



Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

**Produto 1 – Documento de apoio a tomada
de decisão para soluções e políticas
públicas urbanas.**

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

Ciência, Tecnologia e Inovação



cgEE

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

Produto 1 - Documento de apoio a tomada de decisão para soluções e políticas públicas urbanas.

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

**Produto 1 - Documento de apoio a tomada de decisão
para soluções e políticas públicas urbanas.**



Brasília, DF
Dezembro, 2022

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE)

Organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI)

Presidente

Fernando Cosme Rizzo de Assunção

Diretores

Ary Antônio Mergulhão Filho

Luiz Arnaldo Pereira da Cunha Junior

Produto 1 – Documento de apoio a tomada de decisão para soluções e políticas públicas urbanas. Brasília: Centro de Gestão e EstudosEstratégicos, 2020.

264 p : il.

1. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: ambiente construído. 2. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: energia. 3. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/água. 4. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos. 5. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: mobilidade. 6. Políticas e soluções para cidades sustentáveis: Soluções baseadas na Natureza (SbN)

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos

SCN Quadra 2 Bloco A

Edifício Corporate Financial Center salas 1102/1103

70712-900 - Brasília, DF

Telefone: (61) 3424.9600

<http://www.cgEE.org.br>

Todos os direitos reservados pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE). Os textos contidos neste relatório poderão ser reproduzidos, armazenados ou transmitidos, desde que citada à fonte.

Referência bibliográfica:

Centro de Gestão e Estudos Estratégicos - CGEE. Documento de apoio a tomada de decisão para soluções e políticas públicas urbanas. Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis - OICS. Brasília, DF: Dezembro/2022

Este relatório é parte integrante das atividades desenvolvidas no âmbito do 2º Contrato de Gestão CGEE – 38º Termo Aditivo. Atividade: Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis. 8.10.51.08.01.05

Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis

Produto 1 – Documento de apoio a tomada de decisão para soluções e políticas públicas urbanas.

Supervisão

Ary Antônio Mergulhão Filho

Assessoria de supervisão

Renata Barbosa

Consultores

Aguinaldo dos Santos

Marcella Lombra Nicastro

Alessandra Petrecca

Equipe técnica do CGEE

Raiza Gomes Fraga (Líder do Projeto)

Monique Pinheiro Santos

Patrícia Reis Ferreira de Andrade

Rafael de Almeida Metzner

Sumário

Introdução.....	10
Método de pesquisa.....	11
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: temas mapeados.....	13
Ambiente construído.....	13
Energia.....	15
Saneamento/Água.....	17
Saneamento/Resíduos Sólidos.....	19
Mobilidade urbana.....	20
Soluções baseadas na Natureza.....	22
CAPÍTULO 1: AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	24
Motivações para um ambiente construído mais sustentável.....	24
Taxonomia de políticas para um ambiente construído mais sustentável.....	25
Política voltada à maior eficiência na fase de uso do ambiente construído.....	26
Política para maior adaptabilidade do ambiente construído.....	29
Política para a promoção de saúde e bem-estar no projeto do ambiente construído..	32
Política para promoção de saúde e bem-estar por meio de critérios para uso do solo	34
Política voltada à proteção do patrimônio cultural presente no ambiente construído.	39
Política para ampliação do acesso econômico à moradia.....	41
Política de regeneração e proteção da biodiversidade.....	43
Política de estímulo a comportamentos sustentáveis no ambiente construído.....	46
Política voltada à aplicação da economia circular no ambiente construído.....	49
Políticas para inteligência orientada ao ambiente construído.....	54
Política de mitigação do impacto das mudanças do clima.....	55
Política para o planejamento participativo voltado ao ambiente construído.....	58
CAPÍTULO 2: ENERGIA SUSTENTÁVEL.....	61
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: energia.....	61
Motivações para energia mais sustentável nas cidades.....	61
Taxonomia de políticas para energia sustentável.....	63
Política de ampliação da adoção de fontes renováveis de energia.....	64
Política de incentivos econômicos para a energia sustentável.....	66
Política de promoção da geração distribuída de energia.....	67
Política para eficiência energética.....	70

Política de urbanização voltada à redução da demanda de energia	74
Política de implementação de redes inteligentes (smart grids)	75
Política de estímulos à inovação em serviços associados à energia	76
Política de planejamento da energia.....	77
Política de promoção de comportamentos e competências para a energia sustentável	79
Amostra de soluções promissoras	81
Implementação de um processo sistemático de planejamento energético para a cidade	82
Estabelecimento de tarifas dinâmicas em função do horário de consumo	83
Ampliar a oferta de alternativas de financiamento que incentivem a adoção de energia renovável.....	85
Estimular a minigeração para o autoconsumo com foco na energia solar	86
Promover configurações distribuídas para a geração de energia.....	88
Digitalização da gestão de smart grids distribuídos.....	90
CAPÍTULO 3: SANEAMENTO	91
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/água	91
Motivações para a maior sustentabilidade na gestão da água nas cidades.....	91
Taxonomia de políticas para a gestão sustentável da água	95
Política de universalização do saneamento.....	95
Políticas voltadas à ecoeficiência do sistema de saneamento	97
Política de implementação de sistemas mais descentralizados ou distribuídos	100
Política de promoção do comportamento sustentável.....	102
Política de incentivos econômicos para investimento em saneamento	105
Política para inteligência e servitização do saneamento.....	107
Política de planejamento do saneamento.....	108
Política de mitigação do impacto das mudanças climáticas.....	110
Política de proteção do meio ambiente associado aos recursos hídricos	113
Fitorremediação.....	113
CAPÍTULO 4: SANEAMENTO/RESÍDUOS SÓLIDOS	120
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos	120
Motivações para buscar a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos.....	120
Taxonomia de políticas para resíduos sólidos	123
Política de planejamento e governança	123
Política de sustentabilidade econômica.....	125
Política para a promoção de comportamentos sustentáveis	126

Política de inclusão social por meio da gestão de resíduos.....	127
Política de integração da TIC na gestão de resíduos.....	129
Política voltada à prevenção dos resíduos.....	130
Política voltada à minimização da ocorrência resíduos.....	132
Política voltada à reutilização dos resíduos.....	135
Política voltada à reciclagem de resíduos.....	137
Política de recuperação energética dos resíduos.....	140
Política de tratamento e destinação dos resíduos sólidos.....	141
CAPÍTULO 5: MOBILIDADE.....	144
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: mobilidade.....	144
Motivações para a mobilidade mais sustentável.....	144
Taxonomia geral de políticas e soluções.....	145
Política de priorização de mobilidade de baixo carbono.....	145
Política de inteligência digital para o sistema de mobilidade.....	147
Política para uma infraestrutura mais atrativa à mobilidade ativa.....	148
Política de promoção da acessibilidade no sistema de mobilidade.....	150
Política de promoção da economia distribuída no sistema de mobilidade.....	152
Política de oferta de incentivos econômicos para a mobilidade mais sustentável.....	153
Política de restrição ao transporte individual motorizado.....	154
Política de promoção da economia compartilhada no sistema de mobilidade.....	155
Política de promoção da segurança no sistema de mobilidade.....	157
Política de planejamento e gestão para eficiência do sistema mobilidade.....	158
Política de promoção de comportamentos mais sustentáveis na mobilidade.....	160
Política para servitização do sistema de mobilidade.....	162
Política de integração multimodal.....	164
Política de manutenção corretiva, preventiva e preditiva da infraestrutura de mobilidade.....	166
Desenvolvimento orientado pelo trânsito (DOT).....	166
Definição.....	166
Implicações para o Planejamento Urbano.....	168
Desafios para implementação.....	170
Considerações gerais.....	171
CAPÍTULO 6: Soluções baseadas na Natureza.....	172
Políticas e soluções para cidades sustentáveis: Soluções baseadas na Natureza (SbN)	172

Motivações para utilização de SbN no âmbito das cidades	172
Dimensões de uma política para SbN.....	174
Dimensão da proteção da biodiversidade.....	175
Dimensão da regeneração urbana apoiada em SbN.....	179
Dimensão da mitigação de eventos climáticos extremos	182
Dimensão econômica para a implementação de SbN.....	185
Dimensão do planejamento e da governança voltados às SbN.....	188
Dimensão dos comportamentos e das competências para SbN	191
Dimensão da promoção de saúde e bem-estar por meio de SbN	194
Referências	198

Introdução

Este documento foi desenvolvido em uma parceria entre o Observatório de Inovação para Cidades Sustentáveis (OICS) e o Núcleo de Design & Sustentabilidade da Universidade Federal do Paraná (UFPR), com o intuito de subsidiar os tomadores de decisão no âmbito das prefeituras municipais quanto ao elenco de políticas e soluções pertinentes ao tema Cidades Sustentáveis. O arcabouço apresentado aqui, juntamente com a base de soluções e casos constantes no portal do OICS, constitui-se em ferramenta valiosa no processo de customização de políticas e soluções mais sustentáveis adequadas às especificidades locais.

O Observatório de Inovações para Cidades Sustentáveis (OICS) é uma iniciativa desenvolvida pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) inicialmente como parte do projeto CITInova, do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), para a promoção de sustentabilidade nas cidades brasileiras por meio de tecnologias inovadoras e planejamento urbano integrado.

O OICS atua para acelerar a inovação nas cidades brasileiras e apoiar a tomada de decisão com base em evidências, oferecendo aos gestores públicos brasileiros um banco de soluções para a sustentabilidade urbana e um sistema de informações geográficas (sigweb) que caracteriza o território nacional, por meio de indicadores e tipologias para as cidades brasileiras.

O mapeamento de soluções contempla iniciativas em temas como água, energia, mobilidade, ambiente construído, resíduos sólidos e Soluções baseadas na Natureza (SbN). Na plataforma OICS é possível conhecer características centrais de sua implementação e exemplos práticos de sua aplicação. O banco possui informações diretas e resumidas para auxiliar o tomador de decisão, que apoiado pelo sistema de informações geográficas pode levantar dados sobre sua região comparando indicadores para cada um dos temas mapeados. Sabemos, no entanto, que o banco de soluções e o mapa sigweb são apenas parte de um percurso para a transição de nossas cidades para ambientes mais sustentáveis. Por isso, apresentamos este documento de apoio à tomada de decisão relacionando políticas e o banco de soluções do OICS, oferecendo aos tomadores

de decisão informação atualizada a partir de uma revisão bibliográfica sistemática sobre cada um dos temas mapeados (água, energia, mobilidade, ambiente construído, resíduos sólidos e Soluções baseadas na Natureza). Este documento sinaliza aos gestores públicos as políticas que podem ser endereçadas por meio da implementação de diferentes soluções urbanas, trata-se de um material vivo que oferece referências para a atualização de estratégias municipais no âmbito da sustentabilidade.

O material foi elaborado em uma parceria com o Núcleo de Design & Sustentabilidade da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e tem como principal objetivo oferecer aos gestores um material atualizado com a publicação científica na área da sustentabilidade, atentando-se às possibilidades de aplicação em escala local. O documento também traz extensa referência bibliográfica que poderá servir como insumo para a elaboração de projetos locais, além disso associa as políticas mapeadas com as soluções disponíveis no banco do OICS.

Método de pesquisa

Este documento é resultado da aplicação integrada dos métodos Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) e do Método Heurístico. A RBS buscou estabelecer o estado da arte sobre o tema a partir da consulta em artigos revisados por pares, publicados em periódicos internacionais entre 2016 e 2021. A abordagem para realização desta revisão adotou a proposição de três filtros de leitura propostos por Carlos e Capaldo (2009):

- a) filtro 1: leitura do título, palavras-chave e resumo;
- b) filtro 2: leitura da introdução e conclusão do artigo, novamente lê-se o título, palavra-chave e resumo; e
- c) filtro 3: leitura completa do texto.

A busca foi centrada nos periódicos disponíveis na plataforma www.periodicos.capes.gov.br, tendo sido utilizado na busca de 10 strings com duas ou três palavras-chave. A aplicação dos filtros ocorreu nos 40 artigos mais relevantes obtidos a partir de cada string. Nos artigos que passaram pelo filtro 3, buscou-se a revisão de conceitos e princípios e o contexto global das iniciativas no

tema, bem como dados e informações de natureza quantitativa que possibilitassem subsidiar os argumentos de tomadores de decisão.

Os exemplos de soluções realizadas no âmbito das cidades, eventualmente encontrados nos artigos, foram catalogados a partir de informações, como o título genérico e a descrição da solução, a localização geográfica e os dados da fonte bibliográfica. A análise para essas soluções seguiu o método heurístico, o qual trata da explicitação de conhecimento tácito associado a soluções de problemas realizadas no mundo real (MOUSTAKAS, 1990). A lógica de análise utilizada é predominantemente indutiva, buscando generalizar soluções e respectivas políticas em ciclos continuados de abstração do significado dessas evidências por meio de codificação, conceituação e categorização. Essas codificações foram agrupadas e cada um desses grupos resultou na proposição de temáticas para políticas públicas que estruturam o documento. Este processo segue a lógica da identificação de saturações teóricas, em que há maior densidade de códigos e categorias. O resultado, ao final de vários ciclos, segundo Holton (2008), é uma teoria densa alicerçada integralmente nos dados coletados em campo. Portanto, o método alinha-se à lógica da grounded theory proposta por Glaser (1965) e Glaser e Strauss (1967), posto que as políticas identificadas derivam do agrupamento de soluções efetivamente presentes em cidades ao redor do mundo, o que implica que sua formulação já tem intrinsecamente a validação externa. As categorias de políticas identificadas foram comparadas com as políticas oficiais, no intuito de identificar eventuais lacunas no contexto nacional.

Com o propósito de buscar a validação externa do conteúdo, incluindo a identificação de eventuais inconsistências técnicas e aperfeiçoamentos epistemológicos, uma versão 1.0 do relatório da pesquisa foi submetida a um painel de especialistas por meio de um workshop. Os especialistas (mínimo 6 / máximo 8) foram selecionados a partir da base Lattes, tendo como critério-base de seleção:

- a) doutores atuando na área;
- b) líderes de grupos de pesquisa; e
- c) bolsistas de produtividade.

Os workshops foram organizados em uma etapa assíncrona e uma etapa síncrona. Na etapa assíncrona, os participantes realizaram a avaliação do documento, tanto

por meio de comentários realizados diretamente nos relatórios, quanto por meio de um formulário encaminhado juntamente a todos os participantes. Estes assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O resultado da etapa assíncrona foi utilizado para estabelecer o foco da discussão na etapa síncrona em que se debateu com os(as) mesmos(as) a completude do documento, as eventuais inconsistências terminológicas, bem como a validade dos postulados para o contexto brasileiro.

A versão 2.0 do relatório, integrando os resultados do workshop com os especialistas, foi então submetida para avaliação da equipe do OICS. A versão 3.0 integra o feedback obtido da equipe do OICS. Note-se que o aperfeiçoamento continuado do documento inclui, também, aspectos, como estrutura, harmonização da linguagem, padrões visuais para infográficos, buscando reduzir eventuais redundâncias ou salientando, onde for pertinente, conexões com os outros resumos executivos.

Enfim, o documento a seguir apresenta estratégias e políticas para desafios urbanos referentes aos seis temas mapeados, relacionando-as com as soluções disponíveis na plataforma OICS. Para aproveitar melhor as informações mapeadas neste documento, busque as soluções mencionadas diretamente na plataforma: www.oics.cgее.org.br .

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: temas mapeados

Ambiente construído

O primeiro capítulo deste documento aborda o tema do ambiente construído que refere-se ao ambiente físico produzido pelo homem, geralmente projetado para apoiar as atividades humanas. Inclui, em seu escopo, elementos como o uso do solo, a qualidade do ar, a gestão dos resíduos, a gestão da água, os impactos econômicos, os impactos sociais, a eficiência energética, os sistemas de transporte, o provimento de alimentos, a saúde, o desenho urbano e a habitação propriamente dita (MOURATIDIS, 2021; DENG et al., 2019).

Entre as modalidades do ambiente construído, destaca-se, no presente documento, a Habitação de Interesse Social (HIS), a qual, via de regra, refere-se às moradias

voltadas à população de baixa renda, sendo também nomeada como “habitação de baixo custo”, “habitação para a população de baixa renda” e “habitação popular” (ABIKO, 1995). A HIS é usualmente financiada pelo Poder Público, e sua implementação pode ser assumida por empresas, associações e outras formas instituídas de atendimento à moradia. É destinada, sobretudo, a faixas de baixa renda que são objeto de ações inclusivas, notadamente as faixas até três salários-mínimos. Embora a dimensão do interesse social da habitação se manifeste sobretudo em relação à inclusão das populações de menor renda, pode também se manifestar em relação a outros aspectos, como situações de risco social, preservação ambiental ou cultural.

Contemporaneamente, o conceito de habitação de interesse social não se limita ao espaço físico da habitação. Abiko (1995) defende que “a habitação popular não deve ser entendida meramente como um produto e sim como um processo, com uma dimensão física, mas também como resultado de um processo complexo de produção com determinantes políticos, sociais, econômicos, jurídicos, ecológicos e tecnológicos”. Dessa forma, as iniciativas que visam ao desenvolvimento e à implementação de habitações de interesse social mais sustentáveis necessitam considerar as implicações sociais, ambientais e econômicas em todas as etapas de seu ciclo de vida. Isto inclui considerar o adequado provimento de serviços urbanos (abastecimento de água, coleta de esgotos, distribuição de energia elétrica, transporte coletivo, etc.), a oferta de infraestrutura urbana adequada (redes físicas de distribuição de água e coleta de esgotos, redes de drenagem, redes de distribuição de energia elétrica, de comunicações, do sistema viário) e os equipamentos sociais (edificações e instalações destinadas às atividades relacionadas com educação, saúde, lazer, etc.).

Habitações mais sustentáveis são apontadas como elemento crítico na transição para um futuro mais equitativo e de baixo carbono. Habitações sustentáveis são consideradas aquelas que são desenhadas, construídas e gerenciadas de forma que resultem em um ambiente construído saudável, durável, seguro e acessível para amplo espectro de renda da população. Essas habitações necessitam estar conectadas com infraestrutura e serviços de energia, água, saneamento e reciclagem, não poluindo o meio ambiente e, ao mesmo tempo, protegidas da poluição externa. Sua construção utiliza materiais e tecnologias acessíveis

economicamente e de baixa demanda energética. Com isso, o resultado construtivo deve ser resiliente a desastres naturais e aos impactos das mudanças do clima. Para resultar em bem-estar econômico e social, essas habitações necessitam estar próximas de geradores de emprego e de serviços, como saúde e educação, adequadamente integradas no tecido social, cultural e econômico da cidade. Ao longo de seu ciclo de vida, além da adequada operação de suas instalações, devem receber a necessária manutenção corretiva ou preventiva, o que pode incluir serviços de renovação ou retrofit (UN-HABITAT, 2012).

A inovação requerida para alcançar a sustentabilidade no ambiente construído não pode estar restrita tão somente à otimização ou à melhoria de produtos ou processos. Mudanças sistêmicas são requeridas, incluindo a revisão de valores associados a padrões de consumo e produção. Nesse sentido, não é apenas o ambiente construído ou o planejamento urbano que está sujeito ao debate, mas o estilo de vida (KLUNDER, 2013).

