GARCIA MATEO, M. C. & ATANASOVA. Implementing nature-based solutions for creating a resourceful circular city. *Blue-Green Systems*, Vienna, v. 2, n. 1, p. 173-185, 2020.

LIQUETE, C.; UDIAS, A.; CONTE, G.; GRIZZETTI, B., MAIS, F. Integrated valuation of a nature-based solution for water pollution control. Highlighting hidden benefits. *Ecosystem Services,* v. 22, Parte-B, p. 392-401, 2016.

MACKINNON, K.; SOBREVILA, C.; HICKEY, V. *Biodiversity, climate change and adaptation*: Nature-based solutions from the Word Bank portfolio. The International Bank for Reconstruction and Development, Washington, 2008. Disponível em: https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/6216. Acesso em: 20 nov. 2020.

MATAMOROS, V.; CAIOLA, N.; ROSALES, V.; HERNÁNDEZ, O.; IBÁÑEZ, C. The role of rice fields and constructed wetlands as a source and a sink of pesticides and contaminants of emerging concern: Full-scale evaluation. *Ecological Engineering,* Barcelona, v. 156, n. 105971, 2020.

MEI, C.; LIU, J.; WANG, H.; YANG, Z.; DING, X.; SHAO, W.; Integrated assessments of green infrastructure for flood mitigation to support robust decision-making for sponge city construction in an urbanized watershed. *Science of The Total Environment*, v. 639, p. 1394-1407, 2018.

MENDONÇA, A. A. J.; NOLASCO, M. A. *Avaliação de um sistema decentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por taque séptico e wetland construída híbrida.* Congresso ABES - FENASAN, São Paulo, 2017. Disponível em: https://www.tratamentodeagua.com.br/wp-content/uploads/2019/08/descentralizado-tratamento-esgoto-domesticos.pdf. Acesso em: 06 jul. 2021.

MULLIGAN, J.; BUKACHI, V.; CLÁUSULA, J. C.; JEWELL, R.; KIRIMI, F.; ODBERT, C. Hybrid infrastructures, hybrid governance: New evidence from Nairobi (Kenya) on green-blue-grey infrastructure in informal settlements. *Anthropocene,* v. 29, n. 10227, 2020.

PAULO, P.L. et al. Ferramentas de avaliação de sustentabilidade em sistemas de tratamento de esgotos descentralizados. In: SANTOS, A. B. (Org.). *Caracterização, tratamento e gerenciamento de subprodutos de correntes de esgotos segregados e não-segregados em empreendimentos habitacionais*. 1ed., 2018, p. 746-812.

PEARLMUTTER, D. et al. Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built. IWA Publishing, *Blue-Green Systems,* v. 2, n.1, p. 46-72, 2020. doi: https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928

PMSP - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais*: Aspectos Tecnológicos; diretrizes para projetos; v. 3. Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo – PMAPSP. Secretaria Municipal de Desenvolvimento urbano. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/biblioteca_digital/manual_de_drenagem/index.php?p=49018 Acesso em: 20 ago. 2021.

PMSP - PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. *Caderno de Bacia Hidrográfica*: bacia do córrego Pirajuçara. Plano Municipal de Gestão do Sistema de Águas Pluviais de São Paulo – PMAPSP. Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/obras/cadernos_de_drenagem/CBH_Pirajucara_2020.pdf Acesso em: 24 ago. 2021.

RIECHEL, M.; MATZINGER, A.; PALLASCH, M. JOSWIG, K.; PAWLOWSKY-REUSING, E.; HINKELMANN, R.; ROUAULT, P. Sustainable urban drainage systems in established city developments: Modelling the potential for CSO reduction and river impact mitigation. *Journal of Environmental Management,* Berlim, v. 274, n. 111207, 2020.

RIGHETTO, A. M.; GOMES, K. M.; FREITAS, F. R. S. Poluição difusa nas águas pluviais de uma bacia de drenagem urbana. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, p. 1109-1120, 2017.

SANCHES, P. M.; PELLEGRINO, P. R. M. Greening potential of derelict and vacante lands in urban areas. *Urban Forestry & Urban Greening*, v. 19, p. 128-139, 2016.

SHE, L.; WEI, M.; YOU, X. Multi-objective layout optimization for sponge city by annealing algorithm and its environmental benefits analysis. *Sustainable Cities and Society*, v. 66, 102706, 2021.

SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. *Caracterização da qualidade da água de corpos d'água urbanos*. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves, 2013.

SILVA, J. C. A. *Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e difusas - estudo de caso*: Córrego Ibiraporã e do Sapé. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

SILVA, J. C. A.; RIZZI, D.; PEREIRA, L.; VASCONCELOS, I.G.D.; PEDUTO, T.A.G.; TRINDADE, L.M.; BECKER, V.C.S.; SOUZA, M.H.; MADUREIRA, R.G. *Proposta de Infraestrutura Verde e Azul para uma bacia urbana em*

São Paulo para redução de picos de cheia. 4° Simpósio de Sistemas Sustentáveis, 2018.

SILVA, J. C. A.; PORTO, M. F. A. Requalificação de rios urbanos no âmbito da renaturalização, da revitalização e da recuperação. *Labor e Engenho,* Campinas, v. 14, p. 1-19, 2020.

SYMMANK, L.; NATHO, S.; SCHOLZ, M.; SCHRÖDER, U. RAUPACH, K. SCHULS-ZUNKEL, C. The impact of bioengineering techniques for riverbank protection on ecosystem services of riparian zones. *Ecological Engineering,* [S.l], v. 158, n.106040, 2020.

SZKLAREK, S.; WAGNER, I.; JURCZAK, T.; ZALEWSKI, M. Sequential Sedimentation-Biofiltration System for the purification of asmall urban river (the Sokolowka, Lodz) supplied by stormwater. *Journal of Environmental Management,* Lodz, v. 205, p. 201-208, 2018.

TERÊNCIO, D. P. S.; FERNANDES, L. F.; CORTES, R. M. V.; MOURA, J. P.; PACHECO, F. A. L. Flood risk attenuation in critical zones of continental Portugal using sustainable detention basins. *Science of The Total Environment,* Vila Real, v. 721, n. 137727, 2020.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. Dossiê água. *Estudos Avançados,* São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

URBAN GREEN UP. Network of Cities: São Paulo. [s.d.]. Disponível em: https://www.urbangreenup.eu/cities/urban-greenup-network-of-cities/sao-paulo.kl Acesso em: 20 jun. 2021.

US EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Urban Runoff: Low Impact Development. [s.l.], 2021a. Disponível em: https://www.epa.gov/nps/urban-runoff-low-impact-development Acesso em: 2 maio 2021.

US EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Green Infrastructure. Learn about Green Infrastructure. [s.l.], 2021b. Disponível em: https://www.epa.gov/green-infrastructure/what-green-infrastructure Acesso em: 2 maio 2021.

US EPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. National Menu of Best Management Practices (BMPs) for Stormwater. National Pollutant Discharge Elimination System. [s.l.], 2021c. Disponível em: https://www.epa.gov/npdes/national-menu-best-management-practices-bmps-stormwater Acesso em: 30 abr. 2021.

YANG, C.; NAN, J.; YU, H.; LI, J. Embedded reservoir and constructed wetland for drinking water source protection: Effects on nutrient removal and phytoplankton succession. *Journal of Environmental Sciences*, Shangai, v. 87, p. 260-271, 2020.

7 Conflitos e perspectivas socioambientais na gestão da qualidade de córregos urbanos[1]

Marcio Salgado
José Luiz Negrão Mucci

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização na cidade de São Paulo, historicamente norteado pelo fator sanitário, levou à degradação da saúde ambiental dos corpos hídricos superficiais e ao afastamento da sociedade da linha d'água. A execução de obras associadas ao sistema de drenagem implementado nas bacias transformou o ambiente natural, ocultando grande parte da trama capilar hídrica. Freire (2018) ressalta que o uso do método de canalização nos rios e córregos, ao mesmo tempo em que possibilitou incorporação das várzeas, alterou drasticamente a relação dos moradores da cidade com as águas superficiais.

Em nome do conceito técnico-higienista adotado, rios e seus tributários foram canalizados e enterrados. Suas várzeas cederam lugar a áreas impermeabilizadas na busca por espaços úteis, porém sem reservas para o amortecimento de cheias. A falta de planejamento ordenado na ocupação do espaço urbano resultou, entre outros problemas, na expansão da man-

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. SALGADO, Marcio. Conflitos e perspectivas socioambientais na gestão de córregos urbanos: caso curso d'água Tenente Rocha. 2021. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

cha urbana, conduzindo ao esvaziamento do centro da cidade de São Paulo e ao crescimento da periferia (CBH-AT, 2019).

Segundo Jacobi, Silva-Sánchez e Fracalanza (2015), as moradias da capital paulista que não possuíam sistema de saneamento passaram a utilizar rios e córregos como descarga de seus dejetos, levando à contaminação por décadas dos corpos d'água superficiais. É consenso que o contato com águas contaminadas acaba por impactar a qualidade de vida da população afetada, constituindo uma questão de saúde pública. Conforme aponta a *World Health Organization* (WHO), o saneamento inadequado é a maior causa de doenças infecciosas como cólera, tifo e diarreia, salientando ainda que cerca de 80% de todas as doenças que afetam os países em desenvolvimento provém da água de má qualidade (WHO, 2019).

No panorama atual da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), as principais causas de poluição dos corpos d'água superficiais são: o despejo de esgoto *in natura*, as cargas difusas e em seguida a poluição industrial. Di Giulio e Vasconcellos (2014) ressaltam que a capital paulista exemplifica os principais desafios encontrados nos ambientes urbanos, tais como ocupação de margens de rios, lançamentos de resíduos em cursos d'água, ocupação de encostas, saneamento básico insuficiente, habitações insalubres, entre outros.

Dentre as áreas pressionadas por conflitos ambientais na cidade de São Paulo, destacam-se as ocupações irregulares ao redor das bacias de represas, como a Billings e a Guarapiranga, as quais impõem desafios na questão da disponibilidade hídrica, devido à contaminação destes mananciais por lançamentos de esgotos domésticos *in natura*. O entorno das represas é uma área que deveria ter sua proteção garantida pela Lei Estadual nº 9.866, a qual estabelece normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas de mananciais (SÃO PAULO, 1997).

A poluição antrópica advinda do desenvolvimento urbano, além da perda de qualidade das águas superficiais causou ainda a subtração de ambientes ripários[2], o que, entre outros problemas, conduziu à degradação dos serviços ecossistêmicos prestados à população. Jacobi e Silva-Sánchez (2012), analisando a prestação de serviços ecossistêmicos pelos corpos d'água superficiais urbanos, entendem que seja necessária uma visão multidimensional e multidisciplinar, que considere os rios como sistemas socioambientais prestadores de serviços ecossistêmicos, fontes de abastecimento e objetos de recuperação paisagística.

2 Ripário – Ao longo das margens dos rios e cursos d'água (ODUM; BARRET, 2007).

A sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos está diretamente relacionada à conscientização da relevância destes benefícios pela sociedade e ao uso que esta faz dos elementos naturais presentes no meio em que coabita. De acordo com Tolffo e Giatti (2018), citando diversos autores, são vários os benefícios dos serviços prestados pelos ecossistemas, derivados da presença de vegetação arbórea e áreas verdes livres no meio urbano, dentre eles: psicológicos; controle da poluição do ar, redução de ruídos, lazer, recreação, interação social, abrigos para a fauna urbana, redução das ilhas de calor, além de diminuição do efeito estufa através do sequestro de carbono.

Fracalanza e Campos (2006) salientam que após a década de 1990 houve mudança na percepção da sociedade com relação às águas na RMSP, existindo a partir de então, não apenas uma visão sanitarista, mas também de inquietação com a deterioração dos corpos hídricos. Neste contexto, políticas públicas implementadas na capital paulista têm atuado para reverter a degradação de seus principais rios através da recuperação de seus afluentes, dessa forma surgiram programas de despoluição, como o Projeto Tietê, coordenado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (SABESP) e o Projeto Córrego Limpo (PCL), de responsabilidade do Governo do Estado de São Paulo, que atua através da SABESP, em parceria com a Prefeitura da Cidade de São Paulo.

Para Jacobi e Silva-Sánchez (2012), o município de São Paulo formulou uma política inovadora de recuperação de seus rios e córregos, como uma das premissas de seu plano diretor, com potencial de inaugurar um novo paradigma na gestão da qualidade dos recursos hídricos. Entretanto, após quase uma década de sua formulação, esta política pública ambiental vem impondo um enorme desafio ao poder público local.

Cabe ressaltar que, no contexto atual da capital paulista a poluição dos corpos d'água não se restringe somente aos rios, mas estende-se aos mananciais, principalmente aqueles cuja função é de abastecimento urbano. Nesse retrato de rios e mananciais urbanos poluídos, urgem intervenções em direção à recuperação da saúde ambiental das águas, estas ações devem incluir a participação social na gestão e sustentabilidade da qualidade hídrica.

CÓRREGO TENENTE ROCHA: O IMPACTO DOS CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS NO PROCESSO DE DESPOLUIÇÃO

O córrego Tenente Rocha está localizado no distrito de Santana, Zona Norte do município de São Paulo. Possui 3,6 km de extensão e va-

zão aproximada de 32 L/s, influenciando a vida de cerca de 40.000 pessoas (SÃO PAULO, 2012). Seu trecho inicial com cerca de 1,3 Km e em declividade, encontra-se tamponado, restando perto de 2,3 km de percurso com margens abertas, o qual atravessa a área residencial do bairro Vila Bianca, continuando em direção ao Aeroporto do Campo de Marte e desaguando no rio Tietê. A microbacia hidrográfica do córrego do Tenente Rocha localiza-se à margem direita do rio Tietê e está contida na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 06 (UGRH-06) da Bacia do Alto Tietê, Sub-Bacia Penha-Pinheiros. A gestão da coleta de esgotamento sanitário desta área é realizada pela Unidade de Negócios Norte–MN da SABESP.

Em espaço contíguo ao córrego Tenente Rocha há um fragmento de Mata de Várzea (Figuras 1 e 2), remanescente de Mata Atlântica (SÃO PAULO, 2017a). Essa referida Mata de Várzea é habitat tanto de espécies comuns, como o marreco pé-vermelho (*Amazonetta brasiliensis*) (Figura 3), como de espécie classificada como vulnerável, ou seja, aquela que apresenta um alto risco de extinção a médio prazo dentro do Estado de São Paulo, como é o caso do gavião-asa-de-telha (*Parabuteo unicinctus*) (Figura 4), (SÃO PAULO, 2010; SÃO PAULO, 2017b).

Figura 1- Área de Mata de Várzea atravessada por trecho do córrego Tenente Rocha, no destaque em azul

Fonte: Adaptado de Barbon e Daffara (2017).

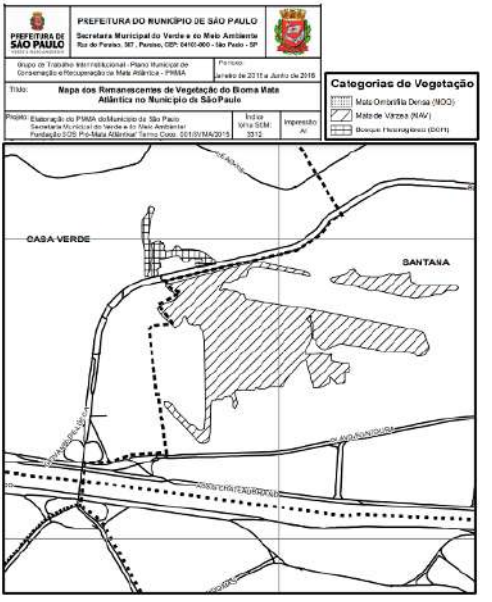


Figura 2 - Mata de Várzea do entorno do córrego Tenente Rocha, conforme Mapa dos Remanescentes de Vegetação do Bioma Mata Atlântica no Município de São Paulo
Fonte: Adaptado de PMSP (2016).

Figura 3 - Marrecos pé-vermelho (Amazonetta brasiliensis), nas margens do córrego Tenente Rocha
Foto: Marcio Salgado

Figura 4 - Indivíduo jovem de gavião-asa-de-telha (Parabuteo unicinctus) avistado na área de Mata de Várzea do entorno do córrego Tenente Rocha
Fonte: PMSP (2017).

Em 2007, esse curso d'água recebeu a infraestrutura necessária para a implantação do Programa Córrego Limpo (PCL), e desde então é considerado despoluído, tanto pela Prefeitura, quanto pela SABESP (SABESP, 2007; SÃO PAULO, 2020). O PCL realiza intervenções técnico-sanitárias em cursos d'água da RMSP, atuando no controle de cargas pontuais por meio de monitoramento mensal do indicador Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). Em complemento, o programa adota uma parceria colaborativa com as lideranças comunitárias das bacias, como as associações de moradores, buscando a conscientização e o envolvimento destes na gestão da qualidade dos cursos d'água urbanos, promovendo o compartilhamento da responsabilidade na manutenção, limpeza e preservação dos espaços comuns.

Após as intervenções iniciais do PCL no córrego Tenente Rocha, foi constatada uma redução no indicador DBO, o qual vem mantendo-se abaixo de 30 mg/L na média mensal, a partir de então. Entretanto, fatores locais associados à reincidência de cargas pontuais e difusas têm causado alterações significativas na qualidade de suas águas.

Em uma avaliação preliminar no curso d'água Tenente Rocha foram encontrados indícios de poluição advinda de cargas pontuais e flagrantes de lançamentos de esgotos têm sido registrados no trecho do referido córre-

go que atravessa a Vila Bianca (Figura 5). É válido ressaltar que as águas do córrego que chegam à Vila Bianca, oriundas do trecho tamponado, já mostram sinais da presença de poluentes. Conforme esclarece a Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESABESP), é fato que cursos d'água canalizados podem conter ligações clandestinas de esgotos ocultas sob a infraestrutura urbana, impedindo que se atinja a despoluição total em trecho completo de determinado curso d'água (AESABESP, 2017).

Figura 5 - Registro de despejo de poluentes em trecho do córrego Tenente Rocha na altura da rua Tupiguaés

Foto: Marcio Salgado

Além das cargas pontuais, outro fator que agrava a condição ambiental de afluentes urbanos é a poluição de origem difusa, uma vez que esta provém de atividades que depositam poluentes de forma esparsa sobre a área de contribuição de uma bacia, dificultando a identificação de suas fontes. Como ressalta Silva (2013), apesar da notória importância da influência das cargas difusas, a questão da poluição nos cursos d'água sempre se popularizou em torno das fontes pontuais e apesar dos bons resultados obtidos nas bacias comtempladas pelo PCL, essas não se encontram completamente despoluídas, tendo em vista que o programa em questão se baseia apenas no controle de cargas pontuais.

No tocante à presença de cargas difusas no córrego Tenente Rocha, é possível constatar em sua via de escoamento a presença de resíduos sólidos domiciliares dispostos de modo inadequado, bem como sobras de

construção civil, que agravam o processo de assoreamento do curso d'água em questão (Figura 6). Outra fonte de cargas difusas são os descartes de entulhos clandestinos, abandonados por pessoas alheias ao bairro, o que tem se tornado um problema para os moradores do local. Denúncias sobre essas práticas têm sido comunicadas à Subprefeitura local e ao órgão de controle ambiental, porém sem efeito na coibição de tais ações, o que tem gerado desmotivação nos moradores, além de descrença nos órgãos citados.

Figura 6 - Assoreamento em trecho do córrego Tenente Rocha
Foto: Marcio Salgado

Este capítulo trata dos desafios socioambientais dentro de processos de despoluição de córregos urbanos, focando um estudo de caso realizado no curso d´água Tenente Rocha. Aqui busca-se descrever a percepção cotidiana dos moradores do entorno em relação às ações de intervenção implementadas pelo programa. Presume-se que este estudo de caso seja um retrato da situação de outros córregos da capital paulista, beneficiados pelo PCL. O programa técnico-sanitário em questão tem alcançado resultados significativos em suas intervenções, todavia tem sofrido interrupções ao longo do tempo, o que vem causando retrocesso dos ganhos ambientais obtidos anteriormente, além disso, o PCL carece de maior planejamento e gestão de longo prazo nas ações de envolvimento da população local.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é identificar os principais conflitos socioambientais presentes no processo de despoluição de cursos d'água urbanos, embasado no estudo de caso do córrego Tenente Rocha, com foco na participação dos moradores na gestão da qualidade de suas águas. Cabe ressaltar que no intuito de organizar os assuntos abordados

neste capítulo, foram utilizados os seguintes temas: Poluição; Comunicação e Troca de Informações; Envolvimento Social e Serviços Ecossistêmicos.

O método da pesquisa envolveu a caracterização do entorno do córrego Tenente Rocha, realizando registros fotográficos em seu trecho de margens abertas, na fase pós-intervenção das ações do PCL. Na consecução deste estudo qualitativo, foram realizadas entrevistas do tipo estruturadas com os moradores do entorno, fundamentado em roteiro pré-estabelecido de questões abertas. Para a realização das entrevistas foi considerado um universo de 300 residências, estimado com base nas imagens do *Google Maps*®. A seleção da amostra teve seu fechamento em um total de 64 entrevistados, equivalendo a 21,33% do universo especificado e baseou-se no critério de saturação teórica, de Fontanella et al. (2011). As entrevistas foram realizadas no período de 15 de novembro de 2020 a 20 de março de 2021.

Considerando-se a situação da pandemia mundial no momento da realização da pesquisa devido ao novo coronavírus SARS-CoV-2, o roteiro seguido baseou-se em entrevistas conduzidas em parte presencial e em parte por meio do aplicativo de mídia social *WhatsApp*®, seguindo-se o protocolo de restrições de contato social preconizado pelas diretrizes da Prefeitura Municipal de São Paulo (PMSP) em vigência na época de realização das entrevistas.

ANÁLISE DOS DADOS

Aqui são apresentadas as análises dos dados coletados por meio das entrevistas realizadas junto aos moradores da Vila Bianca.

Com o intuito de obter um canal para troca de informações sobre a qualidade ambiental do córrego Tenente Rocha entre os moradores e a SABESP, foi criado um grupo de mídia social, com o apoio desta companhia de saneamento, através do aplicativo *WhatsApp*®, intitulado 'O esgoto que virou peixe', uma referência à situação em que o curso d'água se encontrava antes das ações do PCL. Esse grupo social de mensagens conta com a participação de um agente técnico da SABESP, o qual busca atender a demanda dos moradores em questões relacionadas à qualidade ambiental das águas do referido córrego.

Entende-se que a utilização desse tipo de grupo de mídia social é uma forma de compartilhar ideias e sugestões de modo rápido e abrangente, possibilitando a criação de uma ponte entre os agentes gestores e os moradores. Através do referido canal de mídia social, informações relevantes como: a percepção dos moradores sobre a qualidade das águas; a evolução

dos índices de monitoramento da água; orientações sobre boas práticas ambientais; e ainda esclarecimentos sobre obras técnicas no local podem ter seu espaço.

Dentro do tema 'Comunicação e Troca de informações', foi questionado aos residentes se eles tinham conhecimento da existência do mencionado grupo de *WhatsApp*®. Os resultados mostraram que 91% dos moradores afirmaram desconhecer o referido grupo e tampouco receber informações sobre as condições ambientais do córrego. De acordo com depoimentos de integrantes do grupo, o referido canal foi criado no intuito de ser um multiplicador de informações, ou seja, um número reduzido de moradores participantes do grupo repassaria as informações recebidas dos agentes técnicos da SABESP para os demais moradores do bairro. Porém de acordo com relatos de integrantes do grupo, na grande parte das ocasiões, não há retorno dos questionamentos realizados, conduzindo à falta de informação sobre a qualidade das águas do córrego e também gerando desmotivação nos residentes.

A razão da criação do citado canal de mídia social, encontra embasamento em Rodrigues (2016), onde esse autor salienta que, na concepção da SABESP, os moradores próximos aos córregos teriam condições de perceber rapidamente quaisquer mudanças na coloração, cheiro ou turbidez da água, indicando possíveis lançamentos de esgotos ou outras irregularidades. Dessa forma poderiam informar a companhia para que fossem tomadas as providências necessárias, de modo que a população local iria se apropriando dos cursos d'água.

Em complemento, Cardoso (2014) ressalta que o envolvimento público em questões ambientais permite entre outras ações: efetuar um diagnóstico mais realista, levando à adoção de medidas mais adaptadas à realidade local, reduzindo os conflitos, além de promover o desenvolvimento de uma sociedade mais conhecedora e ativa. Entende-se que, apesar do grupo social ter sido criado com o apoio da SABESP, e contar inclusive com a participação de educadores ambientais, conforme consta em sua nota técnica NT/MNEE- 02/2020 (SABESP, 2020), o citado canal encontra-se aparentemente subutilizado, tanto por parte da referida empresa de saneamento, como por parte dos residentes, o que termina por limitar os benefícios que esta ferramenta de compartilhamento de informações poderia proporcionar na gestão da qualidade ambiental do córrego.

Ainda no tema: 'Comunicação e Troca de Informações', foi perguntado aos entrevistados se a Associação de Moradores da Vila Bianca (AMVB) tem uma comunicação adequada com os órgãos responsáveis pelo processo de despoluição do córrego. A análise dos dados mostrou que 58%

dos entrevistados desconhecem se existe alguma comunicação, outros 17% entendem que essa troca de informações não existe e apenas na opinião de 23% dos entrevistados esta comunicação acontece (Figura 7). Assim, presume-se que seja necessário estimular a participação e o debate dos residentes junto à associação de moradores e também junto aos órgãos gestores. Além disso, a promoção do engajamento de moradores mais recentes, no intuito de que estes possam contribuir com ideias novas, deve ser considerada. Com estas ações a AMVB poderá fortalecer a comunicação junto aos agentes gestores, envolvendo-se nos processos de tomada de decisão que envolvam a qualidade da água do referido córrego.

Figura 7 - Opinião sobre a comunicação entre a AMVB e a SABESP/ Subprefeitura local

Conforme apontam Ramires Jr. et al. (2015), avaliando-se os níveis de poluição de córregos e o envolvimento de lideranças nas bacias que receberam infraestrutura do PCL, é possível considerar que aquelas as quais possuem maior número de lideranças envolvidas em questões ambientais apresentam os menores índices de DBO. Analisando-se o contexto atual da Vila Bianca, constata-se que apesar das lideranças locais demonstrarem baixa comunicação e envolvimento nas questões ambientais do córrego Tenente Rocha, tem sido evidenciado uma redução na média de seus valores de DBO, quando comparados aos índices do início da fase de intervenção do PCL. Esse resultado positivo pode ser consequência da conscientização individual dos moradores, estimulados pelas ações técnico-sanitárias implementadas pelo PCL, que contribuem no controle parcial das cargas pontuais e difusas do local.

Rodrigues (2016) reforça que a participação observada no PCL deve se caracterizar pela troca de informações e pela comunicação entre integrantes estatais e sociais, estabelecendo-se então interações socioestatais na promoção da despoluição de córregos. De acordo com a análise dos dados do estudo de caso do córrego Tenente Rocha, para 41% dos entrevistados (a maior parcela), a comunicação entre a liderança da AMVB e a SABESP/ Subprefeitura local é considerada muito importante. Observa-se, portanto, que os residentes têm uma concepção correta do papel preponderante da comunicação dentro das ações de participação social. Há que se pensar então, em modos de aprimorá-la, para que as demandas dos residentes possam alcançar efetivamente os agentes gestores, fortalecendo a zeladoria na manutenção da qualidade ambiental do curso d'água.

No tocante ao lançamento clandestino de esgoto no córrego Tenente Rocha, é do conhecimento da AMVB que em um trecho do referido curso d'água tem sido observado despejo de volume de esgoto através de galeria pluvial. Foi questionado aos entrevistados se eles receberam algum esclarecimento dos órgãos responsáveis sobre as possíveis causas e ações tomadas diante dos efluentes lançados. Para 94% dos moradores, não foi recebido quaisquer esclarecimentos sobre o assunto.

Considerando que o lançamento de dejetos acontece em um curso d'água em processo de despoluição, se existem razões de ordem técnica para tal fato ocorrer, entende-se que estas deveriam ser esclarecidas aos moradores, para que não se caracterize descaso por parte dos agentes gestores. Com efeito, a continuidade do despejo de efluentes no córrego Tenente Rocha, somada à falta de esclarecimentos, tende a gerar desmotivação nos moradores e descrença nas ações implementadas pelo PCL.

Dentro do tema: 'Envolvimento Social', questionou-se aos moradores se a AMVB realiza atividades de participação comunitária junto à SABESP, relativas ao processo de despoluição do córrego. Segundo Rodrigues (2016), no intuito de perenizar a despoluição promovida pelas obras realizadas dentro das intervenções do PCL, a SABESP identificou a necessidade de envolver a população nos esforços de manutenção da limpeza dos córregos. Porém, conforme dados coletados no entorno do córrego Tenente Rocha, 58% dos entrevistados disseram desconhecer as atividades de participação comunitária junto à SABESP, e para 19% dos moradores essas ações não acontecem, sendo que apenas uma parcela de 14% dos entrevistados acredita que essas atividades são de fato realizadas.

No que se refere à existência de atividades de conscientização ambiental, foi questionado aos moradores se esse tipo de ação é realizada. De acordo com a SABESP, medidas socioambientais que contam com a mo-

bilização dos moradores estão previstas dentro do conjunto de ações do PCL, implementadas no córrego Tenente Rocha (SABESP, 2020). Todavia a análise dos dados mostrou que 45% dos moradores afirmam que atividades de envolvimento ambiental não são realizadas, e outros 24% não sabem se elas acontecem (Figura 8).

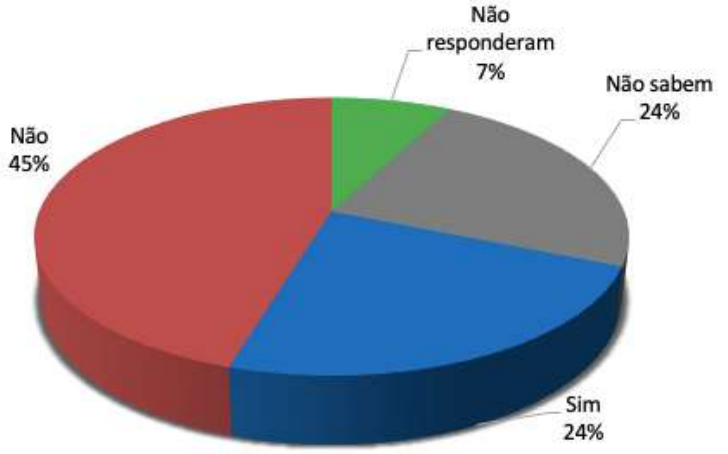


Figura 8 - Opinião sobre a realização de atividades de conscientização ambiental

De acordo com Anjos (2017), além das obras técnicas hidráulicas é necessário conscientizar a população local, tornando-a parte do processo para se obter resultados positivos a longo prazo, validando ações ambientais pretéritas, constatação que se alinha com Günther (2008), a qual ressalta que a integração entre saneamento e educação ambiental é fator basilar.

No tema: 'Serviços Ecossistêmicos', os dados da pesquisa mostraram que 75% dos entrevistados afirmaram passear com frequência às margens do córrego Tenente Rocha. Considerando que toda a extensão das margens do córrego Tenente Rocha possui cobertura arbórea e arbustiva, o que a torna um corredor verde, e ainda a presença de um fragmento de Mata de Várzea, remanescente de Mata Atlântica, contíguo ao citado curso d'água, presume-se que a área em questão proporciona aos moradores diversos benefícios inerentes aos serviços ecossistêmicos. Ademais, conforme assinala a WHO (2017), as áreas verdes e outras soluções baseadas na natureza proporcionam uma elevação da qualidade dos ambientes urbanos, aumentando a resiliência local e promovendo modos de vida sustentáveis,

aprimorando tanto a saúde quanto o bem-estar dos residentes do meio urbano.

Assim entende-se que os serviços ecossistêmicos presentes no entorno do curso d'água exercem influência positiva no cotidiano dos moradores. Esse resultado se alinha com um estudo sobre a conexão entre as áreas verdes urbanas e o bem-estar físico e psicológico de frequentadores feito por Vujcic et al. (2019), onde esses autores constatam que visitas frequentes às áreas verdes urbanas trazem benefícios notáveis à saúde e ajudam a manter contato com a natureza, demostrando ainda que os frequentadores acreditam que árvores, paisagens e elementos de água proporcionam efeitos positivos em seu bem-estar mental.

Na abordagem do tema: 'poluição', 95% dos entrevistados afirmaram que o córrego Tenente Rocha não se encontra despoluído. Quando questionados quais seriam as causas da poluição, 31% dos entrevistados responderam que o principal motivo é a presença de esgoto doméstico, e ainda na opinião de outros 21%, a causa seria os resíduos sólidos domésticos. Muitos moradores relatam a presença de mau odor em dias mais quentes ou em épocas de estiagem, relacionando diretamente esse fato com a percepção de que o córrego se encontra poluído. As respostas dos entrevistados se alinham ao estudo realizado por Ramires Jr et al. (2015), onde concluiu-se que o descarte inadequado de lixo e entulho, bem como o lançamento de esgoto *in natura* despontam entre os principais problemas na manutenção dos córregos contemplados pelo PCL.

No caso do córrego Tenente Rocha, o estudo demonstrou que há presença de lixo flutuante na linha d'água, bem como lançamentos contínuos de dejetos em trecho próximo à altura da rua Tupiguaés. Inclusive, como citado anteriormente, as águas já demonstram sinais de poluição e mau cheiro desde o início do trecho de margens abertas, ou seja, supõe-se que o córrego seja receptor de esgotos, primariamente, em sua parte tamponada anterior à Vila Bianca.

Estes lançamentos de dejetos geram variações significativas no indicador DBO, o qual é monitorado mensalmente pela SABESP na foz do córrego. É valido lembrar que o trecho do rio Tietê, que percorre a área da Zona Norte de São Paulo, bem como seus afluentes locais (Mandaqui, Carandiru, Baruel e Tenente Rocha) encontram-se enquadrados na Classe 4 (SÃO PAULO, 1977). Dessa forma, presume-se que em afluentes urbanos, como o córrego Tenente Rocha, a implementação de um plano de metas progressivas (Figura 9), alinhado às diretrizes do PCL, poderia produzir resultados mais eficazes e concretos na melhoria dos padrões das águas dos principais rios da capital paulista.

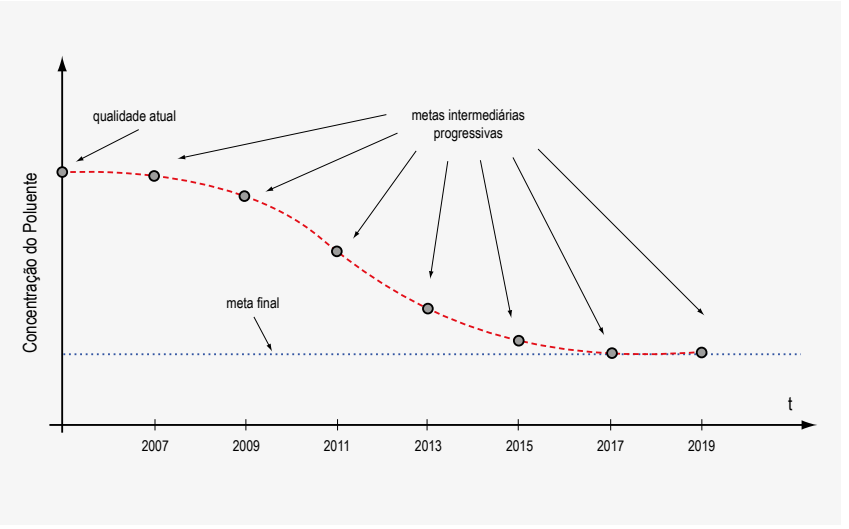


Figura 9 - Exemplificação de metas progressivas
Fonte: Adaptado de ANA (2007).

Conforme aponta o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SIGRH), nas bacias hidrográficas em que a qualidade dos corpos d'água esteja em desacordo com os usos pretendidos, metas progressivas de melhoria da qualidade das águas devem ser estabelecidas, para efetivação das respectivas classes (SIGRH, 2014). Nesse aspecto, a Resolução CONAMA 357/2005 salienta que o enquadramento das águas deve expressar metas finais a serem alcançadas, podendo ser fixadas metas progressivas intermediárias, obrigatórias, para a sua efetivação (BRASIL, 2005).

No tocante à presença de cargas difusas em trecho do córrego Tenente Rocha, é possível verificar em sua via de escoamento a presença de fatores relacionados a este tipo de poluição, tais como: lixo doméstico e excrementos de animais; resíduos de limpeza de quintais e automóveis; sobras de material de construção civil; entulhos clandestinos nas margens do córrego, entre outros. Na visão da AESABESP (2017), a poluição difusa pode ser reduzida com a conscientização da população e reforçada com a governança colaborativa. Em contrapartida o presente estudo evidenciou que 81% dos moradores afirmaram não receber orientações com relação às boas práticas ambientais na redução de cargas difusas do local. Nesse contexto, a falta de orientações, na redução das cargas difusas locais, leva ao

desconhecimento por parte dos residentes, de que certos tipos de atividades cotidianas são fatores potencialmente poluidores, exercendo influência negativa na qualidade das águas do referido córrego.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Jacobi, Silva-Sánchez e Fracalanza (2015) ressaltam que é reduzido o espaço dado à participação da sociedade em programas de recuperação ambiental, uma vez que não há procedimentos previamente definidos para conduzir processos participativos, mesmo na fase pós-implantação. Um dos principais desafios é estruturar as diversas fases deste processo, onde se prevê um compartilhamento de informação e envolvimento da população nos processos de tomada de decisão. Em complemento, estes autores assinalam que na cidade de São Paulo a recuperação de córregos e rios urbanos ainda mostra baixa efetividade devido à incapacidade do poder público em constituir mecanismos eficazes de planejamento e gestão de longo prazo, características das políticas ambientais.

Ações de saneamento devem ser implantadas respeitando-se a realidade de cada local, levando-se em consideração a diversidade cultural das populações, as quais devem ter uma participação ativa nesse processo, desde a concepção do projeto. O saneamento ambiental vem se consolidando no Estado de São Paulo com a premissa de que não basta apenas disponibilizar obras hidráulicas para automaticamente se alcançar seus benefícios ambientais, já que as medidas de saneamento podem ter até seus efeitos anulados por fatores comportamentais ou ambientais (PAGANINI, 2020).

Neste exemplo de estudo de caso realizado no córrego Tenente Rocha, concluiu-se que as intervenções realizadas através do PCL não foram suficientes para alcançar um nível aceitável de despoluição do curso d'água em questão, segundo a percepção cotidiana dos moradores. É válido ressaltar que o processo de despoluição de cursos d'água urbanos deve ser tratado como um processo perene, uma vez que as fontes poluentes são uma ameaça constante às águas superficiais urbanas.

Com relação aos desafios socioambientais presentes no estudo de caso analisado, concluiu-se que a comunicação e o compartilhamento das informações entre os residentes e as instituições gestoras exercem papel relevante, porém não são os únicos fatores que limitam os resultados no processo de despoluição do córrego Tenente Rocha. A falta de comunicação limita o entendimento dos residentes com relação às diretrizes e aos objetivos do PCL, mas não exerce influência na percepção das condições reais do

córrego, de modo que a simples divulgação de informações aos residentes locais de que a meta do PCL foi alcançada, com a DBO média sendo mantida em valores abaixo de 30 mg/L, não iria interferir na percepção cotidiana deles.

Isso posto, entende-se que os principais conflitos socioambientais objetos desta pesquisa, se relacionam conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais conflitos socioambientais na despoluição do córrego Tenente Rocha

I - Insuficiência na comunicação e compartilhamento de informações, entre as instituições gestoras e os moradores;
II – Necessidade de ampliação do espaço destinado aos residentes, nos processos de tomada de decisão, por parte da PMSP e SABESP;
III – Falta de estímulos aos processos participativos, dentro do conceito de governança colaborativa, por parte da SABESP;
IV – Necessidade de reforços na coibição de descartes de entulhos e resíduos clandestinos, por parte da PMSP;
V – Insuficiência na promoção da Educação Ambiental, por parte da SABESP e da PMSP;
VI – Necessidade de aprimoramento na identificação e eliminação de pontos de lançamento de esgotos, tanto por parte da SABESP como por parte da CETESB;
VII – Necessidade de revisão na frequência das ações de desassoreamento, por parte da PMSP.

Segundo a PMSP e a SABESP, o curso d'água Tenente Rocha foi entregue despoluído aos moradores no ano de 2007, uma vez que foram atingidas a meta do PCL, em manter a DBO em valores abaixo de 30 mg/L (SABESP, 2007; SÃO PAULO, 2020). Porém, os resultados alcançados em relação ao referido indicador ainda mantêm o córrego Tenente Rocha enquadrado na Classe 4, sem limites para carga orgânica (BRASIL, 2005). Entende-se dessa forma, que não é razoável classificar um curso d'água como despoluído apenas pela concentração da DBO detectada, de modo que um monitoramento mais abrangente deveria ser adotado, empregando outros indicadores além da DBO no controle da poluição.

O monitoramento de qualidade da água produz medição de um determinado parâmetro em um momento instantâneo e considerando que o valor de 30 mg/L de DBO é obtido a partir de uma média mensal, ao longo do dia esse parâmetro pode oscilar significativamente. Assim, entende-se que atender 30 mg/L na média como meta, seja insuficiente para se consi-

derar um curso d'água despoluído, como o exemplo do estudo de caso do córrego Tenente Rocha mostrou. Conforme os resultados obtidos, a percepção concreta de 95% dos entrevistados se contrapõe à afirmação, tanto da SABESP quanto da PMSP, quando consideram o córrego em questão despoluído. Entende-se que após 14 anos de intervenção de um programa técnico-sanitário, os residentes do entorno do córrego em questão esperam que seja possível interagir com um curso d'água que não apresente lançamentos de esgotos, resíduos flutuantes e odores fétidos, panorama este mais alinhado com a perspectiva de um córrego despoluído.

REFERÊNCIAS

ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Panorama do enquadramento dos corpos d'água do Brasil, e, Panorama da qualidade das águas subterrâneas no Brasil. Brasília: ANA, 2007. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf Acesso em: 10 maio 2022.

AESABESP **-** ASSOCIAÇÃO DOS ENGENHEIROS DA SABESP. A importância da recuperação de córregos e matas ciliares. *Revista SANEAS,* São Paulo, ano X, ed. 60, dez/fev. 2017. Disponível em: http://www.aesabesp.org.br/arquivos/saneas/saneas60.pdf Acesso em: 03 mai. 2019.

ANJOS, L. A. P. *Análise da gestão dos corpos hídricos da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê.* 2017. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BARBON, J.; DAFFARA, C. Entenda mudanças no Campo de Marte, que deve virar Parque. *Jornal Folha de São Paulo*, 06/08/2017. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/08/1907253-entenda-mudancas-no-campo-de-marte-que-deve-virar-parque.shtml Acesso em: 10 maio 2022.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, alterada pela resolução 410/2009 e pela 430/2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 18 mar. 2005, Seção 1, p. 58-63.

CARDOSO, S. M. R. *Avaliação de projetos de intervenção em sistemas fluviais.* 2014. Dissertação – (Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2014.

CBH-AT - COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO ALTO TIETÊ**.** Pla-

no de Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: resumo executivo. São Paulo: Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (FABHAT). 2019. Disponível em: https://comiteat.sp.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Resumo-Executivo-PBH-AT-2018.pdf Acesso em: 3 set. 2020.

DI GIULIO, G. M.; VASCONCELLOS, M. P. Contribuições das ciências humanas para o debate sobre mudanças ambientais: um olhar sobre São Paulo. *Revista Estudos Avançados*, São Paulo. v. 28, n. 82, p. 41-63, 2014. https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000300004

FONTANELLA, B. J. B. et al. Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. *Cadernos de Saúde Pública,* Rio de Janeiro. v. 27, n. 2, p. 388-394, 2011.

FRACALANZA, A. P.; CAMPOS, V. C. O. Produção social do espaço urbano e conflitos pela água na Região Metropolitana de São Paulo. *São Paulo em perspectiva*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 32-45, 2006.

FREIRE, A. R. *As várzeas urbanas de São Paulo:* o processo de ocupação e transformação das várzeas dos rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí. 2018. Dissertações (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

GÜNTHER, W. M. R. *Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental*. 2008. Tese (Livre Docência em Resíduos Sólidos) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. https://doi.org/10.11606/T.6.2010.tde-19072010-144112

JACOBI, P. R.; SILVA-SÁNCHEZ, S. Políticas de recuperação de rios urbanos na cidade de São Paulo - Possibilidades e Desafios. *Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais,* São Paulo, v. 14, n. 2, p. 119-132, nov. 2012. https://doi.org/10.22296/2317-1529.2012v14n2p119

JACOBI, P. R.; SILVA-SÁNCHEZ, S.; FRACALANZA, A.P. Governança da água e inovação na política de recuperação de recursos hídricos na cidade de São Paulo. *Cadernos Metrópole,* São Paulo, v. 17, n. 33, p. 61-81, mai. 2015.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. *Fundamentos de Ecologia*. Tradução da 5ª Ed. São Paulo, Cengage Learning, 2007.

PAGANINI, W. S. Vamos falar sobre saneamento. *Jornal da USP*. São Paulo, 02 abr. 2020. Disponível em: https://jornal.usp.br/artigos/vamos-falar-sobre-saneamento/ Acesso em: 06 maio 2021.

PMSP – PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Secretaria Muni-

cipal do Verde e do Meio Ambiente. 2016. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmma/PMMA_3312.pdf Acesso em: 10 maio 2022.

PMSP – PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Anexo IV. Memorial descritivo de estudo preliminar. 2017. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/ANEXO%2004%20-%20MEMORIAL%20DESCRITIVO_CAMPO%20DE%20MARTE_ESTUDO%20PRELIMINAR_R03.pdf Acesso em: 10 maio 2022.

RAMIRES JUNIOR S. P.; NEVES, S. S.; RUIZ, M. S.; GALLARDO, A. L. C. F.; CÔRTES, P. L.; CERÂNTOLA, A. P. C. Governança colaborativa aplicada à gestão de conflitos socioambientais na despoluição de córregos na cidade de São Paulo. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, Taubaté/SP, v. 11, n. 1, p. 113-134, 2015.

RODRIGUES, M. *Implementando a participação:* interações estatais e socioestatais no Programa Córrego Limpo da SABESP. 2016. 132 f. Tese (Doutorado) - Letras e Ciências Humanas - Departamento de Ciência Política, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Situação dos Córregos, 2007. Disponível em: http://www.sabesp.com.br/sabesp/filesmng.nsf/61DE181E78FA31AD-832572FA00757E0F/$File/situacao_corregos.pdf Acesso em: 20 abr.2019.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Córrego Tenente Rocha: Nota Técnica - NT/MNEE-02/2020. São Paulo: SABESP, 2020.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 10.755, de 22 de novembro de 1977. Dispõe sobre o enquadramento dos corpos de água receptores na classificação prevista no decreto nº 8.468, de 8 de setembro de 1976, e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*. São Paulo, 23 nov. 1977, Caderno 1. p. 1. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/1977/decreto-10755-22.11.1977.html Acesso em: 14 set. 2021.

SÃO PAULO (Estado). Lei nº 9.866, de 28 de novembro de 1997. Dispõe sobre diretrizes e normas para a proteção e recuperação das bacias hidrográficas dos mananciais de interesse regional do Estado de São Paulo e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado de São Paulo,* São Paulo, 28 nov. 1997, nº 230. p.1.

SÃO PAULO (Estado). Decreto nº 56.031, de 20 de julho de 2010. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas, as quase Ameaçadas, as Colap-

sadas, Sobrexplotadas, Ameaçadas de Sobrexplotação e com dados insuficientes para avaliação no Estado de São Paulo e dá providências correlatas. *Diário Oficial do Estado de São Paulo*, São Paulo, 21 jul. 2010, Seção 1, p.3.

SÃO PAULO (Município). Dados do programa Córrego Limpo 2012**.** 2012. Prefeitura de São Paulo. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/planejamento/escola_de_formacao/arquivos/cursos/presenciais/corrego_limpo.pdf Acesso em: 20 abr.2019.

SÃO PAULO (Município). Memorial Parque Campo de Marte 2017. 2017a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/ANEXO%2004%20-%20MEMORIAL%20DESCRITIVO_CAMPO%20DE%20MARTE_ESTUDO%20PRELIMINAR_R03.pdf Acesso em: 06 fev. 2019.

SÃO PAULO (Município). Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA) - Mapeamento dos Remanescentes do Bioma Mata Atlântica no Município de São Paulo 2017. *Diário Oficial da Cidade de São Paulo,* São Paulo, SP, 16 dez. 2017b, p. 62 (235) – 27. Disponível em: http://www.docidadesp.imprensaoficial.com.br/RenderizadorPDF.aspx?ClipID=2S8S13R22G0EQe4PG56FM5GQRDC Acesso em: 23 set.2019.

SÃO PAULO (Município). *Programa Córrego Limpo 2020.* 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/licenciamento/desenvolvimento_urbano/participacao_social/comissao_de_seguranca_hidrica/index.php?p=300890 Acesso em: 05 jun. 2021.

SIGRH - SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Plano de Bacias Hidrográficas - Enquadramento dos Corpos de Água em Classes segundo os Usos Preponderantes. 2014. Disponível em: http://www.sigrh.sp.gov.br/arquivos/enquadramento/PBH_Enquad_p_CBHs_nov14.pdf Acesso em: 17 jul. 2020.

SILVA, J. C. A. *Recuperação de córregos urbanos através do controle de cargas pontuais e difusas – estudo de caso:* córrego Ibiraporã e do Sapê. 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TOLFFO, F. A; GIATTI, L. L. A contribuição das áreas verdes e parques para a saúde ambiental das cidades. In: GÜNTHER, W. R.; DI GIULIO, G. M. (Org.). *Ambiente urbano e sustentabilidade:* desafios e oportunidades. São Paulo: Faculdade de Saúde Pública da USP, 2018, p. 2-26.