A perspectiva contemporânea considera todas as interações entre o ambiente natural, construído e socioeconômico. Consequentemente, políticas, programas e projetos necessitam adotar uma perspectiva ampliada para além de ênfases meramente tecnológicas (DENG et al., 2019). A habitação tem papel crítico na transição para um futuro mais sustentável. Para realização de seu potencial, é necessário não só soluções e inovações de caráter tecnológico, mas, muito importante, profundas mudanças na forma como as habitações são produzidas e reguladas (DOYON; MOORE, 2020).

Energia

O segundo capítulo aborda o tema da Energia Sustentável, que pode ser definida como aquela que é ofertada de forma equitativa a todos, com sustentabilidade ambiental e possibilitando a segurança no abastecimento. Equidade energética trata da acessibilidade e viabilidade econômica do fornecimento de energia para toda a população; sustentabilidade ambiental trata do desenvolvimento de fontes energéticas renováveis ou de fontes de baixo carbono; segurança energética trata da confiabilidade da infraestrutura de energia para atender à demanda presente e futura (WEC, 2021; VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019). Dessa forma, temas para

políticas em energia enfatizam questões como a segurança na disponibilidade de diversas fontes de energia; infraestrutura confiável e robusta; preços acessíveis e estáveis; sustentabilidade ambiental da produção e uso da energia (SMITH et al., 2002). Um desafio central é a expansão de fontes de energia acessíveis, confiáveis, ao mesmo tempo que se contempla a mitigação de seus impactos em todos os níveis (YUEHONG et al., 2020).

Consumo de energia é transversal a todas as atividades econômicas e, desta forma, iniciativas para mitigar seus impactos nas mudanças climáticas implicam em transformações do modelo econômico convencional para modelo de baixo carbono. Este processo é chamado de transição energética e é baseado na ampliação da eficiência energética, eletrificação e intensificação no uso de fontes renováveis de energia (VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019). Seu escopo inclui a reflexão crítica e ação contundente sobre a origem e eficiência energética de todas as cadeias de valor de produtos e serviços que cruzam as cidades. De fato, na contemporaneidade, tem-se uma mudança profunda do paradigma tradicional associado à energia versus o paradigma emergente.

Entre as principais motivações para as decisões municipais acerca de energia destacam-se a busca por equidade social, a estabilidade climática, a qualidade do ar, a governança, a busca por energia acessível e segura e, finalmente, o desenvolvimento econômico e criação de empregos (IRENA, 2021). De fato, cidades configuram-se como um *locus* central para os esforços de transição da sociedade para modos mais sustentáveis de suprimento e uso da energia (ARGYRIOU et al., 2017). Um dos temas centrais para uma transição a regimes mais sustentáveis de energia é o papel de políticas públicas, programas, projetos e ações voltadas a este processo de transição em todos os níveis, do local ao global (LINDBERG et al., 2019; YUEHONG et al., 2020).

De acordo com o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), não há dúvida sobre o quanto as emissões de natureza antropogênica dos gases de efeito estufa são responsáveis pelas mudanças climáticas. Para alterar esse quadro, em consonância com o Acordo de Paris, há uma urgente necessidade de reduzir as demandas energéticas e as emissões decorrentes de sua geração e uso (MAUREE et al., 2019). Os esforços para se realizar a transição nessa direção

estão associados ao escopo dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular com o ODS 7, que trata de garantir o acesso à energia confiável, sustentável e moderna para todos; ODS 11, que trata de tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, e ODS 13, que trata de tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos (MAUREE *et al.*, 2019).

Saneamento/Água

No terceiro capítulo abordamos o tema o tema “Saneamento/Água”, cujo recorte já realizado pela base de soluções e casos constantes no portal do OICS, propõe a customização de políticas e soluções mais sustentáveis adequadas às especificidades locais. Mesmo em municípios onde a concessão dos serviços de saneamento ocorre em instâncias estaduais ou empresas privadas, este documento mostra que há amplo espaço para contribuição das prefeituras para que a cidade alcance patamares mais sustentáveis na gestão da água.

O marco legal para o saneamento, estabelecido na Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), define saneamento básico como o conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais voltadas ao: a) abastecimento de água potável; b) esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos¹; e d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

O tema é central na busca por cidades mais sustentáveis, posto que água e saneamento são condições básicas para o bem-estar nas cidades e sua disponibilidade por si só é reconhecida pelas Nações Unidas como um direito humano (OHCHR, 2002; UNGA, 2010). Nesta perspectiva, entende-se que a água não pode ser considerada apenas como um recurso natural a ser administrado, disponibilizado e utilizado. O direito à água e ao saneamento significa a disponibilização de serviços de água e saneamento suficientes, seguros, inclusivos, culturalmente aceitáveis, economicamente acessíveis, entregues de forma participativa, responsável e não discriminatória (OHCHR, 2002).

O fenômeno do crescimento da população associado à rápida urbanização e ao elevado grau de informalidade, aliado aos impactos das mudanças climáticas e às

¹ O tema da limpeza e dos resíduos urbanos é tratado em outro resumo executivo.

repercussões na insegurança hídrica, têm oferecido um grande desafio para o planejamento, implementação e operação de um saneamento seguro nas cidades (UN-HABITAT, 2012; SPUHLER et al., 2020). Observa-se uma redução nas fontes de abastecimento de água concomitante à ampliação na intensidade do consumo. Há, neste contexto, um desafio permanente de garantir o suprimento de água suficiente (para todas as necessidades humanas básicas, como beber, higiene pessoal, lavagem de roupas, preparação de alimentos e higiene doméstica), segura (livre de micro-organismos, substâncias químicas e riscos radiológicos), apropriada (cor, odor e sabor devem ser culturalmente e socialmente apropriados), de fácil acesso e economicamente viável (UN-WATER, 2015; KHAN et al., 2020; ALEMU; DIOHA, 2020).

Alcançar essa qualidade da oferta demanda uma cadeia de serviços de saneamento, que inclui atividades como contenção, extração, transporte, tratamento, reutilização e descarte. Assim, contempla não somente uma dimensão tecnológica, mas também uma dimensão que envolve a definição da jornada de experiências desses usuários e de novos modelos de negócios (SPUHLER et al., 2020). Brown et al. (2009) propõem uma escala de evolução que vai do mero provimento de água potável, seguida do provimento de esgoto, drenagem, difusão da poluição, proteção dos mananciais e, no limite, um desenho urbano multifuncional e adaptativo que reforça comportamentos sensíveis à questão da água.

A evolução da maturidade dos sistemas de saneamento nas cidades tem em seu patamar inicial as cidades sem serviços básicos de água, com insuficiência deles, ou as cidades com sistemas implantados, mas com grande ineficiência, apresentando elevado nível de vazamento. Neste patamar inicial, a governança é reativa e o envolvimento da comunidade é baixo. Em um patamar mais acima, há as cidades que alcançam nível elevado de eficiência hídrica e de controle da poluição, embora ainda vulneráveis a mudanças climáticas, como o aquecimento urbano e as enchentes. A seguir, há as cidades adaptáveis e eficientes, em termos da utilização de recursos, recuperando energia e nutrientes do sistema de saneamento, além de aplicar conceitos de planejamento urbano voltados à adaptação ao clima, como a incorporação de infraestruturas verdes e separação de águas pluviais. Há, aqui, maior envolvimento da comunidade no processo de

decisão com vistas a horizontes de longo prazo. No patamar mais elevado, temos as cidades sensíveis (ou sábias), em se tratando da gestão da água; apresentando uma integração plena do planejamento hídrico com o planejamento urbano. Nesse patamar, a cidade alcança equilíbrio entre os ambientes construídos e naturais, resultando na gestão integrada e sustentável das águas pluviais, subterrâneas, superficiais, residuais e potáveis. Governo e sociedade agem de forma articulada para alcançar sustentabilidade na gestão hídrica (DOLMAN, 2011; GWP, 2000; WONG; BROWN, 2009; WONG et al., 2020).

Saneamento/Resíduos Sólidos

O quarto capítulo aborda o tema “Saneamento/resíduos sólidos”. A limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos estão integrados no marco legal para o saneamento básico, estabelecido na Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020c). Resíduos sólidos são definidos pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) como todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade.

A NBR 10.004 (ABNT, 2004), que estabelece os critérios de classificação de resíduos sólidos em termos de seus potenciais riscos ao meio ambiente e à saúde humana, classificando os resíduos sólidos em sólidos e semi-estados sólidos, resultantes das atividades comunitárias industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, agrícolas, de serviços e de varrição. Incluem-se nesta definição os lodos derivados de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como líquidos cujas particularidades tornam inviável seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água (SLOMSKI et al., 2020). Os resíduos sólidos urbanos com origem residenciais, comerciais e institucionais são um dos vários fluxos de resíduos que as cidades gerenciam. Outros fluxos de resíduos comuns incluem resíduos industriais, resíduos agrícolas, resíduos de construção e demolição, resíduos perigosos, resíduos médicos e resíduos eletrônicos, ou lixo eletrônico (KAZA et al., 2018).

Nos últimos anos, a gestão dos resíduos sólidos urbanos tem se tornado cada vez mais urgente nos países emergentes devido ao crescimento econômico,

impactando na aceleração do consumo e, por consequência, na geração de resíduos. O aumento na geração de resíduos encontrou grave escassez de aterros e custos de operação crescentes (HOANG; FOGARASSY, 2020). A gestão dos resíduos urbanos é um desafio central para a sustentabilidade nas cidades. O tamanho da população e sua prosperidade econômica são dois vetores principais na geração de resíduos (IYAMU et al., 2020). À medida que a gestão de resíduos vem sendo considerada como um direito humano básico há cada vez mais pressão para melhoria de suas práticas nas cidades.

A gestão dos resíduos no meio urbano é primariamente uma iniciativa de saúde pública e de proteção ao meio ambiente. Sua implementação implica em desafios para as autoridades locais, estando frequentemente entre os principais dispêndios municipais. Ademais as atividades econômicas associadas a resíduos constituem em importante fonte de emprego e renda para parcela da população (GUIBRUNET et al., 2017).

Dentre os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, onze têm conexão direta com a gestão dos resíduos, incluindo o aumento da inclusão, participação e urbanização sustentável e a priorização de programas que resultem em melhor qualidade do ar e saneamento (JUCÁ et al., 2020). Gestão de resíduos está conectada com 12 dos 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável, particularmente o ODS 6, “Água e Saneamento”; ODS 8, “Trabalho Decente e Crescimento Econômico”; ODS 11, “Cidades e Comunidades Sustentáveis” e ODS 12, “Produção e Consumo Sustentável. No ODS 6 esta conexão é mais direta por meio da Meta 6.3 relacionada com a eliminação do descarte dos resíduos sólidos. A abordagem da economia circular contribui para o crescimento de pequenos negócios, geração de trabalho e renda, além da melhoria das condições de trabalho (LAZO; GASPARATOS, 2019).

Mobilidade urbana

O quinto capítulo aborda o tema da mobilidade urbana, que trata da capacidade ou habilidade de realizar deslocamentos de forma eficiente, efetiva, segura e confortável no âmbito da cidade. A Política Nacional de Mobilidade Urbana (Lei Federal nº 12.587/2012) considera como parte do escopo da mobilidade urbana tanto o deslocamento de pessoas como de cargas (BRASIL, 2012). A Política

Nacional de Trânsito (Resolução Contran nº 514/2014) (BRASIL, 2014) visa a assegurar a proteção da integridade humana e o desenvolvimento socioeconômico, de forma integrada ao uso do solo, à mobilidade urbana, à educação e ao meio ambiente.

As características da mobilidade em uma cidade configuram atributo central na definição da evolução de sua urbanização, conferindo forma e estabelecendo a dinâmica dos fluxos no espaço urbano, afetando desde a geração de emprego e renda, a qualidade das interações sociais até na velocidade e eficácia da resposta a crises e catástrofes (SCHLÄPFER et al., 2021). Dessa forma, cidades que anseiam alcançar patamares mais elevados de desenvolvimento sustentável necessitam integrar a mobilidade no centro de suas políticas, programas, projetos, estratégias e ações.

Sendo assim, mobilidade urbana sustentável pode ser definida como aquela que responde a necessidades econômicas, sociais e ambientais da sociedade ao mesmo tempo que minimiza ou elimina os impactos indesejáveis na economia, na sociedade e no meio ambiente (GALLO; MARINELLI, 2020). Trata-se de satisfazer as necessidades atuais de transporte e mobilidade sem comprometer a capacidade das gerações futuras de terem as mesmas necessidades atendidas (BLACK, 1996, p. 151). Alcançar uma mobilidade mais sustentável demanda, portanto, contemplar as dimensões ambiental (por exemplo, por meio do uso de energias renováveis e redução da degradação do solo), social (provendo equidade no acesso à mobilidade, melhoria da qualidade do ar, redução de ruído e proteção climática) econômica (valorizando os recursos locais e criação de empregos e renda de base local) (RICHARDSON, 1999; TUMI, 2019).

Alcançar uma mobilidade mais sustentável nas cidades implica em mudanças profundas no planejamento urbano e no comportamento, atitudes e opiniões de seus cidadãos, demandando soluções centradas nesses (UNHABITAT, 2021). A relevância do tema é tamanha que está implícita em sete dos dezessete Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS). A estrutura global para governança voltada a uma mobilidade mais sustentável tem seu marco mais recente na Conferência das Partes (COP21) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), “O Acordo de Paris sobre as Alterações Climáticas”.

O Acordo é o primeiro passo para um tratado duradouro e juridicamente vinculativo contra os efeitos adversos das emissões de gases de efeito estufa no âmbito da mobilidade (UNFCCC, 2015; ZAWIESKA; PIERIEGUD, 2018). A ambição é clara: as emissões de gases de efeito estufa provenientes dos transportes precisarão ser pelo menos 60% mais baixas do que em 1990 (BOSETTI et al., 2014).

Soluções baseadas na Natureza

Por fim, o último capítulo aborda a temática relacionada acerca das Soluções Baseadas na Natureza, ações inspiradas, apoiadas e/ou copiadas da natureza, sendo necessário sua adequação às circunstâncias locais (EC, 2015), contemplando os desafios sociais, ambientais e econômicos específicos de cada cidade (EC, 2016; FAIVRE et al., 2017). O termo foi inicialmente utilizado nos anos 2000 como parte das ações para mitigação e adaptação às mudanças climáticas, proteção da biodiversidade e promoção de modos de vida mais sustentáveis. Em sua evolução, congrega conceitos anteriores, como florestas urbanas, serviços ecossistêmicos e infraestrutura verde (FAIVRE et al., 2017; ESCOBEDO et al., 2019). As SbN constam do rol de decisões que integram a Convenção da Organização das Nações Unidas (ONU) para a Diversidade Biológica, associando o tema à restauração da biodiversidade e às medidas de adaptação às mudanças climáticas (FAIVRE et al., 2017).

Quatro objetivos principais são característicos das SbN: a) ampliar a sustentabilidade no processo de urbanização; b) restaurar ecossistemas degradados, melhorando sua resiliência e sua capacidade no provimento de serviços ecossistêmicos; c) adaptar e/ou mitigar os efeitos das mudanças climáticas nas cidades, com respostas mais resilientes e com ampliação do sequestro de carbono; d) melhorar a gestão de múltiplos riscos de maneira que amplie a resiliência das cidades (EC, 2015).

As SbN operacionalizam serviços ecossistêmicos, tendo papel crítico na transição de modelos de crescimento pautados pelo consumo intensivo de recursos para paradigmas voltados a modos mais eficientes e suficientes no uso desses recursos (NEVENS et al., 2013). Suas características, via de regra, resultam em cidades mais diversas, com processos e paisagens mais naturais e mais adequados ao contexto local (EC, 2016; FAIVRE et al., 2017). Utilizam atributos e características

de sistemas complexos presentes na natureza, como a habilidade para sequestrar carbono e regular fluxos de água. Dessa forma, realçam soluções naturais existentes ou, alternativamente, exploram soluções inovadoras que mimetizam organismos não humanos. Trazem características diversas e naturais para a paisagem das cidades, com soluções mais adequadas às características do território, mais eficientes no uso de recursos e com intervenções mais sistêmicas. Aproveitam, portanto, a potência e a sofisticação da natureza, convertendo os desafios ambientais, sociais e econômicos em oportunidades de inovação (EC, 2015; EC, 2016; FAIVRE et al., 2017).

As SbN são, em última instância, intervenções que usam a natureza para enfrentar vários desafios de sustentabilidade de forma concomitante e sistêmica, sendo projetadas para lidar com riscos, tais como inundações, calor excessivo, degradação do ecossistema ou regeneração urbana (DORST et al., 2021). Seu espectro de aplicações vai da microescala (utilização de radiação UV para tratar algas poluentes, telhados verdes) até a macroescala (implantação de grandes parques urbanos para mitigar as mudanças climáticas) (NESSHÖVER et al., 2017; LAFORTEZZA et al., 2018). Podem envolver, em seu âmbito de aplicação, desde o edifício ou terreno (pavimento permeável, prado urbano, jardim privado, abrigo auxiliar para fauna (hotel para insetos), utilização da fauna auxiliar (minhocário), sistema de drenagem sustentável, telhado verde, etc.), até o bairro (corredores de pasto apícola, jardim comunitário, parque urbano, cais verde) e a cidade e os arredores (floresta urbana, rede de ruas verdes, corredores ecológicos, agricultura urbana) (HERZOG et al., 2019). De maneira similar, o grau de intervenção de uma SbN também tem uma escala de variação: a) nenhuma ou mínima intervenção nos ecossistemas, tendo por objetivo manter e melhorar a capacidade deles em prover serviços; b) abordagens gerenciais que buscam desenvolver ecossistemas sustentáveis e multifuncionais, melhorando a provisão de serviços ecossistêmicos específicos que oferecem melhor performance em comparação com soluções convencionais; e c) gestão de ecossistemas de maneira fortemente intrusiva ou, até mesmo, criando novos ecossistemas (EGGERMONT et al., 2015).

CAPÍTULO 1: AMBIENTE CONSTRUÍDO

Motivações para um ambiente construído mais sustentável

Mais da metade das pessoas no mundo vivem em áreas urbanas ou cidades, número que deverá chegar a cerca de 60% em 2030 (MACLACHLAN et al., 2021). Cidades são sistemas complexos de serviços interconectados (UN-HABITAT, 2012) e integrados em uma rede global de produção e consumo e, dessa forma, seus impactos transcendem suas fronteiras administrativas.

O planejamento do ambiente construído sustentável, na maioria das cidades, chegou a um ponto de inflexão, pois o crescimento do tráfego e da população tornou-se uma pressão tremenda sobre o meio ambiente e as pessoas (WEY, 2018). Cerca de 65% das emissões de carbono devido a combustíveis fósseis e à produção de cimento são atribuídas às habitações (WIENDENHOFE et al., 2018). De acordo com a Agência Internacional de Energia, a energia utilizada para aquecer ou resfriar habitações responde por cerca de 30% do consumo global de energia (IEA, 2009).

Diante da falta de medidas de mitigação no setor de edificações, as emissões podem aumentar significativamente no futuro, considerando a alta probabilidade de ampliação das temperaturas externas, com ondas de calor mais frequentes e longevas e, conseqüentemente, aumento da demanda por energia para resfriamento (IPCC, 2014). De maneira similar, estações mais frias estão elevando as temperaturas em ritmo maior do que as estações mais quentes, o que deve resultar em redução do consumo de energia para aquecimento nesse período (ALTMANN, 2014).