VUJCIC, M. et al. Connection between urban green areas and visitor' physical and mental well-being. *Urban Forestry & Urban Greening.* v. 40, p. 299-

307, 2019. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.01.028

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Urban Green Spaces: A Brief for Action. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2017.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Sanitation. 2019. Disponível em: https://www.who.int/topics/sanitation/en/ Acesso em: 27 jun. 2019.

8 Remoção de fármacos com a utilização de membranas em efluentes de estações de tratamento de esgoto[1]

Fabio Pereira de Carvalho
Luana da Silva Freitas
Miriam Moreira Bocchiglieri
Wanderley da Silva Paganini

INTRODUÇÃO

O lançamento de esgotos domésticos nos corpos d'água sem adequado tratamento e/ou qualidade adequada, resulta em comprometimento das águas e pode inviabilizar o atendimento aos usos atuais e futuros dos recursos hídricos. No Brasil, o cenário atual da coleta e tratamento de esgotos é preocupante (ANA, 2017; SNIS, 2018):

- Em média, apenas 53,2% do esgoto é coletado;
- Apenas 46,3% do esgoto é tratado;
- A maior parte da população brasileira (100,7 milhões de pessoas em

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. CARVALHO, Fabio Pereira de. Uso de membranas como alternativa para remoção de fármacos em efluentes de estações de tratamento de esgotos. 2021. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

2035) estará em 840 centros urbanos que demandam solução complementar (busca de novo corpo receptor, disposição no solo ou reúso do efluente) ou solução conjunta (definição conjunta do nível de tratamento dos municípios da bacia hidrográfica) para resolver o problema de esgotamento sanitário;

- Os investimentos necessários para universalizar os serviços de esgotamento sanitário nas sedes urbanas do País, com base no novo Marco Legal do Saneamento, são da ordem de 70 bilhões de reais anualmente até 2033.

De acordo com o Governo Federal, o novo marco poderá atrair R$ 700 bilhões em investimentos para o setor e gerar cerca de 700 mil empregos nos próximos 14 anos (BRASIL, 2020).

A situação brasileira revela que a questão dos esgotos é um grande problema de saúde pública e deveria ser objeto de estudos e implementação de soluções sustentáveis, de modo a melhorar a qualidade de vida da população, reduzindo os impactos para as próximas gerações. Outro ponto importante é que a legislação brasileira exige tratamento secundário aos esgotos sanitários e que os efluentes tratados não podem vir a desenquadrar os corpos d'água receptores. Essa abordagem é coerente para um país com baixos índices de atendimento em saneamento, em especial em tratamento de esgotos sanitários, porém o aporte de nutrientes e de contaminantes emergentes (como poluentes orgânicos persistentes, fármacos, hormônios), que tipicamente não são completamente removidos nas estações de tratamento de esgotos (ETEs) em nível secundário, gera preocupação nas mais diversas áreas de saúde e meio ambiente.

O desenvolvimento tecnológico permite avanços em diversas áreas do conhecimento, resultando na produção de bens e serviços de interesse para a população em geral. Na área farmacêutica, anualmente, diversas novas moléculas são desenvolvidas para tratar as mais diversas doenças que afetam a saúde e representam novas formas de tratamento para os pacientes (FDA, 2018). A introdução destes novos compostos traz benefícios, porém podem representar potenciais novas fontes de contaminação ambiental. As rotas de contaminação desses compostos passam principalmente pelo descarte inadequado de medicamentos, excreção pelas fezes e urina após o uso e descarte inadequado de efluentes industriais.

O avanço das tecnologias analíticas possibilitou a detecção e quantificação de fármacos em águas, em concentrações muito baixas. Apesar de haver relatos da presença de produtos farmacêuticos nos corpos hídricos dos EUA nos anos 1970, somente recentemente houve

maior interesse pelo assunto (NACWA, 2010). Tais avanços permitiram a detecção de fármacos inclusive em regiões remotas e com reduzida presença humana, como na península Antártica (GONZALEZ-ALONSO et al., 2017).

Práticas como a automedicação e uso excessivo de medicamentos são comuns ao redor do globo. Segundo dados do Conselho Federal de Medicina, 77% dos brasileiros fazem uso de medicamentos sem qualquer orientação médica, e, especialmente durante a pandemia, a automedicação pode comprometer a saúde, (COPASS, 2021) tornando a pessoa ainda mais vulnerável a diversos tipos de problemas relacionados à saúde pública, como intoxicações e reações adversas, mas também à intensificação dos efeitos antrópicos negativos ao meio ambiente, incluindo a contaminação das águas (DOMINGUES et al., 2015).

Apenas uma parcela dos processos de tratamento de esgotos no país possui tratamento terciário para remoção de nutrientes que podem causar eutrofização em corpos receptores. A Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, estabelece que "o órgão ambiental competente poderá definir padrões específicos para o parâmetro fósforo no caso de lançamento de efluentes em corpos receptores com registro histórico de floração de cianobactérias, em trechos onde ocorra a captação para abastecimento público", ou seja, não há obrigatoriedade do tratamento terciário, conforme mencionado (BRASIL, 2011).

Essa situação pode vir a impactar a qualidade dos mananciais de abastecimento de água. Atualmente no Brasil, mais de 110 mil km de corpos d'água estão com a qualidade comprometida devido ao excesso de poluição por carga orgânica, sendo que em 83.450 km a captação para abastecimento público, devido à poluição é inviabilizada, e em 27.040 km a captação pode ser feita, mas requer tratamento avançado (ANA, 2017).

A necessidade de investimentos na coleta e implantação do tratamento, que muitas vezes é inexistente, traz oportunidades do uso de tecnologias que possam atender às necessidades atuais e futuras, podendo ser incluídos no escopo dos projetos. Por exemplo, pode-se citar a remoção de contaminantes como os fármacos, apenas recentemente passaram a ser objeto de preocupação.

Tal situação não se trata de falta de conhecimento ou impedimentos de ordem tecnológica. No Brasil, a questão primordial é a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico. Enquanto a universalização não for alcançada, questões aparentemente simples

como estabelecer o grau de tratamento de esgotos em determinado local passam a ter elevada complexidade, pois, entre outros aspectos, os recursos são escassos e devem ser aplicados da melhor forma, de modo a potencializar os resultados ambientais e de melhoria das condições de saúde.

Metcalf e Eddy (2016) esclarecem que os objetivos do tratamento de esgotos, postos até o início dos anos 1970, consideravam a remoção de sólidos, o tratamento de substâncias orgânicas degradáveis e a eliminação de organismos patogênicos, relatando que mesmo esses objetivos não foram uniformemente alcançados nos Estados Unidos. A partir de 1980, esses objetivos se mantiveram, porém, ênfase também foi dada à remoção de constituintes que poderiam causar efeitos de longo prazo sobre a saúde e impactos ambientais, o que levou ao aumento dos níveis de tratamento requeridos.

FÁRMACOS NOS ESGOTOS

O crescente uso de fármacos e o constante desenvolvimento de novas moléculas todos os anos representa um avanço em termos de novas terapias para diferentes doenças, contudo o uso em excesso e descarte inadequado geram preocupações em diferentes partes do mundo. Porém, os impactos ambientais, à fauna e à saúde humana decorrentes de seu uso, muitas vezes, não são totalmente conhecidos e elucidados. Assim é extremamente importante compreender os fluxos e mecanismos de ação, assim como os riscos ambientais associados a essas substâncias e a forma de mitigação de tais impactos.

Os estudos da presença de fármacos nos esgotos sanitários vêm crescendo mundialmente, porém ainda não possuem a mesma extensão no Brasil. Em geral, esses estudos possuem grande variabilidade de resultados na ocorrência e concentração dos fármacos em diferentes matrizes ambientais (GUEDES, 2017). Entre os maiores desafios da atualidade pode-se destacar a questão das substâncias que são suspeitas de alterar as funções do sistema endócrino, denominados interferentes endócrinos, e que causam efeitos negativos à sobre a saúde humana (SIMÕES, 2016).

O controle das fontes de poluição por fármacos seria, a princípio, a situação ideal. Porém, a dificuldade de controlar o consumo de medicamentos, identificação de pontos de descarte e a inerente excreção dos fármacos e seus metabólitos, transferem o problema para o esgoto sanitário – foco deste capítulo.

Apesar de muitos desses compostos já serem identificados em águas superficiais e mesmo em água potável (HEBERER, 2002; WHO, 2011), pois uma das principais rotas de contaminação está relacionada ao despejo de esgotos sanitários ou efluentes industriais sem tratamento, ou até mesmo com diferentes níveis de tratamento, nota-se que as estações de tratamento, de maneira geral, não são projetadas para remoção desse tipo de contaminante. Também merecem atenção os lixiviados de aterros sanitários e os efluentes hospitalares, que se não receberem tratamento adequado, podem contribuir com o aporte de diversos contaminantes aos corpos hídricos receptores.

Visando contribuir com a produção de conhecimento nesse campo, o presente capítulo apresenta os resultados do estudo de aplicação dos processos de membranas de ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa na remoção de contaminantes, com foco em fármacos, como etapa de polimento em duas estações de tratamento de esgotos (ETE) em funcionamento.

PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS PESQUISADOS

Foram estudados três tipos de sistema: i) lagoas de estabilização; ii) lodos ativados; e iii) tratamento terciário por meio de tecnologias de polimento aos efluentes das ETEs, com aplicação de três categorias de membranas: i) ultrafiltração; ii) nanofiltração; e iii) osmose reversa.

Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são consideradas um dos sistemas mais simples para tratamento de esgotos sanitários. Contudo, esses sistemas são desenhados principalmente para remoção de carga orgânica, sendo a remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo) relativamente baixa. Existem diferentes tipos de lagoas e configurações, que determinam sua eficiência e nível de simplicidade operacional (VON SPERLING, 2017).

Nas lagoas facultativas, a matéria orgânica solúvel (tipicamente medida como Demanda Bioquímica DBO solúvel) e finamente particulada passa por um processo de estabilização aeróbio na fase líquida, enquanto a DBO suspensa sedimenta e passa por um processo anaeróbio no fundo da lagoa. O fornecimento de oxigênio, requerido pelas bactérias aeróbias, advém da fotossíntese das algas. Nesse sentido, o projeto é desenhado visan-

do favorecer a presença de algas na fase líquida e equilíbrio entre bactérias e algas (VON SPERLING, 2017).

O principal objetivo da lagoa de maturação é a remoção de patógenos. Nessas lagoas predominam condições ambientais adversas para bactérias patogênicas, como radiação, pH, temperatura, falta de nutrientes e predação por outros organismos. Ovos de helmintos e cistos de protozoários tendem a ser removidos por sedimentação. Além disso, a eficiência na remoção de coliformes é elevada. Esse tipo de lagoa é uma alternativa bastante econômica à desinfecção de efluentes convencionais, como a cloração (VON SPERLING, 2017).

A Figura 1 mostra a representação esquemática de um sistema de tratamento de esgotos sanitários por lagoa anaeróbia, seguida de lagoa facultativa e lagoa de maturação.

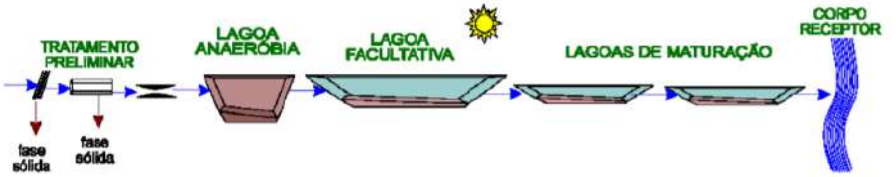


Figura 1- Esquema de um sistema de lagoas anaeróbia, facultativa e maturação
Fonte: Von Sperling (2017)

Lodos ativados

Os sistemas de lodos ativados, que representam o tipo de tratamento empregado na maior parte da população atendida no Brasil, são mais eficientes que sistemas de lagoas, porém com maior nível de mecanização e consumo energético. Esse tipo de tratamento permite o crescimento e sustentação da biomassa de forma dispersa, no qual o esgoto afluente e o lodo ativado recirculado são misturados, agitados e aerados no tanque de aeração. Posteriormente no decantador secundário, a maior parte do lodo retorna ao processo, enquanto o lodo em excesso é retirado do sistema e enviado ao tratamento de lodo, conforme Figura 2. Esse sistema necessita de elevada quantidade de oxigênio e grande quantidade de flocos em suspensão nos reatores, a fim de permitir melhor performance de remoção de matéria orgânica e, em determinadas condições, também do nitrogênio (JORDÃO; PESSOA, 2011).

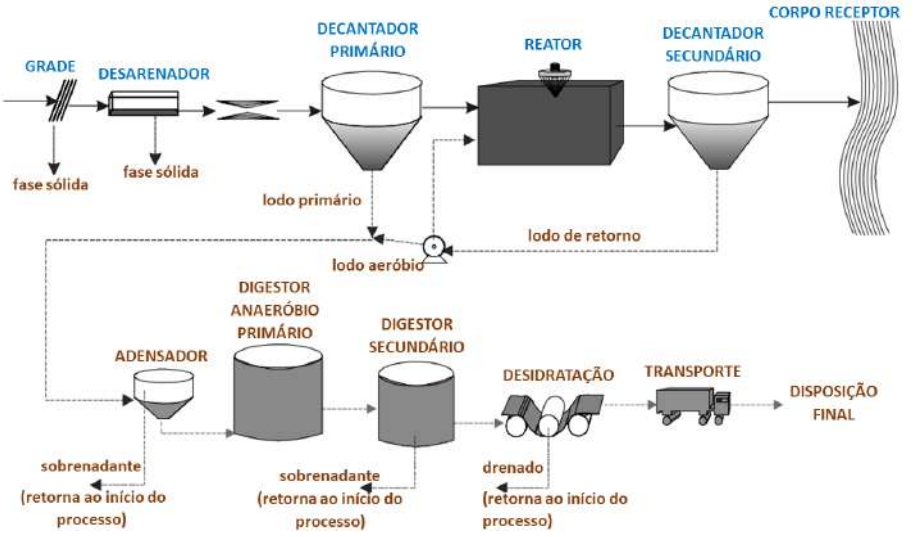


Figura 2 - Fluxograma típico de sistema de lodos ativados convencional com tratamento de lodo

Fonte: Von Sperling (2016)

TECNOLOGIAS DE POLIMENTO AOS EFLUENTES DAS ETES - TRATAMENTO TERCIÁRIO

A presença de nutrientes como nitrogênio e fósforo em elevadas quantidades provoca o crescimento indesejável e descontrolado de micro-organismos nos corpos d'água e pode causar eutrofização. A presença de elevada quantidade de algas e cianobactérias na superfície de um lago é exemplo típico da consequência do processo de eutrofização. Além disso, a amônia livre é tóxica para organismos aquáticos, o nitrato é prejudicial à saúde (principalmente crianças) e o nitrogênio amoniacal (na forma de íon amônio) consome oxigênio do meio aquático promovendo a nitrificação. Esses problemas levaram ao desenvolvimento de tecnologias de polimento aos efluentes das estações (JORDÃO; PESSOA, 2011).

Estações de tratamento de esgoto que possuem tratamento terciário apresentam efluente tratado de elevada qualidade, sendo aplicado tipicamente em locais onde há parâmetros de descarte mais restritivos ou ausência de vazão suficiente no corpo d'água para diluição dos contaminantes. Este tipo de sistema também pode ser empregado para fins de reúso em diferentes aplicações.

Tipos de membranas aplicáveis ao tratamento de água e efluentes

A ultrafiltração (UF) fornece separação macromolecular para partículas na faixa de 20 a 1.000 Angstrom (até 0,1 mícron). Todos os sais dissolvidos e moléculas menores passam através da membrana. A maioria das membranas de UF possui corte de peso molecular (*molecular weight cut-off – MWCO*) entre 1.000 e 100.000. As membranas de fibra oca tipicamente operam em dois tipos de sentido: de fora para dentro ou de dentro para fora, conforme Figura 3. Dessa forma, todos os sólidos suspensos e contaminantes com tamanho molecular acima do poro da membrana são separados da corrente de água filtrada. A Figura 4 apresenta um sistema de ultrafiltração pressurizado.

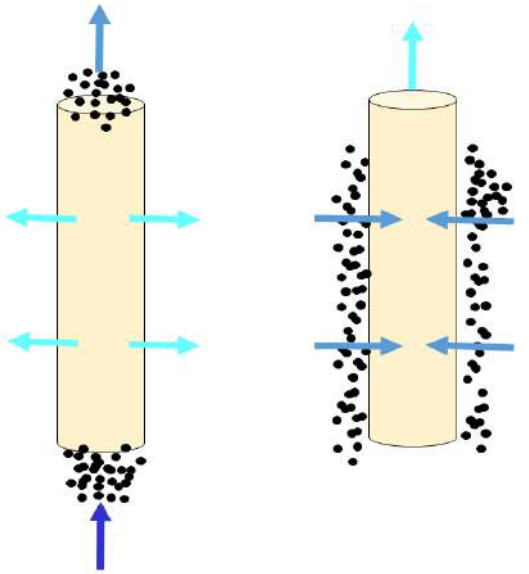


Figura 3 - Sentidos de filtração típicos de membranas de ultrafiltração
Fonte: DuPont (2017)

A nanofiltração (NF) refere-se a um processo de membrana especial que rejeita partículas na faixa aproximada de tamanho de 1 nanômetro (10 Angstroms). A NF opera no domínio entre ultrafiltração e osmose reversa. Na prática, as membranas de osmose reversa e nanofiltração são aplicadas como um processo de filtração de fluxo cruzado ou tangencial, com diferentes camadas e materiais, conforme Figura 5. Com uma bomba de alta pressão, a água ou efluente, já clarificado, é continuamente bombeado a

determinada pressão para o sistema de membrana. Dentro do sistema de membranas, a água de alimentação será dividida em um produto de baixo teor de sais dissolvidos, chamado permeado, e um produto concentrado em sais dissolvidos, denominado concentrado.

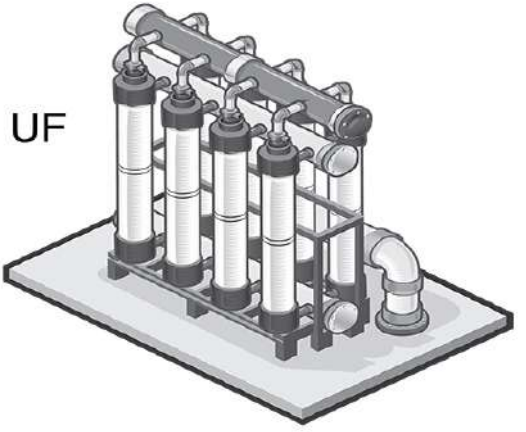


Figura 4 - Representação de um sistema de ultrafiltração pressurizado
Fonte: DuPont (2019)

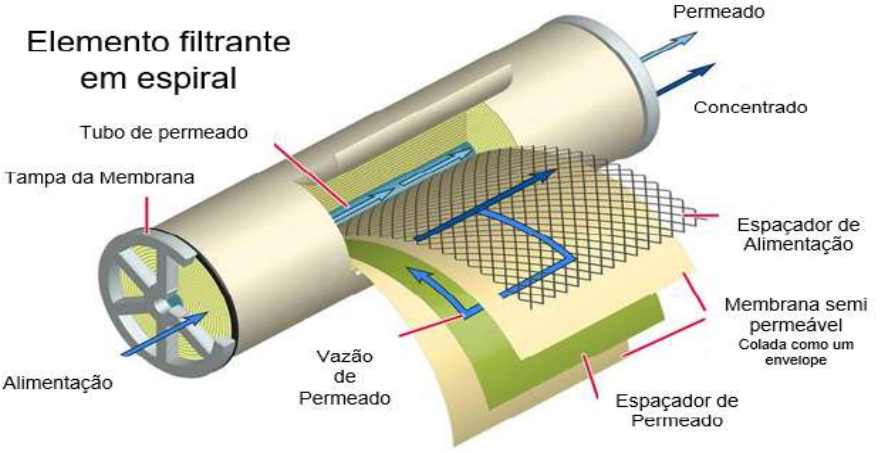


Figura 5 - Detalhamento das partes de uma membrana de nanofiltração ou osmose reversa
Fonte: DuPont (2020)

A osmose reversa (OR) é o melhor nível de filtração disponível entre as membranas. A membrana de OR atua como uma barreira a todos os sais dissolvidos e moléculas inorgânicas, bem como moléculas orgânicas com um peso molecular superior a aproximadamente 100. Moléculas de água, por outro lado, passam livremente através da membrana criando um fluxo de produto purificado. A rejeição de sais dissolvidos é tipicamente de 95% a 99%. O modo de operação é similar a um sistema de nanofiltração (exemplo de sistema na Figura 6), porém as pressões de trabalho são maiores e dependem da salinidade da água de alimentação.

A recuperação típica (em % - vazão de permeado produzido dividida pela vazão de água de alimentação) tipicamente varia de acordo com a salinidade e tipo de sistema:

- dessalinização de água do mar: 40 a 45%;
- água salobra (efluentes ou alto potencial de incrustação de sais): 60 – 70%
- água salobra com duplo estágio: 75 – 80%
- água permeada ou múltiplos estágios (baixa salinidade): 85 – 90%
- osmose de circuito fechado (*closed circuit reverse osmosis* – CCRO): 90 a 98%

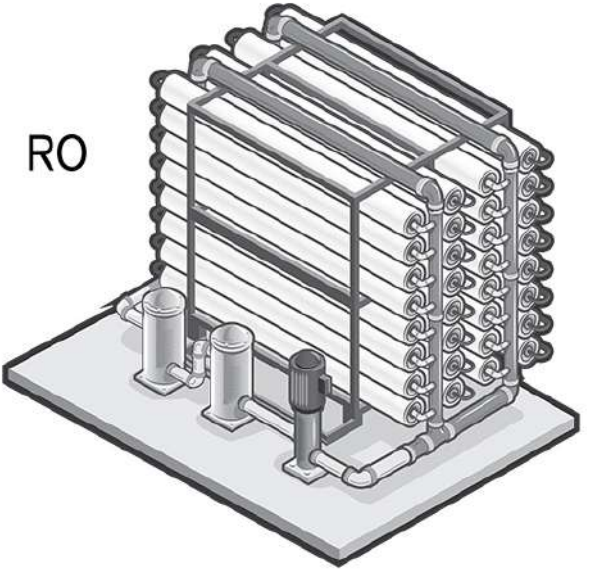


Figura 6 - Representação de um sistema de osmose reversa
Fonte: DuPont (2019)

As aplicações para osmose são numerosas e variadas e incluem dessalinização de água do mar ou água salobra, reúso de efluentes, processamento de alimentos e bebidas, separações biomédicas, purificação de água potável, água industrial e sistema de descarga líquida zero (*zero liquid discharge – ZLD*) ou descarga mínima de líquidos (*minimal liquid discharge – MLD*).

Alguns aspectos importantes devem ser levados em conta na implementação desses tipos de tecnologia. O principal deles, sem dúvida, é o risco sanitário envolvidos no retorno de esgotos sanitários tratados ao meio ambiente, que consequentemente podem afetar os corpos hídricos receptores que podem ser utilizados como mananciais para abastecimento humano, ou em último caso, causar impactos negativos no solo, subsolo e ambiente marinho. É importante lembrar que esse risco já existe e vem causando diversos problemas à população. É sabido que as fontes de água disponíveis para abastecimento nas grandes cidades brasileiras estão sujeitas às diferentes fontes de poluição e faz-se necessário buscar tecnologias para lidar com o problema de contaminação de águas por esgotos sanitários contaminados.

COMPOSIÇÃO ADOTADA PARA OS SISTEMAS PESQUISADOS

Estação de Tratamento de Esgotos RJ – ETE RJ

Para o desenvolvimento deste capítulo, foram realizados estudos em duas ETEs em operação: i) uma delas recebe contribuição significativa de efluentes hospitalares, sendo composta por sistema australiano (lagoa anaeróbia + lagoa facultativa) seguido por lagoa de maturação; e ii) uma planta de lodos ativados.

A ETE RJ, localizada no estado de São Paulo, trata em média 30 L/s (dado de outubro/2019) e lança seus efluentes em corpo receptor enquadrado na Classe 4. A tecnologia de tratamento de esgotos adotada é por sistema de lagoas de estabilização composto pelas seguintes etapas: i) tratamento preliminar (gradeamento e desarenamento); ii) lagoa anaeróbia; iii) lagoa facultativa; e lagoa de maturação.

Tecnologia de polimento estudada

Foi instalada uma unidade piloto com combinações de sistemas de polimento por membranas, compostos por ultrafiltração + nanofiltração (UF + NF), com a finalidade de avaliar, em condições reais, o potencial dessas tecnologias para a remoção de cafeína e dos seguintes fármacos: parace-

tamol, ibuprofeno, carbamazepina, atenolol, sinvastatina e clonazepam. A Figura 7 apresenta a montagem do sistema piloto de membranas instalado na Estação RJ.

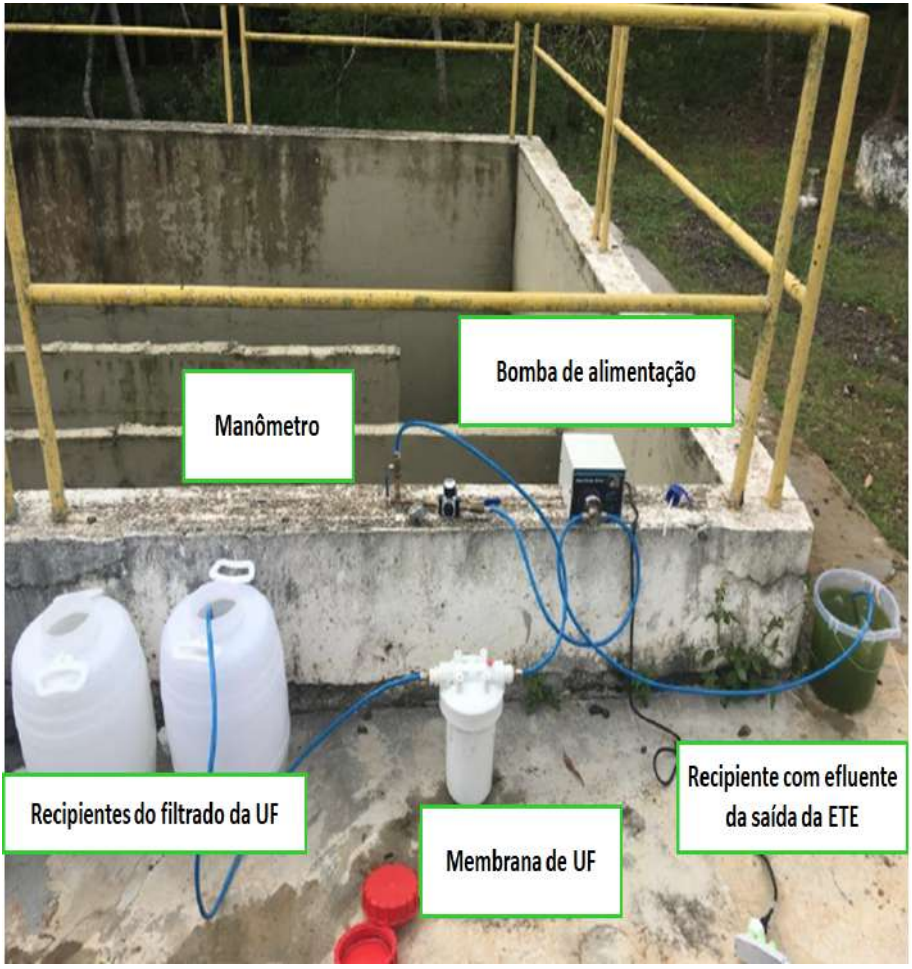


Figura 7 - Sistema piloto de membranas instalado na Estação RJ
Fonte: os autores

Estação de Tratamento de Esgotos BN – ETE BN

A ETE BN, localizada no Distrito Federal, trata em média 520 L/s (dado de novembro/2019) e lança seus efluentes em corpo receptor enquadrado na Classe 2. A tecnologia de tratamento de esgotos adotada é por lo-

dos ativados com remoção biológica de nutrientes e polimento final, sendo composta pelas seguintes etapas: i) Tratamento preliminar (gradeamento + desarenamento); ii) Decantador primário; iii) Reator biológico (lodos ativados); iv) Decantador secundário; e v) Polimento final por flotação

Tecnologia de polimento estudada

Foi instalada uma unidade piloto com combinações de sistemas de polimento por membranas, ultrafiltração + osmose reversa (UF + OR), com a finalidade de avaliar, em condições reais, o potencial dessas tecnologias para a remoção de cafeína e dos seguintes fármacos: paracetamol, ibuprofeno, carbamazepina, atenolol, sinvastatina e clonazepam. A Figura 8 apresenta a montagem do sistema piloto de ultrafiltração instalado em container.

Figura 8 - Piloto de ultrafiltração de propriedade da DuPont instalado em container

Fonte: os autores

PLANO DE AMOSTRAGEM E ANÁLISE

Foram realizadas duas campanhas de amostragem em cada ETE, em dois períodos distintos. As coletas foram realizadas de acordo com estimativas do tempo de detenção hidráulica (TDH) de cada etapa do sistema australiano e para o sistema de lodos ativados considerou-se o TDH total da planta, ou seja, foram coletadas amostras apenas na entrada e na saída do sistema, conforme apresentado na Tabela 1. Foram coletadas no total, 12 amostras na ETE RJ e 8 amostras na ETE BN.

Tabela 1 - Detalhamento do plano de amostragem

ETE	Períodos de realização das campanhas de amostragem	Tempo de detenção hidráulica (TDH)		
		Lagoa anaeróbia	Lagoa Facultativa	Lagoa Maturação
RJ	nov/2019 - dez 2019 dez/2019 – jan/2020	4,7 dias	6,2 dias	8,7 dias
BN	dez/2019 – jan/2020	Lodos ativados 9,5 horas		

Foram coletadas amostras do esgoto sanitário em diferentes pontos de ambas as ETEs estudadas. As amostras para análise de fármacos foram armazenadas em frasco âmbar e congeladas para posterior envio a laboratório especializado para as análises requeridas.

Foram coletadas amostras simples em cada ponto de amostragem, conforme apresentado na Figura 9 para a ETE RJ e na Figura 10 para a ETE BN.

Figura 9 - Pontos de amostragem na ETE RJ

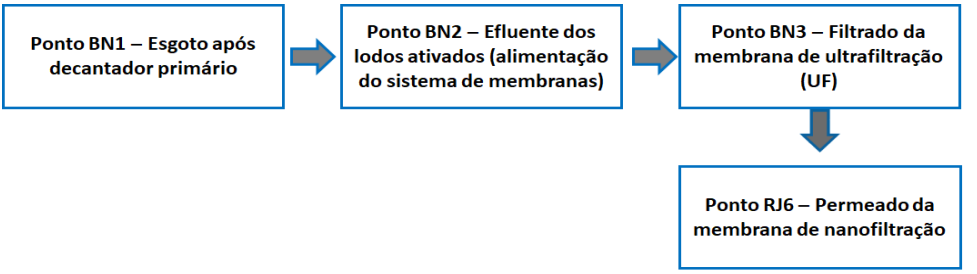


Figura 10 - Pontos de amostragem na ETE BN

Métodos aplicados para análise das amostras

A técnica analítica empregada foi a cromatografia líquida de alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (LC-MS/MS) para detecção e quantificação dos fármacos nos diferentes pontos de amostragens nas ETEs e nos sistemas de membranas. Essa técnica é bastante usada como uma potente ferramenta para os mais variados estudos envolvendo quantificação de reduzidas concentrações, na ordem de partes por bilhão (ppb) até partes por trilhão (ppt), dentre eles os variados contaminantes emergentes, principalmente fármacos (GUEDES, 2017).

O acoplamento entre estas duas técnicas permitiu o desenvolvimento de uma ferramenta analítica versátil e de grande potencial na análise qualitativa e quantitativa. A crescente preocupação global com contaminantes emergentes e sua presença em águas e esgotos sanitários requer melhor domínio e difusão deste tipo de técnica, que é de extrema importância no monitoramento e controle da contaminação nos mais diversos compartimentos ambientais.

RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados da análise dos fármacos são apresentados a seguir, por cada fármaco pesquisado.

Sinvastatina e Clonazepam

Dentre os fármacos de interesse, sinvastatina e clonazepam não foram identificados em nenhuma das amostras das ETEs. A sinvastatina, apesar da distribuição gratuita pelo Sistema Único de Saúde e das eleva-

das dosagens administradas, não foi detectada nas ETEs, possivelmente pela tendência de adsorção em sólidos em suspensão, conforme também observou Guedes (2017). O clonazepam, por ser um fármaco controlado e com baixa dosagem terapêutica, também não foi observado, tanto no esgoto bruto como no esgoto tratado, confirmando a ausência nas ETEs, corroborando com estudos pretéritos e dados da literatura apresentados por Guedes (2017).

Paracetamol

No sistema de lagoas estudado, o paracetamol foi encontrado em elevadas concentrações no esgoto após tratamento preliminar, possivelmente por dois motivos: a influência dos efluentes hospitalares nesta ETE e pelo alto consumo de remédios para tosse e analgésicos, sendo este fármaco um dos mais populares analgésicos e antipiréticos usados em todo o mundo, disponível sem receita médica (AL-MASHAQBEH et al., 2019). Porém, foi completamente removido já na lagoa anaeróbia do sistema em estudo. Dados de literatura indicam a elevada biodegradabilidade desse composto, inclusive em lagoas de estabilização (AL-MASHAQBEH et al., 2019; GUEDES, 2017; KUMAR; KUMAR, 2020). No sistema de lodos ativados, o paracetamol também foi encontrado em concentrações maiores que os outros fármacos, além de ser removido completamente em sistema biológico deste tipo, corroborando dados de literatura (AL-MASHAQBEH et al., 2019; MIÈGE et al., 2009).

Ibuprofeno

O ibuprofeno foi identificado em todas as amostras de esgoto bruto coletadas em ambos os sistemas pesquisados. Na ETE RJ, observou-se a remoção deste composto na lagoa anaeróbia, entretanto, na primeira campanha de amostragem, realizada nos meses de novembro e dezembro de 2019, foi detectada uma concentração maior na saída da lagoa facultativa, indicando a possível liberação do composto da fase sólida. Guedes (2017) menciona em seus estudos que o composto é pouco solúvel em água e têm potencial de adsorção em sólidos suspensos presentes no esgoto. No experimento, o ibuprofeno também foi removido no sistema de lodos ativados da ETE BN, não sendo possível avaliar a eficiência de remoção deste composto pelas membranas. Porém estudos com a membrana NF-270, disponíveis na literatura, indicam significativa remoção deste composto, tanto

em águas 75% (NARBAITZ et al., 2013) e >86% (GE et al., 2017), como em esgotos 85-95% (GARCÍA-IVARS et al., 2017).

Carbamazepina

A carbamazepina foi encontrada em todas as amostras de esgoto de ambos os sistemas estudados inclusive na saída da membrana de UF, indicando que este composto é recalcitrante e de baixa biodegradabilidade, tendência já encontrada na literatura (AL-MASHAQBEH et al., 2019; BAI; ACHARYA, 2017; GUEDES, 2017). Nesse sentido, a implantação da membrana de osmose reversa na ETE BN foi importante para remoção completa na etapa de polimento final, indicando que esta tecnologia pode ser aplicada para tratar efluentes contaminados com este tipo de fármaco. Pela sua característica recalcitrante, a carbamazepina também não foi efetivamente removida no sistema de lodos ativados, algo já esperado, conforme dados de literatura (AL-MASHAQBEH et al., 2019), sendo na verdade presente em ambas as coletas. Esse fenômeno pode ser explicado devido à quebra do conjugado glicuronídeo da carbamazepina e subsequente liberação da forma livre da droga (VIENO; TUHKANEN; KRONBERG, 2006). Como esperado, a remoção pela UF não foi significativa, e a membrana de NF não apresentou resultados consistentes que possam confirmar a remoção desse composto por esse sistema de membranas.

Atenolol

Na ETE RJ, com sistema de tratamento por lagoas, o atenolol foi identificado em ambas as coletas no afluente, sendo removida a sua remoção em cada etapa do sistema, especialmente na lagoa anaeróbia e na lagoa de maturação, onde não foi mais possível quantificá-lo. Resultados semelhantes foram observados em alguns trabalhos com diferentes tipos de tratamentos biológicos (CONKLE; WHITE; METCALFE, 2008; DHANGAR; KUMAR, 2020). Neste caso, o sistema de membrana de UF+OR, que apesar de possuir elevada remoção deste componente (DHANGAR; KUMAR, 2020), não foi afetado. Durante o teste piloto, o sistema de lodos ativados apresentou boa eficiência de remoção em ambas as coletas (68% e 48%), um pouco abaixo da média encontrada (76%) em estudos na literatura (VIENO; TUHKANEN; KRONBERG, 2006). Na UF, observou-se pequeno incremento na saída da membrana, possivelmente devido à dessorção de partículas em suspensão durante a etapa de filtração. Já a NF, permitiu a remoção de 52 a 100% do fármaco, possivelmente influenciada pelo maior pH da segunda coleta.

Cafeína

A cafeína foi o composto com maior concentração entre todos os detectados, no esgoto bruto de ambas as ETEs estudadas. Tal fato é explicado pela presença de cafeína não somente em fármacos e suas formulações, como em diversos alimentos consumidos diariamente pela maior parte da população, como café, chocolates, refrigerantes e chás (IDE et al., 2013). Por esse motivo a cafeína é amplamente usada como indicador de contaminação por esgotos domésticos em águas.

Com relação à remoção pelo sistema de lagoas, na ETE RJ, em ambas as coletas, a lagoa anaeróbia teve eficiência muito elevada na remoção deste composto. Porém, também se observou pequena concentração de cafeína após a lagoa facultativa, possivelmente pela liberação da fase sólida.

No sistema de membranas da ETE BN, a UF possibilitou pequena remoção, enquanto a membrana de osmose reversa promoveu remoção completa, com resultados abaixo do limite de detecção do método (< 0,1 μg/L ou ppb). Já com relação ao sistema de lodos ativados, observou-se elevada remoção (99%) em ambas as coletas, valor similar ao encontrado na literatura de 99,9% (AL-MASHAQBEH et al., 2019). A eficiência da UF foi de 77% e 22%, na 1ª e na 2ª campanha, respectivamente, podendo ser explicada pela remoção física de partículas onde a cafeína poderia estar adsorvida, lembrando que, neste caso, a coagulação também pode explicar remoção parcial deste composto. Finalmente a NF apresentou remoção somente parcial, de 27% e 56% na 1ª e na 2ª campanha, respectivamente, sendo este último similar ao resultado obtido na literatura, equivalente a menos de 60% (GARCÍA-IVARS et al., 2017).

CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO E OPERACIONAIS

Para o levantamento das estimativas de custos operacionais, bem como dos respectivos custos de implantação dos equipamentos de UF, NF e osmose reversa, empregados para o polimento dos efluentes tratados, foi considerado um projeto hipotético de uma unidade de tratamento com capacidade de 108 m³/h, composto por dois sistemas tradicionais de UF+NF e UF+OR.

Os custos incluíram: i) custos de implantação; e ii) custos operacionais, levantados para cada sistema considerado.

Para os *custos de implantação* dos equipamentos foram considerados valores de mercado atualizados, com a seguinte estimativa: valor de US$ 10.200 por m³/h de efluente de alimentação. Multiplicando pela vazão de 108 m³/h,

o valor estimado da planta é de cerca de US$ 1.101.600 (inclusos membranas, materiais de interligação e montagem, instrumentação e serviços).

Com relação aos *custos operacionais*, foram considerados os valores de mercado para diferentes itens, como custos de membranas, químicos, energia e disposição de lodo.

Finalmente, o custo operacional estimativo para cada sistema foi de:

- Sistema de UF+NF: US$ 0,15 por m³ de efluente tratado
- Sistema de UF+OR: US$ 0,16 por m³ de efluente tratado

A principal diferença dos sistemas basicamente está no consumo energético, que favorece o custo da nanofiltração, que opera em pressões mais baixas, gerando uma economia de cerca de US$ 0,01 por m³ de efluente tratado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades encontradas para o avanço da universalização em coleta e tratamento de esgotos sanitários no Brasil representam um risco à saúde pública. Apesar de muitos municípios brasileiros ainda não possuírem coleta e tratamento de seus esgotos sanitários ou, em alguns casos, os sistemas implantados não alcançarem a eficiência requerida, o uso de membranas no tratamento de esgotos, como os biorreatores de membranas (MBR), tem se tornado realidade.

Sabidamente, os custos deste tipo de sistemas são comparativamente maiores que os sistemas convencionais, porém a necessidade de proteção aos mananciais, considerando os elevados níveis de remoção de matéria orgânica e nutrientes requeridos de modo a possibilitar o lançamento de efluentes tratados nos corpos hídricos receptores, impulsionou os investimentos em novas tecnologias de polimento dos efluentes, sem deixar de considerar alternativas, como o reúso de águas, em especial a utilização dos efluentes das estações para finalidades agrícolas, que possibilitam o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos.

Os sistemas de tratamento de esgotos sanitários, desenhados com foco maior na remoção da matéria orgânica, avançaram no conhecimento dos processos biológicos, com sistemas mais eficientes para degradação de matéria orgânica e mesmo na remoção de nutrientes. Entretanto, além da matéria orgânica e dos nutrientes, a presença nos corpos hídricos de contaminantes emergentes, especificamente dos fármacos, que constituem o foco deste estudo, são um desafio da atualidade e muitos países estão buscando alternativas para a remoção e controle do lançamento desses compostos no

ambiente, ressaltando-se que a cada ano milhares de novas moléculas são desenvolvidas e podem chegar às nossas casas e hospitais.

Este capítulo apresentou dados do estudo de remoção de fármacos, mostrando a eficiência de remoção em sistemas convencionais de tratamento de esgotos sanitários e em sistemas de polimento por membranas, especificamente em estações de tratamento de esgotos por processos de lagoas de estabilização e de lodos ativados, concebidas prioritariamente para a remoção de matéria orgânica, e que desse modo, não alcançaram a remoção completa dos compostos de interesse.

A técnica analítica de LC-MS/MS pode ser uma potente ferramenta para identificação e quantificação dos fármacos, alcançando limites de quantificação da ordem de 0,1 ppb. Os resultados obtidos são válidos apenas para a fração líquida, já que há necessidade de filtração para proteção dos equipamentos analíticos. Alguns fármacos como o clonazepam e sinvastatina não foram identificados pela metodologia aplicada, provavelmente devido ao seu uso controlado e das baixas dosagens terapêuticas, respectivamente.

O sistema de lagoas de estabilização estudado, com sua configuração anaeróbia-facultativa-maturação, possibilita a remoção parcial de nutrientes como fósforo e nitrogênio, e considerando a presença das algas, que tem uma participação importante no processo de tratamento biológico, mas também podem causar o entupimento das membranas, foi preciso desenhar o sistema com o uso de membranas de UF como um "pré-tratamento" para proteção das membranas de NF e OR, que são as mais indicadas para remoção de contaminantes como fármacos e outros compostos dissolvidos.

Com respeito aos fármacos, os altos tempos de detenção hidráulica (TDH) permitiram que as lagoas fossem eficientes para remoção de alguns dos fármacos estudados, como o paracetamol, ibuprofeno e cafeína, com taxa de remoção próxima a 100%, podendo ser considerados de alta biodegradabilidade. Para o atenolol as taxas de remoção também foram consideradas boas (65% e 92% na lagoa anaeróbia). Já para a carbamazepina, composto já conhecido pela baixa biodegradabilidade, não houve remoção significativa no processo de tratamento por lagoas de estabilização. Com relação às membranas de ultrafiltração usadas no estudo, observou-se baixa eficiência de remoção dos fármacos no filtrado da UF (quando foram detectados por ineficiência da ETE ou quando foram liberados no processo de tratamento) nos casos da carbamazepina e cafeína, porém, o tratamento por osmose reversa permitiu, como esperado, a remoção completa destes compostos, com valores resultantes no efluente abaixo do limite de detecção do método (0,1 ppb). Importante mencionar a possibilidade de liberação, du-

rante o processo de tratamento, de alguns fármacos, conforme observado neste estudo e em outros da literatura, que deve ser analisado com cuidado, pois a não identificação do fármaco na entrada da ETE, não indica necessariamente a ausência na saída da ETE. Esse fenômeno pode ocorrer devido à ressolubilização dos fármacos na fase líquida, provenientes da fase sólida (lodo). Dessa forma, o estudo da fase sólida é de extrema importância para a compreensão do comportamento dos fármacos em ETEs.

No sistema de lodos ativados, a remoção dos fármacos foi também parcial, e assim como o sistema de lagoas de estabilização, foram alcançadas eficiências elevadas na remoção de cafeína, paracetamol e ibuprofeno (> 99%), indicando que a biodegradabilidade destes compostos não foi impactada significativamente pelo tipo de processo de tratamento biológico. Com relação ao atenolol, no sistema por lodos ativados, as remoções foram um pouco menores (68% e 48%) do que no sistema por lagoas, talvez por apresentarem menor TDH. Já para a carbamazepina, houve liberação da forma livre da droga, provavelmente devido à quebra do conjugado glicuronídeo da carbamazepina nas duas amostragens, conforme mencionado, indicando que esse mecanismo é o predominante frente à degradação do composto de difícil remoção.

Os resultados obtidos indicam a possibilidade do uso das membranas para o polimento de efluentes de ETEs já implantadas para a remoção de fármacos e outros contaminantes. Como recomendação, trabalhos futuros devem focar na operação contínua desses sistemas, a fim de entender as variações sazonais na qualidade do esgoto bruto e também na eficiência das membranas, que podem perder sua permeabilidade e capacidade de rejeição de sais, devido ao entupimento e limpezas químicas. O ajuste dos parâmetros operacionais também é importante para validação dos projetos e dimensionamentos teóricos. O acoplamento de outras tecnologias com membranas também deve ser estudado para permitir melhores eficiências ou mesmo redução de custos.

Em relação à questão econômica, é extremamente importante a realização de estudos caso a caso, visando identificar a real necessidade de inclusão de um sistema de polimento mais avançado. Considerando as opções estudadas, a osmose reversa permitiu maior remoção de contaminantes, apresentando custo operacional maior. Por outro lado, apesar da nanofiltração apresentar menor custo operacional, possui menor eficiência na remoção de contaminantes.

Para a avaliação da relação benefício/custo dos sistemas de polimento de efluentes, é importante estabelecer a finalidade da sua implantação, por exemplo, se é para o atendimento à legislação ou fornecimento de

água de reúso, pois a qualidade requerida para o efluente é determinada em função do uso estabelecido para ele, sendo que os custos envolvidos, geralmente, crescem exponencialmente com a eficiência obtida nos referidos tratamentos.

REFERÊNCIAS

AL-MASHAQBEH O.; ALSAFADI D.; DALAHMEH S.; BARTELT-HUNT S.; SNOW D. Removal of Selected Pharmaceuticals and Personal Care Products in Wastewater Treatment Plant in Jordan. *Water*, v. 11, n. 10, 2004, 2019. https://doi.org/10.3390/w11102004

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Atlas esgotos: Despoluição de bacias hidrográficas, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: ANA, 2017.

BAI, X.; ACHARYA, K. Algae-Mediated Removal of Selected Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) from Lake Mead Water. *Science of The Total Environment*, v. 581-582, p. 734-740, 2017.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. República Federativa do Brasil, Poder Executivo, *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 mai. 2011.

BRASIL. Governo do Brasil. Notícias. Infraestrutura. 2020. Novo Marco do Saneamento permitirá a universalização do serviço: projeto foi aprovado no Senado e segue para sanção presidencial. Disponível em: https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2020/06/24/senado-aprova-novo-marco-legal-do-saneamento-basico Acesso em: 11 maio 2022.

CONKLE, J. L.; WHITE J. R.; METCALFE, C. D. Reduction of pharmaceutically active compounds by a lagoon wetland wastewater treatment system in Southeast Louisiana. *Chemosphere*, v. 73, n. 11, p. 1741-1748, 2008.

COPASS - ASSOCIAÇÃO DE ASSISTÊNCIA À SAÚDE DOS EMPREGADOS DA COPASA. Os riscos da automedicação aumentaram com a pandemia. 2021. Disponível em https://copass-saude.com.br/posts/os-riscos-da-automedicacao-aumentaram-com-a-pandemia. Acesso em: 21 mar. 2022.

DHANGAR, K.; KUMAR, M. Tricks and tracks in removal of emerging

contaminants from the wastewater through hybrid treatment systems: A review. *Science of The Total Environment*, v. 738, 140320, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140320

DOMINGUES, P.H.F.; GALVÃO, T.F.; ANDRADE, K.R.C.D.; SÁ, P.T.T.D.; SILVA, M.T.; PEREIRA, M.G. Prevalence of self-medication in the adult population of Brazil: a systematic review. *Revista Saúde Pública*, São Paulo, v. 49, n. 36, 2015.

DUPONT. Relatório Técnico [Acervo]. 2017-2019.

DUPONT. FilmTec™ Reverse Osmosis Membranes Technical Manual, 2020.

FDA - FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. U.S. Food and Drug Administration. Novel Drug Approvals for 2017. Disponível em https://www.fda.gov/Drugs/DevelopmentApprovalProcess/DrugInnovation/ucm537040.htm. Acesso em: 25 maio 2018.

GARCÍA-IVARS, J. et al. Nanofiltration as tertiary treatment method for removing trace pharmaceutically active compounds in wastewater from wastewater treatment plants. *Water Research*, v. 125, p. 360-373, 2017.

GE, S.; FENG, L.; ZHANG, L.; XU, Q.; YANG, Y.; WANG, Z.; KIM, K. Rejection rate and mechanisms of drugs in drinking water by nanofiltration technology. *Environmental Engineering Research*, v. 22, p. 329-338, 2017.

GONZALEZ-ALONSO, S., L. et al. Occurrence of pharmaceutical, recreational and psychotropic drug residues in surface water on the northern Antarctic Peninsula region. *Environmental Pollution*, v. 229, p. 241–254, 2017.

GUEDES, C. D. *A presença de fármacos nos esgotos domésticos e sua remoção pelos processos de lodo ativado com oxigênio puro, lagoa aerada e reator anaeróbio de fluxo ascendente*. 2017. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

HEBERER, T. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. *Journal of Hydrology*, v. 266, n. 3–4, p. 139-284, 2002.

IDE, A.H. et al. Utilização da cafeína como indicador de contaminação por esgotos domésticos na Bacia do Alto Iguaçu. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, Porto Alegre, v. 18, n. 2, p.201-211, 2013.

KUMAR, R.; KUMAR, P. Wastewater Stabilisation Ponds: Removal of Emerging Contaminants. *Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems,* v. 8, n. 2, p. 344-359, 2020. https://doi.org/10.13044/j.sdewes.d7.0291

JORDÃO, E. P., PESSOA, C.A. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. 6. Ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011.

METCALF; EDDY, Inc. *Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos*. Tradução de Ivanildo Hespanhol, José Carlos Mierzwa. 5 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

MIÈGE C.; CHOUBERT J.M.; RIBEIRO L.; EUSÈBE M.; COQUERY M. Fate of pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment plants--conception of a database and first results. *Environmental Pollution,* v. 157, n. 5, p. 1721-6, 2009.

NARBAITZ R.M.; RANA D.; DANG H.T.; MORRISSETTE J.; MATSUURA T.; JASIM S.Y.; TABE S.; YANG P., Pharmaceutical and personal care products removal from drinking water by modified cellulose acetate membrane: field testing. *Chemical Engineering Journal*, v. 225, p. 848-856, 2013.

NACWA - NATIONAL ASSOCIATION OF CLEAN WATER AGENCIES. Report: Pharmaceuticals in the Water Environment, 2010. Disponível em: https://www.nacwa.org/news-publications/white-papers-publications Acesso em: 11 maio 2022.

SIMÕES, C.P.P. *Avaliação operacional e remoção de bisfenol-A no tratamento de água por diferentes tipos de membranas*: avaliação em escala piloto. 184p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – 201. Brasília: SNIS, 2016.

VIENO N.M.; TUHKANEN, T.; KRONBERG, L. Analysis of neutral and basic pharmaceuticals in sewage treatment plants and in recipient rivers using solid phase extraction and liquid chromatography-tandem mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography A*, v. 1134, p. 101-111, 2006. https://doi.org/10.1016/j.chroma.2006.08.077

VON SPERLING, M. *Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias*: Lodos Ativados. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2016.

VON SPERLING, M. *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:* Lagoas de estabilização. 3. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Pharmaceuticals in Drinking-water*. 2011. Disponível em: http://bit.ly/LIDmIp Acesso em: 11 maio 2022.

9 Índice de Qualidade das Águas na priorização do Fundo Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo[1]

Luana da Silva Freitas
Fabio Pereira de Carvalho
Miriam Moreira Bocchiglieri
Wanderley da Silva Paganini

INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem como objetivo levantar e analisar o histórico da aplicação dos recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) do Estado de São Paulo no período de 1995 a 2019, com o intuito de estabelecer uma proposta de critério para a priorização de investimentos com suporte financeiro do FEHIDRO.

Considerando-se que esses recursos não são suficientes para atender às demandas que se apresentam, é fundamental realizar os investimentos buscando a melhor relação benefício-custo, especialmente no que se refere aos empreendimentos de interesse público relevante.

1 Este capítulo tem como base a dissertação da primeira autora. FREITAS, Luana da Silva. Análise dos critérios de priorização dos investimentos do FEHIDRO no período de 1995 a 2019. 2023. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, a ser defendida em 2023.

Desse modo, este estudo adotou como premissa que os investimentos em saneamento são prioritários, uma vez que a universalização do acesso a esses serviços deverá ser alcançada até 2033, conforme a Lei nº 14.026, sancionada em 15 de julho de 2020, que atualizou o Marco Legal do Saneamento Básico, instituído no ano de 2007 pela Lei nº 11.445, a "Lei do Saneamento", que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico (BRASIL, 2020).

ÁGUA, SANEAMENTO E SAÚDE

A complexidade da gestão de recursos hídricos contempla interfaces importantes, tais como saneamento básico, reflorestamento ou contenção de erosão, desastres hidrológicos, agricultura, energia, infraestrutura, saúde de animais aquáticos e mudanças climáticas. Considerando seu extenso alcance, os recursos financeiros do FEHIDRO são insuficientes para atender a todos esses intentos, o que torna importante uma visão integrada, planejada, técnica e multidisciplinar para o estabelecimento de parâmetros e critérios que possam repercutir tais prioridades.

Segundo informação da Organização Mundial de Saúde (OMS) divulgada em 2014, para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. Assim como, dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) estabelecidos pela ONU, vale destacar três que estão diretamente relacionados ao saneamento básico: i) ODS 3 - Saúde e bem-estar; ii) ODS 6: Água potável e saneamento e iii) ODS 11 - Cidades e comunidades sustentáveis (UN, 2014).

Dentre os objetivos de saúde relativos à água potável e saneamento, destaca-se a importância da proteção dos mananciais de maneira a controlar doenças de veiculação hídrica. Em relatório de indicadores apresentados pelo Portal do Saneamento do Instituto Trata Brasil, apenas em 2019, o país contabilizou 273.403 internações por decorrência de doenças de veiculação hídrica.

Eventos históricos e estudos epidemiológicos comprovam a relação entre saneamento e saúde (TRATA BRASIL, 2019). Os efeitos benéficos diretos e indiretos do abastecimento de água e do esgotamento sanitário sobre a saúde, e os investimentos em saneamento adequadamente aplicados, têm mostrado, em médio e longo prazos, sua relação com a redução dos índices de mortalidade infantil e de doenças de veiculação hídrica (PAGANINI, 2020).

No ano de 2020, o mundo foi acometido pela grave pandemia do coronavírus SARS-CoV-2. Uma das principais formas de prevenção da doen-

ça é a lavagem frequente das mãos e uso de álcool em gel quando não é possível o acesso imediato à água (ANVISA, 2020). Em 2005, pesquisa conduzida em testes por Wang e colaboradores constatou a permanência do vírus da mesma família da SARS-CoV-2, SARS-CoV-1 em água de torneira sem desinfecção, águas residuárias de hospital e em esgoto doméstico. Além disso, foi verificada a permanência do vírus em fezes e urinas durante respectivamente 3 e 17 dias. Os dados da pesquisa ainda indicam que a cloração dos sistemas de águas residuárias municipais pode ser suficiente para inativar os coronavírus, desde que haja monitoramento do cloro livre e da geração de organoclorados no processo de cloração (WANG et al., 2005).

Em situações críticas, como a vivenciada pela pandemia do coronavírus SARS-CoV-2, a temática de recursos hídricos e do saneamento tem se tornado pauta presente, assim como a importância de planejamento visando melhores índices de qualidade dos corpos d'água.

Ciclo da água no saneamento, tratamento de esgotos e qualidade dos recursos hídricos

O ciclo da água no saneamento começa e termina nos corpos hídricos, que podem ser utilizados como mananciais para abastecimento público ou como corpos receptores de efluentes.

De um manancial capta-se a água bruta que é levada para uma estação de tratamento para ser processada de modo a atender aos requisitos legais de potabilidade, sendo reservada e distribuída para consumo humano. É intuitivo perceber que a qualidade da água do manancial pode afetar todo o sistema de abastecimento público de água, desde o início do processo até o consumidor final, pois o custo do tratamento é diretamente proporcional à qualidade da água bruta do manancial. Ou seja, quanto melhor a qualidade da água a ser tratada, menor é o custo do tratamento e, analogamente, o valor da tarifa cobrada pelos serviços.

A partir do uso da água são formados os efluentes que seguem para o sistema de esgotos. Nesse sistema, as águas residuárias (esgotos) são coletadas, afastadas e tratadas, sendo dispostas em corpo hídrico receptor que, potencialmente, será manancial para abastecimento de água de alguma cidade, situada a jusante desse ponto de lançamento de esgoto tratado, estabelecendo uma relação de interdependência hidrográfica. Entretanto, na ausência de estações de tratamento, os esgotos gerados são lançados *in natura* nos corpos d'água, comprometendo a sua qualidade.

Diante do exposto, fica evidente que o sistema de esgotamento sanitário tem relação direta com a integridade dos recursos hídricos. Os Planos

Municipais de Saneamento Básico apresentam os aspectos mais relevantes do saneamento em cada município e estabelecem as perspectivas para a prestação desses serviços, considerando a gestão da qualidade das águas, o combate à poluição hídrica, entre outros fatores de interesse para a melhoria da salubridade ambiental. No âmbito do Estado de São Paulo, as ações dos planos municipais, não necessariamente, estão contempladas no Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) do Estado de São Paulo. Por sua vez, a decisão quanto a aplicação dos recursos de investimentos do FEHIDRO está associada às deliberações na esfera de cada Comitê de Bacia Hidrográfica, ou seja, a falta integração entre a gestão ambiental e a gestão de recursos hídricos ainda constitui um importante desafio a ser vencido pelos diversos setores envolvidos.

GESTÃO DESCENTRALIZADA DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelece a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da PNRH e determina a gestão descentralizada dos recursos hídricos, considerando a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997). Mas, antes disso, em 1989, a Constituição do Estado de São Paulo já havia instituído o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SIGRH), o qual assegura a gestão descentralizada, participativa e integrada no que tange às peculiaridades de cada Bacia Hidrográfica (SÃO PAULO, 1989).

O primeiro PERH, promulgado pela Lei nº 9.034, de 27 de dezembro de 1994, revogada pela Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016, instituiu também as 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHIs), as quais delimitaram os limites territoriais para a gestão dos recursos hídricos, dessa forma permitindo o atendimento às necessidades regionais e não priorizando suas interfaces com demais regiões (SÃO PAULO, 2016).

Para orientar os processos de financiamento do FEHIDRO, foi disponibilizado o "Manual de Procedimentos Operacionais para Investimento" (SIGRH, 2020), que estabelece as diretrizes e critérios que regem o Fundo, entretanto, não aborda fatores técnicos e multidisciplinares tais como:

- Inter-relação entre bacias hidrográficas. O estado de São Paulo possui rios que são gerenciados simultaneamente por mais de um Comitê de Bacia, como é o caso do Rio Tietê. Dessa forma, os investimentos aplicados em determinada região influenciam as regiões localizadas

a jusante desses corpos hídricos. Conforme apontado no Relatório da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico:

> (...) a unidade de bacia cria vínculos de "causalidade" e "solidariedade factual", já que os comportamentos dos usuários na bacia se propagam a jusante e afetam os outros usos. No entanto, por ser essencial para o desenvolvimento econômico e social e para o bem-estar dos cidadãos, a água também se inclui entre as preocupações dos governos estaduais e municipais (OECD, 2015, p. 56).

- Priorização de cidades que ainda não possuem 100% de coleta, distribuição e rede de esgoto sanitário instalada. O plano de saneamento apresenta métricas para médio e longo prazo.

- Distribuição recomendada dos recursos entre as categorias descritas nos Programas de Duração Continuada, tendo em vista as interfaces entre bacias e considerando outros fatores relacionados aos recursos hídricos, tais como mudanças climáticas, resíduos sólidos e desastres. Esse aspecto é elucidado no seguinte trecho do relatório:

> (...) a complexa relação da água com outras áreas de políticas públicas requer um bom conhecimento, em termos científicos e técnicos, e conscientização em alto nível político. Enquanto especialistas em águas buscam uma abordagem integrada, os tomadores de decisão (com maior peso político) tendem a focar em gestão das crises ao invés de gestão do risco (OECD, 2015, p. 67).

O FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (FEHIDRO)

O FEHIDRO foi criado pela Lei nº 7.663/91, regulamentada pelo Decreto nº 48.896/2004, corresponde à instância econômico-financeira do SIGRH (SÃO PAULO, 1991; 2004).

O FEHIDRO tem como objetivo dar suporte à política estadual de recursos hídricos por meio do financiamento de programas e ações na área de recursos hídricos, de modo a promover a melhoria e a proteção de corpos d'água e de suas Bacias Hidrográficas.

Constituem fontes de recursos do FEHIDRO, os recursos do Estado ou dos Municípios a ele destinados por disposição legal; transferências da União ou de Estados vizinhos destinados à execução de planos e programas de recursos hídricos de interesse comum; compensação financeira que o Estado recebe em decorrência dos aproveitamentos hidroenergéticos em seu território; resultado da cobrança pelo uso da água; empréstimos nacionais e

internacionais e recursos provenientes de ajuda e cooperação internacional e de acordos intergovernamentais; retorno de operações de crédito contratadas com órgãos públicos ou empresas públicas ou privadas; rendimentos provenientes da aplicação dos recursos; resultado da aplicação de multas cobradas dos infratores da legislação das águas e doações (SÃO PAULO, 1991).

Esses Fundos podem ser obtidos por pessoas jurídicas de direito público, da administração direta e indireta do estado e dos municípios de São Paulo; concessionárias e permissionárias de serviços públicos; consórcios intermunicipais regularmente constituídos; entidades privadas sem finalidades lucrativas, usuárias ou não de recursos hídricos e pessoas jurídicas de direito privado, com finalidade lucrativa e que sejam usuárias de recursos hídricos.

Os projetos visando à obtenção desses recursos são definidos e aprovados no âmbito dos Comitês de Bacias Hidrográficas, que apresentam a distribuição geográfica apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Comitês de bacias hidrográficas do Estado de São Paulo
Fonte: SinFEHIDRO (2020)

Estrutura Organizacional do FEHIDRO

O funcionamento do FEHIDRO (SÃO PAULO, 2016b) envolve as seguintes partes interessadas:

Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CRH): órgão central do SIGRH, que tem, dentre suas competências: estabelecer diretrizes para formulação de programas anuais e plurianuais de aplicação de recursos do FEHIDRO; decidir os conflitos entre os Comitês de Bacias Hidrográficas; e estabelecer critérios e normas relativos ao rateio, entre os beneficiados, dos custos das obras de uso múltiplo dos recursos hídricos ou de interesse comum ou coletivo.

Conselho de Orientação do FEHIDRO (COFEHIDRO): estabelecido com a finalidade de: orientar a captação e aplicação dos recursos do FEHIDRO, em consonância com os objetivos do PERH; aprovar as normas e critérios contidos nos manuais de procedimentos; apreciar relatórios anuais sobre o desenvolvimento dos empreendimentos do Fundo e a posição das aplicações realizadas; e aprovar as propostas do orçamento anual e do plano plurianual do Fundo.

Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH): com atuação nas UGRHIs, é composto por colegiados deliberativos que definem prioridades regionais, cuja composição é repartida proporcionalmente entre representantes do Estado, municípios e sociedade civil. Os CBHs dispõem de uma secretaria executiva que pauta as ações e realiza as atividades do Colegiado.

Figura 2 – Dinâmica entre as partes envolvidas nos CBHs
Fonte: São Paulo (2019)

Agência de Bacia (AB): órgão técnico-administrativo criado pelos CBHs e aprovado pelo CRH, à qual compete elaborar trabalhos solicitados pelos comitês, para facilitar a tomada de decisão, entretanto, não possui poder deliberativo.

A dinâmica entre as partes envolvidas nos CBHs é apresentada na Figura 2.

Agente Técnico (AT): estabelecido com o compromisso de analisar os empreendimentos indicados pelos colegiados, considerando a viabilidade técnica e o custo de execução. Além disso, têm como atribuição: avaliar o objetivo do empreendimento e seu enquadramento nos Programas de Duração Continuada (PDC).

PROGRAMA DE DURAÇÃO CONTINUADA (PDC)

O PERH define uma série de Programas de Duração Continuada (PDCs) que englobam os principais temas a serem abordados e financiados para a gestão, recuperação e proteção das bacias hidrográficas do Estado de São Paulo. Os PDCs foram instituídos pela Lei nº 9034 de 1994 e alterados pela Lei nº 16.337 de 2016 (SÃO PAULO, 2016).

A partir desses PDCs podem ser definidas as linhas temáticas que direcionarão as ações financiadas com recursos do FEHIDRO para alcançar os resultados esperados pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e pelo Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, sempre tendo em vista as prioridades regionais e as de âmbito estadual.

O Quadro 1 apresenta a abrangência dos PDCs, considerando a sua configuração vigente, de acordo com a atualização realizada no ano de 2016.

Quadro 1 – Programação de duração continuada (PDCS) e suas respectivas abrangências

PDC	Abrangência
PDC 1. Bases Técnicas em Recursos Hídricos (BRH)	Compreende sistemas de informações (bases de dados, cadastros etc.); estudos técnicos e diagnósticos; monitoramento e divulgação de dados relativos à qualidade e à quantidade dos recursos hídricos; outorga de direitos de uso dos recursos hídricos; enquadramento dos corpos de água em classes; e fontes de poluição.

PDC	Abrangência
PDC 2. Gerenciamento dos Recursos Hídricos (GRH)	Contempla ações voltadas à gestão de recursos hídricos e à implementação dos instrumentos da política de recursos hídricos.
PDC 3. Melhoria e Recuperação da Qualidade das Águas (MRQ)	Abrange ações no sistema de esgotamento sanitário, controle das fontes de poluição e recuperação ou melhoria da qualidade dos corpos d'água.
PDC 4. Proteção dos corpos d'água (PCA)	Compreende ações para recomposição da vegetação ciliar e da cobertura vegetal, bem como, ações de proteção e conservação dos corpos d'água
PDC 5. Gestão da demanda de água (GDA)	Contempla ações de controle de perdas, racionalização do uso da água e reuso, nos diferentes setores usuários.
PDC 6. Aproveitamento dos Recursos Hídricos (ARH)	Abrange o aproveitamento dos recursos hídricos para o suprimento e a segurança hídrica dos diferentes setores usuários.
PDC 7. Eventos Hidrológicos Extremos (EHE)	Compreende ações estruturais e não estruturais para a prevenção e a mitigação dos efeitos de estiagens ou de inundações.
PDC 8. Capacitação e comunicação social (CCS)	Contempla capacitação, educação ambiental, comunicação social e difusão de informações, diretamente relacionadas à gestão de recursos hídricos.

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Plano Estadual de Recursos Hídricos – 2016-2019 (SIGRH, 2017)

Os investimentos anteriores a 2016 estão registrados no SinFEHIDRO conforme a descrição e abrangência dos PDCs instituídos em 1994. O Quadro 2 apresenta comparativo entre da mudança da organização dos PDCs instituídos no ano de 1994 e 2016.

Quadro 2 – Comparativo entre os PDCS de 1994 e 2016

PDCs – 1994	PDC - 2016
PDC 1. Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos	PDC 1. Bases Técnicas em Recursos Hídricos (BRH)
PDC 2. Aproveitamento múltiplo e controle dos recursos hídricos	PDC 2. Gerenciamento dos Recursos Hídricos (GRH)
PDC 3. Serviços e Obras de conservação, proteção e recuperação da qualidade dos recursos hídricos	PDC 3. Melhoria e Recuperação da Qualidade das Águas (MRQ)
PDC 4. Desenvolvimento e proteção das águas subterrâneas	PDC 4. Proteção dos corpos d'água (PCA)
PDC 5. Conservação e proteção dos mananciais superficiais de abastecimento urbano	PDC 5. Gestão da demanda de água (GDA)
PDC 6. Desenvolvimento Racional da Irrigação	PDC 6. Aproveitamento dos Recursos Hídricos (ARH)
PDC 7. Conservação de recursos hídricos na indústria	PDC 7. Eventos Hidrológicos Extremos (EHE)
PDC 8. Prevenção e defesa contra inundações	PDC 8. Capacitação e comunicação social (CCS)
PDC 9. Prevenção e defesa contra a erosão do solo e o assoreamento dos corpos d´água	-
PDC 10. Desenvolvimento de municípios afetados por reservatórios e leis de proteção de mananciais	-
PDC 11. Articulação interestadual e com a União	-
PDC 12. Participação do Setor Privado (PPSP)	-

Fonte: Elaborado pelos autores a partir do Plano Estadual de Recursos Hídricos 2016 – 2019 (SIGRH, 2017)

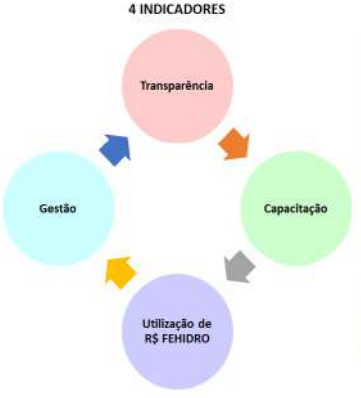
A remodelação dos PDCs, realizada em 2016, tornou possível verificar a efetividade de como cada empreendimento vem sendo aplicado diante das categorias.

PLANEJAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DOS RECURSOS DO FEHIDRO

Cada Comitê de Bacia estabelece prioridades de investimentos em determinados PDCS, conforme deliberação sobre as necessidades entre as partes interessadas, apresentadas anteriormente.

O Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo, ano-base de 2017 (SigRH, 2017) apresenta a previsão de investimentos do FEHIDRO para o período de 2016 a 2019, assim como são apresentados os PDCs e sub-PDCs estabelecidos como prioritários, com maior porcentagem de investimento.

Em 18 de fevereiro de 2021 foi instituída a deliberação CRH n° 248, a qual estabelece novos critérios para distribuição dos recursos às UGRHIs, que passará a vigorar a partir de 2022, com o objetivo de proporcionar equidade na distribuição dos recursos aos colegiados e também considerar um percentual final, dependendo dos diferentes desempenhos de cada comitê de Bacia, tomando como base os indicadores, conforme apresentado na Figura 3 (SÃO PAULO, 2021).



18 PARÂMETROS

Transparência SIGRH	Estatuto
	Atas de Reuniões
	Representantes dos Colegiados
	Composição das Câmaras Técnicas e Grupos de Trabalho
	Agenda
	Caracterização Geral da UGRHI
	Deliberações CBHs
	Planos de Bacias
	PAPI (Plano de Ação e Programas de Investimentos)
	Publicidade do Relatório de Situação
	Receita Anual estimada da Cobrança Urbano-Industrial Estadual
	Valores Arrecadados Acumulados da Cobrança Urbano-Industrial Estadual
	% de Adimplência da Cobrança Urbano-Industrial Estadual
Utilização de Recursos FEHIDRO	Percentual de Devolução de Empreendimentos FEHIDRO
	Eficiência de Utilização de Recursos Financeiros do FEHIDRO
Capacitação	Percentual de Representantes Capacitados
Gestão	Relatório de Situação
	Desvio do Planejamento dos PDCs Prioritários

Figura 3 - Resumo dos indicadores e parâmetros da metodologia de rateio

Fonte: São Paulo (2021)

HISTÓRICO DA APLICAÇÃO DOS RECURSOS DO FEHIDRO (1995-2019)

O levantamento histórico da aplicação dos recursos do FEHIDRO foi elaborado em três etapas. A primeira etapa consistiu na extração automática da relação de investimentos em cada Comitê de Bacia, a partir das informações disponíveis no site do SinFEHIDRO (2020). Por meio da ferramenta *Power Query*, as informações de cada colegiado foram agrupadas em uma base de dados única em arquivo Excel.

Na segunda etapa, foram selecionados os campos que seriam analisados, dentre os quais: UGRHI, ano de assinatura do empreendimento, valor financiado pelo Fundo, status do empreendimento, sigla e descrição do PDC correspondente. Os investimentos cancelados e com data de início posterior a 2019 foram excluídos do levantamento.

A partir dos dados selecionados, na última etapa foram elaborados os gráficos e as tabelas dinâmicas. A Figura 4 apresenta a distribuição de todos os empreendimentos concluídos no período de 1995 a 2019 por PDC.

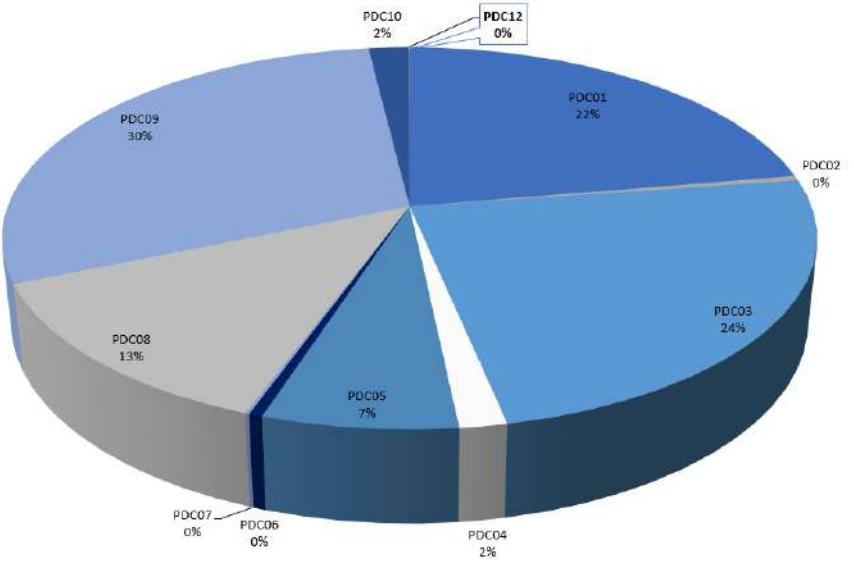


Figura 4 - Distribuição dos investimentos do FEHIDRO, por PDC, período de 1995 a 2019

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados do SinFEHIDRO (2020)

O Quadro 3 apresenta a quantidade de investimentos aplicados para cada PDC, permitindo observar que o PDC01, o PCD03 e o PDC09 concentram mais de 75% dos empreendimentos realizados com recursos do FEHIDRO.

Quadro 3 – Distribuição de todos os investimentos do FEHIDRO, por PDC, período de 1995 a 2019

Sigla	PDC	Qtde de empreendimentos (un)
PDC01	Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos	1.313
PDC02	Aproveitamento Múltiplo e Controle dos Recursos Hídricos	23
PDC03	Serviços e Obras de Conservação, Proteção e Recuperação da Qualidade dos Recursos Hídricos	1.415
PDC04	Desenvolvimento e Proteção das Águas Subterrâneas	95
PDC05	Conservação e Proteção dos Mananciais Superficiais de Abastecimento Urbano	391
PDC06	Desenvolvimento Racional da Irrigação	27
PDC07	Conservação de Recursos Hídricos na Indústria	8
PDC08	Prevenção e Defesa Contra Inundações	766
PDC09	Prevenção e Defesa Contra Erosão Solo e o Assoreamento dos Corpos d´Água	1.736
PDC10	Desenvolvimento dos Municípios Afetados por Reservação e Leis de Proteção Mananciais	108
PDC12	Participação do Setor Privado	4
TOTAL		5.886

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados do SinFEHIDRO (2020)

A evolução anual dos empreendimentos destinados ao longo dos anos, para cada PDC, é apresentada no Quadro 4**.**

Quadro 4 – Evolução anual de investimentos FEHIDRO, por PDC, de 1995 a 2019

ANO	PDC01	PDC02	PDC03	PDC04	PDC05	PDC06	PDC07	PDC08	PDC09	PDC10	PDC12	Total Geral
1995			R$ 75.000,00									R$ 75.000,00
1996	R$ 250.203	R$ 39.435	R$ 745.000		R$ 206.520			R$ 696.635	R$ 198.504			R$ 2.136.297
1997	R$ 434.181		R$ 3.763.949		R$ 300.000	R$ 33.386			R$ 69.919			R$ 4.601.435
1998	R$ 7.016.568	R$ 809.994	R$ 8.763.318	R$ 1.125.221	R$ 1.385.369			R$ 1.385.932	R$ 8.673.469	R$ 163.200	R$ 20.000	R$ 29.343.071
1999	R$ 5.485.560		R$ 6.829.726	R$ 362.730	R$ 882.673	R$ 382.635		R$ 2.809.687	R$ 6.290.845	R$ 434.796		R$ 23.478.651
2000	R$ 2.526.066	R$ 104.311	R$ 11.299.313	R$ 571.502	R$ 823.368	R$ 74.088		R$ 3.047.023	R$ 8.370.047	R$ 507.588		R$ 27.323.307
2001	R$ 3.128.023		R$ 4.437.676	R$ 200.000	R$ 404.460	R$ 106.380		R$ 2.685.742	R$ 2.519.643	R$ 308.374		R$ 13.790.297
2002	R$ 5.659.511		R$ 15.708.295	R$ 520.920	R$ 1.318.584			R$ 4.428.625	R$ 11.444.373	R$ 416.645		R$ 39.496.952
2003	R$ 12.668.140	R$ 117.288	R$ 12.895.589	R$ 665.835	R$ 1.269.305	R$ 280.836		R$ 2.437.775	R$ 7.609.144	R$ 1.316.208	R$ 234.878	R$ 39.494.998
2004	R$ 10.667.441	R$ 65.274	R$ 10.618.980	R$ 790.484	R$ 1.600.848			R$ 2.428.382	R$ 4.635.766	R$ 422.726		R$ 31.229.901
2005	R$ 7.066.139	R$ 33.424	R$ 6.163.761	R$ 830.358	R$ 1.939.948	R$ 126.360		R$ 4.654.943	R$ 8.983.808	R$ 100.000		R$ 29.898.740
2006	R$ 18.961.011	R$ 200.000	R$ 19.274.825	R$ 229.252	R$ 3.725.933	R$ 128.000		R$ 7.490.516	R$ 12.207.212	R$ 174.489		R$ 62.391.239
2007	R$ 13.462.025	R$ 385.011	R$ 14.944.243		R$ 1.426.450	R$ 231.519		R$ 4.605.563	R$ 9.183.309	R$ 118.858		R$ 44.356.979
2008	R$ 6.063.664		R$ 4.950.496	R$ 179.150	R$ 1.545.051	R$ 100.000		R$ 5.578.116	R$ 6.764.530	R$ 5.119.478		R$ 30.300.486
2009	R$ 13.020.690	R$ 72.000	R$ 16.990.127	R$ 194.404	R$ 6.754.945	R$ 201.219	R$ 57.337	R$ 7.196.544	R$ 3.732.965	R$ 324.735	R$ 35.696	R$ 48.580.661
2010	R$ 19.821.022		R$ 13.498.604	R$ 861.783	R$ 3.421.777	R$ 115.709		R$ 9.797.520	R$ 10.124.114	R$ 270.695		R$ 57.911.224
2011	R$ 14.693.749	R$ 4.771.710	R$ 5.529.908	R$ 567.425	R$ 7.334.706			R$ 7.334.102	R$ 11.714.508			R$ 51.946.108
2012	R$ 14.590.742		R$ 5.861.563	R$ 2.065.259	R$ 12.167.397	R$ 79.457		R$ 5.790.915	R$ 4.596.402			R$ 45.151.736
2013	R$ 5.729.341		R$ 15.488.032	R$ 780.090	R$ 8.046.975	R$ 304.719	R$ 574.324	R$ 12.192.881	R$ 10.196.729			R$ 53.313.092
2014	R$ 19.492.111	R$ 86.240	R$ 11.347.051	R$ 610.170	R$ 12.866.991			R$ 14.485.125	R$ 6.024.859			R$ 64.912.547
2015	R$ 20.614.849	R$ 210.000	R$ 51.848.545	R$ 1.712.684	R$ 7.603.337	R$ 71.680	R$ 66.458	R$ 17.291.890	R$ 10.501.383			R$ 109.920.826
2016	R$ 11.799.350	R$ 903.280	R$ 7.074.397		R$ 12.108.397	R$ 299.136		R$ 7.731.135	R$ 3.759.943			R$ 43.675.638
2017	R$ 9.990.121		R$ 5.441.936		R$ 2.622.654	R$ 82.307	R$ 258.533	R$ 5.426.577	R$ 3.715.210			R$ 27.537.339
2018	R$ 2.219.060		R$ 15.851.947		R$ 1.898.382			R$ 8.703.804	R$ 1.654.109	R$ 268.085		R$ 30.595.386
2019	R$ 630.239		R$ 3.195.398		R$ 887.611			R$ 420.246	R$ 360.335			R$ 5.493.828
Total Geral	R$ 225.989.807	R$ 7.797.968	R$ 272.597.680	R$ 12.267.266	R$ 92.541.680	R$ 2.617.432	R$ 956.652	R$ 138.619.677	R$ 153.331.124	R$ 9.945.877	R$ 290.574	R$ 916.955.736

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados do SInFEHIDRO (2020)

Comparativo entre a previsão e a alocação dos recursos

A previsão de investimentos do FEHIDRO para cada comitê de Bacia, apresentados no Relatório de Situação dos Recursos Hídricos no Estado de São Paulo ano-base 2017 (SIGRH, 2017), foram comparados com os valores registrados no SInFEHIDRO (2020) para os empreendimentos com registro de data de assinatura no mesmo período de 2016 a 2019.

Para o levantamento da efetiva aplicação dos recursos, aqui denominada por "*PDCs investidos*", foram verificados os PDCs que receberam maior investimento aplicado. O Quadro 5 apresenta duas comparações, sendo a primeira dos investimentos previstos e concluídos, enquanto nas colunas seguintes são apresentados os projetos que se encontravam em execução no período analisado.

A análise dos dados apresentados no Quadro 5 permite observar que o valor total previsto de investimentos está muito abaixo em relação ao executado e em execução.

O total do montante investido em projetos concluídos e os de projetos que se encontram em fase de execução representam 67,2% dos valores previstos para o período de 2016 a 2019, enquanto os projetos concluídos financiados correspondem a 15,9% do valor previsto.

Quadro 5 –Comparativo de custos previstos x realizado e previsão x realizado e custos incorridos de projetos em execução, por UGRHI, período de 2016 a 2019

UGRHI	UGRHI	Valor Total Previsto (R$mi)	Valor Investido (R$ mi)	%	Valor Investido (R$ mi)	%	PDCs previstos	PDCs investidos
			Concluido		Concluido + em execução			
UGRHI 01-SM	01-SM	10,72	1,87	17,4%	5,21	48,60%	7,1,3,4,8	1,3,8
UGRHI 02-PS	02-PS	23,17	5,40	23,3%	15,14	65,36%	3,7,4,1,2,6,8	1,3,5,9,8
UGRHI 03-LN	03-LN	9,53	0,93	9,8%	6,84	71,8%	7,3,8,4,1,2	8
UGRHI 04-PARDO	04-PARDO	13,05	2,29	17,6%	8,55	65,6%	3,5,1,6,8,4	8,9,3,5,1
UGRHI 05 - PCJ	05 - PCJ	113,81	13,30	11,7%	104,48	91,8%	3,5,1	3,5
UGRHI 06-AT	06-AT	116,00	2,08	1,8%	77,94	67,2%	3,1,7,5,8,2,4	3,9
UGRHI 07-BS	07-BS	61,09	5,61	9,2%	31,22	51,1%	7,1,4,5,3,8,2	1,8
UGRHI 08-SMG	08-SMG	10,24	1,05	10,2%	3,49	34,1%	5,3,4,1,8,2	3,8,5
UGRHI 09-MOGI	09-MOGI	32,41	6,63	20,4%	16,27	38,7%	3,5,1,4,6,8,2	3,8,6,5,1
UGRHI 10-SMT	10-SMT	76,12	10,84	14,2%	51,47	67,6%	3,1,5,7,8,4,6	1,8,3,5
UGRHI 11-RB	11-RB	15,86	2,46	15,5%	10,31	65,0%	3,7,1,8,2,4	8,1,9,3
UGRHI 12-BPG	12-BPG	11,75	4,00	34,0%	8,87	75,5%	3,1,5,4,8,6,7	3,8,1,5
UGRHI 13-TJ	13-TJ	31,54	4,76	15,1%	19,23	61,0%	3,1,5,4,8,2	3,5,1,2
UGRHI 14-ALPA	14-ALPA	7,93	3,52	44%	5,60	71%	3,7,1,4,8,5	8,9,3,1
UGRHI 15-TG	15-TG	11,76	2,59	22,0%	5,59	47,6%	3,1,2,5,7,8	9,1,3,8
UGRHI 16-TB	16-TB	16,13	4,97	30,8%	12,15	75,3%	3,5,2,1,7,8,4	1,3,5,9,8
UGRHI 17-MP	17-MP	5,03	2,38	47,4%	4,67	92,9%	3,5,1,8,2	9,1,8
UGRHI 18-SJD	18-SJD	4,87	0,75	15,4%	3,15	64,7%	3,1,5,8,2	1,3,5
UGRHI 19-BT	19-BT	40,48	10,58	26,1%	23,06	36,3%	3,5,1,4,8,2,6	3,9,8,1,5
UGRHI 20/21 AP	20/21 AP	5,19	6,01	116%	9,25	178%	1,5,8,3,2	1,2,3,5,8,9,10
UGRHI 22-PP	22-PP	56,28	4,36	7,7%	5,91	10,5%	3,1,8,2	3,9,1,8,7
UGRH-CORHI	CORHI	-	10,94	-	24,05	-	-	1,2,3,8
Total	TOTAL	672,98	107,30	15,9%	452,48	67,2%		

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados coletados do SInFEHIDRO (2020)

Cada comitê de Bacia possui distintas faixas de valores monetários para investir no período estudado, que variou desde 4,87 a 116 milhões de reais. A UGRHI Aguapei Peixe (AP) foi a única que apresentou valores financiados acima do estabelecido no plano.

As UGRHIs Médio Paranapanema (MP), Piracicaba Capivari e Jundiaí (PCJ), Baixo Pardo Grande (BPG) e Litoral Norte (LN) apresentaram mais de 70% de valores investidos em relação ao previsto.

Conforme observado no Quadro 5, verifica-se que, majoritariamente, mesmo dentre as UGRHIs que apresentaram melhores porcentagens de realização, considerando a comparação entre os valores previstos e os valores efetivamente investidos, a priorização dos projetos em cada PDC não foi refletida nos projetos executados.

ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS COMO CRITÉRIO PARA A PRIORIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS

Conforme o Fundo vem aumentando seus recursos ao longo dos anos, associado à necessidade de infraestrutura mais robusta diante do crescimento da população do estado de São Paulo, a integração na gestão se faz necessária, assim como a visão sistêmica de elementos técnicos, visando orientar a priorização dos projetos e avaliar a eficácia da implantação dos mesmos.

Diante da complexidade do processo decisório, de forma a contribuir para a melhoria do planejamento e gerenciamento da situação hídrica, o uso de indicadores para a avaliação tem possibilitado identificar entraves relacionados a políticas públicas, que envolvam aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Nesse sentido, embora existam inúmeras ferramentas de suporte aos processos de decisão de recursos hídricos, entende-se que há lacunas a serem preenchidas em relação a uma metodologia prática. Dessa forma, a formulação de metodologia baseada em índices e indicadores centrados na caracterização de sistemas hídricos constitui importante ferramenta que poderá contribuir para melhoria da gestão (CARVALHO, 2016).

Para estabelecer um critério com a finalidade de otimizar a utilização dos recursos do FEHIDRO, partiu-se da premissa que os investimentos deveriam ser prioritariamente voltados aos serviços de saneamento, especificamente ao sistema de coleta e tratamento dos esgotos sanitários, visando melhorar a qualidade dos recursos hídricos, pela recuperação e manutenção de sua qualidade.

Desse modo, independente do montante de recursos adquiridos pelos Comitês de Bacia, a escala de prioridades adotada neste trabalho foi baseada no Índice de Qualidade das Águas (IQA) dos corpos hídricos, em cada bacia hidrográfica. Com base nesse indicador, a linha de corte esta-

belecida foi a realização dos investimentos de forma a contribuir para a elevação do IQA a valores superiores a 50.

Índice de Qualidade das Águas (IQA)

A CETESB desenvolveu e utiliza desde 1975, o Índice de Qualidade das Águas (IQA) para avaliar as condições de qualidade dos corpos hídricos e subsidiar o gerenciamento ambiental das 22 UGRHI do Estado de São Paulo. O IQA foi elaborado a partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, e incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas: coliformes fecais, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio total, fósforo total, temperatura, turbidez, resíduo total e oxigênio dissolvido (CETESB, 2021).

O IQA apresenta cinco categorias de qualidade: ótima, boa, regular, ruim e péssima, distribuídas numa escala de 0 a 100, conforme as faixas de classificação apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6 - Categorias e faixas de classificação do Índice de Qualidade das Águas

Categoria	Faixa de classificação
Ótima	79 < IQA ≤ 100
Boa	51 < IQA ≤ 79
Regular	36 < IQA ≤ 51
Ruim	19 < IQA ≤ 36
Péssima	IQA ≤ 19

Fonte: CETESB (2021)

Primeiramente, a partir das informações disponibilizadas pela CETESB nos Relatórios de Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo, foram levantados os valores do IQA obtidos em cada ponto de monitoramento, agrupados por região hidrográfica. Dentro de cada Região Hidrográfica, foram filtrados os pontos de monitoramento cujos valores de IQA se encontram nas categorias "Regular", "Ruim" e "Péssima".

Dessa forma, os pontos de monitoramento classificados como "péssimo" foram considerados como prioritários para o recebimento dos recursos, visando à melhoria do índice. Seguindo a escala de priorização,

aparecem na sequência, os pontos enquadrados como "ruim" e "regular", respectivamente.

Adicionalmente, foram observadas as relações de interdependência hidrográfica com a finalidade de estabelecer mais um critério para a priorização de investimentos. Desse modo, foi considerada a realização dos investimentos de montante para jusante, ou seja, no rateio dos recursos terão prioridade os locais situados a montante de um corpo hídrico, da nascente para a foz.

Priorização de investimentos na Bacia do Rio Tietê

A maior bacia do estado de São Paulo compreende seis sub-bacias hidrográficas, sendo cinco UGRHIs sucessivas na transferência das águas do Rio Tiête, conforme a direção da seta apresentada na Figura 5: UGRHI 06 – Alto Tietê (AT), UGRHI 05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí (PCJ), UGRHI 10 – Tietê/Sorocaba (SMT), UGRHI 13 – Tietê/Jacaré (TJ), UGRHI 16 – Tietê/Batalha (TB) e UGRHI 19 – Baixo Tietê (BT).

Figura 5 - Recorte das regiões hidrográficas - Bacia do Rio Tietê e relação de interdependência hidrográfica

Fonte: Adaptado de SIGRH (2021)

O Quadro 7 apresenta o resumo para a bacia do rio Tietê em relação à quantidade de pontos cujos IQA foram enquadrados como "Péssimo", "Ruim" e "Regular" em cada UGRHI da bacia.

Quadro 7 – Quantidade de pontos medidos de IQA enquadrados como "Péssimo", "Ruim e "Regular para a Bacia do Rio Tietê, 2019

UGRHI	Quantidade de pontos de medições IQA		
	Péssimo	Ruim	Regular
06 – Alto Tietê (AT)	20	19	9
05 – Piracicaba/Capivari/Jundiaí (PCJ)	4	13	22
10 – Tietê/Sorocaba (SMT)	-	5	7
13 – Tietê/Jacaré (TJ)	-	1	1
16 – Tietê/Batalha (TB)	-	-	-
UGRHI 19 – Baixo Tietê (BT).	-	-	1
Total	24	38	40

Fonte: Elaborado pelos autores com base no Relatório de Situação Hídrica ano-base 2019 (SIGRH, 2019)

Considerando a metodologia proposta neste trabalho, que estabelece a necessidade de se investir prioritariamente em locais com os piores resultados do IQA, e com base nas informações apresentadas na Figura 5, que mostra a relação de interdependência hidrográfica, assim como no Quadro 7, referente à qualidade das águas medida pelo IQA, as UGRHIs prioritárias para receber investimentos na Bacia do Rio Tietê, são, em ordem decrescente, a UGRHI Alto Tietê, seguida pelas UGRHIs Piracicaba Capivari e Jundiaí (PCJ), Sorocaba e Médio Tietê (SMT) e Tietê Sorocaba (SMT).

Priorização de investimentos na Região Hidrográfica da Vertente Paulista do Rio Grande

Formada pelas bacias dos cursos d'água da vertente paulista que drenam para o Rio Grande, fazem parte desta região: UGRHI 01 – Mantiqueira (SM), UGRHI 04 – Pardo (PARDO) UGRHI 08 – Sapucaí/Grande (SMG), UGRHI 09 – Mogi-Guaçu (MOGI), UGRHI 12 – Baixo Pardo/Grande (BPG) e UGRHI 15 – Turvo/Grande (TG).

O Quadro 8 apresenta o resumo para a Vertente Paulista do Rio Grande em relação à quantidade de pontos cujos IQAs foram enquadrados como "Péssimo", "Ruim" e "Regular" em cada UGRHI da bacia.

Quadro 8 – Quantidade de pontos medidos de IQA enquadrados como "Péssimo", "Ruim e "Regular para a Região Hidrográfica da Vertente Paulista, ano Base 2019

UGRHI	Quantidade de pontos de medições IQA		
	Péssimo	Ruim	Regular
09 – Mogi-Guaçu (MOGI)	-	3	7
04 – Pardo (PARDO)	-	1	2
08 – Sapucaí/Grande (SMG)	-	-	2
12 – Baixo Pardo/Grande (BPG)	-	2	1
15 – Turvo/Grande (TG)	-	2	3
Total	0	8	15

Fonte: elaborado pelos autores com base no Relatório de Situação Hídrica ano-base 2019 (SIGRH, 2019)

Com maior quantidade de pontos de medição considerados como "Ruim", a URGHI Mogi-Guaçu teria a prioridade dos investimentos. Devido à interdependência, na sequência, teriam prioridade as UGRHIs Baixo Pardo/Grande, Turvo/Grande e a UGRHIs Pardo e Sapucaí Mirim/Grande.

Priorização de investimentos na Região Hidrográfica da Vertente Litorânea

Constituída pela bacia do Rio Ribeira do Iguape no sul do estado e por bacias de inúmeros rios continentais e insulares que afluem ao Oceano Atlântico, fazem parte dessa região: UGRHI 03 – Litoral Norte (LN), UGRHI 07 – Baixada Santista (BS) e UGRHI 11 – Ribeira do Iguape e Litoral Sul (RB).

O Quadro 9 apresenta o resumo para a Região Hidrográfica da Vertente Litorânea em relação à quantidade de pontos cujos IQAs foram enquadrados como "Péssimo", "Ruim" e "Regular" em cada UGRHI da bacia.

Quadro 9 – Quantidade de pontos medidos de IQA enquadrados como "Péssimo", "Ruim e "Regular para Região Hidrográfica da Vertente Paulista, ano base 2019

UGRHI	Quantidade de pontos de medições IQA		
	Péssimo	Ruim	Regular
07 – Baixada Santista (BS)	-	3	3
03 – Litoral Norte (LN)	-	2	1
11 – Ribeira do Iguape e Litoral Sul (RB)	-	-	1

Fonte: Elaborado pelo autor com base no Relatório de Situação Hídrica ano-base 2019 (SIGRH, 2019)

Os resultados indicam que os recursos sejam prioritariamente destinados para a UGRHI Baixada Santista (BS) e posteriormente para Litoral Norte (LN) e Ribeira do Iguape e Litoral Sul (RB).

ANÁLISE DO PERFIL DE INVESTIMENTOS COM RECURSOS DO FEHIDRO NOS COMITÊS DE BACIA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Os PDCs 3 e 1 obtiveram a maior parte dos recursos dos investimentos do FEHIDRO e juntos correspondem à metade do montante investido, apresentando uma concentração exacerbada de recursos voltados ao planejamento de recursos hídricos (PDC01).

Existe uma dissonância relevante entre os investimentos previstos e realizados dentro de cada UGRHI, tanto do ponto de vista de valor investido quanto em relação aos PDCs priorizados. Além disso, há necessidade de aceleração e acompanhamento do ritmo de investimentos para potencializar melhorias à saúde pública e ao meio ambiente, haja vista que grande parte das UGRHIs apresentaram investimentos abaixo dos estabelecidos nos PDCs.

Observou-se, ainda, que a estrutura e a gestão em cada colegiado têm relação direta com a efetividade dos planejamentos, ou seja, nos comitês mais bem estruturados e geridos, há menor divergência entre o planejado e o executado, tanto em termos financeiros com em relação ao atendimento da escala de prioridades.

O critério de avaliar a interdependência hidrográfica, não foi observado em nenhuma UGRHI. Dessa forma, uma vez identificados os pontos com baixa qualidade de água, sugere-se, por meio do mapeamento das in-

terdependências de cada UGRHI, que seja estabelecida prioridade de investimento em cada vertente ou região de bacia hidrográfica, para as UGRHIs localizadas a montante, conforme os resultados apresentados.

O IQA apresenta uma série histórica robusta, sendo adotado pela agência ambiental paulista há vários anos, tendo-se consagrado como uma ferramenta eficiente para a gestão de recursos hídricos, de tal modo que constitui uma fonte de dados segura e consistente que pode ser utilizada para subsidiar a identificação das regiões a serem priorizadas para o recebimento de recursos para investimento. Em contrapartida, é necessário o desenvolvimento de projetos bem concebidos e direcionados de modo a contribuir para a consecução de melhores índices de qualidade.

Uma vez que o IQA leva em sua fórmula diversos parâmetros, recomenda-se verificar, adicionalmente, quais parâmetros estão impactando no seu baixo resultado, e através de análise de causa e efeito, propor investimentos visando melhorar os parâmetros correspondentes.

Uma demanda observada consiste na centralização do apoio técnico, de forma a suprir a necessidade de estudos para os projetos propostos, visando sua rápida viabilização e aprovação.

A automatização dos dados pode contribuir para prover agilidade para tomada de decisões e acompanha mento da destinação dos recursos, assim como permitir a toda a população acesso e entendimento dos dados fornecidos, incluindo acompanhamento do percentual investido, observando o cumprimento e eventuais desvios do planejamento dos PDCs prioritários.

No que tange à hierarquização em cada comitê, indica-se que seja feito um alinhamento de atribuição de pesos e pontuações para os projetos apresentados, de forma a reduzir a subjetividade, levando em consideração os seguintes parâmetros:

- Regiões que estão apresentando qualidade de água fora da conformidade prevista pela legislação;
- Priorização de regiões que ainda apresentam necessidade de tratamento de esgotos;
- Cidades com maior população e
- Regiões localizadas em pontos à montante das bacias hidrográficas.