Renda é um fator definidor do impacto ambiental nas habitações e, dessa forma, a desigualdade nos níveis de renda tem impacto direto na diferenciação dos impactos ambientais de acordo com os vários extratos sociais da sociedade. Em 2010, por exemplo, 10% das habitações mais afluentes respondiam por 34% das emissões globais, enquanto 50% da população nas faixas de menor renda respondiam por 15% das emissões (WIENDENHOFE et al., 2018). Há relação direta, também, entre o tamanho da habitação e a pegada de carbono per capita.

Estima-se que os edifícios consomem cerca de 50% dos recursos globais, 40% da

energia e sejam responsáveis por 33% das emissões globais de gases do efeito estufa (MARTIN; PERRY, 2019; EURIMA, 2019). A indústria da construção também é um grande consumidor de recursos naturais, com aproximadamente 3 bilhões de toneladas de matérias-primas naturais (40% -50% do fluxo total na economia global) sendo usadas, a cada ano, na fabricação de produtos e componentes de construção em todo o mundo. Estima-se que os edifícios em uso também sejam responsáveis por 12% do uso global de água (MARTIN; PERRY, 2019). Os recursos primários, fontes de energia fóssil, bem como minerais e outros materiais virgens, estão se esgotando. Vários metais se tornarão escassos antes de 2050, enquanto outros estão desigualmente espalhados pelo planeta e o acesso aos recursos será dificultado por barreiras políticas e macroeconômicas. Devido à escassez, recursos alternativos serão usados, preferencialmente recursos renováveis (EURIMA, 2019).

Taxonomia de políticas para um ambiente construído mais sustentável

A Figura 1 apresenta o elenco das políticas identificadas a partir da revisão bibliográfica sistemática e que é utilizada neste documento para classificar as soluções voltadas para obtenção de um ambiente construído mais sustentável nas cidades. Nas seções subsequentes, cada uma dessas políticas é explicada em detalhe, incluindo a apresentação de respectivas soluções encontradas na literatura e/ ou presentes na base OICS



Figura 1 – Visão geral das políticas voltadas ao ambiente construído mais sustentável nas cidades
Fonte: Elaboração própria.

Política voltada à maior eficiência na fase de uso do ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a eficiência no consumo de recursos associados à fase de uso do ambiente construído e, também, a neutralização da quantidade de gases de efeito estufa (GEE) que são emitidos, direta ou indiretamente, nessa fase do ciclo de vida. A adoção dessa política vem sendo crescentemente observada em todo o mundo, repercutindo na adoção de modelos inovadores de desenvolvimento sustentável para enfrentar as mudanças do clima (PAN; PAN, 2021; ICLEI, 2009; IRENA; IEA; REN21,2018; AKADIRI et al., 2019; RED, 2021).

Demanda-se que a legislação e as regulamentações municipais (códigos de obra) passem a adotar, de maneira efetiva, os critérios e parâmetros das normas de desempenho da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como, por exemplo, transmitância térmica e atraso térmico.

A descarbonização do ambiente construído e, por decorrência, das cidades depende não só da revisão de suas fontes de energia e das especificações dos materiais empregados, mas também de transformações na configuração urbana, nos padrões de consumo durante a fase de uso da habitação, nas práticas sociais cotidianas (WIENDENHOFE et al., 2018) e também das características de projeto do ambiente construído. Incluem-se aqui as estratégias de adoção de conforto passivo do ambiente construído, a implementação de soluções ativas mais eficientes e o posicionamento do ambiente construído Ciclovias geradoras de energia elétrica Banheiro público tecnológico com sistema de reaproveitamento de água e gramíneas no teto | Sistema de resfriamento de espaços públicos via evaporação da água (base OICS, 2021) como espaço para captação e geração de recursos necessários à própria operação do ambiente construído. É importante notar que essas soluções constantes na base OICS não são de aplicação geral, sendo condicionadas à viabilidade de aplicação no contexto local. Sistemas de resfriamento evaporativo, por exemplo, são aplicados em alguns tipos específicos de clima.

No contexto do ambiente construído, as edificações são apontadas como a maior oportunidade de se reduzir as emissões de carbono. Assim, uma das estratégias para se buscar a implantação desta política é a busca pela concepção de

habitações de interesse social de carbono zero (ZCB) Folha BioSolar para captação de CO₂ | Concreto Carbonado | Filtro biotecnológico para limpeza e monitoramento do ar | Sistema construtivo de laje leve | Sistemas Construtivos em Bambu (base OICS, 2021) ou, alternativamente, de baixo carbono. Enfatiza-se aqui a utilização de tecnologias de base local, biocompatíveis e utilizando recursos de fontes renováveis.

A busca por uma habitação de interesse social carbono zero pode ser auxiliada com a redução das barreiras regulatórias para a energia renovável e com a implementação de infraestrutura de suporte, apoiada pela adoção de processos ágeis e transparentes para o licenciamento de iniciativas em energia renovável (FEU, 2018; LINDBERG, et al., 2019). O estímulo para a disseminação dessas estratégias pode ocorrer pela promoção de benefícios econômicos e legislativos (base OICS, 2021) para empreendimentos que envolvam a oferta de edificações com certificações de carbono zero (OPOKU, 2019; PAN; PAN, 2021), certificações que valorizem a proteção ambiental e cultural dos espaços urbanos (LILLEVOLD; HAARSTAD, 2019) ou, ainda, demais esforços para redução de emissões na atmosfera a partir do ambiente construído | Certificação LEED, Certificação da Madeira, Etiquetagem PBE Edifica (base OICS, 2021) (BRE, 2006). Uma ação necessária para viabilizar essas estratégias é estimular o desenvolvimento de competências locais para implementação de edificações de carbono zero (PAN; PAN, 2021).

Destaca-se aqui a estratégia de promoção da busca pelo conforto ambiental passivo Estratégia bioclimática de ventilação natural, Biofilia (base OICS, 2021), isto é, o conforto (térmico, lumínico, acústico, higrotérmico) provido pelas próprias características da habitação de interesse social, com o mínimo de demanda de energia adicional (LOVELL, 2004; BOERI et al., 2016). Altmann (2014) estima que, ao considerar as mudanças do clima futuras, a implementação de soluções passivas e ativas, para maior eficiência no consumo de recursos pelas edificações, pode alcançar até 38% de redução no consumo de energia. A aplicação de critérios de desempenho passivo Janelas sustentáveis | Azulejos de madeira que absorvem ruídos e garantem a qualidade acústica (base OICS, 2021) (ABNT NBR 15575, 2021) na habitação de interesse social inclui estímulo à maximização do uso da luz solar nas edificações (BRE, 2006); estímulo à qualidade do isolamento das

aberturas (portas, janelas), Telhas de Argila Reciclada para Resfriamento Natural (base OICS, 2021); estímulo para se implementar níveis adequados de isolamento térmico de paredes e teto (KLUNDER, 2013); adoção de telhados verdes Telhado verde (base OICS, 2021) (MACLACHLAN et al., 2021). O tema é de tal relevância que vários países e governos têm demandado a avaliação e divulgação do nível eficiência energética de edificações já no processo de venda ou aluguel de imóveis (ALTMANN, 2014).

Outro espectro de soluções voltadas ao uso mais racional de recursos na fase de uso da habitação de interesse social enfatiza a eficiência das soluções ativas para obtenção de conforto. Inclui-se aqui o estímulo para adoção de soluções automatizadas de iluminação eficientes energeticamente (SHITTU, 2020) e, de forma mais abrangente, a disseminação de soluções “economizadoras”, analógicas ou digitais, que permitam ajuste pelo próprio usuário das taxas de consumo ou, ainda, imposição de níveis máximos de consumo de forma automática e analógica (SHITTU, 2020) (torneiras com desligamento automático). Nesse escopo de soluções, integram-se os esforços de encorajamento para aquisição de produtos de alta eficiência energética (BRE, 2006). Além de contribuírem na redução do consumo de energia, optar por esses equipamentos têm impactos na busca pelo conforto térmico da edificação. Equipamentos mais eficientes em lugares de clima frio podem ampliar a demanda por aquecimento em até 20% ao mesmo tempo que reduzir a demanda por resfriamento em 40% (TETTEY et al., 2017), ao mesmo tempo que em lugares de clima quente e úmido a energia total demandada pode reduzir em até 23% (ALTMANN, 2014; SHIBUYA; CROXFORD, 2016).

Finalmente, enquanto se amplia a eficiência no consumo de recursos na habitação de interesse social – seja via abordagens ativas ou passivas –, a habitação de interesse social pode ser também posicionada como espaço para captação e geração de recursos. Nesse sentido, a estratégia de promover a geração de energia renovável e menos poluente, gerada de forma distribuída - *Geração de energia solar distribuída através de sistema de compensação energética – Net Metering* (base OICS, 2021) (BRE, 2006; ALTMANN, 2014) -, alinha-se a essa política. De fato, a instalação de sistemas de energia renovável distribuída (eólica, fotovoltaica, bombas de calor, etc.) podem reduzir ou até completamente mitigar os níveis de emissão das edificações. Uma possibilidade para essa estratégia é a conexão do

ambiente construído com sistemas distritais de geração de energia, com geração de fontes renováveis (BRE, 2006; ALTMANN, 2014). Outro exemplo de insumo que é passível de receber contribuições do próprio ambiente construído é a água, implicando na adoção de estratégias voltadas ao estímulo da coleta de água da chuva *Pavimentos Permeáveis | Tec Garden: Sistema de irrigação por capilaridade* (base OICS, 2021) (BRE, 2006), à contenção do fluxo de chuvas torrenciais, além da reciclagem e/ou reúso da água cinza *Reúso de água em edificação* (base OICS, 2021).

Política para maior adaptabilidade do ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a extensão ou otimização do ciclo de vida do ambiente construído, com vistas à adequação às contínuas mudanças nas necessidades de seus usuários. Trata-se essencialmente de disseminar a aplicação do conceito de adaptabilidade do ambiente construído, com a aplicação de conceitos, como flexibilidade, conversibilidade e expansibilidade ao longo do ciclo de vida (LARCHER, 2005).

A repercussão dessa política está ligada diretamente à redução da obsolescência ou redundância do ambiente construído, viabilizando sua reutilização adaptativa ou reutilização criativa (MANEWA et al., 2016). Isso resulta em impactos de natureza social, econômica e ambiental em função da extensão do ciclo de vida, destacando-se a redução da necessidade de extração de matéria-prima da natureza (KLUNDER, 2013). Os benefícios incluem a eventual diminuição de custos ao longo do ciclo de vida (particularmente quando demandado atualizações estéticas, tecnológicas ou funcionais) e a manutenção do valor cultural associado à retenção de estilo e herança cultural de uma comunidade. Os custos iniciais podem se apresentar maiores, mas esses são contrabalançados pela ampliação da durabilidade, pela redução de custos de manutenção e pela maior facilidade de ajuste às necessidades do usuário, além da redução dos riscos para empreendedores.

A implementação dessa política na habitação de interesse social demanda a promoção da integração do conceito de adaptabilidade já a partir do projeto da habitação, incluindo seus componentes e subsistemas, possibilitando a adequação

do estoque existente para novas necessidades de seus usuários. Habitações adaptáveis permitem a personalização dos espaços e, muito importante, sua adequação às variações de necessidades estéticas e funcionais de seus ocupantes ao longo do ciclo de vida. Quando projetada com esse conceito, a habitação de interesse social tem possibilitado as adaptações ao longo do ciclo de vida com custo comparativamente menor (MANEWA et al., 2016). Portanto, demanda-se estímulo para adoção de soluções que facilitem a montagem, desmontagem e transportabilidade de componentes e subsistemas de edificações (BOERI et al., 2016), o que, por consequência, envolve promover a adoção da coordenação modular no projeto de edificações | *Modelagem da Informação da Construção (BIM)* (base OICS, 2021) (BOERI et al., 2016). Essas estratégias podem estar integradas em programas de requalificação urbana aderentes a novos paradigmas socioeconômicos (CLARKE et al., 2019). O Quadro 1 apresenta algumas das heurísticas² relevantes para ampliação da adaptabilidade da habitação de interesse social.

Quadro 1 – Heurísticas para ampliação da adaptabilidade de edificações

Grupo de estratégias	Heurísticas
Arranjo espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Acompanhar as mudanças no ciclo familiar. • Permitir as adaptações funcionais permanentes. • Possibilitar alterar as funções espaciais e o <i>layout</i>. • Sobrepor as atividades diurnas e noturnas. • Permitir a mudança da tipologia habitacional. • Permitir a mudança de uso da edificação. • Criar espaços de trabalho/lazer/coabitação com acesso independente. • Prever cômodo independente sem articulação com os espaços privativos. • Possibilitar a alteração simplificada de um cômodo ao longo do tempo. • Disponibilizar excedente do pé-direito para ampliação vertical. • Prever cômodos independentes para locação. • Aumentar a possibilidades de uso dos ambientes. • Permitir as ampliações na metragem quadrada da edificação. • Promover o uso de ambientes neutros na edificação.
Esquadrias e vãos de abertura	<ul style="list-style-type: none"> • Permitir a variabilidade no número de vedações permitidas. • Empregar os painéis removíveis e as divisórias operacionais.
Cobertura e estruturas	<ul style="list-style-type: none"> • Promover o uso de sistemas estruturais que permitam grandes vãos. • Eliminar as alvenarias internas. • Promover o uso de arquitetura aberta (plantas, sistemas construtivos, entre outros). • Aplicar a coordenação modular no projeto e no sistema construtivo.

² “[História] Ramo da História que se dedica à pesquisa de documentos que tem por objeto a descoberta de fatos. Hipótese que, numa pesquisa, leva a uma descoberta científica; método analítico para a descoberta de verdades científicas. Método educacional que busca ensinar o aluno autonomamente, para que ele descubra e aprenda tendo em conta a sua experiência, com os próprios erros e acertos. [Informática] Método investigativo e de pesquisa que se pauta na aproximação, através da quantificação, de um determinado objeto.” Fonte: Dicionário Online de Português. Disponível em: < [tps://www.dicio.com.br/heuristica/](https://www.dicio.com.br/heuristica/) >. Acesso em: 15 jun. 2022.

Instalações e mobiliário

- Prever o mobiliário multifuncional e retrátil.
- Prever o uso de fachadas flexíveis e dinâmicas.
- Promover o uso de divisórias leves.
- Prever o uso de núcleos de serviços.

Fonte: Adaptado de Borges (2021).

A integração da adaptabilidade na habitação de interesse social demanda uma perspectiva compreensiva de seu ciclo de vida, desde o planejamento, construção, uso/operação, manutenção/ readequação e, eventualmente, até a demolição (LARCHER, 2005). Nesse sentido, princípios pertinentes ao projeto adaptável incluem a independência dos espaços, a upgradability (capacidade de receber atualizações), a adoção de ciclos de vida compatíveis entre materiais, componentes e subsistemas e, muito importante, a integração de informação em seus espaços para permitir que os moradores compreendam o mecanismo de adaptação do espaço (LARCHER, 2005). Tais estratégias podem repercutir em decisões, como a previsão de carga extra nas fundações; a aplicação da coordenação modular; a previsão de alterações na superestrutura; a adoção de soluções construtivas que viabilizam independência entre vedações e estrutura; o projeto de instalações dimensionadas com folga; a definição de espaços com dimensões maiores e com ambiguidade de função. Sua implementação é melhor articulada quando realizada dentro do conceito de open building, com a maior possibilidade de customização funcional e espacial da habitação (MANEWA et al., 2016).

A reforma, a restauração, a renovação ou retrofit, uma vez facilitadas pelo conceito de adaptabilidade, têm amplo espectro de possibilidades, desde a mera renovação estética com a substituição de superfícies até mudanças substanciais no interior e exterior para adaptar o ambiente construído para novos usos | Técnicas e processos de revitalização de edificações para adequação a padrões de sustentabilidade – Retrofit (base OICS, 2021) (LIU et al., 2020). Inclui a previsão e facilitação da atualização ou inclusão de subsistemas com grande impacto ambiental na fase de uso, como a coleta de energia solar, a coleta de água da chuva, a reciclagem da água cinza (SHIKDER; MONJUR, 2012) e a realização de reformas no envelope da edificação. Esta última envolve a realização de melhorias no isolamento térmico das vedações e a ampliação da massa térmica, melhorando o fluxo de calor entre o exterior e o interior da edificação de tal maneira a se demandar menor quantidade de energia para se alcançar o conforto térmico (ALTMANN, 2014). Radhi (2009) identificou, em seu estudo em Bahrein, que a

ampliação da massa térmica pode reduzir as demandas por aquecimento ou resfriamento em cerca de 26,4% e 12,6%, respectivamente. Entretanto, a utilização de critérios de isolamento e massa térmica no Brasil necessitam considerar as particularidades de cada região posto que podem prejudicar o desempenho térmico, particularmente naquelas regiões com clima quente e úmido e com pouca oscilação térmica.

No processo de atualização funcional de edificações, destacam-se as possibilidades oferecidas pelas tecnologias digitais emergentes. Essas inovações têm possibilitado a maior responsividade de componentes, subsistemas e sistemas da edificação, particularmente pela automação voltada a garantir a qualidade ambiental (umidade) no ambiente construído (IEQ – Indoor Environmental Quality). Esses sistemas têm impactado na maior eficiência energética da edificação e no conforto do usuário (VAZ et al., 2016). Ademais, com a difusão de sistemas, como arduino e raspberry Pi, abre-se a oportunidade de aplicação também na habitação de interesse social, possibilitando maior qualidade construtiva e uso de sistemas passivos.

Política para a promoção de saúde e bem-estar no projeto do ambiente construído

Essa política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a promoção da saúde e do bem-estar das pessoas a partir do projeto do ambiente construído. Saúde é considerada um indicador - chave do desenvolvimento sustentável de uma cidade, necessitando estar no centro do planejamento urbano (WHO, 2015) e na definição essencial esperada do ambiente construído. Admite-se nessa política que as características do ambiente construído têm impacto direto na saúde, por exemplo: na obesidade, a inatividade física, o estresse psicológico, a ansiedade mental, o isolamento social e a nutrição deficiente. A qualidade do desempenho lumínico, por exemplo, influencia diretamente na manutenção do ciclo circadiano, ou seja, o ritmo temporal biológico que é influenciado pela luz do dia (HEINRICH, 2011). O ambiente construído também contribui, de forma direta, no fomento a estilos de vida sedentários que podem resultar em doenças crônicas, como diabetes, condições cardíacas e respiratórias e depressão (PAINE; THOMPSON, 2017). Portanto, essa política procura desenvolver e implantar

soluções que revertam esse quadro, convertendo o ambiente construído em espaço para manutenção e aprimoramento da saúde e do bem-estar de seus moradores. A habitação de interesse social pode ser tanto instrumento de melhoria da saúde de seu morador quanto de origem de patologias. De fato, há uma série de doenças que são desencadeadas pela proliferação de micro-organismos infecciosos e partículas químicas em edificações, sendo esse fenômeno denominado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como Síndrome do Edifício Doente (SED). As manifestações dessa síndrome incluem, entre outras, dificuldades respiratórias, dor nas articulações, dor de cabeça, coceira, irritação de olhos, irritação ou infecção nas vias respiratórias, fadiga mental, náusea, pele seca e sonolência (BURGE, 2004). Para eliminar ou mitigar problemas dessa natureza, são necessárias medidas, como: a) promover melhor estanqueidade das habitações, reduzindo a umidade no ambiente construído, uma das maiores fontes de formação de fungos, doenças respiratórias e outras complicações; b) utilização de parâmetros de desempenho acústico para componentes da construção, como fachadas, coberturas, entrespisos e paredes; c) exigência de manutenção de níveis aceitáveis de material particulado em suspensão, micro - organismos, bactérias e gases tóxicos; d) utilização de padrões que evitem a contaminação por insetos e roedores no ambiente construído; e) provimento de espaços suficientes no ambiente construído (BRE, 2006; ABNT NBR15575, 2021).