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DOS RECURSOS

Ainda que o Estado de São Paulo apresente uma estrutura adequada para o monitoramento da qualidade dos corpos hídricos e possua os melhores índices de saneamento do país, há lacunas a serem supridas

para alcançar a universalização do saneamento e melhorar a qualidade das águas.

A temática de recursos hídricos abrange interfaces complexas e dinâmicas e a gestão descentralizada permite que cada UGRHI apresente diferentes perfis de investimentos, de acordo com a realidade de cada região. Uma importante questão observada neste trabalho é que o processo de priorização dos investimentos nos comitês de bacias não leva em consideração a interdependência hidrográfica entre as UGRHIs. Esse aspecto é importante, pois o planejamento global dos investimentos em determinada bacia contribui para a efetiva e eficaz utilização dos recursos disponíveis, propiciando a obtenção de melhorias gradativas ao longo do corpo d'água.

Quando a interdependência não é observada, a qualidade do corpo hídrico é variável em cada trecho, apresentando boa qualidade em determinado trecho e outros com baixa qualidade, o que não acontece quando se realizam intervenções de montante para jusante.

Para o estabelecimento de um processo de priorização de investimentos considerando a bacia hidrográfica como um todo, e não apenas a visão individualizada de cada UGRHIs/CBHs, propõe-se a criação de um fundo estadual para atendimento às prioridades do Estado. Os recursos do fundo estadual seriam originados mediante o aporte de um percentual dos recursos do FEHIDRO de cada UGRHI/CBH, e seriam utilizados de maneira estratégica na bacia hidrográfica como um todo, considerando as maiores demandas do ponto de vista sanitário e ambiental, podendo alcançar regiões que não apresentam condições de viabilizar os recursos que necessitam por meio de seus Comitês.

No cenário atual, tem-se UGRHIs muito desenvolvidas e outras, ainda em fase de início de desenvolvimento, o que não é bom para as macrobacias, tampouco para o Estado no que se refere à gestão dos recursos hídricos.

Existe a clareza de que os recursos do FEHIDRO não são suficientes para a universalização dos serviços de saneamento, nem mesmo para suportar as demandas relativas à gestão de recursos hídricos em si, mas a criação deste fundo estadual com parte dos recursos, que são escassos, iria estimular e consolidar a visão geral das macrobacias do Estado, com tendência de que a melhoria se daria de forma ampla, e não localizada isoladamente em cada região.

A criação de um Fundo estadual possibilitaria a visão geral do estado, podendo contribuir para o desenvolvimento do estado como um todo, promovendo melhorias gradativas nas regiões menos favorecidas e não so-

mente em regiões industrializadas e em industrialização, conforme se observa atualmente.

REFERÊNCIAS

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Coronavírus.* 2020. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/acessoainformacao/perguntasfrequentes/paf/coronavirus Acesso em: 15 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 09 jan. 1997, p. 470.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 16 jul. 2020. p. 01.

CARVALHO, J. R. M.; CURI, W. F. Sistema de indicadores para a gestão de recursos hídricos em município: uma abordagem através dos métodos multicritério e multidecisor. *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional,* Taubaté, SP, v 12, n. 2, p. 374-398, mai-ago 2016.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Apêndice D* – Índices de Qualidade das Águas. São Paulo: Cetesb, 2021. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2020/09/Apendice-D-Indices-de-Qualidade-das-Aguas.pdf Acesso em: 20 fev. 2021.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT. *Governança dos Recursos Hídricos no Brasil*. Paris: OECD Publishing, 2015. http://dx.doi.org/10.1787/9789264238169-pt

PAGANINI, W.S. Vamos falar sobre saneamento. *Jornal da USP*, São Paulo, 02 abr. 2020. Disponível em: https://jornal.usp.br/artigos/vamos-falar-sobre-saneamento/ Acesso em: 11 mar. 2022.

SÃO PAULO. Constituição Estadual. *Diário Oficial Executivo de São Paulo*, São Paulo, Suplemento, 06 out. 1989, p.1.

SÃO PAULO. Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991. Estabelece normas de orientação à Política Estadual de Recursos Hídricos, bem como ao Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. *Diário Oficial Executivo de São Paulo*, São Paulo, SP, 31 dez. 1991, p.2.

SÃO PAULO. Decreto nº48.896, 26 de agosto de 2004. Regulamenta o Fundo Estadual de Recursos Hídricos – FEHIDRO, criado pela Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991, alterada pela Lei nº 10.843, de 5 de julho de 2001. *Diário Oficial Executivo de São Paulo*, São Paulo, SP, 27 ago. 2004, p.3.

SÃO PAULO. Lei nº 16.337, de 14 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH e dá providências correlatas. *Diário Oficial Executivo de São Paulo*, São Paulo, 15 dez. 2016a – Seção I – p 1, 3/10.

SÃO PAULO. Reestruturação do FEHIDRO. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//COFEHIDRO/15194/7-produto-i-4.pdf 2016b. Acesso em: 16 maio 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de SP 2017. São Paulo: SIMA/CRHI, 2019. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/ckfinder/files/RECURSOS%20HIDRICOS%20NO%20ESTADO%20DE%20SAO%20PAULO%20-%202017.pdf Acesso em: 15 mar. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Deliberação CRH nº 248 de 18 de fevereiro de 2021. Novos critérios para Rateio recursos da CFURH. 2021. Disponível em: em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//CRH/20657/ppt_del_rateio_248.pdf Acesso em: 10 out. 2021.

SIGRH – SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Plano Estadual de Recursos Hídricos* – PERH (2016 – 2019). 2017. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/planoestadualderecursoshidricos Acesso em: 15 mar. 2022.

SIGRH - SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos de SP (2019).* Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/relatorio-situacaodosrecursoshidricos Acesso em: 15 mar 2022.

SIGRH – SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Manual de procedimentos operacionais para investimento. 2020. Disponível em: https://sigrh.sp.gov.br/public/uploads/documents//COFEHIDRO/20872/manual-de-procedimentos-operacionais-para-investimento-2015-atualizado-ate-dez-2020.pdf Acesso em: 16 maio 2022.

SIGRH – SISTEMA INTEGRADO DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Divisão Hidrográfica*. 2021. Disponível

em: https://sigrh.sp.gov.br/divisaohidrografica Acesso em: 11 jun. 2021.

SINFEHIDRO - SISTEMA DE INFORMAÇÕES GERENCIAIS DO FEHIDRO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo. 2020. Disponível em: https://sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam3/Default.aspx?idPagina=16693 Acesso em: 15 jun. 2020.

TRATA BRASIL. *Painel saneamento Brasil*. 2019. Disponível em: https://www.painelsaneamento.org.br/explore/ano?SE%5Ba%5D=2019&SE%5Bo%5D=a, Acesso em: 11 jun 2021.

UN – UNITED NATIONS. *Every dollar invested in water, sanitation brings four-fold return in costs*. 2014. Disponível em: https://news.un.org/en/story/2014/11/484032-every-dollar-invested-water-sanitation-brings-four-fold-return-costs-un Acesso em: 12 jun. 2020.

WANG, X. W. et al. Concentration and detection of SARS coronavirus in sewage from Xiao Tang Shan Hospital and the 309th Hospital of the Chinese People's Liberation Army. *Water science and technology*, v. 52, n. 8, p. 213-221, 2005.

Parte III

Perspectivas de política e gestão ambiental em contextos urbanos

10 Criatividade e circularidade em contexto de sustentabilidade[1]

Walter Ignácio Gonçalves dos Santos
Wanda Maria Risso Günther

INTRODUÇÃO

É notório que cada vez mais se atinge os limites planetários em termos da capacidade ambiental do planeta (SACHS, 2015). Por séculos o sistema dominante tem se caracterizado pela linearidade com processos produtivos intensivos na geração de resíduos, baixíssimo nível de reaproveitamento e forte incentivo ao consumo, no qual um dos grandes impactos é a contaminação dos ecossistemas. Cabe destacar que, de modo global, 99% dos bens de consumo adquiridos são descartados em até seis meses da compra (NANDI et al., 2020).

Nessa perspectiva, as roupas estão presentes no cotidiano das pessoas e constituem, em parte, a maneira como as pessoas vivem e expressam as necessidades humanas, que avançam vorazmente sobre o sistema natural (HOLE; HOLE, 2020). Sob a forma de vestuário, é possível visualizar a representatividade da cadeia têxtil no dia a dia das pessoas, os efeitos e a

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. SANTOS, Walter Ignácio Gonçalves dos. Economia circular e economia criativa na gestão de resíduos sólidos: interfaces e contribuições na cadeia têxtil. 2021. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

influência da produção, consumo e descarte na sociedade. Do montante do material têxtil produzido anualmente, menos de 1% são reciclados na forma de novas roupas ou outros produtos (KI; PARK; HA-BROOKSHIRE, 2020).

Os resíduos têxteis, sejam eles oriundos de vestuário inservível ou do descarte de sobras do processo produtivo, representam importante fluxo de geração de resíduos na sociedade contemporânea, amplificado pelo consumo exacerbado e pela não reciclabilidade/circularidade atrelada a seu gerenciamento.

Nesse contexto, o objetivo deste capítulo é analisar e discutir a cadeia têxtil e os resíduos gerados na confecção e pós-consumo, contextualizando a circularidade como novo paradigma de sustentabilidade para transformação dos negócios do setor têxtil.

A CADEIA TEXTIL E OS IMPACTOS DECORRENTES

A cadeia têxtil é ampla e envolve diferentes atores. Composta por diferentes segmentos, a estrutura da cadeia produtiva, integrada por fiação, beneficiamento, confecção e varejo, é complexa, com muitas ramificações, pouca transparência, com diferentes atores em cada segmento. Compreende desde a produção das fibras têxteis até o produto acabado e confeccionado, incluindo a distribuição e a comercialização (KI; CHONG; HA-BROOKSHIRE, 2020).

Intensiva na utilização de recursos e geração de resíduos, os impactos ambientais ao longo da cadeia têxtil são muitos. A indústria têxtil é responsável por uma extensa lista de impactos ambientais devido ao uso de grande quantidade de produtos químicos, energia e água, assim como à emissão de gases de efeito estufa e geração de grande quantidade de resíduos sólidos e efluentes líquidos. As fibras têxteis sintéticas representam 63% do mercado têxtil. Essas fibras derivadas do petróleo, com destaque para o poliéster, são as mais utilizadas no mundo, enquanto o algodão, fibra têxtil natural, representa apenas 24% do mercado (MAJUMDAR et al., 2020).

O lugar do indivíduo na sociedade é dado pelo seu nível de consumo e a relação entre cidadania e consumo exerce influência na identidade das pessoas e reflete na forma como a sociedade atual está organizada (BAUMAN, 2001; 2008). É nesse contexto que o consumismo influencia, direta e indiretamente, as mudanças globais, sendo um dos problemas contemporâneos a ser enfrentado (CROCKER, 2016).

Contudo, por transcender as emoções humanas, é impossível deter o ímpeto do desejo e, por consequência, do consumo (DANT, 1996). O desafio é encontrar espaço na agenda, em um mundo onde a sensação de obsolescência e fugacidade permanente desperta o sentimento de decepção e a busca incessante por objetos que renovem a satisfação perdida. O lançamento frequente de novidades na oferta de produtos gera ansiedade e expectativas nos consumidores e como consequência o descarte imediato e a busca por novos bens e produtos, caracterizando a cultura do efêmero (CANCLINI, 1997; LIPOVETSKY, 1989), o que reflete significativamente na geração de resíduos sólidos no cotidiano da sociedade contemporânea.

A indústria da moda é uma das impulsionadoras do consumo e atua por meio de mecanismos inconscientes. Ao criar e renovar tendências a uma velocidade acelerada, no intuito de despertar o desejo dos consumidores, impõe a troca frequente de coleções, que rapidamente tornam-se ultrapassadas, logo, menos valorizadas e que depreciam a pessoa que a utiliza. Assim, a busca por estar dentre os parâmetros estabelecidos pela moda e, consequentemente, ser aceito na sociedade capitalista de consumo, leva ao consumo inconsciente e excessivo. Por outro lado, outro incentivo ao consumo é o denominado *fast fashion* (moda rápida), termo que designa a renovação constante das peças comercializadas no varejo de moda, cujos preços são mais acessíveis, porém a qualidade é inferior, com reflexos na alta rotatividade das peças, na antecipação das vendas e na renovação constante das lojas. Embora essa estratégia possa ampliar o acesso ao consumo a todas as classes socioeconômicas, contribui para despejar no mercado produtos de rápido descarte que, em curto prazo, vão gerar volumes expressivos de resíduos têxteis, fluxo ainda não equacionado na gestão dos resíduos sólidos urbanos.

Nota-se que, devido à imposição de isolamento e não convívio social imposto pela crise causada pela pandemia do novo coronavírus, o setor de varejo e consumo têxtil foi um dos mais afetados, só vindo a dar sinais de retomada, com a indicação de perspectiva de estabilidade, após a flexibilização das mediadas sanitárias e gradual retorno da rotina cotidiana da população.

RESÍDUOS DECORRENTES DA CONFECÇÃO E PÓS-CONSUMO DA CADEIA TÊXTIL

Para Crocker (2016), a problemática de resíduos no mundo está relacionada a três causas: i) taxas globais de produção e consumo que

geram quantidades não gerenciáveis de resíduos; ii) composição dos resíduos formada por substâncias tóxicas ou persistentes no ambiente; e iii) descarte rápido, tendo a obsolescência programada como estratégia comercial.

Aos resíduos, uma vez gerados nas inúmeras e distintas atividades do homem em sociedade, cabe seu gerenciamento com vistas a reduzir sua geração, incrementar a recuperação e minimizar os impactos de seu tratamento e disposição no ambiente e os reflexos que possa trazer à saúde humana.

Porém, a expressão do berço ao túmulo, para caracterizar o gerenciamento dos resíduos sólidos, expressa o caráter linear do fluxo de resíduos e indica seu manejo, que geralmente contempla o simples afastamento dos resíduos do local de geração à disposição final no solo (GÜNTHER, 2008).

A cadeia têxtil perpetua padrões de produção e hábitos de consumo considerados insustentáveis na atualidade, por obedecer à lógica linear de extração, produção, consumo e descarte. Embora haja esforços na busca por práticas mais sustentáveis, a indústria têxtil ainda reluta em aceitar os preceitos da Economia Circular (EC) e os novos modelos de negócios (KI; PARK; HA-BROOKSHIRE, 2020).

Extremamente complexa, a cadeia têxtil passa por vários níveis de segmentação – mercado de massa, alta-costura, roupas sob medida, compras online (GWILT, 2014). No Brasil, a estrutura da cadeia têxtil (Figura 1) distingue-se pelo tipo de matéria-prima das fibras (naturais, artificiais ou sintéticas), seguido pelos processos de: i) fiação: obtenção do fio por meio da fibra têxtil; ii) beneficiamento, subdividido em a) preparação e processamento do fio (tingimento, engomagem, retorção (linhas, barbantes, fios especiais); b) tecelagem e/ou malharia: elaboração do tecido; c) enobrecimento: tingimento, estamparia, acabamento do tecido; iii) confecção; iv) distribuição; e v) venda ao consumidor.

Para cada etapa da estrutura produtiva e de distribuição da cadeia têxtil associam-se atividades operacionais que acarretam impactos ao ambiente como na produção de insumos (água, energia e produtos químicos) ou na geração/emissão de gases, particulados, vapores, efluente líquido, resíduo sólido, calor, ruído e vibração (BASTIAN, 2009; JIA et al., 2020).

Tanto as diferentes fases da cadeia têxtil como as diferentes etapas de produção de vestuário produzem impactos diversos e por consequência geram diferentes tipos de resíduos sólidos. Nessa perspectiva, é preciso pensar no possível tratamento e reaproveitamentos dos resíduos

sólidos gerados em cada etapa do processo produtivo (BASTIAN, 2009; JIA et al., 2020), assim como nas etapas de distribuição e venda ao consumidor.

Os resíduos da cadeia têxtil podem apresentar características diversas e classificação distintas, considerando-se as diferentes etapas dos processos que os geram. No ambiente industrial, são considerados como resíduos industriais resultantes dos respectivos processos de fabricação, seguem o gerenciamento imposto aos processos produtivos industriais pelos órgãos de fiscalização e controle ambiental. Os resíduos têxteis, descartados pelo setor de varejo, são considerados como resíduos especiais, pois não são equiparados aos resíduos sólidos urbanos (RSU). Os resíduos especiais podem apresentar dificuldades de gerenciamento devido ao volume gerado ou pela não existência de sistemas de logística reversa específico para tais resíduos, como é o caso dos resíduos têxteis descartados pela confecção.

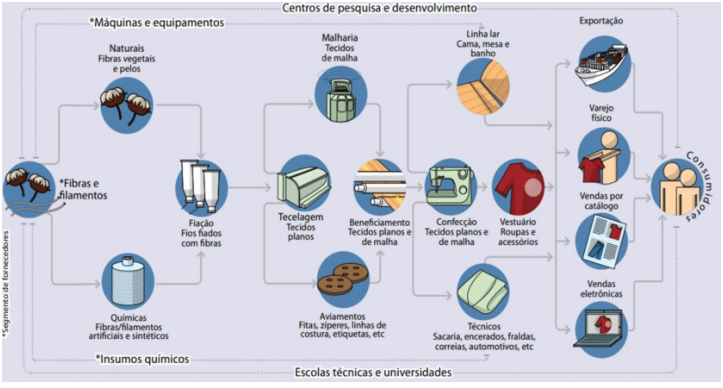


Figura 1- Estrutura da cadeia produtiva e de distribuição têxtil e confecção
Fonte: ABIT (2013)

Por outro lado, a indústria têxtil tem como característica a mistura de matérias-primas (fibras) na composição dos tecidos com o intuito de gerar as mais diversas soluções de tecidos que propiciem a propriedade da trama (maciez, conforto, impermeabilidade, leveza). A alta variabilidade na composição dos tecidos, combinando fibras naturais e fibras quimicamente manufaturadas (artificiais e sintéticas) representa uma dificuldade

no processo de caracterização do resíduo têxtil e, por consequência, em sua valorização e reciclagem.

Para Hole e Hole (2020), entre as principais dificuldades e limitações para o reaproveitamento e reciclagem de materiais têxteis estão: i) falta de incentivo para motivar os consumidores; ii) carência de programas de educação para a conscientização do problema dos resíduos têxteis, a exemplo de outro resíduos (plástico, papel, vidro); iii) não existência de coleta seletiva de resíduos têxteis (coletores específicos e/ou coleta porta-porta); iv) falta de regulação do setor; v) variedade de composição das fibras no tecido; e vi) viabilidade econômica para reintrodução (reaproveitamento e reciclagem) dos materiais têxteis no mercado.

Ainda são muitos os desafios para o manejo de resíduos sólidos que compatibilizem os indicadores nacionais a critérios e fatores que reflitam o estabelecido no texto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal 12.305/2010, assim como para atender às metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Avançar na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) e em implementações de políticas públicas que almejam alterar as taxas globais de produção, consumo e descarte, exige maior amplitude, robustez e eficiência no atual sistema de gerenciamento de resíduos sólidos, no sentido de dar suporte à implantação de sistemas de logística reversa dos materiais descartados, que venha a possibilitar novas práticas sustentáveis de consumo e contribuir com o desenvolvimento econômico de modo a integrar a circularidade.

CIRCULARIDADE DOS RESÍDUOS TÊXTEIS

A circularidade carrega a expressão de um novo tempo. Previne a geração de resíduos e preserva o valor dos materiais, propondo experimentação e processos inovadores que não percam de vista a diminuição de impacto na extração dos recursos, por meio da reutilização e reciclagem dos resíduos sólidos ou por propor novos serviços e aumento da durabilidade dos bens e produtos (MACARTHUR, 2013). Não esquecendo que resíduo é primeiro um problema de *design*, e que um sistema eficiente de gerenciamento de resíduos sólidos deve considerar a taxa de coleta, para que sejam inseridos no fluxo circular e assim conduzidos para reutilização e/ou recuperação (ESCOBAR, 2017; MACARTHUR, 2013; PAPANEK, 1985) e, posteriormente, para destinação ambientalmente adequada.

No caso da cadeia têxtil, o que se objetiva é uma indústria da moda mais sustentável que avance no *design* sistêmico e estratégico, assim como nos modelos de negócios de baixo carbono (COLUCCI; VECHI, 2020). Nesse sentido, a EC se apresenta como um sistema econômico que entende que tudo em que é colocado valor deve ser ampliado e preservado pelo maior tempo possível e, quando não for possível, a restauração e a regeneração devem ser facilitadas e asseguradas pelo *design* (MCDONOUGH; BRAUNGART, 2013; STAHEL, 2019). Logo, visa à reutilização de resíduos por meio do *design* superior de materiais, produtos, sistemas e, dentro disso, modelos de negócios (JIA et al., 2020), tendo como base de suporte o devido tratamento de resíduos sólidos em que é preciso aumentar a taxa na qual produtos são coletados e subsequentemente reutilizados e/ou seus componentes/materiais recuperados (MACARTHUR, 2013).

O núcleo da EC está na centralidade no ser humano e em sua motivação em manter o valor do objeto e/ou seus componentes pelo maior tempo possível por meio da reutilização, reparo e remanufatura. Seguindo esse princípio, o indivíduo proprietário de um objeto pode decidir pelo reparo ou venda para um terceiro, e assim participar da EC. Logo, as oportunidades circulares são diminuídas quando o indivíduo opta por descartar um objeto com o objetivo de comprar um novo (STAHEL, 2019).

É oportuno frisar que sistemas lineares que possuam processos circulares em seus sistemas produtivos não caracterizam sistemas circulares (STAHEL, 2019). Logo, a implementação da transição para a EC se dá pela hierarquia de estratégias em consonância com a hierarquia dos resíduos trazida pela PNRS - não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Potting et al. (2017) propõem sistematizar a transição para a EC em diferentes níveis de geração de benefícios, como mostrado no Quadro 1.

Há ainda que se considerar a questão cultural na geração de resíduos sólidos, o custo da ineficiência econômica e a prevenção de resíduos como aproveitamento máximo do uso dos objetos como sendo o principal objetivo de uma EC (STAHEL, 2019). Para esse autor, a prevenção de resíduos tem por objetivo modificar a forma com a qual o indivíduo se relaciona com os materiais, otimizar os custos operacionais com os fluxos de *downstream* (reciclagem) e *upstream* (reutilização) além de minimizar impactos relacionados à extração e externalidades provenientes da produção, logística e fim de vida do produto. Na base conceitual da EC está o *design*.

Quadro 1- Estratégias de transição para a Economia Circular

ESTRATÉGIAS			
ECONOMIA CIRCULAR	Uso e fabricação de produtos mais inteligentes	Recusar (R0)	Tornar o produto redundante: por abandono de função ou por tornar-se um produto diferente.
		Repensar (R1)	Tornar o uso de um produto mais intensivo: produtos compartilhados ou multifuncionais.
		Reduzir (R2)	Consumir menos por meio de fabricação ou uso eficiente.
	Extensão da vida útil dos produtos e suas (partes) peças	Reutilizar (R3)	Reutilizar produtos descartados por outros consumidores em boas condições
		Reparar (R4)	Reparo e manutenção de defeitos para manter a função original.
		Recondicionar (R5)	Recondicionar e atualizar o produto usado.
		Remanufaturar (R6)	Utilizar partes (peças) de produto descartados em novos produtos com a mesma função.
		Redirecionar (R7)	Utilizar produtos descartados ou suas partes (peças) em novos produtos com funções diferentes.
	Aplicação útil de materiais	Reciclar (R8)	Processar materiais para obter recursos com qualidade igual ou inferior.
ECONOMIA LINEAR		Recuperar (R9)	Incinerar material para recuperação de energia.

Fonte: Adaptado de Potting et al. (2017)

Um valor preponderante do *design* é a visão sistêmica e nesse sentido a noção de ecossistema (BUCHANAN, 1998; 2001). O termo ecossistema é utilizado para caracterizar alianças estratégicas, que se configura por um sistema em rede composto por atores ativos aprendendo uns com os outros e percebendo os benefícios econômicos (IANSITI; LEVIEN, 2004). São negócios que colaboram entre si e entre setores, compartilhando informações estratégicas, recursos e sistemas e somando forças em busca de melhores resultados produtivos (BASOLE; KARLA, 2011).

O ecossistema também é caracterizado pela interdependência entre as partes interessadas, os atores - elos da cadeia - e a formação de domínios, derivando diferentes ramificações. A interdependência pressupõe uma dualidade entre fortaleza e fraqueza. Uma vez que um elo não esteja performando bem, todo o domínio poderá ser prejudicado, o que influencia direta ou indiretamente o resultado esperado (JIA et al., 2020). Assim, compreende-se que a ecoinovação pode ser um poderoso recurso para geração de valor entre os elos de um ecossistema.

É importante ressaltar que, quando observadas a escassez de recursos disponíveis e a abundância dos bens produzidos, a ecoinovação trata de identificar o valor não capturado – o desperdício, a falta de eficiência e a mitigação de impactos oriundos de processos socioambientais degradantes (SALO; SUIKKANEN; NISSINEN, 2020). Nesse caso, os resíduos têxteis podem representar o valor não capturado, ou seja a ineficiência da indústria da moda.

Por toda essa abrangência, a EC também pode se concentrar no âmbito do pós-consumo, quando aplicada no nível do usuário. Nesse caso, refere-se a ações como o controle de estoques de materiais pelo proprietário-usuário, indução indireta do processo produtivo por desejar práticas mais sustentáveis e conscientização sobre os resíduos gerados para encaminhá-los para novos ciclos (STAHEL, 2019).

Dessa forma, o cotidiano está permeado por oportunidades circulares que a vida em sociedade proporciona. Esse valor não capturado é o objeto de estudo de muitas escolas de pensamento. A EC abarca diferentes escolas que servem como base de sustentação para uma mentalidade de *redesign* de produtos, eficiência de recursos, equidade de renda e bem-estar, e inovação, tendo como ponto de partida a preservação da natureza, que se reflete na qualidade de vida das pessoas.

NOVAS FRONTEIRAS PARA A SUSTENTABILIDADE TÊXTIL

A relevância da temática da sustentabilidade faz com que a EC esteja entre os assuntos mais debatidos (URBINATI; CHIARONI; CHIESA, 2017). Discutir e avaliar novas formas de produção e consumo na cadeia têxtil é de extrema importância com reflexos sobre o comércio, emprego, investimento e faturamento (LEAL FILHO et al., 2019). Todos os esforços vão no sentido do enfrentamento de desafios e no alinhamento com a agenda 2030 por meio dos ODS, cujos principais desafios encontrados, colocados em perspectiva, compreendem: i) a expectativa, motivação e mentalidade

do consumidor; ii) a logística reversa; e iii) a associação dos fluxos de resíduos têxteis aos meios de produção, ecossistema e ciclo de vida, o que em última instância reforça a necessidade de transformação do setor têxtil (D'AMATO; VEIJONAHO; TOPPINEN, 2020; JIA et al., 2020; SHIRVANI-MOGHADDAM et al., 2020).

Nesse contexto, nota-se que mais especificamente o mercado de roupas e acessórios vem se adaptando e incorporando novas tendências, que trazem uma perspectiva inovadora na busca de prolongar a vida útil de peças, possibilitar seu uso efetivo e mais frequente e recuperar os materiais ao final da vida útil, mesmo que ainda despertando timidamente e entre público definido. Do consumo de produtos têxteis (roupas e outros artefatos têxteis) às práticas de sustentabilidade, já é possível efetuar compras em plataformas *online*, ou fazer uso de modelos alternativos de consumo – peças de segunda mão; *redesign*; reciclagem; *upcycling*; entre outras. Dessa forma, destaca-se o aspecto de manutenção do valor do material pelo maior tempo possível, extensão da vida útil e incentivo ao *slowing*[2] de forma a transmudar os modelos de negócios tradicionais. Assim, o que concluem vários autores (DAŇO; DRÁBIK; HANULÁKOVÁ, 2020; HUR, 2020; TODESCHINI et al., 2017) é que se evidencia a necessidade de visão sistêmica, sob o olhar circular, que perpasse por todo o processo de *design,* levando ao estabelecimento de novo paradigma para os negócios do setor têxtil.

Sandin e Peters (2018) enfatizam a necessidade de associação dos fluxos de resíduos têxteis (Figura 2) às cadeias produtivas de reciclagem e ao reaproveitamento dos materiais têxteis. No entanto, Han et al. (2017) ressaltam a dificuldade em estabelecer estratégias comerciais de modo a confirmar viabilidade econômica. Porém, para Jia et al. (2020), é possível estabelecer os motivadores, barreiras, práticas e indicadores de desempenho sustentável que auxiliem na implementação de negócios circulares.

No contexto da moda, as perspectivas são positivas segundo Han et al. (2017, p. 3):

> "o conceito de *upcycling* representa uma oportunidade para os *designers* liderarem o caminho, utilizando as muitas toneladas de resíduos têxteis produzidos para satisfazer a demanda constante por nova moda, enquanto o desenvolvimento tecnológico avança em direção a métodos de produção mais sustentáveis".

2 Slowing, uso prolongado e reutilização de produtos e materiais por meio do design de processos que prolonguem a vida útil (BOCKEN, 2016).

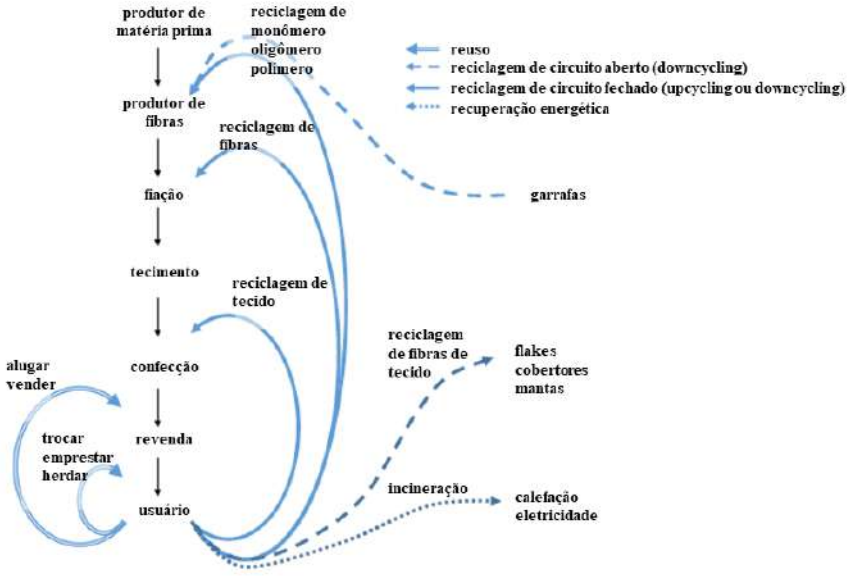


Figura 2 - Fluxos de reutilização e reciclagem de resíduos têxteis
Fonte: Adaptado de Sandin e Peters (2018)

Assim, algumas empresas apostam na exploração desse nicho e inovam na criação de novos modelos de negócios. Adicionalmente, Nosratabadi et al. (2019) afirmam que o modelo de negócio deve refletir o objetivo da organização, preocupações sociais e ambientais, missão e propósito.

Ainda como nova tendência na sociedade de consumo, encontra-se mais recentemente e em várias sociedades a tendência em aderir a novas práticas de consumo, privilegiando o acesso em detrimento à posse, por meio do uso de tecnologia ou de práticas sociais. Hur (2020) menciona que a simples extensão de vida útil de roupas por mais 9 meses tem como efeito a diminuição de até 30% no impacto ambiental – pegada de carbono e água residual. Além disso, o resíduo ou material têxtil pode ter seu valor reativado e ressignificado quando orientado a modelos alternativos de consumo, nos quais sistemas fechados produto-serviço fornecem novas alternativas de consumo de têxteis e aumentam o tempo de utilização dos produtos (KJAER et al., 2019).

A cadeia têxtil pode instituir a circularidade por meio da incorporação de três princípios: i) eliminação de resíduos e poluentes no processo de produção; ii) práticas de uso mais longo e contínuo dos materiais e

produtos; e iii) uso de energia renovável e recursos biodegradáveis dentro da lógica circular para realimentação do sistema. Entretanto, devido às características de fragmentação da cadeia de valor do setor têxtil – produção; *design*; confecção, varejo (distribuição e comercialização) –, a circularidade é de difícil implementação. Nesse sentido, torna-se relevante salientar a importância do consumidor como elemento de influência na criação de valor sustentável dos produtos e das empresas (KI; CHONG; HA-BROOKSHIRE, 2020).

A EC contribui também para criação de empregos locais e diminuição da pegada de carbono. Entretanto, a desconexão entre o *design* de roupas e a reciclagem de resíduos têxteis dificulta a implementação da circularidade no setor. Entretanto, Karell e Niinimaki (2019, p. 997) afirmam que "Ferramentas de *design*, novos modelos de negócios, métodos de fabricação, classificação de têxteis e tecnologias de reciclagem estão surgindo e atraindo crescente interesse de pesquisa para aprimorar a reutilização e a reciclagem de têxteis". Assim sendo, esses autores indicam três aspectos que devem ser considerados para transformação da indústria têxtil: i) *design*: além do desafio de balancear a estética, função e a reciclabilidade, o *designer* precisa estar inserido na definição da estratégia do produto; ii) composição diversa e caracterização/segregação de têxteis: a mistura de fibras na composição de tecidos dificulta a separação para reciclagem; em geral, a seleção é feita de forma manual sendo a automação e o uso de inteligência artificial tendências de futuro; e iii) reciclagem: o melhor resultado da reciclagem depende da segregação adequada dos têxteis, pois impurezas não detectáveis podem interferir na qualidade do processo de reciclagem.

No contexto nacional, os aspectos aqui abordados tornam-se relevantes e urgentes, pois o Brasil é o quinto maior produtor têxtil do mundo e, em âmbito global, possui a maior cadeia têxtil, considerando desde o cultivo do algodão, produção – fiações, tecelagens, beneficiadoras, confecções – e varejo. Por outro lado, é o quarto maior produtor e consumidor de denim e o quarto maior produtor de malhas do mundo, ao passo que a moda brasileira está entre as cinco maiores semanas de moda do mundo (IEMI; ABIT, 2019). Os dados do setor revelam a imensa maioria de microempresas, enquanto as grandes empresas somam somente 0,3% (CNI, 2017). Sendo um dos poucos países que possui cadeia produtiva completa, com uma produção local de 9,4 bilhões de peças de algodão/ano é de fundamental importância entender os conceitos e práticas locais de modo a refletir as dificuldades, entraves e oportunidades para os negócios sustentáveis (KLEIN et al., 2020).

Por fim, conclui-se que os impactos ao longo da cadeia têxtil são muitos e a prática de *fast fashion* contribui para agravar este cenário, uma vez que introduz um ciclo de vida mais curto para os materiais têxteis e incentiva o consumo. Nesse sentido, abordagens de *ecodesign* e ecoinovação apresentam-se como oportunidade no contexto contemporâneo, no sentido de auxiliar empresas a identificar e reduzir o impacto ambiental negativo associado às suas atividades (SALO; SUIKKANEN; NISSINEN, 2020) e contribuir para a implementação da transição para a EC.

A PANDEMIA COVID-19 E O DESAFIO NOS NEGÓCIOS DO SETOR TÊXTIL

A pandemia de COVID-19 levou à desarticulação das cadeias produtivas, intermitência na disponibilidade de bens de consumo por consequência das sucessivas medidas de restrição e afastamento para contenção da disseminação do vírus.

Bruin et al. (2020) evidenciam as diversas medidas tomadas, em âmbito global, para conter a disseminação do vírus compreendendo: i) limitação da circulação de pessoas; ii) fechamento de atividades econômicas não essências; iii) regramento de distanciamento físico e número máximo de indivíduos; iv) medidas de higiene; v) estratégia de comunicação e combate a *fake news*; e vi) acordos internacionais bilaterais e multilaterais.

Para o gerenciamento de resíduos sólidos não foi diferente, a pandemia de COVID-19 também impôs diversos desafios aos serviços de coleta seletiva e reciclagem, pois havia dúvidas relacionadas ao ciclo de vida do vírus SARS-COV-2 nas diferentes superfícies. Ao longo da pandemia, as incertezas sobre a doença e a falta de protocolos de segurança resultaram em ações preventivas que paralisaram/suspenderam os serviços de coleta seletiva e triagem, o que causou impactos financeiros aos trabalhadores do setor, em sua maioria informais ou cooperativados. Mesmo em países com estruturas de tratamento de resíduos mais robustas, observou-se algum tipo de limitação na gestão de resíduos sólidos urbanos (MOFIJUR et al., 2021).

Em pouco mais de dois anos a pandemia pelo novo coronavírus trouxe muito sofrimento para a humanidade com perda de vidas e perdas econômicas. Como apresentado anteriormente, uma das características da cadeia têxtil é o grande número de micro e pequenas empresas que atuam no setor. A pandemia colocou as micro e pequenas empresas em posição ainda mais vulnerável devido à maior proximidade com o público, baixo capital de giro e baixa digitalização. Por outro lado, como destacam Bai,

Quayson e Sarkis (2021), micro e pequenas empresas são fontes primárias de poluição; poucas seguem as práticas empresariais mais recentes, possuem baixos níveis de digitalização de seus serviços, têm acesso limitado à tecnologia e equipamentos e contam com habilidades e competências gerenciais precárias. Isso fez com que as empresas se tornassem mais suscetíveis às incertezas do cenário pandêmico. Sob o ponto de vista econômico, é preciso lembrar que micro e pequenas empresas raramente vão além das atividades e mercados locais, são responsáveis por estabilizar as taxas de emprego e representam geração de emprego e renda para milhares de trabalhadores.

Contudo, conforme observa Nandi et al. (2020), a pandemia trouxe necessidade de adaptação dos negócios e abriu janelas de oportunidade para a mudança da realidade na perspectiva de um novo realinhamento para a sustentabilidade, principalmente na aplicação de práticas de EC. Nesse sentido, a pandemia evidenciou o esgotamento dos modelos de negócios tradicionais e a necessária adoção de novos modelos de negócios que sejam intensivos na inovação dos processos e criação de novos serviços. Novos modelos de negócios são necessários na orientação da mudança da interface entre o usuário e o objeto e, consequentemente, da relação dos indivíduos com os objetos (URBINATI; CHIARONI; CHIESA, 2017). Assim torna-se possível melhorar a proposta de valor por meio da criação de modelos de negócios sustentáveis, com prestação de serviço apoiada em operação remota ou híbrida.

Por fim, existem outros desafios de inovação como a inclusão de tecnologias de Inteligência Artificial que podem incidir em novas implicações éticas, sociais, econômicas e legais. Nesse contexto, é necessária a colaboração da academia e instituições de apoio ao empreendedor na formulação de políticas para antecipar e gerenciar as profundas mudanças sociais em ambiente pós-pandêmico, relacionadas à revolução digital em função da sustentabilidade (BAI; QUAYSON; SARKIS, 2021).

REFERÊNCIAS

ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO. Relatório de Atividades ABIT 2013. São Paulo: ABIT, 2013.

BAI, C.; QUAYSON, M.; SARKIS, J. COVID-19 pandemic digitization lessons for sustainable development of micro-and small- enterprises. *Sustainable Production and Consumption,* v. 27, p. 1989-2001, 2021. https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.035

BASTIAN, E. Y. O. *Guia técnico ambiental da indústria têxtil*. São Paulo: CETESB; SINDITEXTIL, 2009.

BASOLE, R. C.; KARLA, J. On the evolution of mobile platform ecosystem structure and strategy. *Business & Information Systems Engineering,* v. 3, n. 5, p. 313–322, 2011.

BAUMAN, Z. *Modernidade líquida.* Rio de Janeiro: Zahar, 2001. 255p.

BAUMAN, Z. *Vida para consumo*: a transformação das pessoas em mercadorias. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. 200p.

BOCKEN, N.; PAUW, I.D.; BAKKER; C., & GRINTEN, B.V. Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, v. 33, p. 308 – 320, 2016.

BRUIN, Y. B. et al. Initial impacts of global risk mitigation measures taken during the combatting of the COVID-19 pandemic. *Safety Science,* v. 128, 104773, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104773

BUCHANAN, R. Branzi's dilemma: design in contemporary culture. *Design Issues*, v. 14, n. 1, p. 3-20, 1998.

BUCHANAN, R. Design research and the new learning. *Design Issues*, v. 17, n. 4, p. 3-23, 2001.

CANCLINI, N. G. *Consumidores e Cidadãos:* conflitos multiculturais da globalização. Tradução: Maurício Santana Dias. 3ª ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1997.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. *O setor têxtil e de confecção e os desafios da sustentabilidade.* Confederação Nacional da Indústria Têxtil e de Confecção. Brasília / Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Brasília: CNI, 2017.

COLUCCI, M.; VECCHI, A. Close the loop: Evidence on the implementation of the circular economy from the Italian fashion industry. *Business Strategy Environment,* v. 30, n. 2, p. 856-873, 2020.

CROCKER, R. *Somebody Else´s Problem:* Consumerism, Sustainability and Design. New York: Routledge, 2016.

DANT, T. Fetishism and the social value of objects. *Sociological Review*, v. 44, n. 3, p. 495-516, 1996.

D'AMATO, D; VEIJONAHO, S; TOPPINEN, A. Towards sustainability? Forest-based circular bioeconomy business models in Finnish SMEs. *Forest*

Policy and Economics, v. 110, 101848, 2020. https://doi.org/10.1016/j.forpol.2018.12.004

DAŇO, F.; DRÁBIK, P.; HANULÁKOVÁ, E. Circular Business Models in Textiles and Apparel Sector in Slovakia. *Central European Business Review*. v. 9., n. 1, p. 1-19, 2020. https://doi.org/10.18267/j.cebr.226

ESCOBAR, A. *Designs for the Pluriverse*: Radical Interdependence, Autonomy, and Making of Worlds. Durham: Duke University Press, 2017. 312p.

GÜNTHER, W. M. R. *Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental*. 2008. Tese (Livre Docência em Resíduos Sólidos) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

GWILT, A. *Moda sustentável:* um guia prático. Trad. Marcia Longarço. 1ª ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2014.

HAN, S.; CHAN, P.; VENKATRAMAN, P.; APEAGYEI, P.; CASSIDY, T.; TYLER, D. Standard vs. Upcycled Fashion Design and Production. *Fashion Practice*, v. 9, n. 1, p. 69-94, 2017. https://doi.org/10.1080/17569370.2016.1227146

HOLE, G.; HOLE, A. S. Improving recycling of textiles based on lessons from policies for other recyclable materials: A minireview. *Sustainable Production and Consumption,* v. 23, p. 42-51, 2020. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.04.005

HUR, E. Rebirth Fashion: Secondhand clothing consumption values and perceived risks. *Journal of Cleaner Production*, v. 273, 122951, 2020.

IANSITI, M.; LEVIEN, R. Strategy as ecology. *Harvard Business Review*, v. 82, n. 3, p. 1-11, mar. 2004.

IEMI - INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL; ABIT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL. *Brasil Têxtil 2019.* Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira, 2019.

JIA, F.; YIN, S.; CHEN, L.; CHEN, X. The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production,* v. 259, 120728, 2020. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120728

KARELL, E.; NIINIMÄKI, K. Addressing the Dialogue between Design, Sorting and Recycling in a Circular Economy. *The Design Journal*, v. 22, p. 997-1013, 2019. https://doi.org/10.1080/14606925.2019.1595413

KJAER, L.; PIGOSSO, D.; NIERO, M.; BECH, N.; MCALOONE, T. Product/Service-Systems for a Circular Economy: The Route to Decoupling

Economic Growth from Resource Consumption? *Journal of Industrial Ecology*, v. 23, n. 1, p. 22-35, 2019. https://doi.org/10.1111/jiec.12747

KI, CW.; CHONG, S.; HA-BROOKSHIRE, J. How fashion can achieve sustainable development through a circular economy and stakeholder engagement: A systematic literature review. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, v. 27, n. 6, p. 2401-2424, 2020. https://doi.org/10.1002/csr.1970

KI, C.W.; PARK, S.; HA-BROOKSHIRE, J. Toward a circular economy: Understanding consumers' moral stance on corporations' and individuals' responsibilities in creating a circular fashion economy. *Business Strategy and the Environment,* v. 30, n. 2, p. 1121-1135, 2020. https://doi.org/10.1002/bse.2675

KLEIN, J. A.; PETRERE, M. P.; BUTTURI-GOMES, D.; BARRELLA, W. Textile sustainability: A Brazilian etiquette issue. *Environmental Science & Policy*, v. 109, p. 125-130, 2020. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2020.02.025

LEAL FILHO, W.; ELLAMS, D.; HAN, S.; TYLER, D.; BOITEN, V.; PAÇO, A.; MOORA, H.; BALOGUN, A. A review of the socio-economic advantages of textile recycling. *Journal of Cleaner Production*, v. 218, p. 10-20, 2019. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.210

LIPOVETSKY, G. *O império do efêmero*: a moda e seu destino nas sociedades modernas. São Paulo: Companhia das Letras, 1989.

MACARTHUR, E. *Towards the Circular Economy, Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition*. Cowes, UK: Ellen MacArthur Foundation, 2013.

MAJUMDAR, A.; SHUKLA, S.; SINGH, A. A.; ARORA, S. Circular fashion: Properties of fabrics made from mechanically recycled poly-ethylene terephthalate (PET) bottles. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 161, 104915, 2020. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104915

MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to Cradle*: criar e reciclar ilimitadamente. Tradução Frederico Bonaldo. 1° Edição. São Paulo: Editora G. Gili, 2013.

MOFIJUR, M. et al. Impact of COVID-19 on the social, economic, environmental and energy domains: Lessons learnt from a global pandemic. *Sustainable Production and Consumption*, v. 26, p. 343-359, 2021. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.016

NANDI, S.; SARKIS, J.; HERVANI, A.; HELMS, M. Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. *Sustainable Production and Consumption*, v. 27, p. 10-22, 2020. https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019

NOSRATABADI, S.; MOSAVI, A.; BAND, S.; ZAVADSKAS, E.; RAKOTONIRAINY, A. Sustainable Business Model: A Review. *Sustainability*, v.11, n. 6, 1663, 2019. https://doi.org/10.3390/su11061663

PAPANEK, V. *Design for the Real World*: Human Ecology and Social Change. New York: Pantheon Books, 1985.

POTTING, J.; HEKKERT, M.; WORREL E.; HANEMAAIJER, A. *Circular Economy:* measuring innovation in the product chain. Policy report. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, 2017.

SACHS, J. *The age of sustainable development.* 4ª ed. New York: Columbia University Press, 2015.

SALO, H.; SUIKKANEN, J.; NISSINEN, A. Eco-innovation motivations and ecodesign tool implementation in companies in the Nordic textile and information technology sectors. *Business Strategy and the Environment,* v. 29, n. 6, p. 2654-2667, 2020. https://doi.org/10.1002/bse.2527

SANDIN, G.; PETERS, G. M. Environmental impact of textile reuse and recycling – A review. *Journal of Cleaner Production*, v. 184, p. 353-365, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.266

SHIRVANIMOGHADDAM, K.; MOTAMED, B.; RAMAKRISHNA, S.; NAEBE, M. Death by waste: Fashion and textile circular economy case. *Science of The Total Environment*, v. 718, 137317, 2020. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137317

STAHEL, W. R. *The circular economy*: a user´s guide. New York: Routeledge, 2019.

TODESCHINI, B. CORTIMIGLIA, M. N.; CALLEGARO-DE-MENEZES, D; GHEZZI, A. Innovative and sustainable business models in the fashion industry: Entrepreneurial drivers, opportunities, and challenges. *Business Horizons*, v. 60, n. 6, 2017, p. 759-770, 2017. https://doi.org/10.1016/j.bushor.2017.07.003

URBINATI, A.; CHIARONI, D.; CHIESA, V. Towards a new taxonomy of circular economy business models. *Journal of Cleaner Production*, v. 168, p. 487-498, 2017. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.047

11 Métodos de valorização de resíduos de podas e aparas

Tallita Eduarda da Veiga Reis
Ednilson Viana
Antonio Oswaldo Storel Júnior
Wanda Maria Risso Günther

INTRODUÇÃO

Os resíduos de podas e aparas de vegetação arbórea são originários de atividades públicas e privadas, institucionais, domésticas, comerciais, industriais, agrícolas e, principalmente, urbanas. São classificados como resíduos orgânicos por apresentarem biodegradabilidade espontânea e por reciclarem seus nutrientes em processos naturais de decomposição. Por ser abundante nos centros urbanos, ter pouca contaminação com outros tipos de resíduos e apresentar relação carbono/nitrogênio elevada, esse tipo de resíduo pode ser transformado em ampla gama de produtos e matérias-primas úteis, possuindo elevado potencial de valorização por meio de diversas tecnologias.

Valorizar esses resíduos desviando-os dos aterros pode ser fundamental para a reciclagem biológica de nutrientes e de matéria orgânica nos entornos das cidades com vistas a regenerar a fertilidade natural, ampliar a retenção de água pelo solo, produzir alimentos e sequestrar carbono atmosférico. A valorização da biomassa e a recuperação energética podem

mitigar emissões, em especial de metano, enquanto esta última ainda contribui para substituir fontes de energia não renováveis. No entanto, na atualidade, as podas e as aparas possuem baixo índice de aproveitamento e têm como principal destino os aterros sanitários ou aterros de inertes, quando o município dispõe dessas estruturas. Em muitos casos são dispostos em aterros controlados ou mesmo em disposição a céu aberto (lixões), quando não são simplesmente acumulados em deposições irregulares para lenta degradação, causando impactos ambientais, econômicos e à saúde da população exposta.

Assim, torna-se relevante conhecer e desenvolver métodos de valorização apropriados aos grandes volumes gerados e às diversas fontes de geração no meio urbano. Neste capítulo, a valorização dos resíduos de podas e aparas é entendida como um processo que implica em algum pré-processamento do resíduo, como, por exemplo, segregação de outros tipos de resíduos na própria origem, segregação por diâmetro ou características morfológicas e trituração. Por esse motivo o resíduo também receberá o nome de *biomassa residual*, ou apenas *biomassa*, que, do ponto de vista energético, pode ser definida como "qualquer recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizado para produção de energia" (GBIO, 2022).