A saúde na habitação de interesse social inclui o conforto antropodinâmico que ocorre pelo respeito a parâmetros de deformabilidade de pisos, declividade de rampas, velocidade de elevadores, entre outros (BRE, 2006; ABNT NBR15575, 2021). Quando os espaços da habitação de interesse social não são acessíveis, apresentando impedimentos de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, particularmente à pessoa com deficiência, reduz-se a possibilidade de plena e efetiva integração das pessoas na sociedade. A acessibilidade trata da possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, das funcionalidades oferecidas pelo ambiente construído. Os requisitos para sua aplicação no ambiente construído são regulamentados pela ABNT NBR 9050 de 2015 “Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos”.

A promoção de maior acessibilidade na habitação de interesse social tem como

objetivo alcançar maior equidade e igualdade nos parâmetros mínimos de condições de vida da população, em particular às pessoas com mobilidade reduzida. Alguns aspectos – como forma e força necessárias para acionar os dispositivos no ambiente construído, altura e posicionamento desses dispositivos – são determinantes para garantir a ergonomia e usabilidade da moradia (ABNT NBR15575, 2021). Dadas as alterações demográficas do Brasil, destacam-se os esforços para reduzir os riscos de quedas dos idosos moradores de habitações de interesse social. Conforme pesquisa do Hospital Albert Einstein, cerca de 30% dos idosos caem, pelo menos, uma vez ao ano – entre as pessoas acima de 85 anos, 70% dos casos ocorrem em ambientes domiciliares (ALBERT EINSTEIN, 2012). A mitigação do problema no ambiente construído envolve ações no âmbito da iluminação e seleção de cores para os ambientes, na definição do layout dos cômodos, na disposição e forma dos móveis e, também, na supressão de objetos e superfícies escorregadias.

Política para promoção de saúde e bem-estar por meio de critérios para uso do solo

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a promoção da saúde e do bem-estar das pessoas por meio de políticas de uso do solo associadas à habitação de interesse social. Soluções voltadas à saúde no ambiente construído, em associação com o delineamento do planejamento urbano, influenciam o bem-estar em várias instâncias da vida, como lazer, segurança, trabalho, relacionamentos sociais, respostas emocionais e saúde (MOURATIDIS, 2021). Na dimensão da saúde mental, por exemplo, o ambiente construído pode contribuir com a ampliação da coesão e das interações sociais, reduzindo o risco de doenças mentais, particularmente depressão (PAINE; THOMPSON, 2017). Os espaços abertos verdes atrativos, por exemplo, podem prover o suporte necessário para interações sociais organizadas ou incidentais, em que residentes podem se encontrar e se desenvolver. Encontros em pequena escala com a natureza e com as pessoas são tão significantes quanto encontros em grande escala, particularmente em zonas urbanas de grande densidade (UNSW, 2011).

A qualidade do estado de saúde e bem-estar do morador de habitação de interesse social, assim como em outras modalidades de moradia, é afetado não apenas por

fatores pessoais (sexo, idade, status social e econômico e estilo de vida), mas também por outros fatores (qualidade do meio ambiente, poluição do ar, facilidade de acesso a espaços verdes e parques, instalações de recreação do bairro, segurança e oportunidades para aumentar a atividade física) (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020). A eventual carência da atividade física pode ser reforçada por políticas de uso do solo deficientes associados à habitação de interesse social. Conforme argumenta Charehjoo e Hoorijani (2020), hábitos sedentários podem ser formados com a falta de acesso a utilitários esportivos e, em consequência, esses hábitos podem levar a uma diversidade de problemas de saúde como problemas cardíacos e obesidade. Impacto similar ocorre em se tratando do desenho urbano da cidade. As pessoas podem preferir dirigir veículos motorizados individuais devido às longas distâncias entre suas acomodações, resultando em ampliação da emissão de CO₂ (DENG et al., 2019).

A saúde pública não se limita, portanto, à atuação dos profissionais do campo da saúde propriamente dita, demandando o envolvimento de várias outras disciplinas do conhecimento, o que inclui o planejamento e o design urbano, o planejamento de transportes e a arquitetura e paisagismo (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020). Normas e regulamentos derivados do planejamento urbano afetam diretamente a saúde no ambiente construído, como, por exemplo, a criação de zonas de emissão ultrabaixa de carbono ou a restrição do acesso e circulação de veículos com ruído excessivo (MOURATIDIS, 2021). Inserem-se nessas ações, em prol da saúde do morador de habitação de interesse social, a destinação de terrenos baldios para interesses criativos ou econômicos comunitários Intervenção em espaços degradados | Aproveitamento de espaços urbanos abandonados para práticas agrícolas | Método para transformação de antigas áreas de mineração e atividade industrial em Parques Urbanos (base OICS, 2021) (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020) e a oferta de espaços comuns de alta qualidade para complexos residenciais (MOURATIDIS, 2021).

De maneira mais específica, o incentivo à atividade física pode ocorrer por meio do projeto de calçadas no entorno da habitação de interesse social, de alta qualidade, equipadas com o mobiliário urbano necessário, valorizando as qualidades estéticas dos espaços (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020). Nos percursos entre a habitação de interesse social e os locais de trabalho, essa estratégia pode incluir o provimento

de instalações de final de percursos (chuveiros, lockers, estacionamento) (UNSW, 2011). Para que se perpetue a atratividade desses espaços, é necessário garantir a limpeza e conservação dos caminhos destinados a caminhadas (UNSW, 2011), equipando esses locais com iluminação adequada para aumentar a visibilidade e a segurança à noite (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020). Ainda, sempre que possível, é bom prover ciclovias e calçadas nos dois lados das ruas, sendo as mesmas separadas da rua quando a velocidade máxima excede 50 km/ hora zona 30 e Segurança de Trânsito em Londres – Inglaterra | Plano Cicloviário de Curitiba (base OICS, 2021) (UNSW, 2011).

Alcançar um viver mais saudável para o morador de habitação de interesse social demanda ações que garantam serviços e infraestrutura em seu entorno que propiciem tal condição. Nesse sentido, garantir a proximidade e a diversidade de instalações recreativas e esportivas é um incentivo eficaz à atividade física (UNSW, 2011). Uma diretriz para tais iniciativas é utilizar a escala humana na concepção dos espaços, especialmente caminhos e dimensões dos quarteirões (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020), ofertando, sempre que possível, acesso a necessidades cotidianas em distâncias de até 1 km (BRE, 2006). Encoraja-se a adoção de soluções de mobilidade ativa, com o provimento de caminhos seguros, confortáveis e atrativos - Ruas integrais – Complete streets, Implementação de grupos de caminhada utilitária para escola (base OICS, 2021) (BRE, 2006; MOURATIDIS, 2021). A mobilidade ativa apresenta relação direta com a redução nos índices de obesidade e, ao mesmo tempo, cidades que apresentam índices elevados de utilização de carros apresentam altos índices de obesidade. Com o aumento da intensidade da mobilidade ativa, há uma tendência em se ampliar a segurança das pessoas, justamente devido à ampliação das demandas por maior segurança (PEACOCK-MCLAUGHLIN et al., 2018).

Além da saúde física, o provimento de soluções de fácil acesso – socialmente inclusivas, seguras e com boa manutenção e organização, que estimulam a mobilidade ativa e a interação social – contribui, de forma direta, na saúde mental das pessoas (UNSW, 2011; MOURATIDIS, 2021). Atividades cotidianas nas circunvizinhanças da habitação de interesse social podem ser agrupadas para ampliar a conveniência e estimular a socialização. As interações sociais incidentais, que ocorrem nos espaços privados e públicos, dentro e fora do ambiente

construído, são relevantes para se alcançar maior coesão social nas cidades (UNSW, 2011). O suporte para alcançar tal condição pode envolver e proporcionar espaços abertos de multiúso e infraestrutura cultural e recreativa, de forma equitativa, aos moradores da cidade | Método de avaliação da rua (MAR) (base OICS, 2021) BRE, 2006; CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020).

Note-se que a obtenção desse senso de comunidade, com maior intensidade de interações sociais, é menos provável de acontecer se não houver uma percepção de segurança no espaço urbano e na própria habitação. A aplicação de conceitos e de princípios de Design contra o Crime no projeto de soluções para o ambiente construído mostra-se efetiva em contribuir na melhoria dessa percepção (UNSW, 2011; CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020).

O planejamento urbano à volta da habitação de interesse social necessita incluir a dimensão dos alimentos, pela ampliação equitativa das opções de alimentação saudável Mercados Públicos (base OICS, 2021) (feiras semanais com produtores locais), contribuindo para reduzir a obesidade e os problemas cardíacos e cancerígenos (PAINE; THOMPSON, 2017). Expor os moradores de habitação de interesse social a opções saudáveis de alimentação, particularmente em regiões mais frágeis economicamente, contribui, de maneira direta, na sua integração nos hábitos e comportamentos (UNSW, 2011). De especial relevância são as opções de alimentação no interior e no entorno das escolas circunvizinhas à habitação de interesse social. Algumas cidades têm estabelecido normas que restringem a publicidade ou, até mesmo, a presença de ofertas de fast food nesses locais (UNSW, 2011). Nessa temática, destacam-se os esforços para avaliar os espaços urbanos e periurbanos com potencial para a agricultura urbana | Agricultura urbana (base OICS, 2021) - integrados a iniciativas de regulamentação no zoneamento urbano e a incentivo à adesão da população.

Os padrões dos deslocamentos do morador da habitação de interesse social pela cidade são influenciados diretamente pela facilidade de acesso ao trabalho de cada residência individualmente (JIN, 2019). A ampliação da conectividade da habitação de interesse social com os caminhos ao longo do sistema de mobilidade impacta diretamente na redução das distâncias e tempos de viagens na cidade. Este atributo pode ser avaliado por variáveis, como densidade das ruas, número de interseções, percentagem de ruas sem saída, proporção de interseções com quatro

vias (JIN, 2019). A distribuição espacial do mercado de trabalho e das habitações impacta diretamente nos padrões de uso do transporte público, embora se admita que a dimensão do mercado de trabalho tenha maior impacto (JIN, 2019). Assim, a presença de fontes de emprego próximas à habitação de interesse social, com ciclovias e calçadas seguras e atrativas, reduz a intensidade no uso de veículos motorizados (JIN, 2019). A definição de critérios para localização e indução de edificações que abrigam grandes geradores de emprego afeta diretamente a eficiência do fluxo de transportes na cidade. Essas organizações constituem-se também em oportunidade para aceleração na adoção de soluções mais ecoeficientes, como sistemas de mobilidade compartilhada (HE et al., 2020). Com a adoção de configurações mistas para o uso do solo, integrando funções de trabalho, lazer, saúde, habitação, comércio (WEY, 2018; CLARKE et al., 2019), obtém-se a aproximação das oportunidades de emprego em relação à moradia (BOLGER; DOYON, 2019). Essa proximidade das fontes de emprego, do sistema de mobilidade e dos serviços de saúde tem sido apontada com os 5D do planejamento (densidade, diversidade, design, distância de transporte e destino acessível) (JIN, 2019).

A maior facilidade de acesso do morador de habitação de interesse social à infraestrutura e serviços necessários às atividades cotidianas é facilitada pelo desenvolvimento urbano que busca a densidade ótima e com pouca dispersão (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020). O espalhamento do crescimento das cidades causa muitos problemas urbanos, como a ampliação da dependência em veículos individuais, a ampliação de congestionamentos e a poluição atmosférica (JIN, 2019). A configuração urbana e a densidade populacional são globalmente apontados como fatores-chave para possibilitar a reduzir o consumo de energia e as emissões advindas de edificações (economia de escala urbana), devido principalmente ao impacto do consumo colaborativo e da otimização no uso de infraestruturas mais eficientes (WIEDENHOFER et al., 2018). A densidade urbana está fortemente relacionada ao aumento no uso de transporte público e à redução na utilização de veículos individuais (JIN, 2019). Com formulações de desenvolvimento orientado para o trânsito compacto | Cidade compacta – Quarteirão fechado | Planejamento integrado de núcleos urbanos interligados por rodovias (base OICS, 2021), as cidades podem se tornar mais flexíveis, inclusivas

e sustentáveis à população de baixa renda.

Paradoxalmente, com planejamento deficiente, a maior densidade de edificações e o correspondente aumento da massa térmica podem impactar negativamente no microclima local. De fato, a disposição das edificações na cidade pode alterar a direção de ventos, a incidência solar e os níveis de umidade, além de afetar a formação de neblina e mudanças nos regimes de precipitação das chuvas. Estratégias para mitigar essas ilhas de calor no meio urbano incluem a especificação de superfícies no ambiente construído que auxiliam na redução das amplitudes térmicas e na ampliação das áreas verdes | Sistema urbano de drenagem sustentável | Parque Urbano Multifuncional (base OICS, 2021) (XING et al., 2017). Dessa forma, o planejamento adequado da configuração urbana | Placemaking (base OICS, 2021) é um dos elementos-chave na redução do consumo de energia e geração de emissões associadas à mobilidade e habitação (WIENDENHOFE et al., 2018), contribuindo para ventilação, incidência solar, disponibilidade de água (PAINE; THOMPSON, 2017), entre outros impactos relevantes na habitação de interesse social.

Política voltada à proteção do patrimônio cultural presente no ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a proteção e valorização da herança cultural associada ao ambiente construído. Nas cidades, os ambientes construídos configuram-se como a “paisagem da memória”, artefatos estáveis que registram o contexto e evolução histórica das cidades. A história de uma cidade está ligada à materialidade de seu ambiente construído e à capacidade de registro e preservação da memória conectada a seu patrimônio local (LILLEVOLD; HAARSTAD, 2019). Portanto, ao considerar as conexões sociais e históricas possibilitadas pelo patrimônio histórico, este pode ser posicionado como ativo importante no contexto de iniciativas voltadas à revisão e melhoria dos padrões locais de consumo e produção.

No escopo da Política de Patrimônio Cultural Material (IPHAN, 2018), inserem-se diretrizes como: a educação patrimonial, contribuindo para construção participativa dos demais processos de preservação do patrimônio cultural material; a localização e caracterização dos bens culturais materiais; o reconhecimento (via tombamento)

dos valores e a significação cultural atribuídos aos bens materiais; a proteção via tombamento, o cadastro e a aplicação de proibições de exportação; a normatização, estabelecendo procedimentos, parâmetros e sistemas de gestão que garantam a preservação do patrimônio cultural material; o estabelecimento de princípios, práticas e procedimentos que regulam a atividade administrativa vinculada à permissão ou autorização de exploração, circulação, manipulação ou intervenção em bens protegidos; avaliação do impacto do patrimônio material; fiscalização e vigilância do patrimônio cultural material; conservação e preservação dos valores e da significação cultural do patrimônio cultural material protegido (IPHAN, 2018).

O patrimônio histórico, quando existente junto a comunidades de baixa renda, age como mecanismo de pertencimento das pessoas ao lugar e, dessa forma, pode ser vetor de ampliação da coesão social. Nesse sentido, Lillevold e Haardstad (2019) chamam a atenção de que, para alcançar equidade a todos os moradores da cidade, a proteção ao patrimônio histórico deve incluir em seu escopo a periferia urbana.

A compreensão do sistema mais amplo de avanços, retrocessos e perturbações sociais e ambientais que afetaram a cidade, ao longo do tempo, é instrumentalizada por meio do patrimônio histórico. Dessa forma, necessita ser compreendido não apenas como o que resta do passado, mas como artefatos que transmitem valores e significados que fazem parte da identidade cultural da população local. As narrativas e os “significados de lugar” ajudam a qualificar, caracterizar, compreender e valorizar os aspectos humanos das cidades. Dessa forma, o reparo e a revisão de valores e crenças podem ser estimulados pela interação com o patrimônio cultural (CLARKE et al., 2019).

Nas dimensões econômica e ambiental, a contribuição da proteção ao patrimônio cultural é diversa e inclui a ampliação de formas mais desmaterializadas de geração de emprego e renda (turismo urbano), fator-chave para a ascensão econômica dos moradores de habitações de interesse social. Além da geração de emprego viabilizada pela atração de visitantes (LILLEVOLD; HAARSTAD, 2019), o patrimônio histórico pode realizar contribuição econômica aos moradores de habitação de interesse social por meio da ampliação do valor das propriedades no seu entorno.

Política para ampliação do acesso econômico à moradia

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem o acesso econômico à moradia, com foco em especial às populações mais vulneráveis social e economicamente. Essa política é via de regra direcionada à população de baixa renda e inclui ações voltadas para ampliação do acesso aos serviços públicos, contribuindo, de forma direta, para a melhoria da equidade social. Portanto, seu escopo é centrado nas necessidades das famílias que não têm a capacidade de suportar os custos do mercado convencional. A definição dessa capacidade leva em conta a proporção que os custos com habitação ocupam no orçamento da família, de maneira a viabilizar que outras necessidades básicas continuem sendo supridas (CZISCHKE; VAN BORTEL, 2018; MOURATIDIS, 2021). O espectro de iniciativas pode integrar desde os moradores de rua e com grande vulnerabilidade social em um extremo, até pessoas de baixa renda que não se encontrem efetivamente em situação de grande vulnerabilidade social no outro extremo. De maneira correspondente, o nível de assistência provida pelo governo para esses diferentes públicos vai, respectivamente, do provimento de serviços de emergência (vouchers de aluguel, abrigos de emergência) até a mera indução mercadológica por meio de legislação e incentivos financeiros e fiscais (GOLUBCHIKOV; BADIYINA, 2012).

A implementação dessa política demanda iniciativas como a implantação de normas e incentivos para empreendimentos voltados à habitação de interesse social; desenvolvimento de soluções de financiamento alternativas e mais acessíveis economicamente; provimento de terrenos e infraestrutura de suporte para projetos habitacionais voltados à população de baixa renda; regulamentação e estímulo a soluções de autoconstrução ou de aperfeiçoamento do ambiente construído | Assistência técnica gratuita para habitação de interesse social | Reforma de Habitações Populares (base OICS, 2021); modificação de códigos de edificações | Modelos de desenhos técnicos de projetos arquitetônicos para habitação de interesse social | Casas Modulares | Sistemas Construtivos em Contêiner (base OICS, 2021), regulamentos e protocolos de maneira a contribuir na redução de custos de implantação de empreendimentos; incentivo a iniciativas comunitárias e sem fim lucrativo | Modelos de desenhos técnicos de projetos arquitetônicos para habitação de interesse social | Casas Modulares | Sistemas

Construtivos em Contêiner (base OICS, 2021) para construção ou aluguel de habitações; parcerias entre governo local/estadual/ federal, empresas e outros atores para realização de empreendimentos voltados à habitação de interesse social; fortalecer a indústria voltada à fabricação de materiais e componentes mais acessíveis | Intervenção urbana em favela (base OICS, 2021) à habitação de interesse social (GOLUBCHIKOV; BADYNA, 2012).

Note-se que a busca por habitações de interesse social economicamente mais acessíveis não trata tão somente das soluções voltadas à propriedade desses imóveis, mas também de alternativas que resultem em aluguéis mais acessíveis. Isto implica criar incentivos econômicos para conferir efetivo uso aos cerca de 7,9 milhões de imóveis vagos no País (FJP, 2018). A busca por habitações de interesse social, economicamente mais acessíveis, demanda ações coordenadas para ampliar as opções providas tanto pelo setor público, quanto por organizações sem fins lucrativos (UNEP, 2011).

As soluções para maior sustentabilidade ambiental do ambiente construído podem contribuir para sua maior viabilidade econômica, tanto na fase de construção quanto na fase de uso e manutenção. Exemplos incluem as soluções para redução dos dispêndios de energia (isolamento térmico), geração de energia (microgeração), coleta da água da chuva, reciclagem da água cinza (wetlands) | Escadas Drenantes | Estruturas em bambu para coleta da água atmosférica | Jardim de chuva | Canteiro pluvial | Biovaleta (valeta vegetada) | Alagados construídos (base OICS, 2021) e emprego de materiais locais Sistemas de Construção sob o conceito Earthship (base OICS, 2021) (agregados oriundos do processamento de demolições).

É importante entender que a inclusão socioeconômica oferecida pela habitação interesse social não se restringe à habitação per se. Uma parcela significativa de seus moradores realiza atividades de geração de renda no seu interior, desde comércio até a prestação de serviços presenciais (conserto de roupas) ou remotos (telemarketing). Este trabalho remoto oferece impactos potenciais sob a perspectiva da sustentabilidade, como a redução da demanda por transporte, maior valorização da economia local, além de possibilitar maior coesão social. Embora essas atividades econômicas realizadas no interior da habitação estejam frequentemente inseridas no mercado informal, é relevante considerar as mesmas

como elemento adicional na viabilização do acesso à moradia (UNEP, 2011). Isto pode implicar a necessidade de integração do home-office no projeto da habitação de interesse social, concebido de maneira que confira qualidade de vida no trabalho e amplie a capacidade de geração de valor econômico. A geração de renda pode estar associada com o próprio ambiente construído, com iniciativas que possibilitem o direto envolvimento desta população no provimento de serviços (pintura) e na produção de materiais e componentes para construção (montagem de sistemas de coleta da água da chuva).

Política de regeneração e proteção da biodiversidade

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a contribuição do ambiente construído na regeneração e proteção da biodiversidade. Sob uma perspectiva antropocêntrica, a biodiversidade sustenta serviços ecossistêmicos que são essenciais ao bem-estar humano. Esforços para preservar e ampliar a presença de áreas verdes e a biodiversidade no meio urbano, incluindo a restauração responsável de áreas degradadas, contribuem, de forma direta, para o funcionamento saudável dos ecossistemas (XING et al., 2017; BIRKELAND, 2018). A vegetação, por exemplo, contribui na mitigação da poluição, dado sua capacidade de quebrar alguns compostos poluentes, como hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HPA) (DIAS, 2015).

A incorporação da biodiversidade no desenvolvimento do ambiente construído é estratégia-chave para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). O ODS 15 trata especificamente da preservação dos ecossistemas terrestres, das florestas e da biodiversidade. Dessa forma, tem alto impacto com ODS 3 (Boa saúde e bem-estar), ODS 6 (Água limpa e saneamento), ODS 11 (Cidades e comunidades sustentáveis), ODS 12 (Consumo e produção sustentáveis) e ODS 13 (Ação climática).

O respeito à biodiversidade é frequentemente negligenciado em empreendimentos voltados à habitação de interesse social, resultando na fragmentação e perda da qualidade do habitat. Dessa forma, iniciativas voltadas à conservação da biodiversidade, por meio da habitação de interesse social, tem como objetivo reverter essa realidade por meio da realização de soluções que permitam restabelecer e aumentar a população de espécies e habitats agora e no futuro. Para

tanto, são necessárias a integração e ampliação dos espaços verdes de suporte à biodiversidade nos empreendimentos habitacionais e em seu entorno, fornecendo oportunidades para as pessoas se conectarem com a natureza. Isto pode ocorrer, por exemplo, pelo estímulo à aplicação da biofilia (base OICS, 2021) no projeto de edificações (OPOKU, 2019; MOURATIDIS, 2021): paredes verdes podem ser utilizadas como estratégia para isolamento acústico em edificações, com contribuições na redução das ondas sonoras da ordem de 15 dB. O mesmo fenômeno é observado em telhados verdes, com fatores de redução do ruído variando entre 20% e 63% (CONNELLY; HODGSON, 2015).

O planejamento do uso do solo associado à habitação de interesse social pode contribuir com a ampliação da biodiversidade no meio urbano pelo encorajamento para o aproveitamento de terrenos com relativo baixo valor para a vida selvagem em detrimento daqueles que apresentam maior valor (BRE, 2006) e a previsão de infraestrutura em áreas onde há degradação e desertificação da terra (OPOKU, 2019), a implantação de vegetação e elementos naturais nas calçadas de pedestres (CHAREHJOO; HOORIJANI, 2020) e a integração da biodiversidade no paisagismo urbano | Canteiro pluvial | Biovaleta (valeta vegetada) | Alagados construídos (base OICS, 2021) (OPOKU, 2019). Com a maior presença de áreas verdes, contribui-se com a redução da demanda por energia para o condicionamento do ar e, em consequência, na redução da demanda pela emissão de CO₂ na geração de energia. A contribuição na redução da poluição ocorre também por meio da redução na temperatura das superfícies, através da transpiração e das suas sombras, reduzindo as reações fotoquímicas que produzem poluentes (XING et al., 2017). O carbono pode ser sequestrado em plantas e no solo. O estudo de Jo e McPherson (1995) apontou que jardins domésticos podem sequestrar em média 23 kg/m² a 26 kg/m² de carbono, sendo 83% no solo, 16% nas árvores e 0,6% em grama e plantas herbáceas. A fixação de carbono depende de um número de variáveis, como a concentração de carbono na atmosfera, a extensão da iluminação natural e artificial e a idade das árvores. As plantas jovens tendem a apresentar taxas de sequestro de carbono mais elevadas do que plantas mais antigas, muito embora se deva levar em conta que árvores antigas têm papel importante na preservação de várias espécies de insetos e plantas (XING et al., 2017).

Paradoxalmente, as cidades podem ser mais ricas em diversidade de plantas do

que áreas rurais dominadas por monoculturas. Essa condição confere ao meio urbano o potencial para contribuir na conservação de espécies raras e nativas (XING et al., 2017). No caso de abelhas nativas, por exemplo, a ausência de pesticidas no meio urbano, quando combinada com esforços para ampliação do pasto apícola, permite a realização de projetos orientados à preservação de espécies nativas. Esse contexto reforça a implantação de práticas de conservação e manejo de espaços verdes que sustentem a fauna e a flora nativas, promovendo habitats alternativos à vida selvagem que se encontra em risco, assim como corredores ecológicos Corredor ecológico (base OICS, 2021) (OPOKU, 2019), conexão de redes ecológicas (BIRKELAND, 2018), paisagens e habitats (BIRKELAND, 2018).

A proteção da biodiversidade pode também estar associada a ações voltadas à promoção da agricultura urbana Agricultura urbana (base OICS, 2021), seja no terreno da própria habitação, seja em áreas externas, paredes ou telhados (base OICS, 2021).

Dessa forma, alia-se à proteção da fauna e flora com a melhoria da qualidade da dieta com uma fonte de alimentos frescos, o que pode contribuir também para redução do custo de vida, além de resultar em melhoria na coesão do tecido social urbano (XING et al., 2017). Fazendas urbanas, fazendas verticais, paisagismos produtivos, fábricas de plantas, banco de alimentos são exemplos de conceitos que podem ser integrados ao ecossistema da agricultura urbana voltada ao morador de baixa renda.

Com o investimento em biodiversidade, abrem-se novas oportunidades de emprego e renda no meio urbano, tanto para a manutenção propriamente dita desses espaços, quanto para a cadeia de atividades necessárias para viabilizar sua manutenção (estufas, gestão) (XING et al., 2017). Esses empregos podem ser gerados também a partir do turismo e de atividades de educação ambiental. Esse impacto econômico pode ser ampliado com a implantação de compensações fiscais e econômicas para iniciativas de restauração de ecossistemas (BIRKELAND, 2018).

O impacto da proteção da biodiversidade no entorno da habitação de interesse social pode ser de natureza social também. As características naturais do espaço urbano, muitas vezes, são fatores de conexão de seus residentes com o local, o

que contribui para facilitar a interação com outros residentes e ampliar a coesão social. Parques e praças verdes são espaços socialmente inclusivos, onde pessoas de diferentes etnias, religiões e interesses podem se encontrar e desenvolver a tolerância às diferenças (XING et al., 2017). De maneira mais direta, áreas verdes contribuem para o ser humano na redução de obesidade, de problemas mentais, de dores de cabeça e de irritações na pele (XING et al., 2017). Um fator de sucesso na implantação dessa política é o ativo engajamento da população, particularmente em zonas densamente ocupadas e com reduzida presença de áreas verdes. Nesses ambientes, as oportunidades de contribuição à biodiversidade adentram o espaço privado. Incentivos fiscais e econômicos têm sido utilizados por cidades ao redor do mundo para implantação de iniciativas, como jardins verticais e telhados verdes. Além disso, unidades de aconselhamento ao cidadão oferecem informações técnicas para aqueles interessados em se envolver diretamente em atividades locais de regeneração e proteção da natureza (XING et al., 2017). O engajamento da sociedade pode ocorrer pelo estímulo a parcerias entre as várias partes interessadas para realizar a renovação urbana em prol da sustentabilidade (GUO et al., 2018).

Política de estímulo a comportamentos sustentáveis no ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem comportamentos mais sustentáveis associados ao ambiente construído. Comportamento sustentável pode ser entendido como aquele em que ocorre a satisfação das necessidades humanas, ao mesmo tempo que se mitiga o impacto ambiental, social e econômico do consumo decorrente. Portanto, esse comportamento caracteriza-se pelo respeito à resiliência ambiental, pela opção por práticas econômicas justas e, muito importante, pela promoção de uma sociedade mais equânime e coesa (GARCIA, 2019). Alcançar esses comportamentos mais sustentáveis, no âmbito dos municípios, envolve desde ações voltadas ao próprio morador da cidade até ações voltadas à formação de competências entre os funcionários públicos das prefeituras.

Há vários modelos acerca da mudança de comportamento que auxiliam a compreender como essa política pode ser estruturada e operacionalizada. No modelo de Prochaska e Velicer (1997), por exemplo, o processo de adoção de

comportamento sustentável é composto de cinco fases: 1) pré- contemplação, 2) contemplação, 3) preparação, 4) ação e 5) manutenção. Na fase de pré- contemplação, o indivíduo não tem pretensão em agir, estando, muitas vezes, desinformado ou mal-informado sobre as consequências do seu comportamento. Na fase de contemplação, o indivíduo pretende agir, pois compreende benefícios da mudança e os malefícios de manter o seu comportamento atual. Na fase de preparação, o indivíduo começa a traçar planos e objetivos para concretizar a ação mais sustentável. Na sequência, na fase de manutenção, é onde se demandam esforços para consolidar o novo comportamento, buscando convertê-lo em hábito (PROCHASKA; VELICER, 1997).

As estratégias para promover o comportamento sustentável, no âmbito da habitação de interesse social, podem ser agrupadas em três grupos: Guiar a mudança: este primeiro grupo trata de ampliar a compreensão e consciência sobre as repercussões holísticas ambientais, sociais e econômicas decorrentes das escolhas de consumo do morador da habitação de interesse social. Conforme Chen et al. (2017), quando há maior compreensão sobre os impactos holísticos de práticas mais sustentáveis de consumo e produção, criam-se condições para se alcançar maior suporte e adesão a essas práticas no cotidiano. Portanto, nesse grupo, enquadram-se estratégias, como: promoção de ações de educação em sustentabilidade | Espaço prisional feminino com finalidade sócio-educativa (base OICS, 2021) (SHITTU, 2020); persuasão via campanhas de comunicação em mídia digital ou impressa ou via encontros face a face (THONDHLANA; KUA, 2016; BOLGER; DOYON, 2019; FODEN et al., 2019); oferta de material instrucional e guias sobre melhores práticas na obtenção do conforto passivo, ou formas mais ecoeficientes de operação e manutenção da habitação (DOYON; MOORE, 2020; BRE, 2006); educação e capacitação para ampliar as competências no uso de materiais reutilizados e reciclados (GALLEGO-SCHMID et al., 2020); integração de sinalização e informação que apresente os comportamentos esperados ou desejados (UNSW, 2011). Os moradores podem ser auxiliados em suas escolhas com a adoção e com os programas de etiquetagem ou acreditação (ISO, LEED, BREEAM), aplicados de forma voluntária ou compulsória, fornecendo informações sobre o desempenho dos produtos, considerando atributos como a eficiência energética (INMETRO, 2021; DOYON; MOORE, 2020; GOH et al., 2020; DOYON;

MOORE, 2020); complementarmente, podem ser oferecidas ferramentas para avaliar a performance da habitação e seu entorno (GNH) (base OICS, 2021), utilizando dados históricos da habitação ou, ainda, utilizando dados coletados em tempo real via Internet das Coisas (IoT) (DOYON; MOORE, 2020);

- Manter a mudança: este grupo trata de estímulos que ampliem a motivação dos moradores da habitação de interesse social a consolidar comportamentos sustentáveis, o que pode incluir tanto abordagens gamificadas até penalizações de ordem financeira. Na esfera econômica, por exemplo, pode-se contabilizar os ganhos socioeconômicos de habitações pautadas pela sustentabilidade (BIRKELAND, 2018); realizar a regulação de preços de forma a beneficiar soluções mais sustentáveis (SHITTU, 2020); contribuir para ampliar o valor econômico associado ao meio ambiente em terrenos (BRE, 2006) ou, ainda, ampliar a oferta de financiamentos verdes, com taxas mais atrativas para opções que resultem em eficiência energética e hídrica (HEAD et al., 2013). As características de interação com o ambiente construído podem contribuir na motivação dos moradores. Isso pode ser alcançado, por exemplo, integrando conexões emocionais a práticas mais sustentáveis (SHITTU, 2020) ou tornando mais atrativos aspectos do ambiente construído que conduzam a hábitos mais saudáveis (tornando escadas visualmente mais atrativas, seguras e acessíveis) (UNSW, 2011).
- Garantir a mudança: este grupo inclui medidas de caráter mais coercitivo, impedindo práticas consideradas inadequadas ou, alternativamente, impondo as desejáveis. Como exemplo, o ambiente construído pode ser dotado de sensores (IoT) e inteligência artificial de maneira a se acionar automaticamente os controles do sistema para que se alcance as metas de consumo racional de recursos.

O comportamento dos moradores da habitação de interesse social é manifestado não só a partir da busca pela satisfação de necessidades práticas, mas, também, de expectativas que consubstanciam valores estéticos sobre o mundo à sua volta. Conforme Saldanha (2013), essas expectativas podem ser construídas por experiências anteriores, aprendizado em família, informações obtidas de fabricantes, publicidade, redes sociais, entre outros. Nessa perspectiva, a mera

ampliação da consciência das pessoas acerca das mudanças do clima e a ampliação do conhecimento acerca de estilos de vida mais sustentáveis não necessariamente conduzem ao efetivo engajamento em comportamentos mais sustentáveis. Da mesma forma, a mera disponibilização de informações sobre os níveis de consumo e seus impactos pode não ter o impacto desejado, com as pessoas mantendo escolhas com horizonte de curto prazo. Práticas socioculturais interconectadas e fatores, como renda e ampla disponibilidade de soluções mais sustentáveis, muitas vezes, influenciam os padrões de consumo em níveis mais complexos e profundos (SHITTU, 2020).

Política voltada à aplicação da economia circular no ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a promoção da economia circular, possibilitando reter ao máximo os recursos circulando, mantendo ou ampliando seu valor econômico, de maneira que não seja necessário extrair novos recursos da natureza. A economia circular pode ser definida como um sistema regenerativo pautado por ciclos biológicos (materiais orgânicos e biodegradáveis) e ciclos técnicos (materiais inorgânicos e não biodegradáveis). Desses, ressalta-se a ênfase na redução ao mínimo da demanda por recursos, no aumento da eficiência no seu uso (ÇIMEN, 2021) e na minimização das emissões e perdas de energia (JOENSUU et al., 2020). Os princípios para sua operação são usualmente sintetizados nos 4Rs (reduzir, reutilizar, reciclar, recuperar) e em energia e materiais (JOENSUU et al., 2020; ÇIMEN, 2021), podendo integrar outras heurísticas como substituir (um material por outro mais sustentável), atualizar, restaurar, reformar e reparar (ÇIMEN, 2021).

Sua implementação ocorre por meio da circularidade slow, fechada ou otimizada. A circularidade slow de recursos envolve estratégias, como reuso de produtos, com o desenvolvimento de produtos mais duráveis e alinhados ao ciclo de vida, aplicação de conceitos, como o design para desmontagem (design for disassembly) ou, no caso de edificações, a reforma do ambiente construído. A circularidade fechada implica buscar o upcycling, que pode ser definido como um processo de reciclagem no qual os materiais são convertidos em sua segunda vida em soluções de valor igual ou superior. A circularidade otimizada envolve prolongar e intensificar

o uso de produtos ao longo do ciclo de vida, ao mesmo tempo, buscar reintegrar resíduos e desenvolver soluções ecoeficientes para reduzir a intensidade de recursos (GALLEGO-SCHMID et al., 2020).

Na construção voltada à habitação de interesse social, a fragmentação da cadeia produtiva, a carência de competências, a falta de conscientização e os incentivos econômicos estão entre os principais entraves para avanço da economia circular. Ao mesmo tempo, a economia circular é amplamente aceita como uma das estratégias de resposta a megatendências, como rápida urbanização, sendo medida necessária para contemplar o impacto das mudanças do clima. Tem sido apontada, também, como uma estratégia para reduzir a dependência das cidades de recursos não renováveis externos, resultando em um metabolismo urbano mais resiliente e sustentável (JOENSUU et al., 2020). As cidades oferecem um contexto promissor para iniciativas voltadas à economia circular devido à alta concentração de recursos, capital, infraestrutura e competências. Para realizar esse potencial no âmbito da habitação de interesse social, é importante que o planejamento urbano estratégico seja orientado a prover as condições infraestruturais, econômica e legais (BOLGER; DOYON, 2019).

O modelo econômico dominante na construção de habitações de interesse social não é circular, posto que materiais e componentes seguem um fluxo usualmente linear da extração, fabricação, utilização até o descarte. Esse modelo é caracterizado pelo elevado consumo de materiais e pela pouca recuperação dos mesmos ao longo do ciclo de vida. Conforme Guerra e Leite (2021), o problema é exacerbado considerando que o setor é o que mais consome materiais globalmente. Em contraste, na economia circular, há ênfase na restauração, na regeneração, no reúso e na reciclagem de materiais, buscando-se alternativas para que os recursos sejam reutilizados ou renovados, ou devolvidos com segurança à natureza. Para alcançar efetividade, essa abordagem necessita ser implementada em conjunção com esforços para reduzir os níveis de consumo para os limites biofísicos do planeta | Metodologia de planejamento baseado no metabolismo circular (base OICS, 2021) (BOLGER; DOYON, 2019). Nessa perspectiva, materiais descartados na construção de habitações de interesse social não deveriam ser entendidos como desperdício, mas como matéria-prima a ser reintegrada na cadeia de valor. Conforme argumenta Guerra e Leite (2021), ações

como reparo, reforma, remanufatura ou reciclagem ao final do ciclo de vida são essenciais para viabilizar o reingresso desses materiais ou componentes na cadeia de valor.