O resíduo de podas e aparas é composto por uma mistura heterogênea de espécies arbóreas, arbustivas e gramíneas com diversos estados fitossanitários. Na origem varia tanto em composição química como em volume, umidade e densidade aparente, contendo desde aparas de gramíneas, folhagens verdes e secas, flores e sementes, gravetos, cascas de árvores, galhos finos e grossos, troncos e raízes. No caso de remoções de árvores, troncos e raízes podem ter vários metros de diâmetro, dificultando essa operação. Sua geração está associada a serviços públicos municipais e privados de manutenção da vegetação arbórea e arbustiva, tanto no viário urbano, praças e logradouros, como em parques, bosques, áreas verdes e jardins. Além disso, companhias distribuidoras de energia elétrica, empresas de jardinagem e limpeza de terrenos, instituições públicas e privadas que possuem grandes áreas verdes ou ajardinadas e centrais de abastecimento de alimentos que geram grandes quantidades de aparas de gramíneas utilizadas para acomodar frutas no transporte, também representam fontes relevantes de geração desse tipo de resíduo (CORTEZ, 2011).

A geração apresenta sazonalidade, grande heterogeneidade na composição, dispersão geográfica e picos de geração, devido a períodos de ocorrência de ventos fortes com solos saturados após vários dias de chuva.

Ventos fortes nessas ocasiões podem abalar a sustentação de indivíduos arbóreos e gerar quedas de árvores, troncos e galhos grossos, causando até o desenraizamento. No ambiente urbano, as equipes de frentes de poda e remoção de árvores podem ter que operar rapidamente em algumas situações críticas. Pode haver vítimas, edifícios e veículos danificados e interferências com o tráfego, rede elétrica, de comunicação ou de abastecimento de água e coleta de esgotos. Nessas situações, os resíduos de podas e aparas podem se misturar com outros resíduos como terra, resíduos de construção civil, resíduos de desastres e outros, dificultando ou impedindo seu pré-processamento por trituração e seu posterior aproveitamento.

O gerenciamento desses resíduos envolve, geralmente, o trabalho de equipes treinadas e tecnicamente supervisionadas, dotadas de equipamento para elevação (escadas e guindastes com cestos, guindastes com garras), motosserras e caminhões com ou sem trituradores de galhos acoplados. A logística envolve a coleta, o transporte e a destinação a aterros sanitários, onde são dispostos juntamente com os resíduos sólidos urbanos da coleta indiferenciada, ou a aterros específicos, como os aterros de inertes, sendo que pequena fração é utilizada como matéria seca estruturante em projetos municipais de pátios de compostagem (BRASIL, 2019a; SÃO PAULO, 2014).

Quando deixados em locais de acumulação, mesmo que transitoriamente, esses resíduos propiciam abrigo e funcionam como criadouros para fauna sinantrópica nociva, vetores de doenças à população exposta e outros animais. Porém, quando dispostos em aterros, devido principalmente à composição, produzem gás metano e gás carbônico, que ao serem lançados na atmosfera representam grande quantidade de gases do efeito estufa (GEE), além de aumentar os riscos de combustão e acidentes (MEIRA, 2010). Em grande volume, ou em peças únicas de maior tamanho como troncos e raízes de árvores, podem ainda criar espaços vazios nas células dos aterros sanitários ao final de seu lento processo de degradação e, associados à má drenagem de líquidos e gases, contribuir para rupturas e deslizamentos da massa de resíduos (ABPL, 2019).

No município de São Paulo, os resíduos dispostos em aterros sanitários são responsáveis pela emissão de 4% de todos os GEE do município (CENEVIVA; PEDÓ, 2020). Esse resíduo ocupa grande volume e possui degradação mais lenta, quando comparada aos demais resíduos orgânicos, o que diminui a vida útil dos aterros, aumentando os custos de manutenção, os impactos no solo e os riscos associados às interações químicas e biológicas com outros resíduos perigosos preexistentes no local (CORTEZ et al., 2008).

Por outro lado, a Lei Federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), ao estabelecer que somente os rejeitos sejam encaminhados à disposição final em aterros sanitários, ao mesmo tempo em que define *rejeito* como resíduos que somente "depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada", proibiu o envio de resíduos recicláveis e compostáveis aos aterros sanitários. Entre esses últimos estão os resíduos de podas e aparas, pois como mostrado nesse capítulo, há variados processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis para esse tipo de resíduo (BRASIL, 2010).

Os resíduos de podas e aparas são compostos principalmente de celulose, hemicelulose e lignina em estruturas com aproximadamente 44% de oxigênio, 50% de carbono, 6% de hidrogênio e até 1% de nitrogênio (LOPES; MARTINS; MIRANDA, 2019; NEVES, 2018). Essa alta relação carbono/nitrogênio, relacionada aos elevados índices de lignina, torna este tipo de resíduo ideal para uso em processo de compostagem aeróbia-termofílica como estruturante em mistura com resíduos putrescíveis como restos de comida e lodos de esgotos (GALVÃO, 2019) e em potencial fonte energética em processos termoquímicos, apresentando aproximadamente 19 MJ/Kg de poder calorífico inferior, além de possuir baixa temperatura de ignição, baixa energia de ativação e elevada taxa de combustão (NEVES, 2018; SILVA, 2016).

Apesar das propriedades destacadas, esse tipo de resíduo não é explorado por nenhuma atividade industrial e está desarticulado de cadeias econômicas relevantes, frustrando as expectativas de realização dos princípios da Economia Circular (ELLEN MCCARTHUR FOUNDATION, 2020; MORI et al., 2016) e dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). As podas e as aparas de arborização urbana poderiam ser reaproveitadas consideravelmente em pelo menos cinco diferentes setores econômicos (SOUZA, GUIMARÃES; VELASCO, 2020), como apresentados a seguir:

Construção civil: fabricação de produtos de madeira como cabos de ferramentas e painéis, uso do pó de serra como agregado para confecção de blocos de concreto e como compósitos celulósicos na fabricação de materiais de construção.

Agricultura, paisagismo e recuperação ambiental: no processo de compostagem e uso como fertilizante orgânico composto, como remediador de áreas contaminadas, como serragem em cama de aves, cobertura

morta para proteção de solos ou biocarvão (biochar) para condicionamento de solos.

Energia: produção de biocombustíveis sólidos para energia térmica e elétrica, bioetanol por meio de hidrólise ácida e fermentação de açúcares e por meio da gaseificação da madeira.

Decoração e design: a partir da confecção de artigos esportivos, pedagógicos, brinquedos, artigos domésticos (pequenos objetos de madeira), obras de arte e mobiliário.

Indústria química: produção de resinas plásticas, colas e essências a partir da extração de óleos e resinas da serragem.

De um modo geral, mesmo o aproveitamento a partir de processos físicos simples, como a trituração na origem, já proporciona benefícios tanto ambientais quanto econômicos, e abre possibilidades maiores de valorização por processos de relevância ambiental e econômica (SOUZA et al., 2020; SOUZA; GUIMARÃES; VELASCO, 2020).

Neste capítulo, o foco é apresentar as políticas e instrumentos de gestão municipal dos resíduos de podas e aparas, assim como o potencial de diversas tecnologias de valorização. Está dirigido para aqueles setores e métodos que podem ter maior relevância econômica e ambiental diante das enormes escalas demandadas para valorização desse tipo de resíduo.

INSTRUMENTOS DE GESTÃO MUNICIPAL

Neste manuscrito, a apresentação da legislação vigente, assim como a apresentação dos programas e metas relacionados aos resíduos de podas e aparas, que discorrem sobre mecanismos de gestão, destinação e aproveitamento dos mesmos, terá como recorte o município de São Paulo.

No entanto, em prelúdio, é importante destacar que há grande carência de dados e informações inerentes. Em âmbito estadual, por exemplo, esses resíduos sequer são incluídos nas estimativas de geração como parte do Plano Estadual de Resíduos Sólidos, estando os dados sempre agregados (SÃO PAULO, 2020d). No âmbito do município de São Paulo, as ações estão espalhadas por diversos órgãos e secretarias que administram diferentes contratos de serviços relacionados aos resíduos de podas e aparas sem que existam instrumentos de coordenação e articulação, sendo difícil o levantamento de informações e dados sobre o tema.

Estrutura Organizacional da Gestão Municipal de Resíduos de Podas e Aparas

A responsabilidade pela gestão dos resíduos de podas e aparas no município de São Paulo está dividida por diferentes órgãos e secretarias, o que configura uma estrutura organizacional complexa e não contribui para prover ações integradas. Até 2021 a Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB) geria tanto os contratos de Concessão de Limpeza Pública (resíduos domésticos, chamados "divisíveis") como os contratos de Varrição (resíduos públicos, chamados "indivisíveis"). A SPRegula é uma agência reguladora que, em 2021, sucedeu a AMLURB como órgão regulamentador responsável pela gestão dos resíduos sólidos e pela limpeza urbana da cidade de São Paulo. O órgão garante a gestão dos resíduos sólidos urbanos por meio da coleta regular municipal, na qual são recolhidos resíduos domiciliares, comuns e recicláveis, assim como de pequenos geradores comerciais. Apesar de suceder a AMLURB, a SPRegula gere apenas os contratos de Concessão. Nos contratos de Concessão estão previstos a implantação de Usinas de Compostagem de grande porte (300 t/dia de capacidade) para resíduos sólidos orgânicos domésticos (ROD) (incluindo podas e aparas de pequenos geradores), os quais deverão ser coletados seletivamente com segregação desde a origem. A compostagem dos ROD úmidos putrescíveis necessitará de grandes volumes de resíduos estruturantes ricos em carbono, tais como, os resíduos de podas e aparas.

Com a extinção da AMLURB em 2021, a Secretaria Municipal de Subprefeituras (SMS) passou a ser a gestora dos resíduos públicos da limpeza urbana (contratos de Varrição) por meio da Secretaria Executiva de Limpeza Urbana (SELIMP), responsável pela limpeza de vias e logradouros públicos que contempla os serviços de varrição, coleta, lavagem e retirada de entulhos e objetos volumosos abandonados, assim como os programas de ecopontos e de pátios de compostagem. Na mesma SMS, mas por meio de outro departamento, a Assessoria Técnica de Obras e Serviços (ATOS), são geridos os contratos de serviços de poda e jardinagem de resíduos públicos. Dessa forma, é a primeira vez (a partir de 2021) que os contratos de serviços de podas e jardinagem e os de resíduos de feiras-livres (incluídos como de Varrição) são geridos pela mesma secretaria, apesar de serem departamentos diferentes.

Por outro lado, cabe à Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente (SVMA), por meio do Departamento de Parques e Áreas Verdes (DEPAVE), a administração dos contratos de plantio de mudas de árvores

e serviços de poda e jardinagem em Parques, Áreas Verdes e Unidades de Conservação no município (SÃO PAULO, 2021a).

Enquanto instrumentos de gestão, uma série de planos setoriais, tais como, o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, o Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica, o Plano Municipal de Arborização Urbana e o Plano de Ação Climática foram congregados pelo Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, aprovado em 2014, que também incorporou outros planos setoriais já existentes. Nos planos e programas apresentados a seguir estão previstas diretrizes e/ou metas relacionadas à gestão dos resíduos de podas e aparas.

Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS-2014)

O Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS) é o principal instrumento de planejamento e gestão, no âmbito municipal, da aplicação das prerrogativas da PNRS, cujas diretrizes estão fundamentadas na hierarquia de resíduos, a qual envolve a seguinte ordem de prioridade de ações: i) não geração; ii) redução; iii) reutilização; iv) reciclagem; v) tratamento dos resíduos sólidos; e vi) disposição em aterros sanitários apenas dos rejeitos (BRASIL, 2010). O plano de cada município visa atender também ao Novo Marco Regulatório do Saneamento Básico, à Política Nacional sobre Mudanças Climáticas e à Política Nacional de Educação Ambiental, no que couber.

O Plano do município de São Paulo de 2014 previa que a organização da gestão integrada dos resíduos sólidos, no âmbito do município, estivesse sob a responsabilidade da Autoridade Municipal de Limpeza Urbana (AMLURB) que, no entanto, foi extinta em 2021 e sucedida pela SPRegula. Essa organização é estabelecida por meio de uma pluralidade de novas rotas tecnológicas de manejo, novas instalações de destinação e fomentos a iniciativas privadas para empreendimentos alinhados às diretrizes e metas estabelecidas no PGIRS (SÃO PAULO, 2014).

Como parte das novas rotas estudadas, a segregação dos resíduos de podas e aparas nas fontes geradoras e o incentivo à valorização por meio de processos biológicos, prioritariamente descentralizados e aeróbios (como a compostagem *in situ*), podem servir de métodos de retenção do resíduo no local de origem e a consequente minimização dos impactos do transporte. Essas soluções serão complementadas por Centrais de Processamento Aeróbio, Centrais de Biodigestão (anaeróbia) e Ecoparques de Tratamento Mecânico-biológico para a parte recalcitrante da coleta indiferenciada. Além disso, o estabelecimento de revisões do plano, de forma participativa

e a cada cinco anos, e de indicadores de desempenho para esses serviços públicos, permitem o conhecimento e o acompanhamento das características de geração e de manejo desses resíduos (SÃO PAULO, 2014).

Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvores (PAMPA-2008)

Instituído pela Lei Municipal Nº 14.723 de maio de 2008, o Programa de Aproveitamento de Madeira de Poda de Árvores (PAMPA) tem por objetivo gerar benefícios econômicos e ambientais e contribuir para o aumento da vida útil dos aterros sanitários, ou seja, desviar resíduos da disposição no solo e inseri-los na Economia Circular. Logo, essa lei proíbe a destinação de resíduos de podas e aparas para aterros sanitários e prevê a implementação de condutas de aproveitamento e valorização por meio de: i) utilização da madeira como combustível em fornos e olarias; ii) recuperação como matéria-prima para a confecção de utensílios em geral; e iii) utilização de folhas e galhos na produção de composto orgânico, em processos de compostagem (SÃO PAULO, 2008a).

Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos (2008)

Instituído pela Lei Municipal Nº 14.803 de junho de 2008, o Plano Integrado de Gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil e Resíduos Volumosos tem por objetivo assegurar que a gestão desses resíduos atenda às diretrizes da Resolução CONAMA nº 307 de julho de 2002 (SÃO PAULO, 2008b), que disciplina práticas e ações dos geradores e transportadores e o fluxo dos agentes envolvidos na gestão destes resíduos, no âmbito do Sistema de Limpeza Urbana do Município de São Paulo (Lei Municipal Nº 13.478 de dezembro de 2002).

Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA-2017)

O Plano Municipal da Mata Atlântica (PMMA) do Município de São Paulo, instituído pelo artigo 38 da Lei da Mata Atlântica (Lei Federal 11.428/2006) e incorporado ao novo Plano Diretor Estratégico (PDE) do Município de São Paulo, Lei 16.050, de 31 de julho de 2014, em seu Art. 287, visa à recuperação da vegetação nativa e da biodiversidade da Mata Atlântica (SÃO PAULO, 2017).

Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU-2020)

O Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU-2020) é um instrumento para definir o planejamento, a implantação e o manejo da arborização urbana no Município e propõe a universalização, amparada por critérios técnicos da arborização para todas as áreas e pessoas do município (SÃO PAULO, 2020b). O PMAU-2020 também atualizou o Manual de Arborização Urbana e o Manual Técnico de Poda de Árvores do município de São Paulo.

Lei da Poda

A Lei Municipal 17.267/2020 (SÃO PAULO, 2020a) denominada de *Lei da Poda*, resultante de propostas surgidas durante a elaboração do PMAU-2020, veio permitir que os cidadãos contratassem empresas para realização de podas ou remoção de árvores que estão em suas residências. Antes, somente técnicos da Prefeitura podiam realizar esse serviço, mediante solicitação prévia do interessado, com prazos longos desde o pedido até a efetivação do serviço. A partir dessa flexibilização, mediante apresentação de Laudo Agronômico e Autorização da Subprefeitura, a operação pode ser realizada por empresas contratadas que assumem a responsabilidade pela destinação adequada dos resíduos gerados, retirando da municipalidade esse encargo.

Programa de Metas da Gestão Municipal - 2021-2024 (2021)

No Programa de Metas da Gestão Municipal para o período vigente, de 2021 a 2024, a *Meta 69* prevê reduzir em 600 mil toneladas a quantidade de resíduos sólidos enviados aos aterros no mesmo período, prevendo ações que venham a contribuir com essa meta, como: implantar 40 novos Ecopontos e 3.000 novos PEVs; implantar 3 novos pátios de compostagem para atingir 600 feiras-livres; ampliar os projetos de compostagem doméstica e buscar novas tecnologias para destinação adequada dos resíduos sólidos urbanos (SÃO PAULO, 2021b).

PlanClimaSP 2020-2050 (2021)

O Plano de Ação Climática do Município de São Paulo (SÃO PAULO, 2021a) para o período de 2020-2050 traz metas direcionadas aos resíduos em tela, para serem alcançadas até 2030, como: diminuir em 50% a destinação de resíduos sólidos recicláveis aos aterros sanitários; universalizar os processos de compostagem de resíduos orgânicos de feiras e poda municipal no Município de São Paulo; e aumentar a capacidade total do conjunto dos pátios de compostagem para 100 mil toneladas por ano.

PRÁTICAS E AÇÕES DE GESTÃO MUNICIPAL

Apesar do envio dos resíduos de podas e aparas a aterros estar proibido desde 2008 pela Lei Municipal do PAMPA e, desde 2010, pela Lei Federal da PNRS, diante dos enormes volumes gerados no município de São Paulo as práticas e ações de desvio desses resíduos e de encaminhamento dos mesmos para algum processo de valorização tem avançado lentamente.

O município de São Paulo conta com 32 Subprefeituras que administram os 96 distritos municipais. Há grande disparidade na geração de resíduos de podas e aparas entre as subprefeituras, como reflexo das condições de urbanização, tipologia de construções e arborização urbana, assim como da idade e condições sanitárias dos indivíduos arbóreos ou da existência de elementos verdes no paisagismo. Em 2016, por exemplo, o município gerou um total de 18.400 t de resíduos de podas e aparas que foram quase que integralmente destinados a aterros. A Subprefeitura de Santo Amaro gerou a menor quantidade desses resíduos (35,87 t), enquanto Pinheiros (766,03 t) produziu o maior contingente (SÃO PAULO, 2020b). A Figura 1 mostra a estimativa dos resíduos de podas e aparas encaminhados a aterros sanitários no município de São Paulo no período recente, cujo montante anual ultrapassa as 23.000 toneladas.

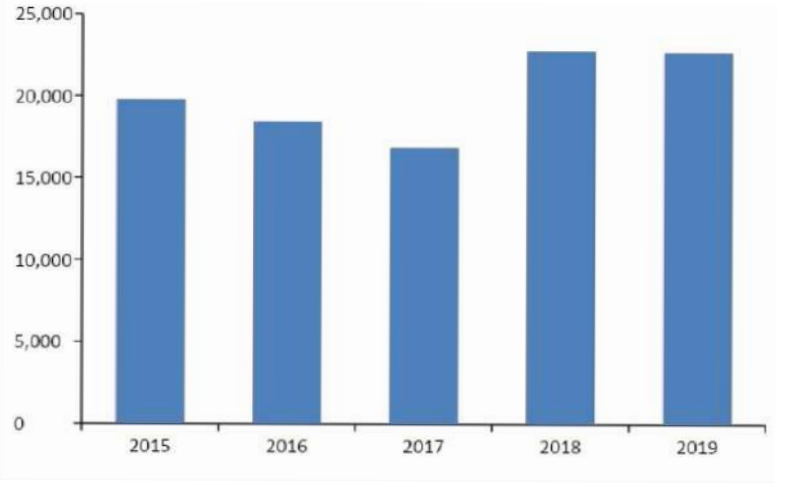


Figura 1 – Estimativa dos resíduos de manejo arbóreo encaminhados a aterros sanitários, no município de São Paulo, 2015 a 2019
Fonte: São Paulo (2020b)

Nota-se que durante os anos de 2015 a 2017 houve leve tendência de queda e elevação nos anos de 2018 e 2019. Os dados do Sistema de Controle de Resíduos Sólidos Urbanos (SISCOR), apurados pela AMLURB, registram as pesagens dos caminhões identificados com serviços de poda e jardinagem contratados pela municipalidade e enviados para o aterro de inertes CDR-Pedreira. Esses dados, portanto, excluem outras fontes de geração desse tipo de resíduos como as podas e aparas de pequenos geradores encaminhados para a coleta regular que também são encaminhados para aterros sanitários ou, quando acima de 200 L/dia e até 1m³, para Ecopontos, cujo destino são os aterros de inertes. Entre junho de 2015 e junho de 2018, estima-se que o Pátio de Compostagem da Subprefeitura da Lapa processou 2.642 t de resíduos orgânicos de feiras-livres e de podas e aparas e que tenha desviado 660,5 t de podas e aparas para a compostagem (GALVÃO, 2019).

Considerando-se que *Ecopontos* são locais específicos de descarte gratuito de resíduos sólidos, implantados pelo município, com a finalidade de fornecer um local para ampliar o alcance da segregação na fonte e coleta seletiva, assim como para evitar o descarte inadequado de resíduos no território municipal, esses estão adaptados para receber os resíduos de podas e aparas, assim como da construção civil e outros resíduos volumosos e recicláveis. Os Ecopontos municipais dispõem de caçambas específicas para receber resíduos de podas e aparas de grama de munícipes com um volume de até 1m³/dia, sem custo algum ao usuário. Em 2013, existiam apenas 51 Ecopontos, em 2016, já eram 109. Em 2019 os 121 Ecopontos existentes receberam 447.700 toneladas de resíduos sólidos. Os Ecopontos são serviços incluídos nos contratos de varrição.

Em 2014, visando estimular a prática da segregação de resíduos orgânicos no domicílio e a compostagem caseira, foi implementado o Projeto Composta São Paulo, com distribuição gratuita de 2.006 vermicomposteiras, com uma média de fornecimento de uma vermicomposteira para cada 2 mil domicílios. A distribuição teve por base um extenso questionário com os participantes que constituíram amostra significativa das diversas regiões e estratos sociais da população do município. O projeto, além de incentivar essa prática e dar uma alternativa factível para o próprio gerador, fortaleceu o engajamento autônomo do cidadão com relação à compostagem domiciliar e condominial. Como exemplo, nota-se que a comunidade do Composta São Paulo no Facebook tem 14.000 membros.

Explorando a complementaridade técnica para a compostagem entre os resíduos de podas e aparas (ricos em carbono) e os resíduos orgânicos originários de feiras livres municipais (ricos em nitrogênio), o Projeto Feiras & Jardins Sustentáveis implantou cinco pátios de compostagem distribuí-

dos pela cidade. Ao todo, esses pátios têm capacidade de recebimento de até 15,6 mil t/ano, com processamento de até 4.700 t/ano de resíduos de podas e aparas. O composto produzido ao final do processo, em torno de 15 t/dia, é utilizado como adubo orgânico em jardins e praças públicas e doado a agricultores cadastrados, como também à população (SÃO PAULO, 2021b).

Os resíduos de podas e aparas em parques e áreas verdes geridos pela SVMA-DEPAVE são encaminhados quase na totalidade aos aterros de resíduos. Os novos contratos de manejo de árvores adotados em 2018 excluíram a obrigatoriedade do triturador pelas empresas contratadas, estimulando que encaminhem o material diretamente aos aterros sanitários. Em 34 dos 108 parques existentes há alguma forma de compostagem, mas apenas em caráter educativo, sem impacto efetivo no desvio de resíduos dos aterros.

Por outro lado, a geração de informações sobre os resíduos de podas e aparas ainda é precária. Algumas bases de dados poderiam ser criadas e integradas às já existentes, no sentido de suprir esta lacuna. Por exemplo, apenas 16% dos indivíduos arbóreos identificados em mapeamento, presentes no viário urbano (sem contar indivíduos internos a parques e áreas verdes), foram cadastrados no sistema de gestão da arborização urbana (SISGAU) e, por problemas técnicos entre plataformas, apenas 4% desses dados foram inseridos na plataforma aberta Geosampa. Em abril de 2019, a Prefeitura criou o sistema informatizado de cadastro eletrônico de coleta e transporte para destinação final de resíduos de grandes geradores (CRT-E RGG) do município, com três categorias: i) Grandes geradores de RGG; ii) Transportadoras de RGG; e iii) Destino final e ATT (Área de Transbordo e Triagem) de RGG. Essas ações, quando completadas, permitirão maior controle da informação de destinação de resíduos de grandes geradores, mas ainda não há registro dos resíduos de podas e aparas encaminhados diretamente aos aterros por grandes geradores, o que dificulta o diagnóstico, a avaliação da situação e o planejamento de ações futuras.

MÉTODOS DE VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE PODAS E APARAS

A busca bibliográfica por "resíduos de poda", "pruning waste" e "resíduos de podas e aparas" nas bases de dados Google Acadêmico, PubMed, ScienceDirect e Agência USP de Gestão da Informação Acadêmica apresenta artigos específicos desde a década de 1960. No entanto, é possí-

vel observar aumento considerável de publicações a partir de 2015, com a temática voltada à valorização desses resíduos. Sendo assim, o recorte temporal do levantamento efetuado para esse capítulo considera artigos publicados no período de 2008 a 2022, com exceção do trabalho de Brito (1990).

Como resultado, foi encontrado que os principais métodos utilizados para valorização de resíduos de podas e aparas podem ser classificados em processos físicos, bioquímicos e termoquímicos (SANTOS et al., 2016), conforme descritos a seguir.

Valorização por processos físicos

Os processos físicos de valorização de resíduos correspondem aos métodos de adensamento da biomassa por meio de trituração, peletização e briquetagem (CORTEZ, 2011). Mesmo em grandes volumes, as podas e aparas apresentam baixa densidade e alto teor de umidade. Essas condições dificultam sua utilização em processos de valorização nas escalas necessárias. A trituração realizada nas frentes de serviço de podas e jardinagem e demais locais de geração, acoplada a caminhões basculantes, pode resultar em grande vantagem logística: a capacidade de transporte do material triturado equivale a 27 vezes o número de viagens necessárias, quando utilizado veículos convencionais e sem trituração (ENEL, 2022). Por outro lado, constitui processo essencial preparatório, tanto para a briquetagem e peletização como para os processos bioquímicos ou termoquímicos. A heterogeneidade da biomassa de variadas espécies vegetais com diferentes condições fitossanitárias e já parcialmente degradadas não constitui nenhum empecilho à valorização pela compostagem, que nada mais é que uma degradação natural controlada.

No entanto, para conversão da biomassa termoquimicamente, justifica-se a realização de algum processo físico, justamente devido à heterogeneidade e características físicas das podas e aparas que podem reduzir sua eficiência de conversão (PRADHAN; MAHAJANI; ARORA, 2018). A briquetagem e peletização são usadas como método de elevação da densidade, diminuição da umidade e aumento do teor energético de resíduos de podas e aparas para posterior conversão por processos termoquímicos. Tais práticas aumentam a eficiência energética em cerca de 75%, assim como reduzem a emissão de partículas e gases poluentes como o monóxido de carbono (SILVA, 2016).

Os trituradores de galhos, usados em resíduos de podas e aparas urbanas, podem ser acoplados aos caminhões de coleta para trituração no local de origem, em geral com bitolas de até 20 cm de diâmetro, como tam-

bém permanecer em instalações fixas em pontos de unidades de transbordo distribuídas estrategicamente pelo município, caso em que podem ter bitolas maiores e garras capazes de triturar galhos grossos e troncos. Os trituradores de galhos para podas urbanas produzem cavacos de tamanho reduzido (aproximadamente 10 mm) usando sistema de facas (lascas) ou sistema *schredder* (estilhaçamento), sendo este último ideal para acelerar a degradação da lignina no processo de compostagem (GALVÃO, 2019).

A produção de *pellets* começa com a geração da matéria-prima e após seleção das partes mais adequadas à valorização energética e trituração, passa por um processo de uniformização em moinho industrial para padronização das partículas. Os *pellets* formados devem possuir baixo teor de umidade para que tenham alto poder calorífico, fato que implica em um processo de secagem uniforme em secadores rotativos logo após a uniformização das partículas (CORTEZ, 2011; SILVA, 2016).

Após secagem ocorre o processo de compactação, ou peletização, por meio da extrusão da matéria-prima por matriz perfurada, normalmente de aço, em alta pressão e temperatura. Ao final, o produto sai com alta temperatura e maciez, fazendo-se necessário o resfriamento e estabilização do elemento ligante, reforçando as estruturas internas dos *pellets* (BOSMANS; HELSEN, 2010; GARCIA, 2010). Em escalas maiores a variação de aspectos morfológicos da biomassa usada como matéria-prima deve ser controlada, pois pode, muitas vezes, não resultar em um *pellet* de qualidade (GARCIA, 2010).

O uso em larga escala de *pellets* a partir de biomassa data do final da década de 1970, no hemisfério norte, como alternativa à crise do petróleo vivenciada na época. Os altos preços forçaram a busca por combustíveis alternativos para uso no setor energético primário, como aquecimento industrial e comercial. No entanto, produzidos apenas a partir de resíduos da indústria madeireira, o mercado de *pellets* só atingiu um ponto considerável no setor energético nos anos 2000 com a entrada de novos produtores e aumento da demanda, chegando a 594 indústrias no final de 2010 (GARCIA, 2010).

De acordo com Cortez (2011), estima-se que o consumo mundial de *pellets* em 2018 foi de cerca de 24 milhões de toneladas, tendo como principais consumidores a Europa e a América do Norte. Outros países possuem estudos de casos bem-sucedidos sobre geração descentralizada de energia a partir de biomassa, como, por exemplo, a Índia, cuja biomassa principal é encontrada no resíduo da industrialização de arroz (PRADHAN; MAHAJANI; ARORA, 2018). O Brasil não tem regulamentação do mercado de *pellets* para energia e produz atualmente apenas cerca de 4 milhões de to-

neladas de *pellets* de madeira, apesar de ter potencial para decuplicar essa produção (ESCOBAR, 2016).

O processo de briquetagem difere do processo de peletização em relação à temperatura em que a biomassa é submetida (acima de 200ºC), em relação ao uso de aglomerantes e em relação ao tamanho usual do produto produzido ser maior quando comparado ao *pellet* (SILVA, 2016). Os briquetes feitos somente a partir de resíduos de podas e aparas não tem boa estabilidade estrutural, sendo necessária a adição de outros resíduos urbanos com bom desempenho como aglomerantes, o que traz desafios para o dimensionamento e operação de grandes volumes (SILVA, 2016). A baixa estabilidade estrutural dos briquetes de podas pode ser resolvida diminuindo-se para 1,5mm o tamanho das partículas na trituração (SILVA et al., 2021).

Valorização por processos bioquímicos

Os processos bioquímicos de valorização dos resíduos de podas e aparas envolvem a degradação biológica a partir da ação metabólica de bactérias e fungos, tanto na presença de oxigênio (processo de compostagem realizado por microrganismos aeróbios), quanto na ausência dele (processo de biodigestão realizado por bactérias anaeróbias). Ambos os processos atingem a degradação completa dos resíduos orgânicos e produzem, ao final do processo, produto estabilizado, representado por fertilizante orgânico rico em nutrientes (CORTEZ, 2011; SILVA, 2016).

Compostagem pode ser definida com base na Resolução CONAMA Nº 481/2017, que após estabelecer que o objetivo da compostagem é restabelecer o ciclo natural da matéria orgânica e seu papel natural de fertilizar os solos, como: "processo de decomposição biológica controlada dos resíduos orgânicos efetuado por uma população diversificada de organismos em condições aeróbias e termofílicas, resultando em material estabilizado com propriedades e características completamente diferentes daqueles que lhe deram origem" (BRASIL, 2017).

No município de São Paulo, a partir do método de Leiras Estáticas de Aeração Passiva, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), a AMLURB desenvolveu o método de Leiras de Arquitetura Projetada para a Aeração (LAPA), aperfeiçoando o controle dos riscos ambientais, requisito para a operação segura no ambiente urbano, ideal para Pátios de Compostagem de até 30 t/dia de capacidade de processamento (CCAC; ISWA, 2016; GALVÃO, 2019).

Para Unidades com capacidades maiores já se encontra operando no Brasil, em Içara, Santa Catarina, a tecnologia importada das leiras estáti-

cas de aeração forçada cobertas com mantas semipermeáveis com camadas internas de teflon expandido, que têm melhor desempenho em capacidade por unidade de área (COMPOSUL, 2019). Os cinco pátios em atividade desde 2015 (Lapa) e 2018 (Sé, Mooca, São Mateus e Ermelino Matarazzo) atingem com facilidade as temperaturas de sanitização dos resíduos, até o momento não registram reclamação por incômodo de vizinhança e produzem 15 t/dia de composto orgânico de alta qualidade agronômica atestado por análise do Instituto Agronômico de Campinas, que é utilizado pela própria prefeitura, doado a agricultores e à população.

Outro método bioquímico é a biossecagem que, diferentemente da compostagem, não busca a degradação biológica completa do resíduo e sua estabilização, mas visa promover a secagem de resíduos úmidos como lodo de esgotos ou resíduo sólido urbano indiferenciado por meio da oxigenação forçada, contribuindo para acelerar a degradação microbiana, quando as temperaturas podem chegar a mais de 70ºC. O objetivo da biossecagem é aproveitar resíduos que seriam destinados a aterros para a produção de combustível derivado de resíduos (CDR). No entanto, sem a adição de uma fonte importante de resíduos estruturantes e ricos em lignina é muito difícil que o CDR resultante apenas da biossecagem atinja os requisitos técnicos mínimos de poder calorífico. Dessa forma, resíduos de podas e aparas configuram-se como matéria-prima importante no equilíbrio da produção deste tipo de CDR, ao mesmo tempo que contribuem com as estratégias de desvio de lodos de esgotos e resíduos sólidos urbanos dos aterros sanitários (FERREIRA, 2021; VOGEL, 2014).

No processo de biodigestão, ao se estabilizar o resíduo orgânico, além do composto orgânico, é produzido também biogás composto por metano (de 50 a 80%), dióxido de carbono (de 20 a 40%) e sulfeto de hidrogênio (de 1 a 5%) (KARLSSON et al., 2014). Trata-se de processo que ocorre em fase inicial, onde os compostos orgânicos são convertidos em compostos mais simples, como ácidos voláteis e halogênios, seguido da metabolização destes compostos em gases que irão compor o biogás. Esse processo é diferenciado da compostagem também por parâmetros operacionais relacionados à temperatura, teor de umidade, tipo de substrato residual utilizado e seu nível de complexidade. Quanto ao biogás pode ser explorado como fonte de energia para diferentes usos a partir do processo de purificação, no qual o dióxido de carbono e demais gases são eliminados para uso como biometano similar ao gás natural (AL-ALAWI et al., 2019; SILVA, 2016).

A partir de uma parceria com a Climate and Clean Air Coalition (CCAC), International Solid Waste Association (ISWA), Instituto de Energia e Ambiente da USP e as Concessionárias da Limpeza Pública, a AMLURB

elaborou projetos de Ecoparques de grande escala junto aos atuais aterros sanitários para o Tratamento Mecânico-Biológico da coleta indiferenciada recalcitrante, em que foi prevista a biodigestão da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos após separação mecânica (BRASIL, 2019c).

Valorização por processos termoquímicos

Os processos de conversão termoquímica são possíveis para resíduos de podas e aparas devido à presença de energia química disponível que pode ser liberada e canalizada para diversas finalidades, como, por exemplo, cocção de alimentos, aquecimento de água ou ambientes, assim como geração de vapor d'água e energia elétrica. Para isso, a biomassa é processada a partir de calor e suprimento controlado de oxigênio, e a energia é liberada a partir dos seguintes processos: combustão direta, pirólise e gaseificação (BRASIL, 2019b; CORTEZ, 2011; SILVA, 2016).

Considera-se o poder calorífico gerado, correspondendo à energia liberada na forma de calor pelo material durante a combustão, como a principal variável a ser considerada no planejamento operacional de valorização termoquímica a partir de resíduos, em pequena ou larga escala. Essa energia pode ser expressa de duas formas: i) poder calorífico superior (PCS) e ii) poder calorífico inferior (PCI). O PCS consiste na quantidade de calor liberada na combustão quando os gases de descarga são arrefecidos de modo que a água resultante da combustão esteja na fase líquida, enquanto o PCI consiste na quantidade de calor liberada da combustão em que a água já se encontra na fase gasosa. No PCI é evidenciado o potencial energético real contido no produto da combustão, pois desconta a energia gasta para a evaporação da água formada na combustão (PRADHAN; MAHAJANI; ARORA, 2018). Logo, esse último parâmetro é mais apropriado para avaliar o potencial energético de determinada categoria de resíduos submetida a processos termoquímicos.

As variações no poder calorífico, resultantes de cada tipo de biomassa residual, ocorrem devido às diferenças químicas e físico-químicas de sua composição, devido ao teor de cinzas, que representa a fração inorgânica da biomassa e não contribui no processo de combustão, assim como ao teor de umidade, que aumenta o consumo de energia para evaporação, fato que afeta negativamente o potencial energético (SANTOS; TAMBANI, 2019).

No estado de São Paulo, a Resolução Nº 47/2020 (SÃO PAULO, 2020c) estabelece diretrizes e condições para o licenciamento e operação da atividade de recuperação de energia proveniente do uso de CDR em fornos industriais e incineradores, em cumprimento às diretrizes da Reso-

lução Conama Nº 316/2002, que, por sua vez, dispõe sobre procedimentos e critérios para esse tipo de valorização por tratamento térmico em âmbito nacional. Essa resolução estadual preconiza PCI mínimo de 2300 kcal/Kg ou 9,63 MJ/Kg para resíduos com potencial para serem utilizados como CDR (BRASIL, 2002).

O estudo de Santos e Tambani (2019) indicou que a biomassa de podas de árvore apresentou PCS de 20,7 MJ/Kg e PCI de 19,4 MJ/Kg, números bastante satisfatórios, com baixos teores de cinzas em comparação a outras biomassas, considerando em base seca. Corrigindo o PCI com umidade a 40%, por exemplo, esse resultaria ao redor de 10 MJ/Kg.

Combustão direta trata-se da tecnologia de conversão termoquímica mais antiga e mais difundida atualmente. Apresenta vantagem de ser tecnologia simples e de baixo custo operacional, podendo ser utilizada em fogões, fornos e caldeiras para geração de energia elétrica em usinas termoelétricas. No entanto, por não permitir o controle da umidade e dos gases residuais produzidos pela queima é muito ineficiente e produz poluentes, como o monóxido de carbono e fuligem (CORTEZ et al., 2008; GONÇALVES et al., 2019).

A conversão de calor em energia mecânica é, normalmente, realizada por ciclos termodinâmicos de vapor pelo uso de caldeiras, turbinas a vapor, condensador e bomba de alimentação da caldeira. Os gases da combustão estão submetidos à temperatura entre 800ºC e 900ºC e durante o processo trocam calor com as paredes do incinerador e trocadores de calor, gerando vapor que será utilizado para geração energética ou para aquecimento (SANTOS; TAMBANI, 2019).

A pirólise lenta de biomassa sólida de podas e aparas ocorre a partir da decomposição térmica da biomassa residual na ausência parcial ou total de oxigênio e temperatura controlada entre 300ºC e 500ºC. Essa técnica possibilita a conversão da matéria orgânica em subprodutos de maior qualidade e maior densidade energética, como, por exemplo, o carvão vegetal, a partir da perda de compostos voláteis de oxigênio e hidrogênio e concentração de carbono, bem como pela perda de volume e densidade (CORTEZ et al., 2008). Além do combustível gasoso, a pirólise também produz ácido pirolenhoso e resíduo sólido de alcatrão (BRITO, 1990; PEDROZA et al., 2017). O carvão vegetal pode ser usado como meio de multiplicar populações diversificadas de microorganismos para posterior uso como biofertilizante e condicionador de solo como bio-carvão ou biochar (CARDOSO JÚNIOR et al., 2022).

Há outros métodos de pirólise de biomassa residual, considerados mais avançados quando comparados ao processo de produção de carvão ve-

getal, cujo produto final é bio-óleo com maior valor agregado. Tais métodos, chamados de pirólise rápida, necessitam de intervalos maiores de temperatura, entre 600ºC e 1200ºC, assim como de um pré-processo mais controlado que transforma os resíduos em partículas inferiores a 2 mm com umidade em torno de 10%. Logo, apesar do potencial de valorização energética de resíduos de podas e aparas por meio da pirólise rápida há ainda grandes gargalos na implementação desse método devido a incertezas, especialmente em relação ao mercado do bio-óleo (GÓMEZ, 2022; PEDROZA et al., 2017).

O processo de valorização térmica a partir de gaseificação envolve a conversão de qualquer espécie de hidrocarboneto sólido em um produto gasoso, considerado gás de síntese, com um poder calorífico na ordem de 5 MJ/Kg por meio da oxidação parcial do O_2, gerando H_2 e CO. O processo pode ocorrer em condições de leito fixo ou leito fluidizado em fluxo contínuo ou em batelada. Além da valorização energética dos resíduos em processo de gaseificação, o método produz também combustíveis líquidos com potencial de introdução na cadeia energética renovável por meio de processos de síntese química catalítica, como o diesel, gasolina, metanol, dentre outros, e etanol a partir da fermentação do gás de síntese (SANTOS; TAMBANI, 2019; SILVA, 2016).

Apesar do processo de gaseificação apresentar diversas vantagens no aspecto produtivo em relação à queima direta da biomassa, em relação ao manuseio e custo de instalação e manutenção é um processo tecnicamente mais complicado de se realizar. A manutenção é estritamente necessária para que haja regularidade na limpeza dos gases para evitar a emissão atmosférica de material particulado e alcatrão (ARDILA, 2015).

Para diminuição dos impactos negativos ao ambiente, tanto para os processos de gaseificação quanto aos demais processos termoquímicos, é necessário que haja algum pré-tratamento para retirada da umidade, pela secagem em estufa, e para diminuição de tamanho, ou mesmo adensamento da biomassa residual antes da gaseificação. Esses métodos de pré-tratamento, ou pré-processamento, apesar de apresentarem maior consumo energético durante o processo geral, aumentam significativamente sua eficiência (ARDILA, 2015; CORTEZ, 2011).

DISCUSSÃO

No município de São Paulo, os instrumentos de gestão direcionados aos resíduos de podas e aparas têm buscado se enquadrar ao conceito de hierarquia de ações estabelecido pela PNRS, porém a grande maioria des-

ses resíduos ainda é direcionada para disposição no solo com os impactos inerentes. As metas de desvio de resíduos sólidos, já compromissadas pelo poder público (universalizar os processos de compostagem de resíduos orgânicos de feiras e podas, e aumentar a capacidade total do conjunto dos pátios de compostagem para 100 mil toneladas por ano até 2030), apontam para a necessidade de ampliar rapidamente o volume de biomassa encaminhado a diferentes rotas de valorização de resíduos de podas e aparas, desviando-os dos aterros de resíduos, cuja disposição já está proibida no município pela legislação desde 2008 (Lei Municipal do PAMPA), proibição reforçada na Lei Federal da PNRS em 2010.

Apesar do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS-2014) não mencionar em suas metas alguns processos tecnológicos disponíveis, tais como os processos termoquímicos para recuperação energética, é importante considerar a pluralidade de soluções e a busca de sua complementaridade, priorizando aquelas que exigem menos recursos e apresentam menores riscos de implantação. Após esgotar essas possibilidades, é importante avançar para processos de maior risco e complexidade, no mesmo espírito da hierarquia de ações de gestão de resíduos da PNRS.

O Plano Municipal de Arborização Urbana prevê a universalização dos serviços ecossistêmicos das árvores da floresta urbana para todas as pessoas e regiões do município, o que resultará, além da melhoria das condições ambientais e da qualidade de vida da população, no aumento da geração de resíduos de podas e aparas. Tal acréscimo ao longo do tempo tem que ser considerado e incorporado nas políticas públicas do setor.

A necessidade de enfrentamento dos efeitos da mudança global do clima pode vir a gerar maior volume de quedas de árvores e elementos verdes da paisagem, em decorrência de eventos extremos mais frequentes. Por outro lado, pode ainda demandar soluções com base em processos bioquímicos, como forma de levar nutrientes e matéria orgânica para os solos do entorno da cidade, garantindo estrategicamente a retenção hídrica da água no solo por mais tempo para o enfrentamento das secas mais severas e para o sequestro de carbono. Tal demanda pode vir a valorizar economicamente o composto produzido a partir de resíduos orgânicos urbanos, incluindo aqui os resíduos de podas e aparas, e criar um circuito econômico circular virtuoso. Ao mesmo tempo, a emergência climática também pode tornar viável economicamente os métodos de recuperação energética por meio de processos tecnológicos termoquímicos, capazes de substituir com vantagens fontes não renováveis e altamente emissoras de Gases de Efeito Estufa.

No Estado de São Paulo, a maior parte dos municípios não possui políticas específicas que contemplem os resíduos de podas e aparas ou pla-

nos e ações de destinação adequada e reaproveitamento desses resíduos. A falta de dados concisos, individualizados e atualizados a respeito da geração e gestão desses resíduos é também condição que dificulta a aplicação de recursos públicos a planos e ações e desestimula investimentos privados de valorização das podas e aparas (CORTEZ, 2011; MEIRA, 2010). Nesse sentido, é importante a geração e o registro de dados sobre essa categoria de resíduos sólidos, tanto os advindos da manutenção e limpeza urbana, como dos condomínios e domicílios, empresas e instituições, que possam embasar futuros planos, programas e projetos.

CONCLUSÃO

O enorme volume de resíduos de podas e aparas gerado no município de São Paulo, em torno de 23.000 t/ano, e continuamente encaminhado aos aterros de resíduos, sugere que há espaços para a experimentação, em escalas operacionais, e para o desenvolvimento de um mosaico de soluções tecnológicas que precisam de priorização, tanto do poder público, das universidades e institutos de pesquisa, como também da iniciativa privada para o encaminhamento da solução a esta questão. Desde as alternativas mais viáveis até aquelas mais complexas devem ser consideradas, estudadas e aplicadas, para que cada método e processo tecnológico encontre nichos de aplicação e valorização cujo resultado considere o desempenho econômico, sanitário e ambiental, exigido pelas condições e requisitos da vida urbana em uma megacidade como São Paulo.

Portanto, para cumprir a legislação e as metas já compromissadas pelo poder público frente às demandas ampliadas e aceleradas pela mudança global do clima será necessária a priorização da valorização dos resíduos de podas e aparas e a aplicação de variados métodos e processos tecnológicos, explorando o leque de alternativas dos métodos físicos, bioquímicos e termoquímicos.

REFERÊNCIAS

ABPL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RESÍDUOS SÓLIDOS E LIMPEZA PÚBLICA. Aprender com os erros. *Revista Limpeza Pública,* n. 101, p. 4-19, 2019.

ARDILA, Y. C. *Gaseificação da biomassa para produção de gás de síntese e posterior fermentação para bioetanol:* modelagem e simulação do processo. Dis-

sertação (Doutorado em Engenharia Química) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

AL-ALAWI, M.; SZEGI, T.; EL FELS, L.; HAFDI, M.; SIMON, B.; GULYA, M. Green waste composting under GORE(R) cover membrane at industrial scale: physico-chemical properties and spectroscopic assessment. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture,* 8 (Suppl 1): S385–S397, 2019.

BOSMANS, A.; HELSEN, L. *Energy from waste: review of thermochemical technologies for refuse derived fuel (RDF) treatment.* Third International Symposium on Energy from Biomass and Waste Venice. Environmental Sanitary Engineering Centre, Italy. 8-11 November, 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 316, de 29 de Outubro de 2002. *Diário Oficial da União,* nº 224, de 20 de Novembro de 2002, seção 1. Pág. 92/95.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Lei n°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. *Diário Oficial da União,* Brasília, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA Nº 481, de 03 de Outubro de 2017. *Diário Oficial da União*, nº 194 de 09 de outubro de 2017, seção 1. p. 93.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento*: 17º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos - 2018. Brasília: SNS; MDR, 2019a. 247 p.: il.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Recuperação Energética de Resíduos Sólidos Urbanos.* Caderno Temático Nº 3 do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. 2019b. 51p. Disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/3-CadernotematicoRecuperacaoEnergeticadeRSU.pdf Acesso em 26 abr. 2022.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. *Valorização de Resíduos Orgânicos*. Caderno Temático Nº 4 do Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. 2019c. 43p. https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/plansab/4-CadernotematicoValorizacaodeResiduosOrganicos.pdf. Acesso em: 02 abr. 2022.

BRITO, J. O. *Princípios de produção e utilização de carvão vegetal de madeira.* Do-

cumentos Florestais: n.9; 1-19, maio de 1990. Piracicaba: USP; ESALQ, 1990.

CARDOSO JÚNIOR, C. D.; PIMENTA, A. S.; DE SOUZA, E. C.; PEREIRA, A. K. S.; DIAS JÚNIOR, A. F. Uso agrícola e florestal do biochar: estado da arte e futuras pesquisas. *Research, Society and Development,* v. 11, n. 2, e55711225999, 2022. http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25999.

CCAC - CLIMATE AND CLEAN AIR COALITION; ISWA - INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. *Evaluation and Recommendation Report of the Pilot Composting Plant in the Lapa District of the City of São Paulo*. CCAC; ISWA, Report, 2016. 28p. Disponível em: https://www.ccacoalition.org/sites/default/files/resources/assessment_lapa_composting_plant-_sao_paulo.pdf Acesso em: 02 abr. 2022.

CENEVIVA, L. L. V.; PEDÓ, F. *Retificação do Inventário das Emissões de Gases de Efeito Estufa do Município de São Paulo 2010-2017*. Ata da 78ª Reunião Ordinária do Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia. 2020. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/Apres%20Retificacao%20do%20Inventario%20GEE%202010-2017.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

COMPOSUL. Composul Compostagem. *O sistema GORE®COVER*: uma tecnologia líder em compostagem/biossecagem para tratamento de resíduos orgânicos. Içara: COMPOSUL, 2019. 16p.