A variedade de ciclos de vida dos materiais e componentes utilizados na construção de edificações impõe a necessidade de se integrar no projeto a aplicação de estratégias como: a) ampliar a upgradability, ou seja, a capacidade de receber atualizações funcionais ou estéticas;

b) minimização dos recursos materiais utilizados por meio, por exemplo, da miniaturização de componentes, redução de espessuras, uso de superfícies nervuradas; c) digitalização de componentes analógicos; d) otimização do ciclo de vida pela ampliação do compartilhamento com outros usuários; e) substituição de materiais por materiais mais ajustados ao ciclo de vida requerido; f) extensão do ciclo de vida por meio de operações, como restauro, reuso ou reciclagem; g) aumento da eficiência de produção e distribuição (SANTOS et al., 2011; KLUNDER, 2013; GUERRA; LEITE, 2021).

As ações voltadas a essa política tem maior efetividade quando envolvem vários atores ao longo da cadeia de valor e são iniciadas a partir do projeto, com a adoção de estratégias orientadas à maior facilidade de montagem e desmontagem de componentes e subsistemas construtivos, aliadas à aplicação dos conceitos de adaptabilidade, upgradability e manutenibilidade | Plastic Road | Tijolos de Plástico Reciclado | Telhas ecológicas em papel reciclado | Sistema estrutural: Wood Frame (base OICS, 2021) (GUERRA; LEITE, 2021; JOENSUU et al., 2020). A manutenibilidade trata da facilidade de realização de atividades de manutenção corretiva, preventiva ou preditiva em materiais, componentes ou subsistemas (RAHLA et al., 2021). Sua adoção, em conjunção com as outras estratégias, contribui para estender o ciclo de vida da habitação e facilitar a recuperação de recursos (GUERRA; LEITE, 2021), requerendo a adoção de práticas, como coordenação modular, pré-fabricação e padronização de materiais.

Com o projeto mais flexível da habitação de interesse social, são facilitadas as atividades de restauro e/ou mudança na função de edificações existentes para novos propósitos (ÇIMEN, 2021; GALLEGO-SCHMID et al., 2020). Nesses projetos, busca-se adequar e adaptar as propriedades mecânicas e geométricas dos materiais, evitando acabamentos inadequados para operações de reuso e

upcycling ao longo do ciclo de vida do ambiente construído (GALLEGO-SCHMID et al., 2020). No projeto, também, deve-se considerar a capacidade dos materiais de serem reutilizados ao final do ciclo de vida do componente, do subsistema ou de toda a edificação (RAHLA et al., 2021).

A seleção de materiais | Concreto ecológico | Madeira Engenheirada (base OICS, 2021) utilizados na construção da habitação de interesse social. ocupa posição estratégica na viabilização da economia circular. Deve-se priorizar critérios, como compatibilidade ao ciclo de vida da edificação, biocompatibilidade; durabilidade; qualidade; atoxidade; demandas energéticas para extração, processamento, transporte e instalação, dando sempre que possível prioridade a materiais de base local (BRE, 2006; BOERI et al., 2016). Incluem-se também o conceito de biodegradabilidade ou a capacidade de elementos da edificação de retornar ao ambiente natural sem prejuízos ecológicos (RAHLA et al., 2021). Busca-se redirecionar resíduos destinados a aterros, seja da construção ou outros setores industriais, para produção de componentes da construção habitacional, com ênfase na redução da exploração de recursos não renováveis e/ou poluidores. Dessa forma, os materiais podem ter origem em demolições ou desmontagens, seja em circuitos fechados ou abertos (GUERRA; LEITE, 2021). A prática mais frequente tem sido a geração de agregados para produção de argamassas e concretos. O reúso de materiais na construção necessita superar desafios com respeito a garantias, qualidade, desempenho e, especialmente, capacidade estrutural (MUNARO et al., 2020). No limite, os resíduos podem converter-se em fonte alternativa de energia para habitação de interesse social (KLUNDER, 2013), como a produção de biogás | Aproveitamento energético do biogás proveniente do tratamento de resíduos sólidos orgânicos | Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros de resíduos sólidos urbanos (base OICS, 2021) (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018).

Demanda incentivar fluxos de resíduos entre empresas, incluindo estímulo econômico para a produção de novos materiais relevantes para a habitação de interesse social, obtidos a partir da reciclagem em circuito fechado. Sua implementação exige esforços para atualização tecnológica, buscando melhoria da eficiência produtiva, incluindo tecnologias inovadoras para manufatura, construção e demolição. Da mesma forma, demanda a implantação de infraestrutura e

capacidades básicas para coleta e recuperação de resíduos do setor | Aproveitamento de resíduos para desenvolvimento de produtos | Prestação de serviços aos municípios de coleta e tratamento de resíduos sólidos por cooperativas de catadores de materiais recicláveis (base OICS, 2021) (JOENSUU et al., 2020) .

Para alcançar esses propósitos, uma estratégia pertinente é a busca pela colocalização industrial, buscando a maior simbiose entre empresas voltadas à produção de materiais e componentes para a construção habitacional, por meio de maior compartilhamento de recursos ativos industriais. Conforme Çimen (2021), essa estratégia pode resultar na implementação de parques industriais voltados à economia circular. Resíduos de outros setores são utilizados como matéria-prima para manufatura de componentes para a construção habitacional, respeitadas as características de desempenho desses materiais e os requisitos esperados dos produtos finais (JOENSUU et al., 2020).

A operacionalização desse e de outros modelos voltados à economia circular é facilitado com a disponibilização de bases de dados, mercados on-line e bancos de materiais com resíduos disponíveis para os mercados de reuso e reciclagem; a rastreabilidade através da etiquetagem de materiais; a ampla disseminação do uso de Building Information Modelling (BIM) | Modelagem da Informação da Construção (BIM) (base OICS, 2021). Criam-se condições para a promoção de novos modelos de negócio que resultem em maior interesse dos fabricantes pelo ciclo de vida dos materiais e componentes (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018; GALLEGOS-SCHMID et al., 2020).

Uma importante barreira para especificações e gestão orientadas ao ciclo de vida é a dimensão dos custos, que muitas vezes resultam em critérios orientados ao curto prazo em detrimento de soluções mais vantajosas ambiental e economicamente no longo prazo (HAL, 2007). A adoção de estratégias circulares para o final do ciclo de vida da habitação de interesse social tem como desafios as taxas de aterros, o estado da indústria local de reciclagem, os custos de mão de obra para demolição, a existência ou não de um mercado de materiais usados, os custos de logística e de recuperação dos materiais (GUERRA; LEITE, 2021). Requer-se, portanto, o desenvolvimento de incentivos econômicos e fiscais para encorajar a circularidade (estabelecer um mínimo de conteúdo reciclado) e a

cooperação ou competição entre atores de mercados de reuso ou reciclagem (GALLEGO-SCHMID et al., 2020). O próprio sistema de suprimentos municipais necessita ser pautado por critérios orientados à economia circular (PETIT-BOIX; LEIPOLD, 2018) para que ela alcance um nível de consolidação, também vantajoso para a construção em empreendimentos voltados à habitação de interesse social.

Políticas para inteligência orientada ao ambiente construído

Essa política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a integração de inteligência no ambiente construído. No escopo dessa política, estão as ações voltadas à disseminação do conceito de ambiente construído inteligente. As tecnologias digitais emergentes (IoT, blockchain, inteligência artificial) permitem a avaliação mais veloz e acurada da performance do ambiente construído e, desta forma, possibilitam melhorar o alcance, a profundidade e a confiabilidade da aquisição de dados.

O monitoramento, a coleta, o compartilhamento e análise de dados ambientais em tempo real pode incluir amplo espectro de variáveis, como emissão de poluentes, meteorologia, padrões de mobilidade e até o estado de saúde das pessoas. Com isso, governos e sociedade civil podem adotar processos de decisão baseados em dados, com a possibilidade de acompanhar, em tempo real, a evolução das metas estabelecidas (GUO et al., 2018).

Um elemento essencial para a atividade de inteligência é o acesso a dados. Dessa forma, essa política pode ser instrumentalizada com a ampliação da disponibilização de dados abertos relevantes para a melhoria da eficiência do projeto e operação de habitações de interesse social | Monitoramento de Eficiência Hídrica em Unidade de Saúde (base OICS, 2021), como o sensoriamento remoto sobre o aquecimento urbano e mapas interativos de vento/temperatura com corredores de resfriamento (MABON et al., 2019; MACLACHLAN et al., 2021). Com ações desta natureza, é possível, por exemplo: a) simular características de temperatura segundo diferentes cenários de configurações do tecido urbano; b) auxiliar no processo de planejamento pela determinação do posicionamento ideal de árvores para um (re)desenvolvimento urbano; c) dados de observação da Terra (EO) coletados, usando imagens de satélite, podem ser processados para

identificar o desenvolvimento urbano (não) sustentável por meio de avaliações de mudanças na cobertura da Terra, ao lado de várias outras variáveis ambientais (temperatura, elevação); d) dados de EO podem ser utilizados para medir e monitorar a urbanização, fornecendo escalas espaço-temporais localizadas e necessárias para direcionar sistematicamente as políticas de planejamento para mitigação de ilhas de calor no meio urbano (MACLACHLAN et al., 2021).

Essa política trabalha, portanto, com o cenário de habitações de interesse social integradas ao conceito de smart houses, com o intenso uso de tecnologias em rede que conectam diversos hardwares e softwares de maneira a permitir a gestão presencial ou remota de funções da habitação, por meio da coleta e gestão de dados, informação, conhecimento e inteligência (LOVELL, 2004). Pelo maior acesso à inteligência, particularmente a partir do advento da tecnologia 5G, abrem-se possibilidades para o desenvolvimento de novos serviços de suporte à sustentabilidade na habitação de interesse social | Gestão Ambiental Monitorada (base OICS, 2021). As categorias desses novos serviços incluem: a) criação de novos serviços não oferecidos anteriormente (sistemas de automação residencial voltados à maior eficiência energética (BOERI et al., 2016); monitoramento remoto de vazamentos nas habitações de interesse social); b) novos canais de entrega de serviço já existente; c) criação de novas interações com os consumidores como forma de melhoria de um serviço existente (integração de sistemas de iluminação com sensores de movimento e monitoramento remoto (LOVELL, 2004)); d) integração de novas tecnologias, em particular as digitais, possibilitando a ampliação do valor oferecido por um serviço (ajuste automático da intensidade da iluminação artificial em relação à luz natural externa).

Política de mitigação do impacto das mudanças do clima

Essa política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a contribuição do ambiente construído na prevenção de impactos ambientais devido às mudanças do clima. As análises realizadas pelo Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021), acerca das mudanças do clima, aponta para uma série dos desafios ao ambiente construído, como: a) drástica redução das chuvas em áreas áridas e semiáridas do País, repercutindo em drástica diminuição na

recarga de lençóis freáticos; b) aumento das chuvas no Sudeste com impacto direto na agricultura e no aumento da frequência e da intensidade de inundações nos grandes agrupamentos urbanos da região; e c) aumento da temperatura na região Centro-Oeste do País, acompanhada de reduções na intensidade das chuvas e no aumento da estiagem. Nesse contexto, essa política trata de desenvolver resiliência no ambiente construído, ou seja, a capacidade de resistir e adaptar-se a crises e catástrofes de natureza climática (MALALGODA et al., 2016).

Uma cidade mais resiliente é caracterizada por um urbanismo climaticamente orientado e, muito importante, por edificações com menor vulnerabilidade a catástrofes, possibilitando que a sociedade continue operando econômica e socialmente mesmo em tais circunstâncias (MALALGODA et al., 2013). Dadas as consequências econômicas potencialmente perturbadoras das mudanças do clima, há diversos esforços no âmbito global para contribuir com a preparação das cidades, como o Marco de Sendai para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030, estabelecendo metas e prioridades de ação, e o Marco de Resiliência das Cidades (CRF, na sigla em inglês, Cities Resilience Framework) (TYLER; MOENCH, 2012; ROCKFELLER FOUNDATION, 2021). Alguns dos temas pertinentes a essa política com repercussões diretas na habitação de interesse social são: a) perigos naturais devidos a chuvas torrenciais e enchentes; b) pressão sobre os recursos hídricos; c) problemas de saúde devido ao aumento da temperatura; e d) redução da biodiversidade. As ações de mitigação inicialmente tratam do estudo de potenciais efeitos das mudanças do clima de maneira a subsidiar os tomadores de decisão, o que pode envolver simulações térmicas, hídricas, eólicas, entre outras. Dessa forma, o uso de sensoriamento remoto no meio urbano contribui para ampliar a compreensão da efetividade das ações presentes e identificar tendências futuras (MABON et al., 2019).

A habitação de interesse social, foco do presente documento, necessita estar cada vez mais preparada para eventos climáticos extremos. Nesse sentido, quando a habitação de interesse social se encontra posicionada em contextos harmonicamente integrados ao ecossistema, considerando a proteção da biodiversidade, há também o fortalecimento de medidas de proteção às mudanças do clima, por exemplo, na melhoria da qualidade hídrica. De fato, conforme Birkeland (2018), a proteção e a criação de habitats e serviços ecossistêmicos

aumentam a resiliência da cidade. Como exemplo, a transpiração de plantas contribui, de forma significativa, e com menor custo financeiro, para regulação dos fluxos de água para a atmosfera, além de promover a difusão da poluição pela retenção de sedimentos (elemento central do conceito de cidades esponja). Jardins e parques podem ser integrados no projeto associado à habitação de interesse social como parte dos sistemas de drenagem de água pluvial ou do tratamento de água cinza (wetlands). Telhados verdes | Telhado verde (base OICS, 2021) podem atuar na redução da velocidade do fluxo da água durante tempestades, contribuindo na redução de alagamentos no meio urbano | Escadas Drenantes | Estruturas em bambu para coleta da água atmosférica | Jardim de chuva | Canteiro pluvial | Biovaleta (valeta vegetada) | Alagados construídos (base OICS, 2021) (XING et al., 2017; OPOKU, 2019). A implementação de ambos é mais efetiva se apoiada no mapeamento de risco da biodiversidade local e na consideração de seu conteúdo quando do desenvolvimento de soluções de mitigação do impacto das mudanças do clima.

Note-se que, além das ações pertinentes a áreas verdes, há amplo espectro de soluções para mitigação dos problemas devido a volumes excessivos de chuva | Sistema urbano de drenagem sustentável pavimentos Permeáveis (base OICS, 2021) que vão da utilização de superfícies permeáveis para redução da carga nos sistemas pluviais (BRE, 2006), implantação de lagos de represamento de chuvas torrenciais (MABON et al., 2019), até encorajar o desenvolvimento de empreendimentos em regiões com menor risco de alagamentos (BRE, 2006).

As mudanças do clima já estão desencadeando a introdução de novas práticas de gestão do meio urbano diante da alteração nas amplitudes térmicas | Sistema de resfriamento de espaços públicos via evaporação da água | Estratégia bioclimática de ventilação natural (base OICS, 2021), particularmente em regiões com elevada densidade de habitações de interesse social. Entre essas práticas, destacam-se os alertas sobre risco de derrame em horários com temperaturas elevadas; provimento de informação em tempo real sobre riscos associados a temperaturas elevadas; promoção de implantação de corredores verdes no meio urbano, incluindo paredes e telhados; implantação de corredores de ventilação; provisão de abrigos ao calor em espaços públicos; monitoramento do fluxo de doenças infecciosas via insetos. Áreas verdes, sejam aquelas mantidas por atores públicos ou privados, contribuem

para redução das ilhas de calor e seus impactos no meio urbano (MABON et al., 2019).

As medidas de prevenção de riscos relacionados às mudanças do clima, de maneira similar a desastres de outra natureza, necessitam ser amplamente divulgadas, de forma equitativa, a toda a população. Esta é uma medida necessária para se alcançar efetivo engajamento de toda a população (MABON et al., 2019). Assim, integram-se nessa política estratégias que vão do aconselhamento sobre medidas de conservação da água/energia até a divulgação de mapas de risco (deslizamentos, alagamentos) (MABON et al., 2019). Demanda atenção e prioridade para as habitações situadas em áreas de riscos em aclives e sem sistema de drenagem, incluindo a definição de critérios e protocolos para eventual remoção da população dessas regiões.

Política para o planejamento participativo voltado ao ambiente construído

Esta política trata da promoção de programas, projetos e ações que busquem a implementação de práticas de planejamento voltadas à concepção, ao desenvolvimento, à implantação e operação de um ambiente construído mais sustentável. Cidades socialmente inclusivas e coesas, que respeitam os limites do meio ambiente e alcançam uma economia socialmente mais justa, requerem um processo de planejamento eficiente e com participação equitativa de todos os segmentos da sociedade (TSENKOVA, 2016). O Estatuto da Cidade já exige a gestão democrática em seu artigo 2º, “[...] por meio da participação da população e de associações representativas dos vários segmentos da comunidade na formulação, execução e acompanhamento de planos, programas e projetos de desenvolvimento urbano” (BRASIL, 2001). Portanto, alcançar a equidade da participação das pessoas no processo de planejamento envolve a inclusão da cidade informal no processo de decisão, como a população que habita regiões caracterizadas pela autoconstrução.

Note-se que essa é uma política transversal a todas, pois é, a partir dela, que as outras políticas são concebidas, detalhadas, implantadas e monitoradas. Além de buscar a integração e articulação entre as diversas políticas voltadas a um

ambiente construído mais sustentável, o próprio processo de realização desse planejamento requer a adoção de estratégias de participação da população que ampliem o senso de corresponsabilidade pelo resultado. Doyon e Moore (2020) defendem a noção de que esse planejamento deve seguir uma progressão de intervenções incrementais de maneira a se alcançar uma transição para um cenário mais sustentável a longo prazo.

Convencionalmente, o planejamento voltado à sustentabilidade visa, em grande parte, a apenas mitigar ou aliviar os impactos adversos dos padrões de consumo e produção. Estabelecer no planejamento metas de reintegração de resíduos de construção e demolição é exemplo dessa perspectiva (GALLEGO-SCHMID et al., 2020). No entanto, o planejamento pode almejar avanços sociais e ecológicos mais profundos e com um horizonte de mais longo prazo. No âmbito da habitação de interesse social, isto requer que o projeto urbano não apenas integre a natureza, mas crie novos espaços e condições para a base ecológica (capacidade de suporte ecológico, biodiversidade, serviços ecossistêmicos, etc.), para a propriedade pública ou acesso universal aos meios de sobrevivência | Planejamento integrado de núcleos urbanos interligados por rodovias (base OICS, 2021) (serviços essenciais, sistemas de apoio social, justiça ambiental, etc.) (BIRKELAND, 2018). Governança e participação do morador de habitação de interesse social, em projetos de proteção do meio ambiente, ampliam as chances de efetividade de tais iniciativas. Inclusividade é um princípio-chave, devendo-se antecipar soluções que viabilizem a participação de públicos marginalizados e fragilizados. Isto pode implicar, inclusive, no envolvimento de crianças no planejamento das soluções orientadas à sustentabilidade (UNSW, 2011). O governo local tem a capacidade de integrar nesse planejamento empresas, organizações sem fins lucrativos e grupos comunitários (BOLGER; DOYON, 2019). De maneira geral, é necessário estabelecer uma estrutura local e regional de gestão adaptativa para ecologia urbana (BIRKELAND, 2018). As tecnologias digitais contemporâneas possibilitam que essa participação vá além da mera definição de prioridades, permitindo atuação dessa multidão na cocriação (crowd-design) e, até mesmo, no detalhamento e na implantação das soluções (DICKIE, 2018).

A instrumentalização desse planejamento requer a utilização de ferramentas de avaliação da sustentabilidade no universo dos moradores de habitações de

interesse social. Embora os empreendimentos de habitações de interesse social possam, por exemplo, exportar energia renovável ou água reciclada entre propriedades, isso não necessariamente compensa os impactos ambientais adversos devido aos processos de extração, construção e operação desses recursos, nem aumenta os ecossistemas e a biodiversidade em termos de sistema completo. Dessa forma, com a integração de ferramentas de avaliação continuada, é possível, por exemplo, acompanhar a evolução da relação da habitação de interesse social com a biodiversidade urbana, definindo demandas de melhoria ou criação de habitats (BIRKELAND, 2018; OPOKU, 2019). A repercussão pode ser a determinação de áreas de proteção ambiental a serem protegidas por leis e regulamentos (GUO et al., 2018).

Outros temas – como gestão da água, resíduos e energia – necessitam fazer parte desse monitoramento e planejamento continuado. Efeitos adversos de elevações anormais da temperatura no âmbito local, por exemplo, permitem avaliar a efetividade e o progresso em direção às metas de redução de ilhas de calor urbanas (MACLACHLAN et al., 2021; MOURATIDIS, 2021). A própria governança no planejamento também é beneficiada com o acesso a dados, permitindo interagir com – e quantificar numericamente – ações voltadas à sustentabilidade ambiental, social e econômica no âmbito da habitação de interesse social.

Pelo exposto, considera-se que as políticas constantes neste documento, embora apresentadas de forma individual, constituem um todo coeso. Dessa maneira, seu maior impacto ocorre quando da aplicação integrada e sistêmica, tendo em vista suas intrínsecas interdependências. A aplicação isolada de uma determinada política pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras políticas complementares. A ampliação da eficiência na operação do ambiente construído, por exemplo, demanda conscientização da população quanto aos benefícios individuais e coletivos de tal postura.

Ressalta-se ainda a necessidade de customização da política tanto para a realidade e as necessidades presentes, quanto para as perspectivas de longo prazo de cada município. O presente documento deixa claro que essa customização demanda considerar tanto os aspectos intramuros, confinados ao interior da edificação, como aspectos voltados ao meio urbano de maneira geral, tendo em vista que ele também faz parte da definição de ambiente construído. Ressalta-se que não há um

delineamento único e universal de como essas políticas devem ser configuradas e implementadas na busca por um ambiente construído mais sustentável e, de maneira mais particular, de uma habitação de interesse social mais sustentável. Questões, como a cultura local, a zona bioclimática, os recursos disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população, são exemplos de variáveis que afetam essa customização.

Finalmente, destaca-se também que as políticas apresentadas neste documento demandam uma compreensão holística do tomador de decisão sobre as implicações ambientais, sociais e econômicas, tanto na esfera local quanto na global, de realização de esforços na busca por um ambiente construído mais sustentável. Conclui-se como absolutamente estratégico o desenvolvimento de competências no tema entre os tomadores de decisão no âmbito dos municípios brasileiros.

CAPÍTULO 2: ENERGIA SUSTENTÁVEL

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: energia

Motivações para energia mais sustentável nas cidades

De acordo com a Agência Internacional de Energia, estima-se que cidades consumam em torno de 67% da energia global (IEA, 2009; MAUREE et al., 2019). Ao mesmo tempo, cidades são significantes emissoras dos gases de efeito estufa de natureza antropocêntrica (65 a 75%), sendo particularmente vulneráveis aos efeitos de mudanças climáticas e condições climáticas extremas (enchentes, secas) (KAMMEN; SUNTER, 2016; BAGHERI et al., 2018). Note-se que as mudanças climáticas afetam tanto demanda de energia (ampliação do consumo com ar-condicionado) como suprimento de energia (eventos climáticos extremos ameaçando a infraestrutura, geração, transmissão e distribuição) (MAUREE et al., 2019).

A combinação das projeções de crescimento da população e de crescimento econômico a longo prazo devem impingir severo estresse no meio ambiente, em

mantendo-se os hábitos de consumo e produção atuais (MAUREE et al., 2019). De fato, a preparação do meio urbano para um acréscimo de 2,5 bilhões de pessoas até 2050 demanda a concepção de cidades que tenham baixo consumo de carbono, resilientes e que possibilitem bem-estar a todos os seus moradores (KAMMEN; SUNTER, 2016). A este desafio integra-se a necessidade de se buscar equidade no acesso, tendo em vista que atualmente cerca de 759 milhões de pessoas ainda não têm acesso à eletricidade no mundo (IRENA, 2020).

O Brasil é atualmente um dos líderes na utilização de energia renovável, tendo uma das economias menos intensivas em carbono no mundo. O País obtém três quartos de sua energia de hidrelétricas e cerca de metade de sua frota de veículos utiliza etanol derivado da cana-de-açúcar ou utiliza combustíveis com misturas de álcool em sua composição. Apesar desse prospecto, o País sofreu blackouts prolongados de energia em 2001, devido ao baixo nível do regime de chuvas que resultou na falta de capacidade do sistema elétrico e implantação de estações geradoras de energia a base de gás (HORNER et al., 2016). Em 2021, com a seca atingindo reservatórios do Sul e Sudeste, corre-se novamente o risco de racionamento de energia nos horários de maior demanda. Entre as repercussões dessas crises, está o aumento do volume de usinas termelétricas no País, produzindo energia a partir do calor gerado pela queima de combustíveis fósseis (como carvão mineral, óleo, gás, entre outros).

O contexto atual impõe às cidades a necessidade de implantar políticas que desenvolvam maior resiliência para ameaças tanto de origem natural como antropocêntrica (KAMMEN; SUNTER, 2016). Dentre os benefícios da elaboração e implementação de políticas, programas, projetos e ações voltadas à energia destaca-se a redução dos custos municipais, a melhoria da qualidade do ar e a mitigação da emissão de gases de efeito estufa (ARGYRIOU et al., 2017). Note-se que a questão energética está inserida em todas as esferas de poder, desde a instância municipal, estadual, federal e até o âmbito global. Collaço e Bergmann (2017) apontam que há uma tendência mundial de descentralização do planejamento da energia, apontando a utilização de termos como Planejamento Energético Descentralizado (PED), Planejamento Energético Local/Local Avançado (PEL/PELA), Planejamento Energético Municipal (PEM), Planejamento Energético Urbano (PEU), Gestão/Planejamento Energético Comunitário (GEC ou PEC),

Gestão Energética Municipal (GEM), Governança Energética Comunitária (GoVEC), Governança Energética Urbana (GEU), Uso da Energia Urbana (UEU), entre outros.

O suprimento de energia sustentável nas cidades tem repercussão em todas as dimensões do meio urbano, incluindo as condições de saúde, a competitividade econômica, o apelo cultural e social. Note-se que a própria equidade racial e de gênero é afetada, particularmente em setores com grande consumo de energia como transporte, produção de alimentos e suprimento de água (KAMMEN; SUNTER, 2016). A seguir apresenta-se o método de pesquisa utilizado para investigar o tema, o qual culminou com o presente resumo executivo.

Taxonomia de políticas para energia sustentável

A Figura 2 a seguir apresenta o elenco das políticas identificadas a partir da revisão bibliográfica sistemática e que é utilizada neste documento para classificar as soluções voltadas para obtenção de energia mais sustentável nas cidades. Nas seções subsequentes, cada uma destas políticas é explicada em detalhe, incluindo a apresentação de respectivas soluções encontradas na literatura e/ ou presentes na base OICS.



Figura 2 – Visão geral das políticas voltadas à energia mais sustentável nas cidades
Fonte: Elaboração própria.

Política de ampliação da adoção de fontes renováveis de energia

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações que promovam a ampliação da adoção de fontes renováveis de energia. Sua proposição ocorre em um contexto em que transições de fontes de energia têm observado a substituição da madeira pelo carvão; substituição do carvão por combustíveis fósseis e, mais recentemente, a transição de combustíveis fósseis por energias renováveis (solar, eólica, biomassa, hidráulica, geotérmica, ondas e marés oceânicas) (LUGARIC; KRAJCAR, 2016; YUEHONG et al., 2020). Apesar da urgência do tema para o contexto do combate às mudanças climáticas de origem antropocêntricas, atualmente apenas cerca de 17,1% do consumo de energia provêm de fontes renováveis (IRENA, 2020).

O desenvolvimento sustentável demanda acesso a energias de fontes limpas, seguras, confiáveis e economicamente viáveis (VERA et al., 2005; JUÁREZ-HERNÁNDEZ; CASTRO-GONZÁLEZ, 2016). Com o rápido avanço tecnológico um dos desafios para a implementação desta política é reduzir o tempo de lançamento de novas tecnologias associadas à energia renovável (JEFFERSON, 2000; JIANG et al., 2020), incluindo a redução das barreiras regulatórias para a energia renovável (ADIL; KO, 2016). Além disso, o aumento da competitividade destas novas soluções depende de se proporcionar um processo ágil e transparente para o licenciamento de iniciativas em energia renovável (FEU, 2018) e implementar infraestrutura de suporte (LINDBERG, et al., 2019).

O histórico de projetos voltados à minigeração para o autoconsumo com foco na energia solar | Geração de energia fotovoltaica flutuante | Geração de energia solar | Telhados solares (base OICS, 2021) mostra a predominância da tecnologia fotovoltaica, com cerca de 80% da potência instalada acumulada em 2019 (EPE, 2021). Em contraste, a geração eólica | Geração de energia eólica (onshore) | Geração de energia eólica por oscilação ou vibração | Geração de energia Eólica com VAWT (base OICS, 2021) tem apresentado pouca presença no meio urbano, apesar de seus benefícios ampliados (dispersão da poluição, mitigação de ilhas de calor). Dentre os desafios para sua disseminação estão as preocupações como o espaço de instalação, ventos pouco intensos ou turbulentos no espaço urbano, vibração, barulho, segurança e, também, os incômodos devido ao movimento da

sombra produzida pelas pás em rotação (ISHUGAH et al., 2014; KAMMEN; SUNTER, 2016).

A geração hidráulica de energia | Geração de energia hidrocínética | Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) | Turbina parafuso (Hydroscrew) de microgeração de energia (base OICS, 2021) dentro do perímetro das cidades, ainda, tem sido relativamente pouco explorada, apesar das amplas oportunidades para este aproveitamento. Os próprios sistemas de água (SU; KARNEY, 2015) e esgoto (CHE MUNAAIM et al., 2018) configuram-se como fontes potenciais para geração de energia hidráulica no âmbito das cidades. Micro-hidrelétricas, turbinas parafuso ou turbinas instaladas nas próprias tubulações de água são exemplos de tecnologias adequadas às limitações espaciais impostas pelo ambiente urbano. De maneira similar, não há, ainda, solução comercialmente viável para a extração de energia das ondas. Conforme Murray e Rastegar (2009), as ondas do mar podem produzir quantidades de energia da ordem de 50kW por metro de onda. O desafio está em extrair a energia de forma eficiente ao mesmo tempo que se demanda resistência a cargas extremas durante tempestades.

No âmbito das cidades, vem sendo disseminada a utilização da biomassa | Geração de Bioenergia | HomeBiogas (base OICS 2021), seja diretamente na produção de energia (biomassa tradicional), seja a utilização após processamento e conversão em combustíveis sólidos, líquidos ou gasosos (biomassa moderna) (JUÁREZ-HERNÁNDEZ; CASTRO-GONZÁLEZ, 2016). Além disso, das tecnologias emergentes para a produção de energia limpa, destacam-se aquelas associadas ao hidrogênio, sendo que se debate a composição de sistemas híbridos para abastecimento de energia dos veículos motorizados, integrando tanto o suprimento de eletricidade de origem limpa, com o suprimento de hidrogênio limpo Geração de Energia das Ondas | Geração de energia Térmica Oceânica (OTEC) (base OICS, 2021) (RED, 2021).

Observam-se, também, soluções voltadas a estimular o uso de fontes energéticas renováveis (ICLEI, 2009; IRENA, 2018; AKADIRI et al., 2019; RED, 2021) | Embarcação Elétrica Alimentada por Energia Solar Fotovoltaica | Trem Solar (base OICS, 2021), propiciando condições econômicas, tecnológicas e culturais para sua ampla adoção no meio urbano. Inclusive, há iniciativas estabelecendo níveis mínimos de utilização de energia oriunda de fontes renováveis (IRENA, 2018).

O crescimento do número de cidades buscando matrizes renováveis de energia emerge como parte do fenômeno do desvinculamento do crescimento econômico do consumo de combustíveis fósseis (NEWMAN, 2017). A opção por fontes renováveis oferece os benefícios de maior segurança e contribuição para mitigação dos gases de efeitos estufa, além da criação de novas oportunidades de emprego e renda de base local (REN21, 2012; JUÁREZ-HERNÁNDEZ; CASTRO-GONZÁLEZ, 2016). Assim, além de contribuir com os desafios da mudança climática, contribui para acelerar a transição para uma economia verde (BAGHERI et al., 2018).

Política de incentivos econômicos para a energia sustentável

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltadas a ampliar os incentivos econômicos para estimular a adoção de fontes de energia mais sustentáveis, tanto no âmbito de consumidores como de organizações e do próprio governo. Uma estratégia usual para articular essa política é o provimento de incentivos fiscais e financeiros para a produção, distribuição e consumo de energia de fontes renováveis (CHAPMAN et al., 2016; HOLLEY; LECAVALIER, 2017; IRENA, 2018; BAGHERI et al., 2018; AKADIRI et al., 2019; JIANG et al., 2020). Como resultado, pode-se obter ampliação de atores atuantes na geração de energia renovável (HOLLEY; LECAVALIER, 2017).

Para alcançar estes resultados é necessário o estabelecimento de normas e regulamentos municipais que estabeleçam marco jurídico para os incentivos econômicos associados à energia sustentável (FEU, 2018). Com isto pode-se realizar a implementação de impostos diferenciados e incentivos para tecnologias de baixo carbono e mais eficientes energeticamente (JEFFERSON, 2000; BIBRI, 2020) | Mecanismo de incentivo para descarbonização energética (base OICS, 2021). Exemplo é o patrocínio ou subsídios para a aquisição de veículos elétricos (IRENA, 2018; WEF, 2021). Ao mesmo tempo, é necessário esforços para ampliar o leque de oferta de alternativas de financiamento que resultem na ampliação da capacidade instalada de geração de energia renovável (JIANG et al., 2020; FEU, 2018).

As medidas voltadas a promover a adoção da energia sustentável também podem ter um caráter coercitivo, como a gradual redução de subsídios e outros benefícios

econômicos para as energias de fonte não renovável (JEFFERSON, 2000) ou, até mesmo, a criação de impostos que penalizam fontes energéticas de alto carbono (“imposto do carbono” (IRENA, 2018). Sob a perspectiva da eficiência da rede de abastecimento de energia inclui também o estabelecimento de tarifas dinâmicas em função do horário de consumo | Técnica de gerenciamento de energia pelo lado da demanda| Tarifação horosazonal | GLD e Alternativas Tarifárias (base OICS, 2021), relevante particularmente nos horários de pico da demanda (WEF, 2021).

Destaca-se a modalidade feed-in (FIT), em que os preços são fixados aos produtores de energia renovável (ER) para cada unidade de energia produzida e injetada na rede elétrica. Esta remuneração é garantida por um determinado período, o que incentiva a adoção de energias renováveis, pois possibilita um retorno satisfatório do investimento a longo prazo (YUEHONG et al., 2020). No Brasil, as regras para esta modalidade são estabelecidas pela Resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) nº 482/2012, modificada pelas Resoluções Aneel nº 687/2015 e nº 786/2017, na qual é permitido aos consumidores instalar geradores de pequeno porte em suas unidades consumidoras e utilizar o sistema elétrico para injetar o excedente de energia, que é então convertido em crédito de energia válido por um determinado período. Estes créditos podem ser utilizados para abater o consumo da própria unidade consumidora ou, alternativamente, de outras unidades consumidoras do mesmo titular, previamente cadastradas e atendidas pela mesma distribuidora. Importante notar que incentivos fiscais, como créditos em impostos, podem não reverter em distribuição equitativa dos benefícios de acordo com as várias classes sociais. Para auxiliar essas iniciativas, pode ser relevante a disponibilização de calculadora para análise de investimento em energia, possibilitando a análise de payback ao longo do ciclo de vida (CHANG; FANG, 2017).

Política de promoção da geração distribuída de energia

















Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações que resultem na disseminação de sistemas mais distribuídos de energia. Sistemas de geração de energia não renovável centralizados e de grande porte via de regra resultam em grande impacto ambiental (CRUZ, 2018). Isto ocorre não só devido à própria natureza da fonte de energia, mas, também, a dificuldades intrínsecas à

centralização como as longas distâncias de deslocamento para reparos e a escala dos impactos decorrentes de eventuais interrupções. De maneira similar, sistemas de geração de energia não renovável centralizados de grande porte também apresentam diversas desvantagens quando comparados com configurações distribuídas. Fazendas eólicas ou solares, usinas hidroelétricas, de biomassa, ou plantas geotérmicas são, via de regra, localizados em regiões rurais e em espaços abertos, distantes das zonas de maior concentração do consumo de energia e distantes de infraestrutura básica de suporte (POWERS, 2013; CRUZ, 2018).

Apesar de no Brasil o modelo predominante, ainda, ser baseado na geração centralizada, as Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015 da Aneel estabelecem as condições gerais para o início do processo de difusão de micro e minigeradores conectados na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras, e sistema de compensação de energia elétrica. As possibilidades vindas de novos modelos crescem, mas devem respeitar o marco regulatório.

Nesse sentido, uma alternativa à geração centralizada é a geração distribuída que se refere a unidades de produção de energia em pequena escala (por exemplo, um painel solar em um telhado) em que o cliente é o prosumer (produtor + consumidor) de sua própria energia, conforme ilustra o Quadro 2 a seguir (BACCHETTI, 2018; VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019; LINDBERG et al., 2019).

Quadro 2 – Configurações distribuídas e descentralizadas de energia

Configuração	Isolado	Minigrid	Grid de minigrids	
Distribuído e conectado na rede				
Distribuído				
Descentralizado				
Descentralizado e conectado na rede				

Fonte: Bacchetti (2018).

Outra alternativa ao modelo centralizado é a geração descentralizada, que se refere a unidades de produção de energia em pequena escala que fornecem energia para clientes localizados nas proximidades (BACCETTI, 2018). Nesse contexto, a política a que se refere essa seção trata de implementar programas, projetos e ações que estimulem a adoção de configurações distribuídas ou descentralizadas para a geração de energia. Para as configurações distribuídas, implica incentivar consumidores a se tornarem prosumers, o que é um dos desafios centrais desta política (LINDBERG, et al., 2019).