CORTEZ, C. L.; COELHO, S. T.; GRISOLI, R.; GAVIOLI, F. *Compostagem de resíduos de poda urbana.* Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO). Instituto de Eletrotécnica e Energia. Universidade de São Paulo, Nota Técnica IX, 2008. 17p.

CORTEZ, C. L. *Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia:* estudo de caso AES Eletropaulo. 2011. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Energia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

ELLEN MCCARTHUR FOUNDATION. *Circular Example - Regenerative agriculture around São Paulo:* Connect the Dots. 2020. Disponível em: https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-examples/connect-the-dots. Acesso em: 25 mar. 2022.

ENEL. *Manejo e Poda de Árvores.* Disponível em: https://www.enel.com.br/pt-saopaulo/quemsomos/meio-ambiente/manejo-e-poda-de-arvores.html. Acesso em: 25 mar. 2022.

ESCOBAR, J. F. *A produção sustentável de biomassa para energia no Brasil:* O

caso dos pellets de madeira. 2016. Tese (Doutorado em Energia) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

FERREIRA, R. G. A. *Tratamento de lodo de esgoto em conjunto com resíduos de poda e capina através da biossecagem visando a produção de combustível derivado de resíduo CDR*. 2021. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

GALVÃO, R. G. *Compostagem em áreas urbanas:* lições aprendidas no Projeto Feiras e Jardins Sustentáveis da Lapa, São Paulo-SP, Brasil. 2019. Dissertação. Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2019.

GARCIA, D. P. *Caracterização química, física e térmica de pellets e madeira produzidos no Brasil.* 2010. Dissertação. Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Guaratinguetá, 2010.

GBIO - GRUPO DE PESQUISA EM BIOENERGIA. *Conceituando Biomassa.* Grupo de Pesquisa em Bioenergia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo. Disponível em: http://gbio.webhostusp.sti.usp.br/?q=pt-br/livro/conceituando-biomassa Acesso em: 2 abr. 2022.

GÓMEZ, E. O. *A tecnologia de pirólise no contexto da produção moderna de biocombustíveis*: uma visão perspectiva. Ambiente Brasil. Disponível em: https://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/artigos_energia/a_tecnologia_de_pirolise_no_contexto_da_producao_moderna_de_biocombustivies_uma_visao_perspectiva.html. Acesso em: 25 mar. 2022.

GONÇALVES, F. et al. Avaliação do potencial energético dos resíduos lignocelulósicos gerados no campus da Unifor. In: *Anais do CIBIO* - Congresso Internacional de Biomassa, Pinhais: Grupo FRG, 4. ed., p. 207-212. 2019.

KARLSSON, T. et al. *Manual Básico de Biogás.* 1º ed. Lajeado: Editora Univates, 2014.

LOPES, K.; MARTINS, E. M.; MIRANDA, R. L. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. *Revista Desenvolvimento Socioeconômico em Debate*, Criciúma, v. 5 n. 1, p. 94-106. 2019.

MEIRA, A. M. de. *Gestão de resíduos da arborização urbana*. 2010. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

MORI, A. K.; STOREL JÚNIOR, A. O.; FRANCO, F. M.; SMDU ABREU, G. K. M.; CUERBAS, L. C.; DE ASSIS, L. H. B. *Connect the Dots.* São Paulo: Applied Research and Advisory Body, Municipal Secretariat of Urban

Development. 2016. Disponível em: https://www.iabr.nl/en/project/connect-the-dots. Acesso em: 25 mar. 2022.

NEVES, V. F. *Caracterização de resíduos de poda, amostragem de poluentes advindos de sua queima e eficiência de combustão.* 2018. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Itapeva, 2018.

PEDROZA, M. M. et al. Aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos em processo de pirólise. *Revista Brasileira de Energias Renováveis,* Cascavel, v. 6, n. 2, p. 184-207, 2017.

PRADHAN, P.; MAHAJANI, S.; ARORA, A. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review. *Fuel Processing Technology*, v. 181, p. 215-232, 2018. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2018.09.021.

SANTOS, J. L. D.; TAMBANI, P. C. Potencial energético de diferentes biomassas disponíveis no Brasil. In: *Anais do CIBIO* - Congresso Internacional de Biomassa, Pinhais: Grupo FRG, 4. ed., p. 616-621, 2019.

SANTOS, M. R.; TEIXEIRA, C. E.; KNIESS, C. T.; BARBIERI, J. C. O uso da avaliação do ciclo de vida e da ecoeficiência para avaliar alternativas de valorização de resíduos: um estudo em empresa termelétrica. *Revista de Administração da UFSM,* Santa Maria, v. 9, Ed. Especial ENGEMA, p. 82-99, 2016.

SÃO PAULO. Câmara Municipal. Lei Nº 13.478, de 30 de Dezembro de 2002. *Diário Oficial* da cidade de São Paulo, 31 de dezembro de 2002.

SÃO PAULO. Câmara Municipal. Lei Nº 14.723, de 15 de Maio de 2008a. *Diário Oficial* da cidade de São Paulo, 16 de maio de 2008, seção 1. p. 1. 2008a.

SÃO PAULO. Câmara Municipal. Lei Nº 14.803, de 26 de Junho de 2008b. *Diário Oficial* da cidade de São Paulo, 27 de junho de 2008. 2008b.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. *Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PGIRS_2014).* 2014. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/servicos/arquivos/PGIRS-2014.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria do Verde e do Meio Ambiente. *Plano Municipal de Conservação e Recuperação da Mata Atlântica (PMMA-2017).* 2017. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/PMMA_final_8_jan%20ok.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÃO PAULO. Câmara Municipal. Lei Nº 17.267, de 13 de Janeiro de 2020. *Diário Oficial* da cidade de São Paulo, 14 de janeiro de 2020. 2020a.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. *Plano Municipal de Arborização Urbana (PMAU-2020).* 2020b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/pmau/PMAU_texto_final.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado da Infraestrutura e do Meio Ambiente. Resolução SIMA Nº 047, de 06 de agosto de 2020. *Diário Oficial* do estado de São Paulo, 29 de agosto de 2020, seção I, pp. 32/34. 2020c.

SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. Plano de resíduos sólidos do estado de São Paulo. 2020d. 277 p. Disponível em: http://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. *Plano de Ação Climática do Município de São Paulo (PlanClimaSP 2020-2050).* 2021a. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/meio_ambiente/arquivos/PlanClimaSP_BaixaResolucao.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal de São Paulo. *Programa de Metas da Gestão 2021-2024 do Município de São Paulo.* 2021b. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/governo/planejamento/programa_de_metas_20212024/ Acesso em: 25 mar. 2022.

SILVA, D. P. *Avaliação do processo de adensamento de resíduos de poda de árvore visando ao aproveitamento energético:* o caso do campus da USP na capital. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

SILVA, D. P.; CONTRI, M. A.; FARIA, S. C. de; MORAES, S. L. Biomassa e tecnologias de adensamento para aplicação energética. *Revista IPT Tecnologia e Inovação,* São Paulo, v.5, n.16, abr., 2021. p 6-37.

SOUZA, M. M.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; BARBOSA, A. C. Produção e avaliação de pellets compostos por diferentes proporções de resíduos sólidos urbanos. *Nature and Conservation,* v.13, n. 3, p. 80-92, 2020. DOI: http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.003.0008.

SOUZA, C.; GUIMARÃES, C. C.; VELASCO, G. D. N. Reaproveitamento de resíduos de poda e sua colaboração para atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *13º Seminário Internacional NUTAU,* 2020. Dezembro de 2020. http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/designproceedings/nutau2020/40.pdf. Acesso em: 25 mar. 2022.

VOGEL, F. *Composting and Biodrying of MSW and SOW with the Gore Co-*

ver System. Jundiaí-SP: UTV-AG. 2014. Disponível em: https://jundiai.sp.gov.br/servicos-publicos/wp-content/uploads/sites/18/2014/11/10-FRANZ_VOGEL.pdf. Acesso em: 02 abr. 2022.

12 Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo: processos de elaboração e implementação

André Luiz Fernandes Simas
Maria Fernanda Romanelli Alegre
Maria Teresa Castilho Mansor
Wagner Luiz Cabelho da Silva

INTRODUÇÃO

Após 25 anos de ditadura militar, teve início, em 1985, o processo de redemocratização no Brasil (BRASIL, 2018). Em 1987, foi instituída a Assembleia Nacional Constituinte e uma nova constituição foi promulgada em outubro de 1988, trazendo a ampliação da garantia dos direitos fundamentais dos cidadãos em vários aspectos, como aqueles ligados à saúde (com a criação do Sistema Único de Saúde), à educação (com a inclusão de adultos, população rural e indígena), ao consumidor, ao meio ambiente, à cultura, entre outros.

Um ponto fundamental da Constituição de 1988 foi garantir o "direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida" (Artigo 225), por meio da

incumbência de deveres ao poder público, o que abriu caminho para a proposição gradual de diversas normas legais, como a Lei das Águas (1997), a Lei de Crimes Ambientais (1998), a Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (2000), a Lei dos Resíduos Sólidos (2010), entre outras (BRASIL, 2018).

Segundo Souza (2006), o exercício de elaboração de políticas públicas manifesta-se em programas e ações, que precedem os resultados reais; ocupa-se em promover ações em direção a um objetivo, avaliar e monitorar a execução das ações e, quando necessário, propor mudanças nas estratégias estabelecidas. A política pública em sua essência visa atender ao coletivo e presume sobre o entendimento das pressões sociais, dos interesses diversos e comuns, das forças entre os atores envolvidos, dentre outros

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei Federal 12.305/2010, apresenta como instrumento de gestão os planos de gestão de resíduos sólidos, e estabelece que todos os entes da federação (união, estados e municípios) elaborem os respectivos planos (BRASIL, 2010).

No contexto estadual, os planos de gestão de resíduos sólidos devem abranger todo o território dos estados e prever atividades dentro da hierarquia de ações: de não geração, redução da geração, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Devem também considerar os resíduos quanto a sua tipologia e origem: resíduos sólidos urbanos, da construção civil, de serviços de transporte, de serviços de saúde, de atividades agrossilvopastoris, resíduos de serviços públicos de saneamento básico, dentre outros. Somando-se a isso, os planos devem considerar as particularidades microrregionais e a responsabilidade dos geradores. Para tanto, a referida lei estabelece em seu Art. 17 o conteúdo mínimo para compor este instrumento (BRASIL, 2010).

Este capítulo tem por objetivo caracterizar o processo de elaboração do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e sua revisão, por meio do método descritivo, com base nas ações que embasaram o seu desenvolvimento.

POLÍTICAS DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Em âmbito federal, o debate sobre o tratamento e a destinação final de resíduos sólidos de serviços de saúde entrou na agenda em 1991, com a proposição do Projeto de Lei 203/1991. Entretanto, a amplificação do debate de modo a incorporar todas as tipologias de resíduos sólidos se

deu somente a partir de 2001, com a criação e implementação da Comissão Especial da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Devido à complexidade e interdisciplinaridade do tema, e também à enorme gama de interesses envolvidos, foram precisos 19 anos para se aprovar um documento legal estabelecendo a PNRS, instituída pela Lei Federal 12.305, de 02 de agosto de 2010 (BRASIL, 2010). No mesmo ano, entretanto, a PNRS foi regulamentada pelo Decreto Federal nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010, e posteriormente pelo Decreto Federal nº 10.936/2022. (SOLER et al., 2022).

Em âmbito do estado de São Paulo, as discussões que culminaram na instituição normativa da Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) em 2006, iniciaram-se por volta do ano 2000, e passaram pela constituição de um Grupo de Trabalho (GT) pluripartidário na Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo (ALESP) em 2003, por meio do Ato nº 20/2003. Esse GT conduziu um processo de debate objetivando orientar as ações relativas ao tratamento e destinação final dos resíduos sólidos, com participação da sociedade civil e de representantes de instituições governamentais, dos órgãos ambientais e das entidades e associações ligadas à questão dos resíduos sólidos (SÃO PAULO, 2006a).

O GT da ALESP, presidido pelo Deputado Estadual Arnaldo Jardim passou por todo processo normativo, promoveu inicialmente nove eventos públicos - entre audiências e seminários específicos - com participação de vários segmentos socioeconômicos, organizações não governamentais, órgãos do poder público, representantes do meio acadêmico e pesquisadores. Após dois anos de trabalho desse grupo, uma primeira minuta do anteprojeto de Política Estadual de Resíduos Sólidos foi concebida e disponibilizada, em 2005, no sítio da ALESP, usado como canal de comunicação entre a sociedade e o parlamento, recebendo inúmeras contribuições. Posteriormente, o Deputado Estadual Rodolfo Costa e Silva, designado relator das emendas propostas ao Anteprojeto, promoveu onze reuniões com o objetivo de analisar e debater as emendas.

A participação na formulação do texto proposto envolveu representantes de partidos políticos na ALESP e parte significativa das associações setoriais, associações comerciais e industriais e associações de empresas ligadas à coleta, tratamento e disposição de resíduos sólidos, conforme listado a seguir, por categoria (SÃO PAULO, 2006a):

- **Associações/grupos setoriais:** Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP); Associação Brasileira das Indústrias e Distribuidores de Produtos de Fibrocimento (ABIFIBRO); Associação Brasileira de Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosmético (ABIHPEC);

Associação Brasileira de Indústria de Iluminação (ABILUX); Associação Brasileira de Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE); Associação Brasileira de Indústria do PET (ABIPET); Associação Brasileira de Indústria Química (ABIQUIM); Associação Nacional de Indústrias de Pneumáticos (ANIP); Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA); Cardal Eletro Metalúrgica Ltda; ECP – DELL; Eletros/ BSH Continental; PLASTIVIDA; Polietilenos União; Resotec – Holcim Brasil S/A; Eternit S/A.; Lorenzetti IBE; Natura Cosméticos; Petróleo Brasileiro S/A. (PETROBRÁS); Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (SINDICERV); Sony Brasil Ltda.; Viterbo Machado Luz Mineração Ltda.

- **Associações comerciais e industriais:** Câmara Ítalo-Brasileira de Comércio e Indústria de São Paulo; Câmara Multidisciplinar de Qualidade de Vida; Compromisso Empresarial Para Reciclagem (CEMPRE); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP); Sindicato de Empresas de Compra (SECOVI), Venda, Locação e Administração de Imóveis Residenciais e Comerciais de São Paulo; Sindicato das Indústrias da Construção Civil.
- **Prestadores de serviços:** Consultoria Paulista de Estudos Ambientais; DELC – Ambiental S/C. Ltda.; ECP – Sistemas Ambientais; FMU – Gestão Ambiental; Granziera Consultoria Ltda.; H. Strattner & Cia. Ltda.; – Serviço de Assistência Médica Barueri (SAMEB); Serviços Técnicos Ambientais Ltda. (SERVMAR); Vega Engenharia Ambiental;
- **Associações de classe:** – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES); Associação de Engenheiros e Arquitetos de Osasco; Conselho Regional de Farmácia; Ordem dos Advogados do Brasil (OAB/SP), Comissão de Meio Ambiente; Rotary Club Internacional – Comissão de Proteção ao Meio Ambiente.
- **Entidades do terceiro setor:** Fórum Lixo e Cidadania do Estado de São Paulo; Fundação SOS Mata Atlântica; Instituto de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável (ICTR); Instituto Vitae Civillis.
- **Associações de empresas ligadas à coleta, tratamento e disposição de resíduos sólidos:** Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos (ABETRE); Associação Brasileira das Indústrias Recicladoras de Papel (ABIRP); Associação Brasileira de Reciclagem (ABRE); Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e

Resíduos Especiais (ABRELPE); Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias (INPEV); Sindicato das Empresas Removedoras de Entulho do Estado de São Paulo (SIERESP); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP).

- **Agências/instituições federais:** Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA); Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS).
- **Agências/instituições estaduais:** Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB); Secretaria de Energia, Recursos Hídricos e Saneamento do Estado de São Paulo; Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA).
- **Agências/instituições municipais:** Secretaria do Meio Ambiente da Prefeitura de Barueri; Secretaria Municipal de Planejamento e Meio Ambiente de Mauá.

Entretanto, a participação de agências/instituições públicas, entidades do terceiro setor e prestadores de serviços e associações de classe foi pouco significativa ou até inexistente para alguns extratos da sociedade civil organizada, como por exemplo, a categoria dos catadores de materiais recicláveis.

O trabalho do GT resultou na proposição do Projeto de Lei nº 326/2005 e, tramitou em regime de urgência na ALESP, com a justificativa da relevância da matéria para promoção da melhoria da qualidade de vida da população. Em 16 de março de 2006, tal Projeto de Lei foi transformado na Lei Estadual nº 12.300, que estabeleceu a PERS do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2006b).

Nesse contexto, destaca-se o processo da elaboração da política de resíduos sólidos do Estado de São Paulo, por envolver a participação de inúmeros atores políticos e sociais, e considerar aspectos sociais, econômicos, tecnológicos e ambientais. Somando-se a isso, cabe frisar que a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos possuem características de sistema complexo. De acordo com Sargut e Macgrafth (2011), sistemas complexos compõem-se por elementos cuja conduta individual pode ser previsível, porém, as interações podem exercer influências, e com isso, o resultado final torna-se imprevisível. A complexidade pode ser medida pelo número de interações entre os fatores, o grau de conexões entre os componentes do sistema e o grau de heterogeneidade dos elementos.

Considerando-se que as políticas públicas são diretrizes às ações governamentais e suas tomadas de decisão, torna-se importante compreen-

der a importância do papel dos atores sociais, em seus diversos segmentos, e compreender as dinâmicas econômicas de mercado (Howlett; Ramesh; Perl, 2013). O aspecto político revela-se pelos interesses dos diversos atores do sistema, suas ideologias e necessidades. Dessa forma, as políticas públicas não se delimitam tão somente pelos aspectos técnicos e políticos para a tomada de decisão, mas sim, pelo resultado das disputas institucionais, representadas pelos múltiplos interesses (ALMEIDA; GOMES, 2018).

O PLANO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DO ESTADO DE SÃO PAULO

A PERS fixou o prazo legal de dois anos para publicação de seu regulamento, o qual foi instituído pelo Decreto Estadual nº 54.645 somente em 5 de agosto de 2009, logo com defasagem de três anos, por sua vez, esse decreto regulamentador fixou o prazo de oito meses para elaboração do Plano Estadual de Resíduos Sólidos, o qual foi lançado somente quatro anos e meio depois, em outubro de 2014 (SÃO PAULO, 2014a, 2014c). Há outros prazos legais trazidos pelo Decreto Estadual, os quais não serão abordados neste capítulo.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos é considerado um instrumento de política pública que estabelece estratégias e orienta ações de curto, médio e longo prazo no território estadual, bem como para incentivar os municípios a elaborarem seus respectivos planos municipais, por trazer metas e prazos para a gestão de resíduos sólidos e a proposta econômica e institucional para sua implantação, incluindo obrigatoriamente alternativas de tratamento dos resíduos que visem à redução progressiva de volume para disposição final apenas de rejeitos (SÃO PAULO, 2009).

Idealizado pela Comissão Estadual de Gestão de Resíduos Sólidos, instituída também pelo Decreto Estadual nº 54.645/2019 e composta por representantes das Secretarias de Estado (Agricultura e Abastecimento; Desenvolvimento Metropolitano, Energia, Saneamento e Recursos Hídricos; e Meio Ambiente), concretizando-se no Grupo de Trabalho criado em 2012, composto por técnicos e especialistas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) e da Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SMA), contando ainda com participação de outros órgãos estaduais específicos, sob a coordenação da Coordenadoria de Planejamento Ambiental da SMA (CPLA/SMA). Nesse contexto, todo desenvolvimento do referido plano deu-se na esfera do governo, sem a participação da sociedade civil.

O processo de validação do documento pela sociedade incluiu as seguintes consultas e audiências públicas: entre janeiro e abril de 2014, o

Panorama dos Resíduos Sólidos ficou disponível no *website* da SMA para consulta pública; entre julho e agosto de 2014, a versão preliminar do Plano Estadual de Resíduos Sólidos esteve em consulta pública e, entre julho e agosto de 2014, foram realizadas cinco Audiências Públicas, convocadas e conduzidas pelo Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA), nos municípios de Presidente Prudente, Ribeirão Preto, Bauru, Sorocaba e São Paulo, abrangendo as diferentes regiões do estado (SÃO PAULO, 2014b).

Após incorporação das contribuições obtidas no processo de validação pela sociedade, o Plenário do CONSEMA aprovou o Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Esse conselho é o órgão superior, normativo e recursal do Sistema Ambiental Paulista e caracteriza-se como instância incentivadora para aperfeiçoar a gestão ambiental no território paulista, à medida que permite o diálogo entre os segmentos da sociedade civil para proposição de políticas públicas.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos, lançado em 2014, foi composto por quatro seções:

- **Panorama dos Resíduos**, que retrata a situação da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos no estado;
- **Estudo de Regionalização e Proposição de Arranjos Intermunicipais**, que tem o intuito de fomentar a descentralização das políticas públicas voltadas à gestão dos resíduos sólidos e o compartilhamento de serviços e atividades de interesse comum aos municípios, a fim de permitir a otimização dos recursos – financeiros, materiais e humanos – e a geração de economia de escala;
- **Proposição de Cenários**, que busca a visualização de possíveis configurações futuras para os resíduos sólidos, a partir de projeções de indicadores econômicos e ambientais, visando compreender a geração de resíduos ao longo do tempo; e
- **Diretrizes, Metas e Ações**, que tratam de estratégias a serem adotadas ao longo de dez anos para assegurar a implementação do Plano Estadual, norteadas pela obrigatoriedade de adoção da hierarquização na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos – não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos (SÃO PAULO, 2014a).

O Plano Estadual, de 2014, trouxe um descritivo de 117 ações propostas com prazos estabelecidos, as quais estão ligadas ao conjunto de 35 metas que compõem cinco diretrizes.

Em 2018, inicia-se a discussão da revisão do Plano Estadual, com a finalidade de adequar as estratégias para os próximos 15 anos. Ao longo do processo de revisão do Plano Estadual de Resíduos Sólidos, houve um rearranjo de Secretarias de Estado, instituído pelo Decreto Estadual Nº 64.059, de 01 de janeiro de 2019, que unificou as pastas de Recursos Hídricos, Saneamento, Energia, Mineração e Meio Ambiente na Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente (SIMA). Compete à Subsecretaria de Meio Ambiente da SIMA, dentre outras atividades, a análise e o acompanhamento das políticas públicas setoriais que tenham impacto no meio ambiente, bem como, especificamente, a realização de ações necessárias à execução da Política Estadual de Resíduos Sólidos, conforme preconiza o Decreto Estadual nº 64.132, de 11 de março de 2019 (SÃO PAULO, 2019a, 2019b, 2019c).

Nesse novo cenário, em 2019, a SIMA institui o Comitê de Integração de Resíduos Sólidos (CIRS), por meio da Resolução SIMA Nº 12/2019, atualizada pela Resolução SIMA Nº 051/2020 (SÃO PAULO, 2020a) (em vigor), com a participação de representantes da área de energia, mineração, saneamento, recursos hídricos e meio ambiente. A atuação do CIRS está pautada nos seguintes eixos:

- Revisão do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo;
- Regionalização e consórcios;
- Logística reversa, coleta seletiva e participação social;
- Planejamento e controle de operação em aterros sanitários;
- Inovação tecnológica para o tratamento de resíduos sólidos; e
- Educação ambiental e comunicação.

Nesse âmbito foi criado o grupo responsável pela revisão do Plano.

O Plano revisado, publicado em 2020, estabeleceu em seu processo de concepção uma base técnica sólida, respeitadas as atribuições do Estado, dos municípios, dos grandes geradores e dos demais atores da gestão de resíduos sólidos, e atribuiu o fortalecimento da gestão regional como grande desafio. Com a finalidade de tornar o plano mais efetivo, no seu processo de formulação buscou-se o diálogo com os diversos atores, e acrescentou va-

lor aos indicadores ambientais, econômicos, sociais, políticos e tecnológicos (SÃO PAULO, 2020b).

Em termos de inovações, a revisão do documento abordou nova metodologia de planejamento, além de incluiu novos temas, conforme abaixo:

- construção de cenários futuros, transformando o cenário mais provável em futuros desejados;
- inclusão de capítulo sobre Lixo no Mar;
- inclusão de capítulo sobre Economia Circular;
- definição de 48 metas com ações de curto (ano de 2025), médio (ano de 2030) e longo (ano de 2035) prazos;
- definição de indicadores de monitoramento das metas;
- indicação de responsáveis pelas ações; e
- indicação das fontes de recursos para implementação do Plano.

Esse documento é visto como um guia para programar e executar as atividades dos agentes públicos e privados, de modo a aumentar a eficácia e efetividade da gestão de resíduos sólidos no Estado de São Paulo.

Sobre a questão do Lixo no Mar, essa temática vem sendo crescentemente incorporada às políticas públicas ambientais sob diferentes aspectos e níveis de compromisso. Considerando-se que pelo menos 80% de todo o lixo que chega ao oceano é gerado nas áreas urbanas e que a gestão eficiente desses resíduos contribui para combater a poluição marinha, houve empenho em aprofundar a abordagem sobre Lixo no Mar no Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Para tanto, durante o processo de revisão do Plano foi celebrado um convênio entre a SIMA e o Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP), em vigência desde dezembro de 2018 e extensivo por cinco anos. No âmbito desse convênio foram elaborados o capítulo sobre Lixo no Mar do Plano e metas específicas para o enfrentamento da questão no Estado de São Paulo. O primeiro produto resultante dessa iniciativa foi a publicação do Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar do Estado de São Paulo (PEMALM), em janeiro de 2021, que visa preencher uma importante lacuna de informações, e está intrinsecamente relacionado às metas do Plano Estadual. A partir da implementação do PEMALM, serão gerados dados e indicadores de monitoramento e avaliação que subsidiarão a elaboração do futuro Plano de Combate ao Lixo no Mar do Estado de São Paulo (PEMALM, 2021).

OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO DE 2020

No âmbito da implementação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos (2020) é possível identificar diferentes oportunidades existentes, bem como desafios a serem superados.

Como fatores internos positivos pode-se citar a qualificação da equipe técnica envolvida, organizada nos Grupos de Trabalho instituídos no âmbito do CIRS, além da existência da Comissão Estadual de Gestão dos Resíduos Sólidos, que confere capacidade de articulação política e institucional do Governo. Como fatores internos que se configuram como fraquezas, destacam-se: a ausência de orçamento específico para a execução do Plano, a fragilidade dos dados e informações sobre a gestão e o gerenciamento de resíduos sólidos, a ausência de definição de métodos específicos para a elaboração do Plano e ausência de sistema de monitoramento da execução de suas metas, como também as mudanças na equipe ao longo do tempo.

Como fatores externos positivos (oportunidades) podem ser ressaltados a existência das Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos e o constante aprimoramento das normativas correlacionadas a elas, os avanços tecnológicos na gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos, o papel fiscalizador exercido pelo Tribunal de Contas do Estado de São Paulo (TCE-SP) na execução do Plano, a participação da sociedade na elaboração do Plano, além das parcerias celebradas com as Universidades e Entidades da Sociedade Civil. Em termos de fatores externos negativos, que podem ser traduzidos como "ameaças", destacam-se: a descontinuidade administrativa dos governos e a alternância de prioridades nas políticas públicas, reflexos da falta de tradição em fortalecer políticas de Estado em contraponto às políticas de governo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise de políticas públicas, de forma ampla, refere-se ao "estudo do processo de tomada de decisão no âmbito do setor público, com o intuito de compreender suas condicionantes e seus reflexos sobre a sociedade" (SÃO PAULO, 2012). Esse processo de análise não foi até o momento consolidado na SIMA, em que pese a ausência de desenvolvimento técnico-metodológico para instituí-lo de maneira sistemática e permanente; as iniciativas existentes são pontuais, fragmentadas e estão sujeitas às escolhas específicas e práticas das gestões governamentais que se sucedem no po-

der público estadual, não contribuindo para o fortalecimento institucional. Nesse sentido, falhas na implementação da Política Estadual, e em especial do Plano Estadual, poderiam ser depreendidas no processo de sua avaliação, definida tecnicamente como uma "análise crítica da política pública com o objetivo de apreender, principalmente, o alcance e o custo das metas, os processos ou efeitos colaterais ativados (previstos ou não previstos, desejáveis ou não desejáveis), indicando novos cursos de ação mais eficazes" (SÃO PAULO, 2012).

O processo de avaliação da implementação do Plano Estadual de Resíduos Sólidos poderia, por exemplo, ser baseado no método do marco lógico, em que há o acompanhamento da eficácia (medida do grau de êxito em relação às metas previamente estabelecidas), eficiência (relativa aos efeitos alcançados em decorrência dos recursos humanos, orçamentários e materiais empregados) e efetividade (identificação dos efeitos produzidos sobre a população e/ou área-alvo, ou seja, detecção de mudanças nas condições socioambientais) da ação (SÃO PAULO, 2012).

A opção por assumir a análise e planejamento de políticas públicas como uma diretriz de Estado, com base em conceitos teóricos difundidos na literatura científica e em procedimentos governamentais em curso, possibilitaria conceber ações de modo participativo, com métodos intrínsecos para sua avaliação já previstos desde a concepção. Essa opção se refletiria em avanços significativos no enfrentamento dos problemas que são objeto das políticas públicas, entre eles a gestão dos resíduos sólidos.

Na reflexão sobre políticas ambientais e sobre políticas públicas, de modo geral, julga-se importante a prévia compreensão de que as discussões, formulações e implementação destas políticas ocorrem em uma arena de visões, perspectivas e interesses muitas vezes divergentes, que envolvem aspectos políticos, econômicos, ambientais e sociais, que a todo momento combinam-se e/ou excluem-se em diferentes momentos e em conformidade com a correlação das forças e movimentos atuantes nos diferentes momentos históricos.

No processo de modernização dos Estados, no Brasil, em especial, viu-se a consolidação dos órgãos públicos, autarquias, agências, entre outros, com um discurso fortemente marcado pela argumentação técnica que, em tese, embasaria e justificaria as tomadas de decisão. Entretanto, o fortalecimento da tecnocracia não se traduziu em democracia, na implementação transparente de políticas públicas, voltadas ao interesse público e com mecanismos mais efetivos de participação e controle social (USP, 2019).

No estado de São Paulo, em especial na área ambiental, tem se verificado a produção considerável de instrumentos técnicos de planejamento.

Diferentes Planos Estaduais, como o de resíduos sólidos, que após a sua aprovação não foram devidamente incorporados pelos órgãos responsáveis por sua implementação. Algumas de suas metas ou ações foram, de fato, implementadas, motivadas em inúmeras situações pelas ações cotidianas, das rotinas dos trabalhos ou por demandas específicas ou pontuais.

Nesse sentido, ainda que o Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo tenha sido elaborado por equipe técnica experiente e de forma a considerar os preceitos das Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, trazendo significativas inovações em sua versão atualizada (2020), é possível verificar que esse importante documento de planejamento e gestão ainda é subutilizado pelos formuladores de políticas públicas e tomadores de decisão, sendo que o processo de formulação e definição de estratégias é realizado apenas na construção de ideias para o desenvolvimento da agenda política.

É essencial, mesmo reconhecendo as dificuldades envolvidas, que o corpo técnico busque incessantemente o distanciamento crítico das narrativas de caráter político-eleitorais dos governos. Predomina ainda no país a mistura de política de estado e política de governo. Cabe aos técnicos e servidores públicos a construção de mecanismos e suportes de formulação e implementação das políticas públicas, embasadas na fundamentação crítica, técnica e científica e que sejam eficientes, transparentes e permeáveis à participação e controle social.

Há que se considerar que no Brasil há um ceticismo velado com relação ao planejamento. No entanto, entende-se que essa não é a única questão que justificaria esse tipo de postura. Há uma gama de questões envolvidas que não serão aprofundadas neste capítulo. Tais considerações são reflexões iniciais que merecem atenção, uma vez que contextualizam a elaboração e a revisão do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo, bem como as dificuldades e desafios a serem suplantados para a sua implementação.

Por fim, embora não exista apenas um método ou ferramenta indicada para a construção de planos de gestão de resíduos sólidos, é fundamental que a governança da política de resíduos sólidos se dê por meio da inclusão mais ampla dos atores sociais, o que possibilita que os diferentes atores e setores da sociedade, com interesses diversos, possam dirigir-se ao mesmo objetivo, que é a destinação ambientalmente adequada dos resíduos sólidos (SANTOS, 2015). Ainda, é igualmente fundamental que o planejamento seja compreendido como instrumento de gestão contínuo e dinâmico, com mecanismos cada vez mais efetivos de participação e controle social, essenciais para elaboração e implementação das políticas públicas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, L. A.; GOMES, R. C. Atores, Recursos e Interesses na Formulação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Administração Pública e Gestão Social*, Viçosa, v. 10, n. 3, p. 161-169, 2018. http://dx.doi.org/10.21118/apgs.v10i3.1558

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 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 Acesso em: 07 fev. 2022.

BRASIL. 30 Anos da Constituição da Cidadania. Senado Federal e Câmara dos Deputados. 2018. Disponível em: http://www.camara.gov.br/internet/agencia/infograficos-html5/constituinte/index.html Acesso em: 25 jan. 2022.

HOWLETT, M.; RAMESH, M.; PERL, A. *Política Pública*: seus ciclos e subsistemas – uma análise de políticas públicas a partir das relações Estado e Sociedade. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

PEMALM - PLANO ESTRATÉGICO DE MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO DO LIXO NO MAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente et al. (ORGs.). São Paulo: PEMALM, 2021. Disponível em: https://www.pemalm.com/o-plano Acesso em: 10 fev. 2022.

SANTOS, M.C.M. A responsabilidade compartilhada na Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma análise da eficácia das disposições relativas ao consumidor. *Revista Direito Ambiental e Sociedade*, Caxias do Sul, v. 5, n. 1, p. 248-276, 2015.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa. 2006a. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/propositura/?id=566644 Acesso em: 10 fev. 2022.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa. Lei n. 12.300, de 17 de março de 2006. Lei institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos. 2006b. Disponível em: https://www.al.sp.gov.br/noticia/?17/03/2006/lei_institui_a_politica_estadual_de_residuos_solidos Acesso em: 20 jan. 2022.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 54.645, de 5 de agosto de 2009. Disponível em: ttps://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/decreto/2009/decreto-54645-05.08.2009.html Acesso em: 23 jan. 2022.

SÃO PAULO. Secretaria do Meio Ambiente. Análise e planejamento de políticas públicas no Sistema Ambiental Paulista: desafios, resultados e recomendações

/ Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Coordenadoria de Planejamento Ambiental. BAGDONAS, N.F.C. (Org.) São Paulo: SMA, 2012. 130 p. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/cpla/2012/01/Analise_e_Planejamento_de_PP_no_SistAmbiPta1.pdf Acesso em 09 fev. 22.

SÃO PAULO. Portal do Governo. Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo é lançado. Notícias. 29/10/2014a. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/cea/2014/10/plano-de-residuos-solidos-do-estado-de-sao-paulo-e-lancado/ Acesso em: 25 jan.2022.

SÃO PAULO. Conselho Estadual do Meio Ambiente (CONSEMA). Ata da 320ª Reunião Ordinária do Plenário do Conselho Estadual do Meio Ambiente. CONSEMA, realizada no dia 18 de junho de 2014b. Disponível em: http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/consema/2014/08/Ata_da_320_Reuniao_Plenaria_Ordinaria.pdf Acesso em: 20 jan. 2022.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Lançado o Plano Estadual de Resíduos Sólidos. Em 29/10/2014c. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/blog/2014/10/29/lancado-o-plano-estadual-de-residuos-solidos/ Acesso em: 25 jan. 2022.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 64.059, de 01 de janeiro de 2019. Dispõe sobre as alterações de denominação, transferências e desativações que especifica e dá providências correlatas. São Paulo, Diário Oficial de 01 de janeiro de 2019a, seção I, p. 01/03.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 64.132, de 11 de março de 2019. Dispõe sobre a organização da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente e dá providências correlatas. São Paulo, 2019. Diário Oficial de 12 de março de 2019b, seção I, p. 01/07.

SÃO PAULO. Resolução SIMA nº 12, de 23 de fevereiro de 2019. Institui o Comitê de Integração de Resíduos Sólidos. São Paulo, 2019c. Diário Oficial de 23 de fevereiro de 2019c, seção I, p. 34/35.

SÃO PAULO. Resolução SIMA nº 51, de 12 de agosto de 2020. Institui o Comitê de Integração de Resíduos Sólidos. São Paulo, *Diário Oficial* de 20 de agosto de 2020a, seção I, p. 49/50.

SÃO PAULO. *Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo 2020* [recurso eletrônico] / Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente. SIMAS, A.L.F. et al. (ORGs.) São Paulo: SIMA, 2020b.

SARGUT, G.; McGRATH, R. G. Learning to live with complexity. *Harvard Business Review*, v. 89, n. 9, p. 68–76, 2011.

SOLER, F. et al. Novo regulamento da política nacional de resíduos sólidos. Felsberg Advogados, 31/01/2022. Disponível em: https://www.felsberg.com.br/novo-regulamento-da-politica-nacional-de-residuos/. Acesso em: 09 mai. 2022.

SOUZA, C. A. Introdução Políticas Públicas: uma revisão da literatura. *Sociologias*, Porto Alegre, v. 8, n. 16, jul/dez 2006, p. 20-45.

USP - UNIVERSIDADE de SÃO PAULO. A tecnocracia se sobrepõe à democracia na gestão do Estado. *Jornal da USP*, São Paulo, 2019. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/a-tecnocracia-se-sobrepoe-a-democracia-na-gestao-do-estado Acesso em: 10 fev. 2022.

13 Aplicação do conceito de Ruas Saudáveis em cidades brasileiras[1]

Francisco Carlos Ferreira Ribeiro
Arlindo Philippi Jr

INTRODUÇÃO

O conceito de "Ruas Saudáveis", criado pela especialista em transporte e saúde pública Lucy Saunders, tem sido utilizado desde o final de 2015 pela cidade de Londres, na Inglaterra, e gerenciado pelo *Transport for London* (TfL), obedecendo a um rigoroso planejamento. Na acepção de Saunders, são ruas saudáveis as vias onde os cidadãos podem optar por fazer deslocamentos a pé, de bicicleta ou ainda através de um bom modo de transporte coletivo público, tendo como reflexo imediato a redução no uso individualizado de veículos motorizados, focando sempre na saúde das pessoas. O princípio é tornar a rua um local aprazível e de boa convivência, oferecendo áreas para lazer, descanso, entretenimento, compras, tudo

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. RIBEIRO, Francisco Carlos Ferreira. Ruas saudáveis, a aplicação em cidades brasileiras. 2022. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

cercado de uma segurança perceptível e modos de transporte que atendam a todos, incluindo-se pedestres, ciclistas, usuários do transporte público, motoristas e pessoas de todas as idades, habilidades e necessidades (LONDON, 2017a, 2017b).

Um outro conceito bastante utilizado quando se estuda o tema é o de Ruas Completas, que se insere no contexto do setor de transporte da América do Norte. Neles, especificamente, está contida a ideia de que as ruas devem estar preparadas não apenas para os automóveis, mas para todos os meios de transporte, inclusive para os pedestres.

O conceito de Ruas Saudáveis vem de uma perspectiva de saúde pública desenvolvida na Europa, em que todas as ruas, não importa onde estejam localizadas ou como as pessoas as usam, precisam atender a limites básicos para proporcionar ambientes saudáveis para as pessoas. O corpo humano e sua tolerância (ou não) às condições ambientais adversas permanecem constantes em todo o mundo e o padrão mais baixo que devemos buscar no espaço público é o de garantir que as pessoas continuem saudáveis ao longo da vida.

A inspiração para Ruas Saudáveis surge com a finalidade de tornar as cidades mais seguras, limpas e convidativas aos seus moradores, alterando o ritmo de inatividade das pessoas. A aplicação de tal conceito envolve a forma como se planeja, se implementa, se utiliza e se gerencia o transporte público de passageiros e a maneira como se usa os espaços públicos das cidades. Para isso, deve-se buscar um entendimento entre as partes envolvidas, normalmente o governo municipal, os moradores ou usuários de uma determinada rua e seus comerciantes.

Cidades em diversas localidades buscam fazer com que seus cidadãos sejam saudáveis, ao mesmo tempo em que incentivam o desenvolvimento dos bairros, dos comércios e dos meios como se locomovem, criando espaços urbanos mais atrativos e sustentáveis. Entretanto, apesar do conceito de Ruas Saudáveis estar sendo aplicado em diversos países, no Brasil essa implementação ainda é muito tímida, com poucas iniciativas, as quais por vezes carecem de manutenção adequada.

No presente capítulo, sobretudo com base na experiência de Londres, veremos os indicadores envolvidos na aplicação de projetos de Ruas Saudáveis, e como eles se envolvem com os atores que participam na dinâmica da cidade. Depois, veremos exemplos de implantação de Ruas Saudáveis em cidades brasileiras, destacando aspectos positivos e negativos. Com base nesses casos, será apresentado um pequeno guia para aplicação de Ruas Saudáveis.

INDICADORES

O conceito de Ruas Saudáveis pode ser aplicado para quase todas as ruas. Para tanto, é importante que essas vias funcionem de acordo com uma gama de indicadores, que consigam medir e quantificar o desempenho frente aos interesses dos usuários, reduzindo as desigualdades em termos de saúde.

Em Londres, foram criados dez indicadores para as Ruas Saudáveis, os quais foram desenvolvidos para avaliar as condições de cada uma delas, seja para que possam vir a ser um potencial alvo de futuras implementações, seja para se acompanhar a evolução de projetos já em funcionamento (SAUNDERS; BOST, 2018). A relação desses indicadores, suas respectivas interpretações e o ponto de vista ecológico de cada um deles estão expostos no Quadro 1.

Quadro 1 – Indicadores de Ruas Saudáveis

INDICADOR	INTERPRETAÇÃO	PONTO DE VISTA ECOLÓGICO
1. PEDESTRES DE TODAS AS ESFERAS	A melhor maneira de saber se uma rua é saudável é verificar se ela reflete uma completa diversidade da sociedade. A Rua Saudável deve ser convidativa para que cada pessoa despenda um tempo nela e faça sua jornada caminhando, pedalando ou ainda para usar o transporte público, envolvendo-se na vida comunitária. As pessoas têm maior probabilidade de andar a pé ou de bicicleta quando veem outras pessoas fazendo a mesma coisa. As ruas devem estar disponíveis para pessoas de qualquer idade ou habilidade.	A vegetação local de boa qualidade e atraente parece segura e acolhedora, incentivando as pessoas de diferentes grupos e idades a serem mais ativas fisicamente no entorno da rua.
2. ESCOLHER CAMINHAR, PEDALAR E TRANSPORTE PÚBLICO	Caminhar ou pedalar são os exercícios mais saudáveis e sustentáveis. O transporte público de qualidade incentiva os dois modos anteriores, sendo factível que ocorra a diminuição do predomínio do transporte motorizado individual. Muitas vezes as ruas não oferecem uma alternativa ambientalmente satisfatória, o que significa que as ruas com tráfegos intensos precisam ser readequadas, permitindo outros modos atrativos de mobilidade, como a bicicleta e a caminhada.	A infraestrutura verde melhora a aparência e a sensação, tornando a rua um lugar onde as pessoas escolhem caminhar e pedalar para desfrutar da vegetação. A rua se torna o próprio destino ao invés de apenas uma rota de viagem. Tornar as ruas mais verdes pode aumentar o número de pessoas caminhando e pedalando.

INDICADOR	INTERPRETAÇÃO	PONTO DE VISTA ECOLÓGICO
3. RUAS FÁCEIS DE CRUZAR	Tornar as ruas mais fáceis de se atravessar é importante para encorajar as pessoas a fazerem caminhadas, a usarem a bicicleta e se conectarem com a comunidade. As pessoas preferem rotas diretas e sem barreiras físicas, sendo capazes de atravessar conforme suas conveniências. O tráfego rápido ou pesado faz com que a rua seja difícil de se cruzar, desencorajando seus usuários para atividades físicas e sociais. As ruas sem cruzamentos adequados tornam menos atraente as caminhadas e o ciclismo. Os tipos de travessias necessárias podem variar, mas em todas as ruas deve ser fácil para as pessoas de todas as idades e habilidades encontrarem um lugar seguro onde atravessar, sem ter que sair de seus trajetos.	A infraestrutura verde pode ser combinada com outras medidas que tornam as ruas mais fáceis de atravessar. Por exemplo, os jardins de chuva que, incorporados em saídas de construção, tornam o tráfego lento e podem ajudar a reduzir ou prevenir as inundações, que por si só formam uma barreira para se atravessar as ruas.
		As árvores também podem e devem ser usadas como postes de amarração para proteger os pontos de passagem ou refúgio.
4. PESSOAS SE SENTEM SEGURAS	Toda a comunidade deve se sentir confortável e segura nas ruas. As pessoas não devem se preocupar com o perigo ou ameaças à sua segurança pessoal. Elas estarão menos dispostas a caminhar, andar de bicicleta ou usar o transporte público se sentirem insegurança. Toda a comunidade deve se sentir confortável e segura, estando livre de crime, intimidação ou lesão em qualquer rua, seja durante o dia ou à noite.	A infraestrutura verde pode melhorar o ambiente de uma rua e sabemos que as pessoas se sentem mais seguras quando uma área é atraente e bem cuidada. A infraestrutura verde nas ruas está ligada a melhorias no comportamento social e redução de acidentes de trânsito.
5. COISAS PARA SE FAZER E VER	Os ambientes das ruas precisam ser estimulantes e envolventes para convidar as pessoas a caminhar e pedalar mais. Isso destaca a importância de um bom projeto urbano e a manutenção dos espaços públicos na entrega de benefícios para a saúde. As pessoas são mais propensas a usar as ruas quando sua jornada é interessante e estimulante, possuindo vistas atraentes, edifícios limpos, arborização e arte de rua, entre outros. As pessoas que usam uma Rua Saudável são menos dependentes de carros, uma vez que as lojas e serviços que elas precisam estão a distâncias curtas, para que não necessitem dirigir um veículo automotor para chegar a esses lugares. As pessoas estarão menos dispostas a andar e pedalar nas ruas que são visualmente desagradáveis.	A infraestrutura verde é uma parte importante da paisagem e deve ser a herança cultural. Por exemplo, através de flores e suas mudanças de cores, além de apoiar a biodiversidade que captura o interesse público, como borboletas e pássaros.
		Quando combinado com a comunidade, pode se usar a jardinagem para manter os canteiros de flores e cuidar de outras infraestruturas verdes, servindo como uma atividade social nas ruas, ajudando a aproximar as pessoas.

INDICADOR	INTERPRETAÇÃO	PONTO DE VISTA ECOLÓGICO
6. LOCAIS ONDE PARAR E DESCANSAR	Muitas pessoas podem andar apenas curtas distâncias antes de necessitarem parar e descansar, principalmente aquelas que têm algum doença, como dificuldade respiratória ou obesidade, pessoas feridas ou que necessitam de cuidados especiais. Normalmente são as pessoas mais idosas ou os muito jovens. A falta de locais de descanso pode limitar a mobilidade para certos grupos de pessoas. Garantindo que haja lugares onde parar e descansar, há benefícios para todos, incluindo o comércio local, pois as pessoas estarão mais dispostas a visitar e passar um tempo conhecendo outras pessoas nessa rua.	A infraestrutura verde também pode fornecer um lugar onde parar e descansar. Por exemplo, os lugares para se sentar, podem ser instalados nas bordas dos jardins e plantas. A colocação de bancos ao redor ou sob as árvores proporcionam um local de descanso mais convidativo e protegido.
7. PESSOAS SE SENTEM RELAXADAS	As pessoas são mais propensas a caminhar ou andar de bicicleta caso se sintam relaxadas e se acharem um local agradável. Um projeto de Rua Saudável prevê ambiente limpo, bem cuidado e com muitas plantas para ajudar a criar espaços atraentes e relaxantes, estimulando atividades como caminhadas e ciclismo. Garantir que há espaço suficiente para essas atividades fará com que as pessoas não se sintam estressadas. Uma gama mais ampla de pessoas escolherá caminhar ou pedalar se as ruas não forem dominadas por tráfego motorizado, e se os pavimentos e as ciclovias não estiverem superlotados, sujos, desordenados ou em mau estado.	A infraestrutura verde pode ajudar a tornar as ruas mais calmas e tem um efeito positivo sobre o estresse e saúde mental.
8. RUAS MENOS BARULHENTAS	O tráfego rodoviário motorizado é a principal fonte de poluição sonora nas áreas urbanas. Isso afeta a saúde das pessoas que caminham, andam de bicicleta, fazem compras, trabalham, estudam e vivem em ruas barulhentas. Algumas iniciativas como reduzir o volume de tráfego, a velocidade dos veículos, bem como o uso de veículos mais silenciosos e a construção de pavimentos com menor propagação de ruído, irão beneficiar a saúde e melhorar o ambiente da rua, incentivando as pessoas a interagir e se deslocar ativamente. O ruído tem uma variedade de impactos na saúde, incluindo o estresse e o aumento da pressão sanguínea, o que de fato desestimula as pessoas a caminharem ou andarem de bicicleta.	A infraestrutura verde pode atuar como uma barreira sonora, melhorando o ambiente da rua e reduzindo a experiência subjetiva ao fazer a rua parecer mais estreita. A infraestrutura verde pode também atuar como uma forma de acalmar o tráfego psicológico, fazendo com que as pessoas reduzam a velocidade e tornem a rua um local mais silencioso.

INDICADOR	INTERPRETAÇÃO	PONTO DE VISTA ECOLÓGICO
9. AR PURO	Melhorar a qualidade do ar beneficia a todos, ao mesmo tempo que ajuda a reduzir a desigualdade na saúde. São necessárias medidas em toda a cidade, mas também há ações locais que podem ser tomadas. Qualquer coisa que reduza significativamente o volume de tráfego nas ruas ou diminua o número de veículos altamente poluentes ajudará a melhorar a qualidade do ar. O impacto na saúde causado pela poluição atmosférica inclui, entre outras doenças, a cardiovascular e a respiratória.	A infraestrutura verde pode atuar como uma cerca ou barreira para a poluição do ar e reduzir a exposição de quem está na rua.
10. SOMBRA E ABRIGO	Ventos fortes, chuvas fortes, altas temperaturas e exposição ao sol podem ter um efeito significativo na capacidade das pessoas de se locomoverem ativamente e passarem um tempo na rua. A necessidade de sombra e abrigo aumentará conforme se acentuam as mudanças climáticas. Algumas pessoas têm dificuldade para abrandar a temperatura corporal e isso pode colocar suas saúdes em risco, nos dias com altas temperaturas. Portanto, é fundamental que as ruas tenham sombras e abrigos para que as pessoas possam se refrescar.	A infraestrutura verde com árvores e abrigos pode fornecer sombra e proteção contra a incidência direta do sol, principalmente em dias mais ensolarados. Uma rua arborizada pode ficar vários graus mais fresca do que num local sem árvores. Os abrigos e as árvores podem oferecer ainda uma proteção contra a chuva, o vento e outras intempéries.

Fonte: Elaborado com base em Saunders e Bost (2018)

Para implementar o conceito de Ruas Saudáveis são necessárias mudanças em três níveis (LONDON, 2017c): nas ruas; nos transportes; e nas políticas e planejamentos, conforme Quadro 2.

Todas as medidas citadas são necessárias para encorajar as pessoas a viverem uma vida mais ativa. Ben Plowden (2020), evidencia o conceito de Ruas Saudáveis como o coração de um sistema de políticas e estratégias para ajudar os cidadãos a utilizarem menos os carros, andando e pedalando mais e fazendo do transporte público coletivo a melhor opção.

Quadro 2 - Mudanças para implementação de Ruas Saudáveis

RUAS	TRANSPORTES	POLÍTICAS E PLANEJAMENTOS
No local onde as pessoas transitam todos os dias, pode-se reduzir o domínio dos veículos, fazer mudanças positivas em suas características, oferecendo espaço suficiente para se morar, caminhar, pedalar e ser atendido pelo transporte público. Pode-se melhorar também as áreas com bancos, jardins, abrigos, brinquedos para as crianças e estabelecimentos que atraiam as pessoas a fazer compras;	As pessoas devem ser atendidas por uma rede eficiente de transporte público para poderem se locomover mais rapidamente, diminuindo o uso do carro, o que impactaria diretamente na diminuição da poluição do ar. Outro ponto que precisa ser estudado é o transporte de cargas, para o qual é necessário buscar soluções criativas;	A população aumenta de forma vigorosa, sendo importante uma mobilidade mais efetiva e que mantenha a cidade funcionando. Para isso, a melhor escolha é planejar a cidade priorizando o transporte público, o uso de bicicletas e caminhadas. Dessa maneira, é preciso desenvolver novas habitações próximas às redes de transporte, diminuindo as distâncias e facilitando as conexões.

Fonte: Elaborado com base em London (2017c)

EXPERIÊNCIAS BRASILEIRAS

O WRI (*World Resources Institute)* Brasil e a FNP desde abril de 2017 promovem estudos para a implantação de Ruas Saudáveis, fomentados pela Rede Nacional Para a Mobilidade de Baixo Carbono. Esse projeto iniciou com 11 cidades e hoje totalizam 21: Porto Alegre, Niterói, Mesquita, Rio de Janeiro, João Pessoa, Campinas, Guarulhos, São Paulo, Santo André, São Caetano do Sul, São José dos Campos, Salvador, Juiz de Fora, Recife, Fortaleza, Curitiba, Palmas, Porto Velho, Rio Branco, Goiânia e o Distrito Federal (WRI BRASIL, 2021).

O WRI é um instituto de pesquisa que transforma grandes ideias em ações para promover a proteção do meio ambiente, oportunidades econômicas e bem-estar humano. Atua no desenvolvimento de estudos e implementação de soluções sustentáveis em clima, florestas e cidades. Alia excelência técnica à articulação política e trabalha em parceria com governos, empresas e academia. (WRI BRASIL, 2021).

Por sua vez, a Frente Nacional de Prefeitos (FNP) surgiu na cidade de São Paulo, por coordenação da então prefeita Luiza Erundina, no ano de 1989. Em 2003, a FNP instalou-se em Brasília, sendo a única entidade municipalista nacional dirigida exclusivamente por prefeitas e prefeitos em exercício dos seus mandatos. A FNP tem como foco de atuação os 412 municípios com

mais de 80 mil habitantes (IBGE, 2020), abrangendo 100% das capitais, 61% dos habitantes e 74% do Produto Interno Bruto (PIB) do país (FNP, 2021).

Entre todos os projetos de implementação de Ruas Saudáveis no Brasil, destacaremos a seguir dois grupos: os que obtiveram sucesso (Salvador, São José dos Campos e Curitiba) e os que não foram bem-sucedidos na implementação. Em ambos os casos, relataremos as principais características de cada projeto, destacando os motivos para sucesso ou fracasso.

Experiências bem-sucedidas

Salvador

O projeto em Salvador teve a liderança da prefeitura, através da Fundação Mário Leal Ferreira (FMLF) e em parceria com a Universidade de Salvador (UNIFACS). A implantação ocorreu na R. Miguel Calmon, no bairro Comércio, ao lado do Mercado Modelo e próximo ao Elevador Lacerda, famosos pontos turísticos da cidade baiana. A inauguração da rua foi em 20 de setembro de 2019, após 10 meses de requalificação (JORNAL CORREIO, 2020). As Figuras 1 e 2 retratam fotografias tiradas do local, no dia 18/12/2020, que mostram características como calçadas largas, limpas e com regiões sombreadas, bancos e lixeiras, além da presença de ciclovia na pista, tudo em bom estado, revelando que, ao menos até aquele momento, o projeto havia sido implementado com sucesso.

Figura 1 – R.M. Calmon III. Salvador (BA), 2020.

Foto: Francisco Carlos Ferreira Ribeiro

Figura 2 – R.M. Calmon IV. Salvador (BA), 2020
Foto: Francisco Carlos Ferreira Ribeiro

São José dos Campos

A cidade de São José dos Campos (SJC), no estado de São Paulo, foi uma das pioneiras em lançar uma Rua Saudável. A requalificação foi implementada na R. Cel. José Monteiro, região central de SJC, por onde circulam diariamente cerca de 12 mil pessoas (SJC, 2021). A requalificação criou um espaço acessível, ativo e agradável para as pessoas, que podem caminhar, descansar, fazer compras com segurança e conforto, dando maior visibilidade aos comércios.

Foram criados espaços de descanso com bancos, áreas para estacionamento de bicicletas, vasos e plantas. As calçadas foram ampliadas e foi introduzida faixa única para a passagem de veículos em baixa velocidade, compatível com a concentração de pedestres que por ali transitam.

Na semana de 5 a 10 de abril de 2021, em visita ao local de implementação, pode-se constatar que as intervenções realizadas se encontravam em bom estado de conservação e a rua apresentava movimentação de pessoas no início da manhã.

Curitiba

Deslocando-se para a região Sul do país, a pesquisa analisa a situação de uma Rua Saudável na cidade de Curitiba. Na região central foi con-

cluída a intervenção na R. Voluntários da Pátria, no mês de fevereiro de 2020. Ali foram reformadas e ampliadas as calçadas e introduzido novo mobiliário, estimulando as pessoas a fazerem caminhadas e permanecerem na rua por mais tempo (WRI BRASIL, 2021). As Figuras 3 e 4 dão uma visão geral da rua, respectivamente nos períodos diurno e noturno, conforme informação da Secretaria Municipal de Comunicação Social (SMCS).

Figura 3 – R. Voluntários I, Curitiba. (PR), 2020
Fonte: Curitiba (2020).

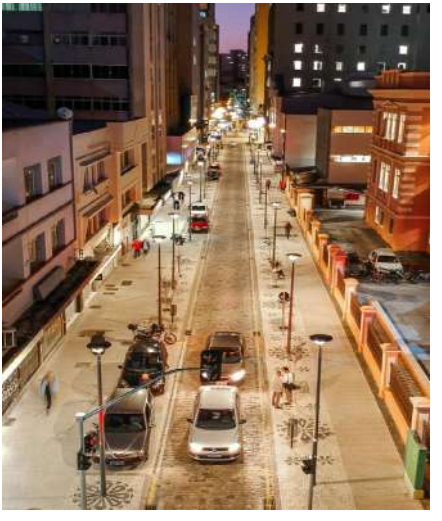


Figura 4 – R. Voluntários II, Curitiba. (PR), 2020
Fonte: Curitiba (2020).

O processo de transformação da rua exigiu desde obras abaixo do piso até a iluminação com lâmpadas de LED, incluindo nova tubulação para drenagem, rede de esgoto, calçadas amplas, novos bancos, piso em mosaico português e arborização. A pista de rolamento para os veículos foi construída em pedras, contento faixas elevadas para travessia dos pedestres (CURITIBA, 2020).

A revitalização da rua está inserida no programa chamado "Rosto da Cidade", uma ação para resgatar a história e a identidade de Curitiba. Esse programa conta com a participação da iniciativa privada e foi dividido em seis etapas, desde a limpeza de pichações até as novas pinturas. As intervenções urbanas devem abranger uma área de 2,6 Km², na região central da cidade (ROSTO DA CIDADE, 2021).

Quem aprovou a obra realizada pela prefeitura de Curitiba foram os comerciantes e moradores da região, tornando a rua mais amigável e com maior fluxo de pessoas circulando por lá.

Passados 14 meses da sua implantação, o projeto estava muito bem conservado, o que se deve não apenas ao curto tempo que está em funcionamento, mas também pela cultura de respeito e preservação dos moradores de Curitiba.

Experiências malsucedidas

São Paulo

Na cidade de São Paulo, a R. Joel Carlos Borges, localizada no bairro do Brooklyn, é um bom exemplo de projeto que foi muito bem implementado no início, mas onde não houve a conservação necessária, tendo como consequência uma aparência de abandono quatro anos depois. Para a requalificação, realizada em setembro de 2017 pelo WRI, foram utilizados materiais de baixo custo e de rápida implantação, como tinta, sinalização, além da redução do limite de velocidade dos veículos automotores para 20 km/h, o que permitiu que ciclistas e carros compartilhassem a faixa de rolamento já existente (WRI BRASIL, 2021).

A vocação dessa rua é atender à alta demanda de pessoas caminhando. Ela liga a estação de metrô Berrini ao centro financeiro sul da cidade. Os números mostravam que eram 22,5 pedestres para cada carro nos horários de pico, assim, o novo desenho distribuiu o espaço viário de acordo com seu real uso, ou seja, atendendo pedestres, bicicletas e outras soluções viárias. Dois meses após a implantação, uma pesquisa da Organização Social Cidade Ativa, concluiu que 92% dos usuários da via aprovaram as inter-

venções. A percepção de segurança dos usuários dessa via era de 80%, enquanto somente 49% dos usuários de ruas próximas se sentiam seguros. Os comerciantes da rua acreditavam que a maioria de seus clientes chegavam de carro. Porém, apenas 7% o faziam e 59% vinham a pé, 28% de trem e 4% de ônibus (WRI BRASIL, 2021).

Em visita realizada à R. Joel Carlos Borges, no dia 03/04/2021, no entanto, pôde-se constatar que a intervenção teria sido produtiva e benéfica à população usuária, caso o projeto tivesse os cuidados necessários por parte dos atores envolvidos (governo, comerciantes e comunidade). As figuras 5 e 6 revelam que a via carece muito de manutenção.

Figura 5 – R. Joel I, São Paulo. (SP), 2021
Fonte: Francisco Carlos Ferreira Ribeiro

Figura 6 – R. Joel II, São Paulo. (SP), 2021
Fonte: Francisco Carlos Ferreira Ribeiro

Juiz de Fora

Na cidade de Juiz de fora foi implantada uma Rua Saudável em março de 2019, na R. Marechal Deodoro, no trecho compreendido entre a Av. Barão do Rio Branco e a R. Batista de Oliveira. Conforme o secretário de Trânsito, o principal objetivo da ação foi devolver a R. Marechal às pessoas e proporcionar mais opções de transporte, seja a pé, de bicicleta ou cadeira de rodas (JORNAL TRIBUNA, 2021). O projeto foi desenvolvido pelo tripé WRI Brasil, prefeitura e o curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Na semana de 5 a 10 de abril de 2021, em visita, a rua estava fechada para o trânsito de veículos particulares, permitindo apenas a passagem de veículos oficiais, como ambulâncias. As demais intervenções, executadas em março de 2019, já não existiam na ocasião, ou seja, não havia mobiliário, jardins, nem a sinalização de piso, mostrando, a exemplo do constatado em São Paulo, que o projeto careceu de conservação.

GUIA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE RUAS SAUDÁVEIS

Para aplicar o conceito de Ruas Saudáveis é requerido uma grande mudança sobre a percepção do que são as ruas de uma cidade e para quem e o que deve ter prioridade em seus desenhos e uso (PLOWDEN, 2020). Isso dependerá da definição e entrega do uso ideal do espaço viário, que é finito em diferentes tipos de ruas da cidade, para que possam preencher as necessidades das pessoas, tanto no seu espaço, como nas funções de movimento. Entretanto, isso é um desafio mais político do que técnico.

A avaliação do desempenho da rua deve ser comparada com medidas e indicadores que mostrem claramente as situações anteriores e posteriores à intervenção, com a opinião dos usuários, suas satisfações ou decepções, sendo um procedimento periódico e que precisa ser verificado pelo menos uma vez ao ano.

As melhores orientações para a implementação das Ruas Saudáveis são obtidas através da bibliografia oferecida pelo TfL, pelos indicadores criados por Lucy Saunders (2020) em *Healthy Streets Indicators*[2] e das sugestões de Barbara McCann (2013) com o livro *Completing Our Streets*[3].

A aplicação pode ter origem *top down approach*, ou seja, a partir do poder público, definindo as políticas públicas para cada região da cidade,

2 Indicadores de Ruas Saudáveis

3 Completando Nossas Ruas

ou de maneira *botton up approach*, onde a iniciativa de se implementar a Rua Saudável parte do interesse da comunidade onde essa rua está inserida.

O projeto de implantação de uma Rua Saudável deve ocorrer por meio de etapas sucessivas e de mesma importância: formação de grupo multidisciplinar; elaboração de estudo-conceito; envolvimento da comunidade; aprovações e recursos; implementação; até o acompanhamento.

Grupo Multidisciplinar

O início dos trabalhos para implementar as Ruas Saudáveis passa pela formação de um grupo multidisciplinar cujos membros tenham diferentes habilidades, sejam proativos, e estejam com energia suficiente para desenvolver o projeto. Se o grupo puder contar com pessoas experientes e que possuam conhecimentos no trato de obras públicas, isso facilitará e agilizará sua implementação, buscando soluções mais rápidas e efetivas.

Compartilhar com os demais participantes quais são as ambições e objetivos do projeto e envolver em diferentes elementos, tais como planejamento, parte legal, comunicação em mídias, obras, paisagismo e iluminação, conforme suas habilidades.

Para iniciar os trabalhos do grupo, deve-se definir um local adequado e os horários para as reuniões, preparar uma agenda, encorajar a participação de todos e estipular funções e responsabilidades. Definir objetivos, ações e prazos criam um norte, e a qualidade das reuniões determinará a eficácia do projeto e sua direção.

Finalizando essa etapa, é interessante dividir com os integrantes do grupo a importância do planejamento, e o motivo pelo qual se planejar. Um bom planejamento traz um melhor entendimento dos objetivos, aumenta a eficiência e eficácia, procura eliminar ou reduzir incertezas e estabelece uma base para monitorar e controlar o trabalho. Algumas perguntas que auxiliam no planejamento: Que fazer primeiro? Quanto tempo irá demorar? Quando faremos? Quanto irá custar? Que qualidade será necessária? Quem irá fazer? Como divulgar os resultados? Que riscos incorrer? Que será feito interna e externamente?

Estudo-conceito

Antes de colocar o projeto em prática, é preciso elaborar o estudo de viabilidade, que analisa a possibilidade de execução do que se está propondo. O estudo serve para se pensar no período e custo de execução, logística, mão de obra, pessoas envolvidas, prazos e documentações legais. Esse estudo acaba funcionando como a força-motriz para a implementação e deve

apresentar um levantamento de dados, avaliação do local e área onde será introduzida a Rua Saudável, além de confirmar (ou não) a sua necessidade. No estudo-conceito é feita a avaliação financeira, o mais real possível, as análises de risco, tecnológica, política e de impactos socioambientais.

O estudo-conceito deve avaliar o planejamento preliminar, discutir ideias e potenciais obstáculos, as documentações necessárias e respectivas aprovações, onde obtê-las e quem o fará. É imprescindível também analisar quem serão beneficiados e atingidos pelas intervenções. Nesse contexto, é preciso saber se existe algum outro planejamento público para a região-alvo do estudo, se o bairro ou mais especificamente a rua está inserida num plano de alterações em proposição nos órgãos públicos específicos, como no plano diretor municipal.

Uma sugestão valiosa é olhar para outros projetos executados e verificar se há similaridades que possam ser agregadas. Pode-se também olhar para organismos e associações locais ou internacionais, com a finalidade de se obter outras ideias e comparações com suas ambições.

Nessa etapa conceitual deve ser feita uma avaliação das ideias que podem funcionar para implementação da Rua Saudável, sendo o momento correto de pensar em quais atividades serão mais bem empregadas na área, quais os tipos de equipamentos e mobiliários a utilizar, que tipo de plantas serão mais adequadas ao clima e ao ambiente, quais as pessoas farão uso disso, incluindo os comerciantes e as demais pessoas que passam por ali.

Boas ferramentas que podem auxiliar na elaboração da fase conceitual são o *brainstorming*[4], *benchmarking*[5] e *SWOT Analysis*[6].

Outras ferramentas que contribuem nessa etapa são as medidas qualitativas e quantitativas, as quais lidam com dados que podem ser observados e/ou medidos. Com relação às medidas qualitativas, deve-se preparar algumas questões para as pessoas que transitam pela rua em que se pretende implantar o conceito de Ruas Saudáveis. No caso das medidas quantitativas, deve-se pensar nas situações que podem ser quantificadas, como por exemplo o nível do ruído produzido, o número de pedestres, de ciclistas e de automóveis que usam a rua objeto do estudo.

Para a coleta dos dados, é possível fazer uso de plataformas eletrônicas disponíveis na internet, as quais oferecem diversas e úteis pesquisas, sendo importantíssimo a profundidade das informações a se obter.

4 Discussão em grupo para produzir ideias ou resolver problemas.

5 Avaliação comparativa de melhores práticas.

6 Análise dos pontos fortes e fracos, além das oportunidades e ameaças.

A finalização dessa etapa deve trazer um consenso na escolha da melhor ideia de implementação de uma Rua Saudável, conforme dito anteriormente, de acordo com cada caso específico, e partindo-se para a terceira etapa que tratará do envolvimento das pessoas, as respostas às mais diferentes questões devem ser pensadas e discutidas previamente no grupo multidisciplinar.

Envolvimento da Comunidade

É chegada a hora de envolver a comunidade (moradores, usuários e os comerciantes), discutindo as ideias propostas com o maior número de pessoas possível, independente de idade ou habilidade. Como todo bom processo de comunicação, esse deve ter duas vias, ou seja, transmitir as informações importantes para os atores envolvidos e estar aberto a novas ideias que possam incorporar-se ao planejamento elaborado, através dos pontos de vista e perspectivas dessa comunidade-alvo.

Dentre as opções de envolvimento da comunidade, o fator comunicação é primordial e há maneiras para fazê-lo, podendo ser em conversas pessoais ou em grupos, por meio do uso de pesquisas antecipadamente preparadas e executadas, através de uma reunião geral de lançamento do projeto ou ainda por canais de mídia, como jornal do bairro, redes sociais ou a criação de um canal específico na internet.

Ao preparar o projeto para apresentação da comunidade, tenha certeza de que conhece de fato a área na qual se pretende intervir, desde a existência ou não de algum parque ou área de lazer, até os bares, restaurantes, lojas, calçadas e vias. Para a reunião é importante trazer alguns auxílios visuais, principalmente fotos dos locais que serão afetados, pois fica mais fácil da comunidade entender exatamente do que está se falando e propondo.

Outros fatores importantes na comunicação com a comunidade é a transparência e viabilidade do que se propõe, sem esquecer de alertar para os riscos envolvidos, como tempo de intervenção, custos, transtornos temporários que toda alteração e obras civis trazem consigo. Ao abordar a questão dos riscos, é mais incisivo mostrar a análise de risco realizada pelo grupo de trabalho, pormenorizando ações de maior impacto.

Outro fator relevante para atrair e convencer a comunidade é utilizar exemplos de intervenções bem-sucedidas, através de fatos, histórias e, se possível, depoimentos de outras comunidades que passaram pelo processo de implantação de Ruas Saudáveis. Isso ajudará as pessoas a se envolverem e se sentirem orgulhosas da transformação em suas áreas.

A seguir, são apresentadas algumas questões que podem servir de orientação para criar uma pesquisa efetiva e abrangente, onde os atores envolvidos tenham a oportunidade de se expressar numa etapa inicial e ao mesmo tempo começar a fazer parte do projeto. A pesquisa basicamente divide-se em três partes: a primeira é sobre o perfil dos usuários, a segunda é relativa às características da rua e a parte final está ligada ao nível de satisfação dos usuários com a condição atual da referida rua (BAISCH, 2017).

1ª parte – Perfil dos usuários:

- Nome do usuário (não obrigatório identificar-se);
- Faixa de idade (0 a 5; 6 a 12; 13 a 20; 21 a 40; 41 a 60 ou acima de 60);
- Gênero (masculino; feminino; outros);
- Escolaridade (ensino fundamental; ensino médio; ensino superior; pós-graduação);
- Trabalho (sim/não – público; privado; autônomo; aposentado);
- Renda (R$0,00; R$1mil a R$5mil; R$6mil a R$15mil; + R$15mil; não declarar);
- Tem restrição de mobilidade (sim/não – se sim, qual?);
- Atividade física (sedentário; 1 a 2x na semana; 3 a 5x na semana; ativo).

2ª parte – Características da rua:

- Uso da rua (morador; estudante; serviços; trabalho; compras; passagem);
- Meio de transporte (a pé; de bicicleta; coletivo; particular);
- Frequência de uso (diário; 1 a 3x na semana; 1 a 2x no mês; eventual);
- Mora na região (sim/não);
- A rua é fácil de se atravessar/cruzar (sim/não);
- Há coisas para se fazer e ver na rua (sim/não);

3ª parte:

Nesta parte da pesquisa as questões colocadas devem ser respondidas conforme a qualidade percebida pelo usuário, no presente momento, e as avaliações posicionadas entre condição excelente, boa, regular, ruim e péssima. Algumas das características a pesquisar e sem se limitar a estas, podem ser:

- Rua e calçadas;
- Mobiliários (bancos, abrigos, parques ou área de lazer);
- Acessibilidade (piso, faixas de segurança, rampas e sinalizações);

- Áreas para descanso;
- Tipos de comércio;
- Limpeza;
- Iluminação;
- Arborização e jardinagem;
- Segurança;
- Sensação de conforto;
- Nível de ruído;
- Nível de poluição do ar;
- Oferta de transporte coletivo.

Após as respostas de cunho fechado, pode ser requerido uma última questão, nesse caso, uma questão aberta, onde se procura saber qual o nível de conhecimento do entrevistado em relação ao conceito de Ruas Saudáveis e se ele teria participado de outro projeto semelhante. Exemplo de questão aberta: Você poderia dar sua opinião sobre o Projeto Ruas Saudáveis?

Definida a participação e o engajamento da comunidade, a etapa seguinte, a qual busca as aprovações e os recursos necessários, estará respaldada pelo comprometimento das pessoas.

Aprovações e Recursos

Esta etapa do projeto vai depender basicamente da forma como este se desenvolve. Se for conforme o conceito *top down approach*, ficará mais fácil o trabalho de busca por aprovações e recursos, uma vez que a iniciativa parte do poder público e, nesse caso, as pessoas envolvidas direta ou indiretamente com os órgãos responsáveis serão contatadas mais agilmente.

Porém, se o desenvolvimento estiver baseado no conceito *botton up approach*, torna-se mais complexo porque o time deverá saber ou descobrir quem contatar e onde buscar as aprovações nos diferentes órgãos municipais, além de pensar em como obter os recursos ou parte deles.

Dentre os órgãos públicos municipais, podemos citar as Secretarias de Mobilidade e Transporte, da Saúde, Segurança Urbana, do Verde e Meio Ambiente, Urbanismo e Licenciamento, Infraestrutura e Obras, de Planejamento, Esportes e Lazer, entre outras, conforme o nível de exigência do projeto.

As aprovações e recursos não dependem apenas dos órgãos públicos, mas também dos atores envolvidos. É nessa etapa em que os orçamentos se materializam em propostas firmes de compra, onde as mais variadas cotações são negociadas e definidas, os ajustes no projeto arquitetônico são

finalizados, e todos os pontos estudados e propostos no projeto serão incorporados à futura Rua Saudável.

Nesta etapa também é necessário pensar onde serão obtidos os materiais e os serviços, onde adquirir e onde contratá-los, bem como apresentar documentos e informações que comprovem o que foi cotado, a qualidade apropriada e o melhor ou mais barato valor que se pagará. Todo esse trabalho é muito sensível e normalmente alvo de discussões e interesses, uma vez que o controle financeiro pode levantar dúvidas de sua lisura. O time de forma geral deve estar sempre bem preparado e municiado de documentos para esclarecer diferentes questionamentos.

Na aquisição de materiais em geral, desde mobiliários e sinalizações, até as plantas e flores para a jardinagem, é preciso saber se tais materiais são robustos o suficiente, se são duráveis e podem suportar algum tipo de vandalismo. É interessante também saber, se possível, o ciclo de vida dos referidos materiais, principalmente da vegetação, tendo uma previsão ou prognóstico da periodicidade necessária para a sua reposição.

Uma grande variedade de tarefas e responsabilidades estão relacionadas com esta etapa, como dito anteriormente, envolverá todo o time e boa parte dos demais atores. Para organizar e controlar as diversas atividades é importante fazer uso de ferramentas de gerenciamento, principalmente eletrônicas, as quais facilitam e oferecem um dinamismo acentuado para esse trabalho.

Dentre as ferramentas de gerenciamento pode-se destacar o PERT-CPM, que são técnicas respectivas de avaliação e revisão de projetos, e o método de análise do caminho crítico. Uma terceira maneira é utilizando o *Gantt chart*, o qual possibilita, através da visualização rápida em um gráfico de barras, as tarefas a serem executadas e a sequência cronológica entre elas. Outras ferramentas muito comuns para o gerenciamento de projetos são as planilhas eletrônicas Excel e o Project.

Implementação

Uma vez obtidas as aprovações e os recursos necessários para a implementação da Rua Saudável, é chegada a hora de colocar em prática o que foi planejado. Lembrando que o uso das ferramentas de gerenciamento mencionados na etapa anterior são fundamentais.

Normalmente, os projetos bem executados são suportados por uma variedade de grandes profissionais em seus ramos de atuação, como engenheiros, arquitetos, paisagistas, urbanistas, entre outros. Envolver esse

material humano no time tem grande chance de obter um projeto com qualidade, bem executado e exitoso.

O trabalho conjunto entre o grupo multidisciplinar e todos os outros atores é essencial para atravessar o período das obras, em que todos serão afetados pelas intervenções, uns mais do que outros, porém em maior ou menor escala toda a comunidade será atingida. A forma como serão afetados está diretamente relacionado com o tamanho e tempo da implementação, com a complexidade e o grau de utilização que a rua poderá oferecer (se poderá oferecer), ou se deverá ter o seu uso interrompido parcial ou totalmente.

Do início ao fim das intervenções, é necessário manter o cronograma sempre atualizado e disponível para correções e/ou alterações, as quais normalmente podem ocorrer em obras civis. O cronograma é de senso comum, ou seja, toda a comunidade acompanhará a execução e seu andamento e, portanto, devem ter acesso a ele.

Nesta etapa, o fator comunicação é de grande relevância, para isso o grupo de trabalho deverá disponibilizar informações constantes à comunidade e a outros usuários eventuais da referida rua. A comunicação pode ser feita por diversos meios, conforme mencionado na etapa 3 de envolvimento da comunidade. As informações devem abranger os detalhes financeiros, as datas e prazos, as interrupções da rua, as mudanças no trânsito e qualquer outro fator que possa afetar as pessoas e o comércio. Dentre as informações que devem ficar disponíveis, consideram-se também os fatores sinalizações, tanto a sinalização viária, como aquelas no local das obras em si.

Para a etapa de implementação, deve-se elaborar um sistema de medição e avaliação. Certifique-se de que o sistema de medição seja capaz de confirmar que as características do projeto atendem às especificações de engenharia e as legislações vigentes. Ao mesmo tempo, o fator qualidade precisa ser medido e avaliado, confrontando com o que foi planejado e contratado. A evolução satisfatória do trabalho de implementação será eficaz se utilizar sistemas de medição que consigam comparar de fato o progresso realizado.

Riscos, correções e/ou alterações são inerentes aos processos de execução de obras, porém um plano de contenção de possíveis riscos deve ser elaborado com antecedência, sendo realista e abrangente. Um método de detecção, identificação e classificação de riscos dentro de um projeto é um documento vivo e deve ser atualizado durante todo o projeto. A análise do risco não pode garantir que haverá ou não problemas na implementação, mas certamente auxiliará a mitigar tais situações e construir alternativas.

Cada projeto de implementação de Rua Saudável é único e assim deve ser apresentado à comunidade, enfatizando que essa intervenção irá fazê-los se sentir melhor e mais orgulhosos da rua em que vivem. Além desses sentimentos, a atratividade que a rua proporcionará poderá e deverá trazer um ganho considerável para a saúde daqueles que fizerem uso desse espaço renovado.

Por fim, ao criar um projeto para Ruas Saudáveis, pense sobre seu efeito no ambiente. Em muitos estudos de caso, os benefícios positivos dos projetos foram aumentados, graças ao foco na melhoria da consciência ambiental e da prática sustentável.

O projeto como um todo está chegando ao final, entretanto, não se pode esquecer a última etapa, na qual se analisa tudo que foi trabalhado e principalmente o que precisa ser usado na preservação e bom funcionamento da rua.

Acompanhamento e Manutenção

Durante todo o processo de implementação da Rua Saudável, deve-se documentar cada etapa, isso pode ser feito através de fotos, mostrando o antes e o depois, através de vídeos com lapsos de tempo das referidas etapas, ou ainda por meio de coleta de dados, desenhos e documentos, que possam lembrar do que foi realizado e como o projeto transformou o espaço arquitetônico. Esse tipo de atitude poderá ajudar a outras comunidades no futuro, que tenham intenção de incorporar o conceito de Ruas Saudáveis e aprender com o sucesso conquistado, ou mesmo com os erros e dificuldades vivenciadas.

Para se determinar o quão exitoso foi ou está sendo a intervenção na rua, deve-se usar de indicadores que comparem o antes e depois, junto aos interessados, no caso a comunidade, os comerciantes e demais usuários da tal rua. Essa comparação através dos indicadores deve ser feita constantemente, em intervalos de tempo não superiores a um ano.

Com relação a que tipo de indicadores usar, pode-se tomar como base o mesmo conteúdo da pesquisa que mediu a satisfação dos usuários no início do projeto, ou ainda fazer uso de indicadores consagrados, como os propostos por Lucy Saunders (LONDON, 2018), conforme abordado no início deste capítulo.

Outra forma de se medir o sucesso e manter um histórico do que foi realizado é preparar um estudo com as lições aprendidas. Isso pode ser feito organizando uma reunião ou *workshop* entre os membros do grupo, juntamente com outros parceiros, tais como fornecedores, prestadores de

serviços e aqueles que tiveram participação direta na implementação da Rua Saudável.

Idealmente esse evento deve ser realizado logo após a conclusão do projeto, enquanto as ideias e fatos estão presentes nas mentes das pessoas. Uma sugestão para esse tipo de reunião é que os participantes venham com espírito desarmado e dispostos a contribuir de maneira crítica e positiva.

Com relação à manutenção da Rua Saudável e todas as suas intervenções — mobiliários, jardins, pinturas, sinalizações, iluminação e a limpeza — é fundamental que a comunidade se envolva nesse trabalho profundamente, sem exceções. Essa tarefa não pode ficar nas mãos do poder público apenas. Será mais fácil manter limpo e arrumado do que ter que ficar limpando sempre.

CONCLUSÕES

Este capítulo buscou compreender o que são Ruas Saudáveis, onde estão sendo aplicadas, como fazer para implementá-las, a que tipo de público se destinam, quais os efeitos positivos e negativos relacionados, qual a percepção das autoridades e das comunidades e quais os resultados podem ser alcançados para o meio ambiente e para saúde da população envolvida.

São inúmeros os exemplos em que a implementação de Ruas Saudáveis trouxe de fato grandes benefícios à sociedade e ao meio ambiente. Pode-se confirmar o aumento da atividade física em áreas onde o projeto foi integrado, já que as pessoas, em função da atratividade maior oferecida pelas novas ruas, passaram a se exercitar mais, a se relacionarem com maior intensidade. E, com a consequente diminuição do uso de transporte motorizado, especialmente o automóvel, houve ganho ambiental considerável pela diminuição das poluições do ar e sonora.

Outra parte importante da pesquisa foi entender as razões e as causas dos sucessos e insucessos nas diferentes aplicações. Aqui também ficou evidenciado que os atores envolvidos têm relevância total, para ambas as situações, êxito ou fracasso. O nível de comprometimento e a participação da comunidade, juntamente com os comerciantes e as autoridades públicas, definem o resultado ao se implementar uma Rua Saudável.

Por fim, a pesquisa mostrou caminhos que tornaram exequível preparar um guia capaz de orientar as pessoas em um processo de criação de Ruas Saudáveis, através de seis etapas conectadas, dispostas numa sequência lógica, como em execuções de projetos em diferentes áreas profissionais, com uma forma prática e de assimilação por diferentes níveis intelectuais.

Cada etapa estabelece os passos a serem cumpridos, as pessoas encarregadas, os recursos materiais e humanos, os prazos e custos, sem esque-

cer das aprovações a que toda obra está sujeita, dentro das leis em vigor, principalmente no caso que tratam do uso do solo.

Dentre as conclusões a que se podem chegar por meio desta pesquisa, seguramente a mais importante é a de que transformar ruas de nossos bairros e de nossas cidades em algo realmente atrativo e catalizador da mudança de comportamentos tornará as pessoas menos sedentárias, mais ativas e saudáveis, contribuindo para a preservação ambiental e o nível geral de satisfação da sociedade.

A entrega de Ruas Saudáveis traz enormes benefícios sociais, econômicos e ambientais. Não é de se admirar que cidades de todo o mundo estejam adotando uma abordagem semelhante enquanto lutam com os custos do congestionamento, poluição do ar e estilos de vida sedentários que acompanham a crescente dependência do carro (PLOWDEN, 2020).

O estudo buscou apresentar uma estrutura de análise dos diferentes conceitos que estão sendo difundidos aqui no Brasil e no exterior, além de caracterizar e identificar problemas, definindo os fatores indispensáveis para futuras implementações exitosas.

Como recomendação final desta pesquisa, fica a ação de levar ao conhecimento das autoridades e de partidos políticos influentes tal conceito, a importância e os benefícios que as Ruas Saudáveis trarão à sociedade, às cidades e ao meio ambiente. Introduzir de fato em nosso país essas ruas, criará modos de vida igualmente saudáveis e sustentáveis.

REFERÊNCIAS

BAISCH, L. F. *Ruas completas:* uma oportunidade para a aproximação entre prefeituras e universidades. Salvador: UNIFACS Bahia; Fundação Mário Leal Ferreira, 2017.

CURITIBA - PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA. *Secretaria Municipal de Comunicação Social*. 2020. Disponível em: https://www.curitiba.pr.gov.br. Acesso em: 02 abr. 2021.

FNP - FRENTE NACIONAL DE PREFEITOS. Frente Nacional de Prefeitos. 2021. Disponível em: https://www.fnp.org.br/. Acesso em: 02 abr. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. *População do Brasil, 2020*. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/. Acesso em: 19 nov. 2021.

JORNAL CORREIO. *Correio 24 horas.* 2020. Disponível em: https://www.correio24horas.com.br. Acesso em: 09 nov. 2020.

JORNAL TRIBUNA. *Tribuna de Minas*. 2021. Disponível em: https://tribunademinas.com.br. Acesso em: 05 abr. 2021.

LONDON. Transport for London. *Guide to the Healthy Streets Indicators.* Delivering the Healthy Streets Approach. 2017a. https://content.tfl.gov.uk/guide-to-the-healthy-streets-indicators.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

LONDON. Transport for London. *Healthy Streets for London.* Prioritizing walking, cycling and public transport to create a healthy city. 2017b. Disponível em: https://content.tfl.gov.uk/healthy-streets-for-london.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

LONDON. Transport for London. *Small Change, Big Impact.* A practical guide to changing London's public spaces. 2017c. Disponível em: https://content.tfl.gov.uk/small-change-big-impact.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

LONDON. Transport for London. *Mayor's Transport strategy.* Mar. 2018. Disponível em: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/mayors-transport-strategy-2018.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

MCCANN, B. *Completing Our Streets. The Transition to Safe and Inclusive Transportation Networks.* Island Press: Washington DC, 2013.

PLOWDEN, B. Creating healthy streets for sustainable cities – delivering public health benefits through redesigning London's streets. *Cities & Health,* New York, v. 4, n. 2, p. 156-161, 2020. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23748834.2019.1685852. Acesso em: 10 jan. 2022.

ROSTO DA CIDADE. Projeto Rosto da Cidade: uma ação para resgatar a história e a identidade de Curitiba. 2021. Disponível em https://www.curitiba.pr.gov.br/rostodacidade Acesso em: 02 abr. 2021.

SAUNDERS, L., BOST B. Healthy Streets Survey. *Transport for London,* 2018. Disponível em: https://content.tfl.gov.uk/healthy-streets-surveys.pdf. Acesso em: 10 jan. 2022.

SAUNDERS, L. Healthy Streets Explained. *Healthy Streets,* 2020. Disponível em: https://www.healthystreets.com/resources. Acesso em: 17 mar. 2021.

SJC - SÃO JOSÉ DOS CAMPOS. Prefeitura Municipal de São José dos Campos. 2021. Disponível em: https://www.sjc.sp.gov.br. Acesso em: 10 mar. 2021.

WRI BRASIL. WRI Brasil, 2021. Disponível em: https://wribrasil.org.br/pt. Acesso em 11 jan. 2022.

14 Movimentos sociais de resistência ao cenário de insegurança alimentar e fome no contexto da pandemia de Covid-19[1]

Nilton Santos Stanguini
Nathália César Nunes
Ana Maria Bertolini
Gabriela Marques Di Giulio

INTRODUÇÃO

Considerado o segundo país mais desigual do mundo em distribuição de renda, o Brasil é pautado por inúmeras assimetrias em todo seu território (PNUD, 2019). Essas assimetrias têm um caráter histórico e dizem respeito a relações coloniais e neocoloniais, ao racismo, à desigualdade econômica regional, ao processo de urbanização e suas formas de empobrecimento, à consolidação de modelos de gênero vinculados ao capitalismo, à geografia de todo território brasileiro, a fatores socioculturais, entre outras questões. Essas desigualdades, e suas articulações e reverberações, são postas em evidência nas diversas notícias sobre a disseminação da pandemia de Covid-19, desde março de 2020, destacadas também pela maneira nada uniforme que ela vem impactando a população brasileira (CAETANO et al., 2020), agravando o cenário da fome no país.

1 Este capítulo tem como base a dissertação do primeiro autor. STANGUINI, Nilton Santos. Movimentos sociais, políticas públicas de alimentação e nutrição e acesso ao direito humano à alimentação adequada no contexto da pandemia de Covid-19: um estudo no município de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Assim, entendendo a importância da discussão sobre a vulnerabilidade de grupos específicos e como estas populações estão morrendo na, e sobrevivendo à, pandemia de Covid-19, este capítulo tem como objetivo difundir a relevância das políticas públicas de alimentação e nutrição bem como de ações coletivas que emergem para a garantia do direito humano à alimentação adequada (DHAA), sobretudo em contextos de graves crises, como a pandemia de Covid-19, que acentuam os riscos aos quais populações que vivem em vulnerabilidade social estão expostas.

As discussões e reflexões trazidas neste capítulo foram desenvolvidas por meio de pesquisa bibliográfica e documental sobre os temas segurança alimentar e nutricional (SAN), pandemia de Covid-19, políticas públicas de alimentação e nutrição, movimentos sociais e sustentabilidade, com foco no contexto brasileiro e, sobretudo, a partir de experiências vivenciadas no município de São Paulo. A capital paulista vem apresentando um aumento de grupos populacionais que vivem em vulnerabilidade social. De acordo com o último censo realizado pela prefeitura, entre os anos de 2019 e 2021, o contingente em situação de rua passou de 24.344 para 31.884 pessoas. Com este aumento, o quantitativo da população em situação de rua na capital ultrapassou a população total de quase 70% das cidades paulistas. A pesquisa também evidenciou que o número de "moradias improvisadas", ou seja, barracas instaladas nas ruas da cidade aumentou 330% quando comparado com o último censo realizado em 2019 (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2022). A desigualdade em distribuição de renda também faz com que São Paulo seja a cidade com maior número de favelas do país, com mais de dois milhões de pessoas vivendo nessa condição (CARTA CAPITAL, 2018). Essa realidade tem reverberações na alimentação da população. No final do ano de 2021, funcionários de postos de saúde do município de São Paulo relataram que muitos pacientes estavam em situação de extrema vulnerabilidade, pedindo doações de alimentos nos postos alegando que não comiam há dias (ZANATTA, 2021).

O capítulo está estruturado em quatro seções, incluindo esta introdução. Temos a seção "Insegurança alimentar: avanços e retrocessos nas políticas públicas de alimentação e nutrição no Brasil" em que são apresentados o cenário atual de Insegurança Alimentar e um breve histórico dos avanços e retrocessos em políticas públicas de alimentação e nutrição no Brasil. Na outra seção, são apresentadas ações coletivas que contribuem para a SAN da população, sobretudo de grupos que estão em condições de vulnerabilidade, agravadas pela pandemia de Covid-19. É relatada também a experiência local vivenciada pelo movimento social Fazendinhando, no

município de São Paulo, que tem ganhado novos contornos e expressão ao longo da pandemia de Covid-19, com atuação focada na qualidade de vida da população local e seu entorno. E na última seção, busca-se construir um diálogo entre movimentos sociais e as interfaces entre SAN e sustentabilidade, na perspectiva de lançar luz sobre a importância dessas experiências que (re)emergem numa lógica participativa e integrativa, com ações focadas na minimização dos impactos à SAN no contexto de desmontes e invisibilização de populações periféricas e vulneráveis socioeconomicamente.

INSEGURANÇA ALIMENTAR: AVANÇOS E RETROCESSOS NAS POLÍTICAS PÚBLICAS DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO NO BRASIL

O primeiro documento que traz avaliação global sobre a insegurança alimentar e nutricional referente ao ano de 2020, quando o mundo se depara com as graves consequências da pandemia de Covid-19, é o relatório "O Estado da Insegurança Alimentar e Nutrição no Mundo (SOFI) 2021". No documento, há uma projeção de que 720 a 811 milhões de pessoas conviveram com a fome no período analisado, o que representa um aumento de 161 milhões de pessoas nessa situação, quando comparado ao relatório do ano anterior (FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2021).

Analisando a realidade brasileira, recente pesquisa realizada pela Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional - Rede PENSSAN e intitulada de "O Inquérito nacional sobre insegurança alimentar no contexto da pandemia da Covid-19 no Brasil" revelou um cenário grave e que merece atenção da saúde pública. Os resultados mostraram que mais da metade das pessoas nos domicílios entrevistados (55,2%) encontravam-se em algum grau de insegurança alimentar em dezembro de 2020. Além disso, e ainda mais grave, 9% da população conviviam com insegurança alimentar grave, ou seja, em números absolutos, aproximadamente 19 milhões de brasileiros estavam passando fome no período de realização da pesquisa (REDE PENSSAN, 2021).

Em relação ao inquérito, é importante destacar que ele foi realizado em dezembro de 2020, quando o auxílio emergencial do governo federal estava em vigor no país, com o valor de R$ 600,00. No ano de 2021, durante os meses de janeiro a março, o auxílio esteve suspenso, sendo restabelecido somente em abril com valores menores e escalonados de R$ 150,00 a 375,00 (CEF, 2021), agravando ainda mais a situação de insegurança alimentar já verificada nacionalmente no ano anterior.

Com um olhar voltado para as populações em situação de vulnerabilidade social e que vivem em favelas no país, uma pesquisa realizada pelo Instituto Data Favela, em parceria com a Cufa Brasil, em 2021, demonstrou que 68% das pessoas não tiveram dinheiro para comprar comida, por pelo menos um dia, nas semanas que antecederam a pesquisa. Outro fato que o estudo revelou foi que a média de refeições diárias nessa população reduziu de 2,4, em fevereiro de 2020, para 1,9, em fevereiro de 2021 (QUINTENELLA, 2021).

Olhar para essa problemática numa perspectiva histórica nos leva a refletir e reconhecer que o país já experimentou outras formas de fazer e cuidar da SAN da população. Nas duas últimas décadas, quando o tema foi prioridade de governo, houve o fortalecimento e a elaboração de um conjunto de políticas públicas que levaram o Brasil a ser reconhecido internacionalmente no combate à pobreza e à fome, culminando, inclusive, com a sua retirada do Mapa da Fome no ano de 2014 (FAO, 2014; RIBEIRO-SILVA et al., 2020; ZAGO, 2021).

O Relatório "O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil: um retrato multidimensional", publicado em 2014, discute as estratégias de governança que foram adotadas para o sucesso do país no passado. O documento sintetiza quatro eixos de ações que ocorreram devido às políticas estruturais que visavam ao combate direto da fome e da pobreza extrema, especialmente entre os grupos de população mais vulneráveis: acesso aos alimentos; fortalecimento da agricultura familiar; geração de renda; articulação, mobilização e controle social (FAO, 2014).

Essa priorização permitiu os avanços na agenda da alimentação e a consolidação do DHAA no ordenamento jurídico do país por meio da Emenda Constitucional 64 de 2010. O conceito com uma visão ampliada de SAN no Brasil foi proposto em 2006, com a publicação da lei orgânica de segurança alimentar e nutricional (JAIME, 2019), endossando que:

> A Segurança Alimentar e Nutricional consiste na realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde que respeitem a diversidade cultural e que sejam ambiental, cultural, econômica e socialmente sustentáveis (BRASIL, 2006).

Importante destacar que no Brasil e no mundo os conceitos de SAN e DHAA estão cada vez mais próximos, sendo necessária a adoção de mecanismos de exigibilidade para que esse direito seja atingido na sociedade

(LEÃO, 2013). As autoras Guerra, Mancuso e Bezerra (2019, p. 3373) trazem os textos expressos em documentos internacionais da Organização das Nações Unidas:

> O direito à alimentação adequada realiza-se quando cada homem, mulher e criança, sozinho ou em companhia de outros, tem acesso físico e econômico, ininterruptamente, à alimentação adequada ou aos meios para sua obtenção. O direito à alimentação adequada não deverá, portanto, ser interpretado em um sentido estrito ou restritivo, que o equaciona em termos de um pacote mínimo de calorias, proteínas e outros nutrientes específicos. O direito à alimentação adequada terá de ser resolvido de maneira progressiva. No entanto, os Estados têm a obrigação precípua de implementar as ações necessárias para mitigar e aliviar a fome mesmo em épocas de desastres, naturais ou não.

A lei orgânica de segurança alimentar e nutricional, publicada em 2006, criou no país o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (SISAN) que tem por objetivos: formular e implementar políticas e planos de SAN; estimular integração do governo e sociedade civil e promover o acompanhamento, o monitoramento e a avaliação.

Para implementação e execução do sistema, foi previsto um modelo de política intersetorial para dar conta das discussões desse assunto complexo. Neste sentido, a Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional, em parceria com o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, teria como papel central coordenar e elaborar o Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, que se constitui como ferramenta de planejamento, gestão e execução da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (GARCIA; RECINE, 2014).

Segundo Vasconcellos e Moura (2018), os Estados e Municípios não têm a obrigação de estabelecer a mesma composição institucional do nível federal, porém, há orientação para criação de estruturas subnacionais similares a do SISAN. No estudo realizado pelas autoras, foi verificado que no ano de 2014 todas as Unidades Federativas contavam com estruturas voltadas para políticas de alimentação.

Porém, no campo da SAN, o país vem sofrendo uma política de desmantelamento nos últimos anos, manifestada em frequentes ataques, cortes orçamentários e desmontes das instituições fundadas com esse objetivo (FLEURY; MENEZES, 2020). A Emenda Constitucional 95 de 2016, que estabelece um teto de gasto público com proteção social, e a extinção do Conselho de Segurança Alimentar e Nutricional, logo na primeira medida provisória de número 870/2019 do atual governo federal, são exemplos

claros desse desmonte (RECINE et al., 2020). Dentre as decisões políticas recentes que evidenciam o desmonte do sistema de segurança alimentar no país, é preciso citar a Medida Provisória de número 1061/21 que extingue o Programa Bolsa família e o Programa de Aquisição de Alimentos, dois programas reconhecidamente importantes para que o Brasil saísse do Mapa da Fome em 2014.

MOVIMENTOS SOCIAIS E A RESISTÊNCIA AO CENÁRIO DE FOME INSTALADO

Para tratar sobre a importância dos movimentos sociais na busca de direitos, é preciso resgatar a participação popular em um momento histórico no Brasil: a promulgação da Constituição Brasileira, em 05 de outubro de 1988. Este marco representa a redemocratização do país. Para Fachin e Pagliarini (2018), é inquestionável a participação dos movimentos sociais nesse processo que foi marcado por muita luta no âmbito da Assembleia Constituinte para criar e garantir direitos para toda a população. Os autores discutem a importância desses movimentos antes e durante a promulgação e destacam os seguintes grupos que foram organizados: clubes de mães, movimentos dos favelados, comunidades eclesiais de base, movimentos do custo de vida, movimentos contra a carestia, movimentos pela saúde, movimentos pelo emprego, movimentos sindicalistas, entre outros.

Contudo, após três décadas da publicação da chamada constituição cidadã, não há dúvidas de que vivemos tempos difíceis, de muitas necessidades, de uma sociedade em que predomina uma imensa crise de responsabilidades e em que os direitos constitucionais são frequentemente violados, revelando novamente a importância do engajamento dos movimentos sociais (CALIXTO; CARVALHO, 2020; TONETTO, 2020). Em uma reflexão sobre a situação atual do país, Maluf (2020) afirma que a crise sanitária, acrescida das questões alimentares e econômicas, pode se tornar uma tragédia humanitária, visto que o enfrentamento desses problemas é marcado por negligência, irresponsabilidades, ausência de coordenação e sobreposição de interesses negociais. O autor chama a atenção para a relevância de pesquisas em segurança alimentar no contexto da pandemia de Covid-19, em particular sobre a atuação da Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional (REDE PENSSAN). Destaca, ainda, a necessidade de diálogo e articulação entre a universidade em seus campos de pesquisa, ensino e extensão com as organizações e movimentos sociais que buscam não apenas a segurança alimentar e nutricional e o direito hu-

mano à alimentação adequada, como também outras questões que afetam a vida da sociedade em geral, inclusive a própria produção do conhecimento.

Diante do atual desmonte de políticas de proteção social e da inércia do governo federal no combate à fome no país, violando diversos direitos constitucionais, movimentos sociais em centros urbanos podem ser compreendidos como potentes formas de resistência, sobretudo em regiões de alta vulnerabilidade social, reforçando os princípios norteadores da abordagem defendida pelo educador e filósofo Paulo Freire: "transformar a realidade opressora é tarefa histórica de todos os homens" (FREIRE, 1987, p. 20).

A organização desses movimentos sociais envolve um trabalho coletivo com múltiplas dimensões. Em comum, esses movimentos requerem organização interna para tomada de decisão sobre as doações; mapeamento e cadastramento das famílias necessitadas; acionamento das redes de contatos para possíveis parcerias; organização para recebimento das doações e distribuição dos alimentos, adotando medidas para evitar aglomeração; e ainda, prestação de contas (FLEURY; MENEZES, 2020).

A Ação Cidadania é um importante exemplo de movimento social e de abrangência nacional. Fundada por Hebert de Souza, o Betinho, em 1993, para lutar pela erradicação da fome e da miséria no Brasil, alcançou importantes conquistas que contribuíram para a saída do Brasil do Mapa da Fome em 2014, como: a criação dos restaurantes populares e do Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, a execução do Programa Fome Zero, a criação do Cadastro Único de Políticas Sociais e o aumento da cobertura dos programas de transferência de renda. Atualmente, foi lançada a Agenda Betinho com objetivo de contribuir para a garantia, desenvolvimento e fortalecimento das políticas públicas municipais de SAN em todo Brasil. A agenda é destinada aos governantes, aos prefeitos e sociedade civil organizada e apresenta propostas divididas em quatro áreas: Produção e abastecimento de alimentos saudáveis; acesso à alimentação saudável; fortalecimento do SISAN e educação alimentar e nutricional (AÇÃO DA CIDADANIA, 2021). Na emergência sanitária de Covid-19, a Ação Cidadania traz toda sua capacidade de articulação e, com as campanhas "#Natalsemfome" e "#Açãocontraocorona", conseguiu apoiar, aproximadamente, 4 milhões de pessoas com distribuição de 10.000.000 quilos de alimentos, o que equivale a 50 milhões de pratos de comida, isso apenas no ano de 2020.

Outro importante movimento social que abrange todo território nacional é o Mães da Favela. Idealizado pela Central Única das Favelas (CUFA Brasil), em parceria com a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), e tendo algumas empresas

privadas como patrocinadoras e parceiras, o projeto abriu um fundo solidário, ou seja, uma campanha de arrecadação de dinheiro para doar cestas básicas físicas e cestas digitais (vale no valor de R$ 100,00) para mães solo moradoras das 5 mil favelas que a CUFA já atendia antes da pandemia de Covid-19. No total, até o final de 2021, esse movimento conseguiu ajudar 3.663.800 famílias por todo Brasil. Esse fundo solidário permanece arrecadando doações, e objetiva ajudar um número ainda maior de famílias no futuro (MÃES DA FAVELA, 2021).

No município de São Paulo também há exemplos de movimentos que atuam para a transformação social, como SP Invisível e Casa Ecoativa, que em comum ajustaram seus objetivos e formas de atuação para atenderem as demandas emergenciais diante da crise sanitária. Outro movimento de destacada atuação social no contexto da Covid-19 é o projeto Fazendinhando, cuja atuação solidária e participativa e as vivências experimentadas pelos seus integrantes são objetos de estudos conduzidos na Faculdade de Saúde Pública da USP[2], possibilitando importantes reflexões sobre as interações entre segurança alimentar, movimentos sociais e sustentabilidade.

O SP Invisível é uma organização não governamental (ONG) focada na conscientização social que busca transformar a vida de pessoas em situação de rua. O projeto surgiu em 2014, quando seus fundadores receberam o convite para fotografar as invisibilidades da cidade de São Paulo. Desde então, eles objetivam ouvir as histórias das pessoas em situação de rua, na perspectiva de quebrar os paradigmas do preconceito e lutar pela voz dessas pessoas. Por meio de uma campanha de financiamento coletivo, eles arrecadam dinheiro e doam roupas, itens de higiene e alimentos para as pessoas em situações de rua em diversas entregas feitas durante o ano, principalmente, em datas comemorativas como Páscoa, Natal, Dia das Mães, dentre outras. Durante a pandemia de Covid-19, o projeto distribuiu lanches e kits de higiene para a população em situação de rua e, no inverno de 2021, realizou a campanha Inverno Invisível, distribuindo mais de 14 mil kits que incluíam moletons do projeto (SP INVISÍVEL, 2022).

A Casa Ecoativa é um centro eco cultural localizado na Ilha do Bororé, no distrito do Grajaú, zona sul da capital, que fica a cerca de 30 km do centro da cidade. A Ilha do Bororé, que é na verdade uma península

2 Os títulos dos estudos citados e desenvolvidos dentro de uma perspectiva participativa junto aos atores locais do Movimento Fazendinhando são: "Aspectos alimentares e socioculturais: uma etnografia na favela do Jardim Colombo" e "Políticas públicas de alimentação e nutrição e acesso ao direito humano à alimentação adequada no contexto da Pandemia de Covid-19: um estudo no município de São Paulo, SP."

pois um de seus lados possui ligação com o continente, fica às margens da represa Billings. Dessa forma, a maneira mais comum de acessá-la é através da balsa que sai do Grajaú. Em relação à caracterização do local, nota-se o contraste entre o avanço da urbanização e do adensamento populacional, representado pelo distrito do Grajaú, e a resistência e manutenção de características predominantemente rurais e da baixa densidade demográfica na Ilha do Bororé (SESC, 2021).

O extremo sul de São Paulo, onde localiza-se a Casa Ecoativa, é um local de grande vulnerabilidade socioeconômica que, ao mesmo tempo, tem papel estratégico para a metrópole, tendo em vista a produção de energia, provisão de água e produção de alimentos, e preservação ambiental, já que ali está a Área de Proteção Ambiental (APA) Bororé-Colônia. O viés preservacionista e de respeito ao território foi mantido pelos moradores da região, que ocuparam a Casa Ecoativa com o objetivo de manter um local de encontro para debater questões ligadas à preservação local e reivindicação de direitos sociais básicos (SESC, 2021).

Hoje, a Casa Ecoativa é definida como um centro eco cultural onde se reúnem coletivos, grupos, organizações, escolas e projetos vinculados à Universidade de São Paulo, com o objetivo de desenvolver atividades, ações e projetos culturais e socioambientais por meio de práticas sustentáveis e da educação popular participativa. A filosofia que embasa as ações desenvolvidas é a permacultura, ou seja, o desenvolvimento de tecnologias capazes de suprir as necessidades básicas dos seres humanos a partir da utilização sustentável e racional dos recursos naturais. Algumas tecnologias aplicadas e utilizadas no local são: a captação da chuva para reuso, banheiros secos, sistemas de saneamento ecológico, mobiliário de reuso, bicicletário de pallet, painéis com tinta de terra, entre outros (CASA ECOATIVA, 2021; SESC, 2021).

Dentre as ações desenvolvidas, destacam-se ainda aquelas voltadas à alimentação. Na Casa Ecoativa, entre as paredes grafitadas e os espaços de produção de alimentos de forma agroecológica, funciona uma cozinha comunitária. A produção local de alimentos fomenta os pequenos circuitos de alimentação a partir da preparação de refeições saborosas, de baixo custo, sem desperdício e utilizando os ingredientes locais. Segundo informações do Projeto Itinerários de Resistência, do Sesc São Paulo (2021), diversas ações são desenvolvidas a partir da cozinha comunitária, como o projeto "O Que Cabe no Meu Prato", que propõe a reflexão sobre temas políticos ambientais e de autocuidado a partir de uma alimentação à base de vegetais; a ação das cozinheiras conhecida como "Cozinha Amara", que une a produção de refeições saudáveis à garantia de renda das mulheres que par-

ticipam do projeto; e o projeto "Lu RecicLAlimentos" que atua com formas de diminuir o desperdício de alimentos.

Durante a emergência sanitária da Covid-19, as atividades da Casa Ecoativa precisaram mudar de conformação para garantir o distanciamento social e a menor disseminação do vírus. Durante esse período, parcerias antigas foram fortalecidas e novas ações foram desenvolvidas. Uma delas, por exemplo, envolve uma parceria com a Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, que teve como desdobramento a criação do Projeto "Bororé ao Mundo", que busca tornar mais acessíveis, por meio de narrativas imagéticas, a memória, os modos de vida e a herança das gerações locais, representadas pelas adolescentes que moram na região. Também foram confeccionadas máscaras de pano pelos coletivos de mulheres, costureiras e artesãs da ilha, para distribuição gratuitamente, em parceria com a Associação de Moradores da Ilha do Bororé. Essa associação também atuou de forma emergencial durante a pandemia, recebendo e distribuindo alimentos e produtos de higiene para famílias em situação de vulnerabilidade socioeconômica na região (CASA ECOATIVA, 2021).

O Fazendinhando é um instituto de transformação territorial, cultural e social em territórios vulneráveis, feito por e para os moradores, por meio da recuperação de espaços públicos e moradias, ações de arte e cultura, qualificação profissional e empreendedorismo social. Criado em 2012, na perspectiva de promover atividades realizadas na União Educacional e Esportiva do Jardim Colombo, efetivamente ganhou força em 2017, quando por meio dos esforços das lideranças o instituto para envolver a população foram realizadas ações para transformar um antigo depósito de lixo (Figura 1), único terreno vazio na região e com declive acentuado, em uma praça e um espaço de convivência. Segundo relatos da cofundadora do instituto, grande parte da dificuldade em conseguir a participação social ocorre por conta da descrença da população local que já recebeu muitas promessas ainda não cumpridas, principalmente, por parte do poder público. O Fazendinhando buscava, ainda, contribuir para que as crianças e jovens se engajassem nas atividades do projeto evitando, assim, que fossem aliciados pelo tráfico de drogas no meio da favela.

A Favela do Jardim Colombo faz parte do Complexo de Paraisópolis que é composto predominantemente por núcleos habitacionais, ocupa uma área de 101,5 hectares, está situado na zona oeste da capital e é administrado pela subprefeitura do Butantã. A área do Jardim Colombo ocupa 14,9 hectares que hoje abriga em torno de 18 mil pessoas distribuídas em, aproximadamente, 5 mil famílias.

Figura 1 - Imagem superior do parque Fazendinhando

Foto: Nilton Santos Stanguini

Ao serem atravessados pela crise sanitária da Covid-19, no início do ano de 2020, os líderes do projeto rapidamente perceberam as necessidades da população local quanto à alimentação e SAN que já existiam, mas que se agravaram por conta dos recuos causados pelas mudanças impostas pela pandemia.

Dessa forma, os objetivos do projeto Fazendinhando foram adaptados no sentido de atenderem as demandas emergenciais de combate à fome e ao vírus, com a realização de ações emergenciais como distribuições de cestas básicas, distribuição de frutas, legumes, verduras, pães e marmitas. Nos momentos mais críticos da pandemia no país, o instituto alcançou a marca de 650 cestas básicas distribuídas semanalmente para as famílias e de 200 marmitas distribuídas diariamente no horário do almoço.

Figura 2 - Voluntárias produzindo as marmitas na cozinha cedida para o Fazendinhando

Foto: Nathália César Nunes

As ações do instituto não se restringiram apenas ao Jardim Colombo. Segundo informações prestadas pelo Fazendinhando em suas redes sociais, durante o período de maior gravidade da pandemia, eles conseguiram alcançar e beneficiar cerca de 13 comunidades por meio da distribuição de 26 mil cestas básicas; 20 mil kits de higiene e limpeza; 8 mil cestas de frutas, legumes e verduras; 20 mil marmitas; aproximadamente mil pacotes de fraldas descartáveis e mil pacotes de leite em pó e produção e distribuição de mais de 200 mil máscaras descartáveis.

Além das ações emergenciais, o instituto Fazendinhando passou a realizar cursos profissionalizantes para as mulheres moradoras do Jardim Colombo. Esse projeto, chamado Fazendeiras, surgiu a partir da preocupação dos integrantes do Fazendinhando com o grande número de mulheres, mães solo que perderam o emprego, muitos deles informais e sem carteira assinada, e estavam com dificuldades financeiras durante a pandemia. Todas essas ações levaram ao reconhecimento e à conquista do segundo lugar na votação popular do concurso Folha Empreendedorismo Social de 2021. De acordo com o inquérito realizado pela Rede PENSSAN (2021), citado

anteriormente, entre os domicílios incluídos na pesquisa, os que tinham como referência principal uma mulher, ou uma pessoa de raça/cor da pele autodeclarada como preta ou parda, ou baixa escolaridade possuíam menor condição de segurança alimentar.

Dados da POF (2017-2018) já mostravam informações semelhantes ao abordado pela Rede PENSSAN (2021), revelando que mulheres e pessoas pretas e pardas compreendiam grupos populacionais mais vulneráveis em relação à segurança alimentar (IBGE, 2021). Segundo essa pesquisa, realizada em 2017-2018, 61,4% dos domicílios em condição de segurança alimentar eram chefiados por homens. Na medida em que o nível de insegurança alimentar aumentava, a prevalência das casas chefiadas por homens diminuía. Em 51,9% das residências com insegurança alimentar grave as mulheres eram as principais provedoras. Salles-Costa et al. (2020) explicam que a insegurança alimentar em residências chefiadas por mulheres está relacionada, sobretudo, à desigualdade de renda e à dificuldade de acesso a condições estáveis de trabalho. Atento a essa realidade, o instituto Fazendinhando atua também em potentes medidas para mudanças estruturais nas vidas de mulheres mães solo, que compreendem um expressivo número de famílias dentro do Jardim Colombo, com a oferta de cursos nas áreas de gastronomia, construção civil e artesanato. Até o final de 2021, o instituto já contabilizava a participação de mais de 80 mulheres nesses cursos, que acontecem na Igreja Adventista, no Jardim Colombo. No mesmo terreno desta igreja, há uma cozinha comunitária construída pela Associação dos Moradores do Jardim Colombo. Além do curso de gastronomia, é neste espaço que funciona o local de produção e distribuição das marmitas e dos pães franceses doados aos moradores da comunidade durante a pandemia. Ainda nesta cozinha comunitária, são realizados cursos sobre comida vegana e produzidos lanches para as reuniões da igreja, na tentativa de minimizar o problema da fome de muitas famílias. Entre as atividades propostas no curso de gastronomia, vale destacar a produção de pão de mel, que tem sido uma importante fonte de geração de renda para muitas mulheres.

Já no curso de construção civil, as aulas são realizadas nas próprias residências das mulheres participantes. Assim, ao mesmo tempo em que elas aprendem uma nova profissão, majoritariamente ocupadas por homens, têm a oportunidade de realizar pequenas reformas de banheiros, de cozinhas ou realizar instalações elétricas nos cômodos da casa.

Os relatos dos líderes e voluntários do projeto evidenciam a percepção de que o engajamento em ações de combate à fome, como a produção de marmitas durante fevereiro de 2021 a maio de 2021, reforçou a necessidade de luta pela manutenção e fortalecimento das políticas públicas de

alimentação e nutrição. Apesar dos esforços dos líderes para angariar doações para a produção das duzentas marmitas diárias, pode-se perceber que, após o período de maior restrição de locomoção, as doações diminuíram. Em maio de 2021, por exemplo, a produção das 200 marmitas diárias foi encerrada, pois os estoques estavam vazios. As filas para recebimento das marmitas reafirmam a necessidade desta luta.

Figura 3 - Fila para distribuição das marmitas
Foto: Nathália César Nunes

MOBILIZAÇÃO, PARTICIPAÇÃO SOCIAL E SUSTENTABILIDADE

É possível também pensar a problemática da fome à luz da discussão atual sobre a complexidade dos sistemas alimentares e sobre os impactos que o modelo hegemônico de produção e consumo de alimentos atual traz para a sociedade e para o meio ambiente. Para Willet et al. (2019), os sistemas alimentares são uma das principais causas de alterações ambientais, mudanças climáticas e agravos à saúde, já que a produção de alimentos é responsável pela emissão de 30% dos gases de efeito estufa e utilização de 70% da água doce demandada em atividades antrópicas. Se, de um lado, o próprio processo de produção de alimentos e consumo atual degrada e ameaça os recursos bases (MARCHIONI; CARVALHO; VILLAR, 2021), de outro, as mudanças climáticas podem aumentar a insegurança alimentar, em especial sobre as populações mais vulneráveis, devido à quebra de safras, redução da produção de alimentos, eventos climáticos extremos que levam a secas ou inundações (SWINBURN et al., 2019).

Para a saúde da população, o modelo atual de consumo se caracteriza pelo aumento da ingestão de alimentos ultraprocessados que está relacionado a um ou mais desfechos negativos como ganho de peso corporal e morbidades como hipertensão e diabetes, câncer e até depressão (CÁTEDRA JOSUÉ DE CASTRO; NUPENS USP, 2021; MALTA et al., 2019).

Portanto, há consenso acerca da necessidade de mudanças urgentes quanto às formas de produzir e consumir (GARCIA; RECINE, 2014; MARCHIONI; CARVALHO; VILLAR, 2021; WILLET et al., 2019). Um caminho apontado nesta direção é a valorização e consolidação de circuitos locais de produção e consumo. Esses circuitos são expressos por meio de um sistema agroalimentar descentralizado, baseado em pequenos produtores, assim como é a agricultura familiar, e apresentam potencial para promoção da SAN do país, à medida que fornecem alimentos adequados e saudáveis. No Brasil, em média, 78% do abastecimento alimentar provém desse tipo de produção, apesar de ocupar apenas 13% das terras possíveis para agricultura, representando assim o caráter de desigualdade na distribuição das terras entre pequenos proprietários e os produtores da monocultura do agronegócio. Outros caminhos possíveis estão relacionados ao fortalecimento de políticas de alimentação e nutrição, como o Programa de Alimentação Escolar, o Programa de Aquisição de Alimentos e o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, vigentes no Brasil por exemplo (GARCIA; RECINE, 2014), porém, como já discutido anteriormente, em processo de desmonte devido às decisões políticas atuais.

Nesse contexto, a participação e a mobilização de movimentos sociais assumem papel central, já que são grandes potências para impulsionar sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis, na medida que lutam para o alcance do DHAA. Segundo Leão (2013), há duas dimensões para que esse direito se realize: "o direito de estar livre da fome e da má nutrição" e "o direito à alimentação adequada". A autora afirma que, apesar do DHAA ter início pela luta contra fome, ele só se concretiza quando considerados, em conjunto, os diversos aspectos a que se refere o termo "adequada", a saber: diversidade; qualidade sanitária; adequação nutricional; estar sem contaminantes, agrotóxicos e organismos geneticamente modificados; acesso a recursos financeiros ou recursos naturais como terra e água; respeito e valorização da cultura alimentar nacional e regional; acesso à informação e realização de outros direitos.

A atuação desses movimentos sociais para impulsionar sistemas alimentares saudáveis e sustentáveis e o alcance do DHAA também pode ser pensada à luz de uma perspectiva multidimensional e crítica sobre sustentabilidade. Essa perspectiva evoca, para além das questões ecológicas, aspectos como diversidade cultural, solidariedade com o planeta e biodiversidade, valores éticos, equidade, garantia de direitos sociais, justiça e autonomia (VENTURA et al., 2020).

Como o cenário brasileiro evidencia, as ações do poder público voltadas à garantia do DHAA e à SAN durante a pandemia de Covid-19 não acompanham as urgências e enormes carências dos grupos sociais vulneráveis. Ao trazer para o cerne da discussão o papel do controle social nas políticas públicas de alimentação e nutrição no Brasil, Jaime (2019) salienta que a organização da sociedade civil emerge em busca de uma sociedade equânime, que se contrapõe à realidade, permeada por desigualdades sociais. Essa transformação passa pela solidariedade social e pela colaboração coletiva, de forma que haja troca dos saberes populares, técnicos e políticos para a produção do bem público geradores do desenvolvimento sustentável e dos direitos da comunidade.

Dessa maneira, as iniciativas realizadas pelo Fazendinhando, Casa Ecoativa e SP Invisível, citadas neste capítulo, revelam as contribuições importantes desses movimentos sociais para o provimento emergencial de refeições prontas e doação de cestas básicas - fruto do voluntariado, do engajamento e da solidariedade entre os moradores e suas comunidades. Tais ações foram e continuam sendo essenciais para a existência e resistência de muitos brasileiros e brasileiras diante das adversidades, agravadas pela pandemia de Covid-19. Alinhados à perspectiva crítica e multidimensional de sustentabilidade, esses movimentos buscam minimizar os impactos à

SAN no contexto de desmontes e invisibilização de populações periféricas e vulneráveis socioeconomicamente às políticas brasileiras de segurança alimentar e nutricional, sobretudo no âmbito da pandemia. Suas atuações lançam luz, ainda, à importância de compreender e analisar em profundidade as demandas sociais e as ações essenciais necessárias para colaborar com mudanças na (re)estruturação do cenário atual exposto e das políticas públicas brasileiras.

O instituto Fazendinhando, como os estudos e vivências dos autores revelam, evidencia todo o esforço de pessoas engajadas pela justiça e transformação social. O trabalho voluntário de várias delas traz jornadas duplas ou triplas. Muitas mães solo precisam se organizar para deixar os filhos aos cuidados de terceiros para que possam também dedicar parte de seu tempo às ações do movimento. O trabalho diário das lideranças envolve desde horas dedicadas à obtenção de alimentos, produtos de higiene, doações, dinheiro, estrutura física e pessoas para a produção de marmitas, ao empenho para organizar cursos profissionalizantes que possam melhorar estruturalmente a vida de quem perdeu o emprego. "A transformação pode até ser sonhada sozinha, mas ela só acontece com o envolvimento e participação de muitas pessoas". A frase citada por uma das lideranças do projeto sintetiza os esforços e as perspectivas de atuação participativa do movimento.

Essas experiências apresentadas neste capítulo revelam, ainda, o papel indutor que a sociedade civil e as organizações de controle social exercem nas políticas de SAN no Brasil. Em comum, tais experiências buscam também atuar na defesa do fortalecimento de programas estratégicos, como Programa Nacional de Alimentação Escolar e o Programa de Aquisição de Alimentos e de equipamentos públicos, como bancos de alimentos e restaurantes populares, com vista à garantia do DHAA, sobretudo em tempos de grave crise sanitária. Assim, pensar em soluções para reverter o cenário de insegurança alimentar e fome no país, para além de debater questões chave e de ampla abrangência como as políticas públicas de alimentação e nutrição, direitos, justiça social e sustentabilidade, passa por olhar e aprender com as experiências vivenciadas de ações coletivas locais, desenvolvidas antes e durante a pandemia de Covid-19, dentro de movimentos sociais.

REFERÊNCIAS

AÇÃO DA CIDADANIA. Associação Comitê Rio da Ação da Cidadania Contra a Fome a Miséria e Pela Vida. Rio de Janeiro: Santo Cristo, 2021.

Disponível em: https://www.acaodacidadania.org.br/ Acesso em: 18 jan. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.346, de 15 de setembro de 2006. Cria o Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional – SISAN com vistas em assegurar o direito humano à alimentação adequada e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11346.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

CAETANO, C.C.S. et al. SARS-COV-2 pandemic: the food insecurity and social inequalities in Brazil. *Revista de Alimentação e Cultura das Américas,* Brasília, v. 2, n. 2, p. 183-195, 2020.

CALIXTO, A. J.; CARVALHO, L. C. Movimentos sociais como instrumentos de tutela de direitos humanos na América Latina. *Revista de Direito Brasileira*, Florianópolis, v. 27, n. 10, p. 31-50, set./dez. 2020.

CARTA CAPITAL. Mais de 2 milhões de pessoas ainda moram em favelas. 2018. Disponível em: https://www.cartacapital.com.br/blogs/32xsp/mais-de-2-milhoes-de-paulistanos-ainda-moram-em-favelas/ Acesso em: 22 mar. 2022.

CASA ECOATIVA. 2021. Disponível em: https://www.instagram.com/casaecoativa/ Acesso em: 20 jan. 2022.

CATEDRA JOSUÉ DE CASTRO; NUPENS USP. Diálogo sobre ultraprocessados: soluções para sistemas sustentáveis e alimentares. São Paulo: Cátedra Josué de Castro, NUPENS USP, 2021. 45 p. Disponível em: https://drive.google.com/file/d/1e3BY0Chz00Rbp8lPWz4MXY3l2N4CFCB2/view. Acesso em: 1 jul. 2021.

CEF - CAIXA ECONÔMICA FEDERAL. *Auxílio emergencial 2021.* Disponível em: https://www.caixa.gov.br/auxilio/auxilio2021/Paginas/default.aspx. Acesso em: 21 maio 2021.

FACHIN, Z. A.; PAGLIARINI, A. C. Movimentos sociais na Constituição Brasileira de 1988: a construção da democracia e dos direitos humanos. *Direitos Humanos e Democracia*, Ijuí, n. 12, p. 150-160, 2018.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *O estado da segurança alimentar e nutricional no Brasil:* um retrato multidimensional relatório 2014. Brasília: FAO, 2014. Disponível em: https://www.mds.gov.br/webarquivos/publicacao/seguranca_alimentar/SANnoBRasil.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; IFAD - INTERNATIONAL FUND FOR AGRICULTURAL DEVELOPMENT; UNICEF - UNITED NATIONS INTERNATIONAL CHILDREN'S EMERGENCY FUND; WFP - WORLD FOOD PROGRAMME; WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. In brief to the state of food security and nutrition in the world 2021. Rome: FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2021. https://doi.org/10.4060/cb5409en

FLEURY, S.; MENEZES, P. Pandemia nas favelas: entre carências e potências. *Saúde Debate,* Rio de Janeiro, v. 44, n. Especial 4, p. 267-280, dez., 2020.

FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido.* 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

GARCIA, G. S.; RECINE, E. Perspectiva do fornecimento de produtos da agricultura familiar para os equipamentos públicos de segurança alimentar e nutricional do Distrito Federal. *DEMETRA: alimentação, nutrição & saúde*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 411-429, 2014.

GUERRA, L. D. S.; MANCUSO, A. M. C.; BEZERRA, A. C. D. Alimentação: um direito humano em disputa – focos temáticos para compreensão e atuação em segurança alimentar e nutricional. *Ciência & Saúde Coletiva,* São Paulo, v. 24, n. 9, p. 3369-3394, 2019. https://doi.org/10.1590/1413-81232018249.20302017

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018. *Análise da segurança alimentar no Brasil.* Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101886.pdf . Acesso em: 15 abr. 2021.

JAIME P. C. (Org.). *Políticas públicas de alimentação e nutrição.* 1. ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2019.

LEÃO, M. (Org.). *O direito humano à alimentação adequada e o sistema nacional de segurança alimentar e nutricional.* Brasília: ABRANDH, 2013.

MÃES DA FAVELA. Cufa contra o vírus. Disponível em: https://www.maesdafavela.com.br Acesso em: 18 jan. 2022.

MALTA, D. C. et al. Tendência temporal da prevalência de obesidade mórbida na população adulta brasileira entre os anos de 2006 e 2017. *Cadernos de Saúde Pública,* Rio de Janeiro, v. 35, n. 9, p. 1-8, 2019. https://doi.org/10.1590/0102-311X00223518

MALUF, R. S. Tempos sombrios de pandemia e fome: responsabilidades da pesquisa em soberania e segurança alimentar e nutricional. *Segurança Alimentar e Nutricional,* Campinas, v. 27, p. 1-5, 2020.

MARCHIONI, M. D.; CARVALHO, A. M. de; VILLAR, B. S. Dietas sustentáveis e sistemas alimentares: novos desafios da nutrição em saúde pública. *Revista USP*, São Paulo, n. 128, p. 61-76, 2021.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. RELATÓRIO DO DESENVOLVIMENTO HUMANO. New York: PNUD, 2019. Disponível em: http://hdr.undp.org/sites/default/files/hdr_2019_pt.pdf Acesso em: 15 abr. 2021.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. *Censo da prefeitura revela que população em situação de rua cresceu 31% nos últimos dois anos.* Disponível em: https://imprensa.prefeitura.sp.gov.br/noticia/censo-da-prefeitura-revela-que-populacao-em-situacao-de-rua-cresceu-nos-ultimos-dois-anos. Acesso em: 28 jan. 2022.

QUINTENELLA S. Estudo aponta que 68% de moradores de favela não têm dinheiro para comprar comida. *Veja São Paulo*, São Paulo, 13, mar. 2021. Disponível em: https://vejasp.abril.com.br/cidades/estudo-aponta-que-68-de-moradores-de-favelas-nao-tem-dinheiro-para-comida Acesso em: 18 mar. 2021.

RECINE, E. et al. Reflections on the extinction of the national council for food and nutrition security and the confrontation of Covid-19 in Brazil. *Revista de Nutrição*, Campinas, n. 33, p. 1 - 8, 2020.

REDE PENSSAN - REDE BRASILEIRA DE PESQUISA EM SOBERANIA E SEGURANÇA ALIMENTAR E NUTRICIONAL. *Vigisan:* Inquérito nacional sobre insegurança alimentar no contexto da pandemia de COVID-19 no Brasil. (S. l.): Rede PENSSAN, 2021. Disponível em: http://olheparaafome.com.br/VIGISAN_Inseguranca_alimentar.pdf Acesso em: 11 abr. 2021.

RIBEIRO-SILVA, R. C. et al. Implicações da pandemia COVID-19 para a segurança alimentar e nutricional no Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva,* Rio de Janeiro, v. 25, n. 9, p. 3421-3430, 2020.

SALLES-COSTA, R. et al. Food Insecurity Increases in Brazil from 2004 to 2018: Analysis of national surveys. MedRxiv, 2020. https://doi.org/10.1101/2020.10.22.20217224.

SESC - SERVIÇO SOCIAL DO COMÉRCIO. Capital Paulista - Ilha do Bororé. São Paulo: SESC São Paulo, 2021. Disponível em: https://issuu.com/sescsp/docs/livreto_capital_paulista_ilha_do_borore_r3 Acesso em: 20 jan. 2022.

SP INVISÍVEL. Disponível em: https://www.spinvisivel.org Acesso em: 18 jan. 2022.

SWINBURN, B. et al. The global syndemic of obesity, undernutrition, and

climate change**.** *The Lancet,* v. 393, n. 10173, p. 791-846, Feb. 2019. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(18)32822-8/fulltext. Acesso em: 22 jun. 2021.

TONETTO, M. C. Ética global, direitos humanos e a pandemia da COVID-19. In: REICH, E; BORGES, M. L.; XAVIER, R. C. (Org.) *Reflexões sobre uma pandemia*. Florianópolis: NÉFIPONLINE, 2020, p. 124-134.

VASCONCELLOS, A. B. P. A.; MOURA L. B. A. Segurança alimentar e nutricional: uma análise da situação da descentralização de sua política pública nacional. *Cadernos de Saúde Pública,* Brasília, v. 34, n. 2, p. 1–13, 2018.

VENTURA, D. F. L. et al. Desafios da pandemia de COVID-19: por uma agenda brasileira de pesquisa de pesquisa em saúde global e sustentabilidade. *Caderno de Saúde Pública,* São Paulo, v. 36, n. 4, p. 1-5, abr. 2020. http://dx.doi.org/10.1590/0102-311X00040620

WILLET, W. et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet,* v. 393, n. 10170, p. 447-492, 2019.

ZAGO M. A. V. As implicações do cenário pandêmico do COVID-19 frente a Segurança Alimentar e Nutricional: uma revisão bibliográfica. *Segurança Alimentar e Nutricional,* Campinas, v. 28, p. 1-14, 2021.

ZANATTA, P. Situação econômica leva moradores de SP a pedir alimentos em postos de saúde. *CNN Brasil*, São Paulo, 29 nov. 2021. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/situacao-economica-leva-moradores-de-sp-a-pedir-alimentos-em-postos-de-saude/ Acesso em: 28 jan. 2022.

Sobre os Organizadores

Wanda Maria Risso Günther
Engenheira civil e cientista social. Especialista em Engenharia em Saúde Pública e em Tratamento e Gestão de Resíduos Sólidos. Mestre e Doutora em Saúde Pública - área Saúde Ambiental. Professora titular do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP. Coordenadora Acadêmica do Centro de Síntese Cidades Globais do IEA/USP. Coordenadora do Laboratório Lab GAIS - Gestão Ambiental, Inovação e Sustentabilidade/USP.

Arlindo Philippi Jr
Engenheiro Civil (UFSC), Sanitarista e de Segurança do Trabalho (USP), Mestre em Saúde Ambiental e Doutor em Saúde Pública (USP). Pós-Doutorado em Estudos Urbanos e Regionais (MIT- EUA). Livre-Docente em Política e Gestão Ambiental (USP). Na Capes, foi membro do Conselho Técnico Científico do Ensino Superior, membro do Conselho Superior, Coordenador da Área Interdisciplinar e da Área de Ciências Ambientais, bem como Diretor de Avaliação. Foi finalista do Prêmio Jabuti em 6 edições, tendo sido agraciado com três prêmios, com obras publicadas pela Editora Manole. Exerceu funções de direção na Cetesb (SP), no Ibama (BR) e na Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Cidade de São Paulo (SP). Atua na coordenação do Centro de Síntese USP Cidades Globais do Instituto de Estudos Avançados da USP e do projeto "Experimentações Urbanas na Perspectiva de Novas Ideias e Soluções Sustentáveis para as Cidades". É Professor Titular do Departamento de Saúde Ambiental, tendo sido Chefe do Departamento, Presidente da Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Sade Pública, Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação e Prefeito (Campus Capital) da USP.

Sobre os autores

Ana Maria Bertolini
É nutricionista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Doutoranda em Saúde Global e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Egressa do Projeto Horta Comunitária da FSP-USP e mentora no Núcleo de Extensão Universitária da USP sobre alimentação sustentável- Sustentarea.

André Luiz Fernandes Simas
Biólogo, especialista em Engenharia de Controle da Poluição Ambiental e mestrando na FSP/USP. Especialista Ambiental da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA) desde 2009. Responsável pela coordenação técnica e organização do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e de sua revisão.

Antonio Oswaldo Storel Júnior
Engenheiro Agrônomo pela ESALQ-USP, Mestre em Desenvolvimento Econômico, Espaço e Meio Ambiente pelo IE-UNICAMP, e Doutorando em Saúde Global e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Consultor em Gestão Sistêmica de Resíduos Sólidos Orgânicos e Compostagem da Humuscience.

Arlindo Philippi Jr
Engenheiro Civil (UFSC), Sanitarista e de Segurança do Trabalho (USP), Mestre em Saúde Ambiental e Doutor em Saúde Pública (USP). Pós-Doutorado em Estudos Urbanos e Regionais (MIT- EUA). Livre-Docente em Política e Gestão Ambiental (USP). Na Capes, foi membro do Conselho Técnico Científico do Ensino Superior, membro do Conselho Superior, Coordenador da Área Interdisciplinar e da Área de Ciências Ambientais, bem como Diretor de Avaliação. Foi finalista do Prêmio Jabuti em 6 edições, tendo sido agraciado com três prêmios, com obras publicadas pela Editora Manole. Exerceu funções de direção na Cetesb (SP), no Ibama (BR) e na Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Cidade de São Paulo (SP). Atua na coordenação do Centro de Síntese USP Cidades Globais do Instituto

de Estudos Avançados da USP e do projeto "Experimentações Urbanas na Perspectiva de Novas Ideias e Soluções Sustentáveis para as Cidades". É Professor Titular do Departamento de Saúde Ambiental, tendo sido Chefe do Departamento, Presidente da Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Sade Pública, Pró-Reitor Adjunto de Pós-Graduação e Prefeito (Campus Capital) da USP.

Carlos Alexandre Trindade Pinheiro Menuchi
Tecnólogo em Saneamento Ambiental formado pela Universidade Estadual de Campinas e Mestre em Ciências no Programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Atua na Cia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo com o Programa Córrego Limpo e o Programa Novo Rio Pinheiros.

Debora Sotto
Pesquisadora colaboradora do Centro de Síntese USP Cidades Globais do Instituto de Estudos Avançados da USP. Doutora em Direito Urbanístico pela PUC-SP, com Pós-Doutorados pela Faculdade de Saúde Pública da USP e pelo Centro de Síntese USP Cidades Globais do IEA/USP. Professora-investigadora em tempo parcial no Colégio Latino-americano de Estudos Mundiais da FLACSO-Brasil. Bacharel em Direito pela USP. Mestre em Direito pela PUC-SP. Mestre Profissional em Direito Internacional do Meio Ambiente pela Universidade de Limoges.

Ednilson Viana
Biólogo pela Unesp, mestre em Ciências pela USP/São Carlos, doutor em Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos/USP, pós doutor pela University of Wisconsin - EUA e pela Universidade Nova de Lisboa. Professor livre docente e pesquisador na Escola de Artes, Ciências e Humanidades/USP no curso de Gestão Ambiental. Atua no programa de pós-graduação em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública/USP.

Evandro Albiach Branco
Pesquisador da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Co-líder do Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Indicadores para Sustentabilidade (LADIS). Co-líder do Grupo de Pesquisa Interinstitucional em Planejamento e Gestão Ambiental (PLANGEA). Co-líder da Articulação Nacional de Políticas Públicas de Educação Ambiental (ANPPEA). Atua nos temas de análise de políticas públicas socioambientais, capacidade adaptativa, educação ambiental e epistemologia da ciência ambiental.

Evandro Davi Cobo
Possui graduação em Engenharia Ambiental pela Universidade São Marcos e graduação em Tecnologia Ambiental Industrial pela Faculdade SENAI de Tecnologia Ambiental. Atualmente é técnico ambiental da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). Mestre em Ciências pelo Programa de Mestrado Profissional em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública da USP.

Fabio Pereira de Carvalho
Bacharel em Química Ambiental pela Universidade de São Paulo – USP e Mestrado em Meio Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da USP. Especialista em Suporte Técnico e Desenvolvimento da DuPont Water & Process Solutions (DWS) desde 2013. atualmente responsável técnico pelo desenvolvimento de novos mercados e aplicações para todo portfólio de DWS, como membranas de Ultrafiltração e MBR, Membranas de Nanofiltração e Osmose reversa, Resinas de troca iônica, Absorventes, Catalisadores e eletrodeionização.

Francisco Carlos Ferreira Ribeiro
Mestre em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela FSP-USP. Graduação em Engenharia Industrial pela Universidade Braz Cubas. Possui MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Instituto de Administração (FIA). Foi professor auxiliar da Universidade de Mogi das Cruzes. Tem experiência na área de Engenharia de Transportes, com ênfase em Veículos Comerciais (caminhões, ônibus e pick-ups). Trabalha como Consultor para indústria de Autopeças.

Gabriela Marques Di Giulio
É doutora em Ambiente e Sociedade, professora associada do Departamento de Saúde Ambiental da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (USP) e pesquisadora visitante do Departamento de Política da Universidade de York (UK). Suas áreas de interesse incluem dimensões humanas das mudanças climáticas; crises, riscos e incertezas; interações entre ciência, política e sociedade; e saúde global e sustentabilidade.

Gustavo Felipe Balué Arcoverde
Tecnologista na Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Co-líder do Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Indicadores para Sustentabilidade (LADIS). Doutor em Sensioramento remoto. Sua área de pesquisa inclui indicadores de análises socioecológicas, sustentabilidade e impactos climáticos, resiliência hidrovegetal e modelagem de uso da terra.

Ivan Carlos Maglio
Diretor da Política e Planejamento Ambiental PPA-LTDA, Pesquisador Colaborador pelo IEA/USP – Centro de Síntese Cidades Globais em adaptação climática. Engenheiro Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos - USP, especialização em avaliação de impacto ambiental pela Aberdeen University, gestão ambiental urbana pela Tufts University (1993), e mestrado e doutorado em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da USP (2000, 2005). Ex Diretor e Coordenador de Planejamento Ambiental da CETESB e Secretaria de Meio Ambiente-SP, Secretário Executivo do CONSEMA e Diretor de Planos Urbanos da Secretaria Municipal de Planejamento – SP.

Jean Pierre Henry Balbaud Ometto
Formado em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP). Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo (CENA/USP). Pesquisador Sênior do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais desde 2009, e Chefe da Divisão de Projetos Estratégicos (DIP3). Docente permanente do PPG em Ciência do Sistema Terrestre (CST/INPE). Atua em diversas iniciativas e instituições como: Vice Coordenador da Rede Brasileira de Pesquisas sobre Mudanças Climáticas Globais (Rede CLIMA); Coordenador da Plataforma AdaptaBrasil MCTI; Membro do Comitê de Coordenação do Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais.

João Vicente de Assunção
Graduado em Engenharia Industrial pela Faculdade de Engenharia Industrial FEI da PUCSP, graduado em Engenharia Sanitária pela Universidade de São Paulo, Master of Science em Hygiene/Air Pollution - University of Pittsburgh, EUA, doutorado e livre-docência em Saúde Pública/Saúde Ambiental pela Universidade de São Paulo. Atualmente é Professor Colaborador Sênior da USP. Tem experiência na área da Saúde Pública e Engenharia Ambiental/Engenharia Sanitária, com ênfase em poluição do Ar, atuando principalmente nos seguintes temas: Tecnologias de controle da poluição do ar, poluentes tóxicos, monitoramento do ar, ventilação industrial e gestão ambiental.

José Luiz Negrão Mucci
Graduação em Ciências Biológicas pela Universidade de Santo Amaro, mestrado em Ecologia pela Universidade de São Paulo e doutorado em Saúde Pública pela Universidade de São Paulo. Atualmente é professor livre-docente na Faculdade de Saúde Pública da USP na área de Limnologia Sanitária, Professor no Curso de Bacharelado em Saúde Pública, no Programa de Pós-graduação em Saúde Pública e no Mestrado Profissional em Saúde, Ambiente e Sustentabilidade.

Júlia Alves Menezes
Bióloga, mestre em doenças infecciosas e parasitárias (IRR-Fiocruz), doutora em epidemiologia (IRR-Fiocruz) e pós-doutora em saúde pública e meio ambiente (ENSP-Fiocruz). Participou como co-autora de relatórios internacionais como o Adaptation Gap Report (2018) e o Sixth Assessment Report (AR6) do IPCC, pelo grupo de trabalho II sobre impactos, adaptação e vulnerabilidade. Se dedica aos estudos em saúde pública e meio ambiente desde 2008 e desde 2014 atua na temática de vulnerabilidade à mudança do clima. Atualmente desenvolve pesquisa com indicadores em áreas urbanas e mudança climática no Instituto Nacional de pesquisas Espaciais.

Juliana de Avellar
Advogada (OAB/SP) e Professora de Legislação Socioambiental (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie). Mestranda no Programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Exerceu função de coordenadora na Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo.

Luana da Silva Freitas
Graduada em engenharia química na universidade Santa Cecília, com pós-graduação em gerenciamento de projetos e certificação Project Management Professional (PMP). Mestranda em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Atuou como engenheira de processos por mais de dez anos e no momento exerce a função de engenheira de propostas na empresa Suez, adquirida pela empresa Veolia Water Technologies Solutions, para grandes projetos na área de tratamento de águas municipais e industriais.

Luís Sérgio Ozório Valentim
Arquiteto e urbanista pela Universidade Mackenzie e doutor em Planejamento Urbano e Regional pela USP. Diretor de Meio Ambiente do Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo. Representa a Secretaria da Saúde em diferentes fóruns colegiados, com os conselhos estaduais de Meio Ambiente (Consema) e de Recursos Hídricos (CRH).

Marcelo Antunes Nolasco
Professor da Universidade de São Paulo na Graduação em Gestão Ambiental (EACH) e de Pós-graduação nos Programas em Sustentabilidade (EACH) e Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (FSP). Pós-Doutorado na University of California - Berkeley, EUA. Líder do Grupo de Pesquisa (CNPq): Água,

Saneamento e Sustentabilidade (GEPASS) e coordena o Laboratório de Pesquisa em Tecnologias Ambientais (LabSanTec) na USP.

Marcio Salgado
Graduação - Licenciatura em Ciências Biológicas - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - Rio de Janeiro – RJ. Mestrado em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (USP).

Maria Fernanda Romanelli Alegre
Bióloga, Mestre em Ciências pelo IPEN/USP, Especialista Ambiental da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo - SIMA desde 2009. Participou da elaboração e revisão do Plano Estadual de Resíduos Sólidos - PERS e da elaboração do Plano Estratégico de Monitoramento e Avaliação do Lixo no Mar de São Paulo - PEMALM.

Maria Teresa Castilho Mansor
Engenheira Química com PhD em Engenharia Agrícola pela UNICAMP (2005). Servidora pública estadual desde 2007, atua como Especialista Ambiental na SIMA-SP. Tem experiência em Planejamento Ambiental, com ênfase em Resíduos Sólidos, Zoneamento Ambiental e Políticas Públicas. Desde 2019 faz parte do Programa Pesquisadora Colaboradora do IO-USP.

Mariana Gutierres Arteiro da Paz
Gestora Ambiental, Mestre em Saúde Pública (USP), doutora em Ciência Ambiental (USP). Atualmente é pesquisadora de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (CTI-A) pelo CNPq, no AdaptaBrasil, sediado na da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Pesquisadora Colaboradora no Centro de Síntese USP Cidades Globais (IEA/USP); e no Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Indicadores para Sustentabilidade (LADIS). Sua área de pesquisa é indicadores de sustentabilidade, resiliência e adaptação aos impactos climáticos e desastres e política e governança ambiental.

Miriam Moreira Bocchiglieri
Engenheira Civil pela Faculdade de Engenharia São Paulo, Especialista em Engenharia de Saneamento Básico, Mestre e Doutora em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Trabalha na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) como Engenheira da Superintendência de Gestão Ambiental.

Nathália César Nunes
É nutricionista pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Especialista em Segurança Alimentar e Qualidade Nutricional pelo IFRJ. Mestre em Alimentação, Nutrição e Saúde pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Doutoranda em Nutrição em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo. Nutricionista voluntária do projeto social Favela Orgânica na cidade do Rio de Janeiro.

Nilton Santos Stanguini
É nutricionista pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Mestrando em Ambiente, Saúde e Sustentabilidade pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP). Tem especialização em Nutrição e Metabolismo Esportivo pelo Ganep Nutrição Humana. Nutricionista no Tribunal Regional do Trabalho da 2a Região.

Tallita Eduarda da Veiga Reis
Bacharela em Biotecnologia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), mestranda no programa Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da Faculdade de Saúde Pública (FSP-USP), com ênfase em Gestão Ambiental e Sustentabilidade Urbana. Pesquisadora no Laboratório de Valorização de Resíduos Orgânicos da EACH-USP. Gerente de projeto e Consultora em Compostagem da Eccaplan - Consultoria em Sustentabilidade.

Wagner Luiz Cabelho da Silva
Formado em História pela Universidade de São Paulo. Especialista Ambiental da Secretaria de Infraestrutura e Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SIMA) desde 2009, trabalha no tema resíduos sólidos desde 2012 e é um dos autores do Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo e de sua revisão.

Walter Ignácio Gonçalves dos Santos
Mestre em Ciências pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - FSP/USP (2021). Graduado em Engenharia da Computação pelo Centro Universitário Sant´Anna. Consultor em Inovação e Design, atuando no desenvolvimento de modelos de negócio e design de serviço. Aualmentente é consultor em redes de telecomunicações na Telefonica | Vivo. Tem como principais áreas de interesse e pesquisa: Economia Circular, Economia Criativa, ESG, Design, Startups, Inteligência Artificial, Mercados de Carbono .

Wanda Maria Risso Günther
Engenheira civil e cientista social. Especialista em Engenharia em Saúde Pública e em Tratamento e Gestão de Resíduos Sólidos. Mestre e Doutora em Saúde Pública - área Saúde Ambiental. Professora titular do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação Ambiente, Saúde e Sustentabilidade da FSP/USP. Coordenadora Acadêmica do Centro de Síntese Cidades Globais do IEA/USP. Coordenadora do Laboratório Lab GAIS - Gestão Ambiental, Inovação e Sustentabilidade/USP.

Wanderley da Silva Paganini
Engenheiro Civil e Sanitarista pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Mestre e Doutor em Saúde Pública pela Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo (FSP/USP), e Livre-docente em Saneamento Básico e Ambiental pela FSP/USP. Consultor Ambiental e Professor Associado do departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP. Trabalhou na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (Sabesp) por 42 anos, onde atuou como Superintendente de Gestão Ambiental de 2007 a 2020. É membro do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) e do Conselho Estadual de Meio Ambiente (CONSEMA).