A unidade de produção pode ser autônoma ou conectada a outras unidades geradoras de energia ou à rede principal ou combinadas com sistemas de armazenamento e gestão da energia, localizadas próximos ao ponto de consumo (HERRERA, 2002; BACCETTI, 2018). Caso geradores de energia distribuídos, pautados pelo uso de fontes renováveis, estiverem conectados entre si (por exemplo, para compartilhar o excedente de energia), o resultado é a implementação de rede de energia renovável local, que por sua vez pode ser conectada a redes semelhantes próximas (VEZZOLI et al., 2015). Para alcançar efetividade é relevante considerar a criação de incentivos para encorajar a

agregação da geração distribuída em horários de pico (WEF, 2021).

Dentro das estratégias para a produção distribuída ou descentralizada de energia, destacam-se as iniciativas de base comunitária. O estudo de CE Delft (2016) estima que, em 2050, cerca de metade dos cidadãos europeus (incluindo comunidades, escolas, hospitais) produzirão sua própria eletricidade renovável, suprimindo cerca de 45% de sua demanda de energia. Projetos comunitários de energia tem o potencial de realizar a transformação na direção de sistemas mais renováveis de forma mais rápida, com benefícios sociais adicionais, como a ampliação da coesão social (FEU, 2018). Para que essas práticas sejam disseminadas é necessário o provimento de estímulo e suporte para a instalação de cooperativas de energia renovável distribuída (FEU, 2018).

Importante notar que a transição para uma economia de baixo carbono passa pela adoção de sistemas de energia distribuídos ou descentralizados. Esta transição, por sua vez, é dependente de três variáveis principais: a disponibilidade de fontes renováveis de energia; os padrões de consumo de energia dos consumidores; as características regulatórias e mercadológicas favoráveis ao investimento em soluções distribuídas (VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019). Quanto a este último aspecto, vale notar que o Brasil vem ampliando as oportunidades de créditos e benefícios fiscais para a energia renovável distribuída, destacando-se o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), voltado ao estímulo da geração de energia a partir de placas solares instaladas em unidades consumidoras, integrada ao sistema das distribuidoras de energia.

Política para eficiência energética

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações que promovam a ampliação da eficiência energética em todas as esferas das cidades. As duas principais estratégias para a migração para cidades de baixo carbono são a gradual substituição de combustíveis fósseis para fontes de energia limpa e, ao mesmo tempo, a redução dos níveis de consumo de energia. Portanto, a transição para matrizes energéticas de baixo carbono necessita ser acompanhada por medidas para ampliação da eficiência no consumo de energia e intervenções em hábitos e comportamentos (KAMMEN; SUNTER, 2016). Políticas

voltadas à eficiência energética buscam reduzir ou eliminar todas as formas de perdas de energia (LUGARIC; KRAJCAR, 2016). Para alcançar este intento, demandam a implementação de programas para o estabelecimento de padrões mínimos de eficiência energética para edificações assim como serviços e produtos manufaturados (JEFFERSON, 2000; AKADIRI et al., 2019; YUEHONG et al., 2020; WEF, 2021) | Projetos luminotécnicos | Certificação LEED (base OICS, 2021). Requer-se do próprio processo de suprimentos municipal a integração de parâmetros de eficiência energética como item de especificações para compras públicas (JEFFERSON, 2000) e a implementação de depreciação acelerada de equipamentos de baixa eficiência energética (CHANG; FANG, 2017). Note-se que essas definições são de caráter dinâmico, pois dependem da evolução das tecnologias disponíveis no mercado (YUEHONG et al., 2020).

De acordo com a Agência Internacional de Energia, 42% do consumo global de eletricidade é consumido na indústria; 27% são consumidos por edificações, 22% em serviços comerciais ou públicos. Do total consumido, 76,5% provêm de fontes não renováveis (IRENA, 2017; IRENA, 2018). Destes, segundo o Painel Intergovernamental para Mudanças Climáticas (IPCC, 2007), o setor de edificações é o que oferece o maior potencial para a redução da emissão dos gases estufa na comparação com outros setores (estimado em 29% até 2030). Note-se que o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 aponta que as edificações devem contribuir com cerca de 59% nos ganhos de eficiência elétrica em 2030 (BRASIL, 2021). Esse é um dado relevante na medida que as edificações residenciais, comerciais e os prédios públicos representaram em 2019 cerca de 46% do consumo de eletricidade (BRASIL, 2021). Estabelecer programas para edificações com energia zero (edificações de elevada eficiência energética nos quais as necessidades quase nulas de energia são atendidas pela geração local de energia renovável) (SANTOS, 2017), o que se configura como uma estratégia relevante para se realizar este potencial (KAMMEN; SUNTER, 2016).

A busca pela eficiência energética nas habitações contempla tanto a aplicação de soluções de natureza passiva (adequação do albedo urbano; adequação da volumetria e orientação das edificações para luz solar e ventos; distribuição de áreas envidraçadas; ventilação natural diurna e noturna; prateleiras de luz; proteção externa das aberturas) como ativa (realizar a substituição tecnológica de sistemas

de iluminação artificial, sistemas de aquecimento e dos aparelhos eletroeletrônicos) (ICLEI, 2009; MARINS, 2010; MARINS, 2010). Para realizar este potencial de aumento da eficiência energética, uma estratégia efetiva é realizar iniciativas de retrofit (reforma com atualizações) de habitações de baixa renda, edifícios comerciais e públicos (ARGYRIOU et al., 2017; CHANG; FANG, 2017; WEF, 2021) | Projeto de eficiência energética em complexos fabris | Eficientização energética (base OICS, 2021). É importante que programas voltados ao retrofit de edificações promovam mais do que a mera substituição de sistemas de iluminação ou acondicionamento de ar, atuando no envelope da edificação através da melhoria do isolamento térmico de paredes e aberturas (KAMMEN; SUNTER, 2016). Até mesmo o estímulo à implementação da coleta de água da chuva tem impacto direto na redução do consumo de energia e pode ser parte da ação de retrofit (ICLEI, 2009).

Transporte é outro setor de grande relevância na busca pela eficiência energética nas cidades. O setor responde por cerca de 23% das emissões de carbono associadas à energia. Assim, não é possível contemplar as mudanças climáticas sem investir em transportes de baixo carbono e com grande eficiência no uso de energia. O Paris Process on Mobility and Climate aponta como meta a redução das emissões no setor de 7,7 gigatoneladas por ano para 2 ou 3 gigatoneladas por ano. As principais métricas para a descarbonização e eficiência do transporte urbano incluem: a) intensidade do uso de combustíveis fósseis; b) intensidade do consumo de energia; c) a taxa de ocupação dos veículos; d) distâncias de transporte; e) número de deslocamentos motorizados (KAMMEN; SUNTER, 2016). Para contribuir com essas métricas, uma estratégia relevante é estabelecer padrões de emissão zero e implementar selos de eficiência energética para veículos (CHANG; FANG, 2017; IRENA, 2018), assim como provimento de infraestrutura pública para a mobilidade ativa (ICLEI, 2009). Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação (base OICS, 2021).

A transição para sistemas de energia renovável nas cidades, em parte configurados de forma distribuída, necessita ser acompanhada pelo investimento na implementação de formas de armazenamento da energia para a rede e para consumidores finais (BIBRI, 2020) | Armazenamento de energia elétrica (base OICS, 2021). Da mesma forma, há a necessidade de infraestrutura de carregamento

de energia, o que demanda a consideração de padrões de interoperabilidade entre fabricantes. Com soluções para o armazenamento da energia, evita-se a a descarga de energia limpa em períodos de necessidade mínima, o que contribui para ampliar a eficiência e segurança do sistema elétrico. Estas soluções incluem o armazenamento em grande escala (para demandas de GW); armazenamento em rede e ativos de geração (em escalas de MW); armazenamento no âmbito do próprio consumidor final (em escalas de KW). Entre as principais tecnologias, destacam-se o bombeamento hidrelétrico o ar comprimido; o armazenamento térmico (acumular energia em materiais que permitem sua liberação de forma controlada); o supercondensador (armazenamento de energia na forma de cargas eletrostáticas); os volantes de inércia (flywheel); as baterias (lítio, NaS); e as pilhas de combustível de hidrogênio (armazenamento químico contínuo) (WINFIELD et al., 2018).

Importante notar que se observa um crescimento global na adoção de veículos elétricos (>40% por ano), sendo que há expectativa de que ocupe cerca de 25% da frota total em 2040 (NEWMAN, 2017). Neste sentido, sob a perspectiva da segurança no fornecimento, pode-se considerar os veículos elétricos como uma rede de unidades de armazenamento de energia distribuídas através da cidade (LUGARIC; KRAJCAR, 2016; zENG et al., 2021). Outra alternativa é a utilização de estacionamentos como sistemas de armazenamento de energia em rede (zENG et al., 2021).

No âmbito da cidade como um todo essa política trata de buscar a interação e integração sinérgica dos fluxos de materiais e energia de/através/para o meio urbano (AKADIRI et al., 2019; RED, 2021). Metabolismo urbano é uma metáfora útil para a compreensão desta política (zIEBELL; SINGH, 2018). Dentre os fluxos de energia principais deste “metabolismo urbano” destacam-se aqueles dedicados à captação, tratamento e distribuição da água; os fluxos para a gestão dos resíduos urbanos; os fluxos associados ao transporte e, finalmente, aqueles associados ao sistema de alimentos. Incluem-se nessa perspectiva as iniciativas que buscam aproveitar o calor gerado no setor industrial ou de serviços (datacenters) ou aproveitar a energia produzida a partir de resíduos urbanos ou das estações de tratamento de esgoto | Aproveitamento energético do biogás proveniente do tratamento de resíduos sólidos orgânicos | Aproveitamento energético do biogás

gerado em aterros de resíduos sólidos urbanos (base OICS, 2021) (RED, 2021; ICLEI, 2009).

Política de urbanização voltada à redução da demanda de energia

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações que utilizem a configuração do espaço urbano como estratégia para reduzir a demanda ou ampliar a eficiência no consumo de energia. Um dos aspectos centrais trata da própria morfologia urbana, a qual envolve estratégias específicas como:

- (a) a interferência nas condições de ventilação e fluxos de calor: trata de mitigar aquecimento excessivo em ambientes externos por meio do redesenho do espaço urbano (MAUREE et al., 2019), atuando em aspectos como a largura, forma, configuração e orientação das vias, a altura e recuo das edificações e a densidade, tipo e disposição da vegetação, incluindo a arborização dos passeios (MARINS, 2010);
- (b) atuar na compactação ou dispersão urbana: por meio de parâmetros e diretrizes para parcelamento, aproveitamento, uso e ocupação do solo, o volume e disposição dos espaços urbanos abertos em relação às áreas ocupadas, com impactos diretos na distribuição da densidade populacional (MARINS, 2010); e
- (c) especificar materiais e superfícies que contribuam para aquecimento ou resfriamento do espaço urbano: em particular a absorção térmica, as cores preponderantes no espaço urbano e suas implicações na radiação solar, as características da pavimentação e da impermeabilização do solo (MARINS, 2010).

Mais recentemente destacam-se as iniciativas voltadas à implantação de fazendas urbanas | Agricultura urbana (base OICS, 2021), com engajamento direto da população. Muito embora possam ser fonte de geração de insumos para a geração de energia apontam que outros impactos podem ser ainda mais relevantes como a redução das ilhas de calor nas cidades, a mitigação dos impactos de chuvas torrenciais nos sistemas de água pluvial e a redução das necessidades energéticas para o transporte de alimentos (KAMMEN; SUNTER, 2016).

O planejamento urbano afeta, de forma direta, a configuração do sistema de

mobilidade, contribuindo de forma direta na redução do consumo de energia associado aos deslocamentos através da cidade. A mobilidade ativa (caminhar, utilizar bicicleta), depende da adoção de políticas que tornem o espaço urbano mais atrativo a modais ativos, oferecendo configurações mais distribuídas de forma a possibilitar o atendimento das necessidades específicas locais de forma ágil e direta. Isso demanda a opção por cidades mais compactas, policêntricas, conectadas digitalmente e com maior diversidade nas funções permitidas, reduzindo a demanda por mobilidade motorizada (UNHABITAT, 2021).

Política de implementação de redes inteligentes (smart grids)

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltados à disseminação de tecnologias inteligentes (smart technologies) capazes de otimizar a utilização de seus recursos energéticos disponíveis | Smart Grid | Ferramenta de gerenciamento energético | Telegestão em Iluminação pública (base OICS, 2021). Esta gestão ótima dos recursos energéticos no meio urbano atua como uma plataforma para outras políticas associadas à energia (LUGARIC; KRAJCAR, 2016). Smart grids permitem fluxos de energia e informação bidirecionais entre fornecedores e usuários, possibilitando acesso a dados em tempo real, contribuindo na ampliação da confiabilidade dos serviços, melhor controle de custos, aperfeiçoamento do planejamento do consumo com alterações nos picos de consumo e melhor compreensão das capacidades da rede (BIBRI, 2020).

Fontes de energia renováveis intermitentes (solar, vento) são particularmente desafiadoras para métodos convencionais de operação de sistemas elétricos. Sistemas de energia renovável híbridos (solar, vento e biomassa) Sistemas híbridos de geração (base OICS, 2021) têm-se mostrado efetivos em lidar com essa intermitência e, ao mesmo tempo, permitido melhorar a eficiência desses sistemas (BAGHERI et al., 2018). Sistemas inteligentes de energia têm possibilitado, também, a ampliação das sinergias entre agentes do mercado de maneira a alcançar as soluções ótimas para cada setor individual e para toda a cidade como um todo. Através destas sinergias contribui para a redução do consumo de energia primário assim como o suprimento da demanda adicional, tomando vantagem das fontes de energia renováveis locais (VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019).

Na geração distribuída de energia, as tecnologias smart contribuem para conferir maior flexibilidade no provimento de energia elétrica, ampliando a eficiência do sistema de distribuição, facilitando a integração de fontes renováveis de energia na rede, empoderando o consumidor na gestão do sistema (VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019). Microgrids associados à geração distribuída são tipicamente alicerçados em geradores ou fontes renováveis eólicas ou solares. A energia gerada suplementa a demanda durante períodos de alta demanda. Portanto, a adoção de smart grids em conjunção a fontes renováveis contribui para reduzir a suscetibilidade dos grids principais a desastres e catástrofes. Requerem a implementação de medidores inteligentes (smart meters) como um componente essencial para sua operação (CHUI et al., 2018).

Política de estímulos à inovação em serviços associados à energia

Esta política trata de programas, projetos e ações voltadas a estimular o desenvolvimento de ofertas inovadoras em serviços associados à energia. Configurações distribuídas ou descentralizadas para oferta de energia implica em fomentar oportunidades de novas formas de gestão do sistema ao mesmo tempo que estimular a implementação de novos modelos de negócio associados à energia. Dentre os novos modelos de negócio destacam-se aqueles associados a mudanças nos paradigmas de propriedade do artefatos envolvidos na geração, distribuição e uso da energia (LINDBERG, et al., 2019).

Um mix de produtos e serviços que juntos oferecem soluções para a satisfação das necessidades de energia dos usuários/clientes são chamadas de Sistemas Produto+Serviço (PSS) Serviço de energia solar por assinatura (base OICS, 2021). Entre suas tipologias, incluem-se (VEZZOLI et al., 2018):

- (a) PSS orientado a produtos: a oferta de serviços de suporte ao ciclo de vida de produtos de energia (serviços de projeto, instalação, manutenção, monitoramento associado a geradores eólicos ou solares);
- (b) PSS orientado ao uso: oferta de acesso a plataforma de produtos e serviços, sem que o cliente/usuário detenha a propriedade dos produtos (plataformas de armazenamento de energia operadas pelo cliente/usuário);
- e
- (c) PSS orientado ao resultado: oferta de resultados para o

cliente/usuário, sem que haja a propriedade dos produtos ou a necessidade de se operá-los (contratação de metas de desempenho de “água quente” para piscinas de clubes e condomínios ao invés de aquisição de equipamentos de aquecimento; contratação de resultados de iluminação ao invés de aquisição de rede elétrica e luminárias; contratação de toneladas transportadas ao invés da aquisição motores de propulsão).

A servitização é uma estratégia efetiva para contemplar a comoditização (FANG et al., 2008), o que pode ser relevante para ampliar o valor percebido associado às ofertas não convencionais de geração de energia. Ademais, com a promoção da servitização no setor de energia abrem-se oportunidades para realizar mudanças comportamentais profundas, que contribuem de forma direta com a ecoeficiência. Um exemplo é a adoção do uso compartilhado de produtos, trazendo consigo o benefício de proporcionar maior intensidade de utilização dos produtos associados à energia. No limite, por meio da integração de serviços na oferta associada à energia, é possível ocorrer a desmaterialização do consumo, particularmente nas situações em que são ofertados resultados ao invés de produto. Por fim, a migração para soluções baseadas em serviço pode proporcionar a otimização do sistema como um todo, ao propiciar maior interação dos interessados na cadeia (BARTOLOMEO et al., 2003).

Política de planejamento da energia

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações para efetivação de um processo sistemático de planejamento energético sustentável para a cidade Plano Municipal de Gestão da Energia Elétrica (base OICS, 2021). Este planejamento energético necessita levar em consideração não somente das demandas presentes, mas a garantia da satisfação das necessidades de energia futuras. Necessita, também, contemplar aspectos não somente técnicos, mas as implicações sociais, ambientais e econômicas das escolhas realizadas (zHU et al., 2021). As políticas que permeiam este planejamento precisam resultar em ações que desencorajam a utilização de combustíveis fósseis e, ao mesmo tempo, estimulam a migração para energias de fontes renováveis e ampliação na

eficiência no uso da energia (AKADIRI et al., 2019). ICLEI (2009) aponta alguns potenciais impactos na cidade a partir da existência deste planejamento:

- Melhoria da qualidade do ar: iniciativas de gestão da energia são efetivas na melhoria da qualidade do ar em decorrência da redução dos níveis de poluição; redução de custos financeiros: o planejamento energético pode contribuir, em particular por meio das ações de efficientização energética, na redução dos custos de operação das demandas municipais, em particular aquelas associadas a serviços e edificações públicas.
- Geração de novos empregos: sistemas ineficientes configuram-se como oportunidades para converter os investimentos na criação de empregos de base local. Ademais, as economias advindas da maior eficiência energética podem ser redirecionadas em iniciativas geradoras de emprego e renda na comunidade.
- Desenvolvimento econômico local: a disponibilidade de energia é um elemento importante na atração de novos negócios assim como pode ser um estímulo ao empreendedorismo de base local, o que pode ser facilitado com a adoção de abordagens distribuídas para a geração de energia.
- Novas parcerias: para alcançar efetividade o planejamento da energia de uma cidade demanda necessariamente a colaboração entre diversos atores do primeiro, segundo e terceiro setor.

Equidade, viabilidade institucional, replicabilidade, eficiência e efetividade são exemplos de critérios utilizados para avaliar o sucesso de uma política voltada à energia (GUNGAH et al., 2019). Assim, para se implementar o processo de planejamento energético da cidade é essencial que cidadãos, agências reguladoras regionais e nacionais, administração das cidades, representantes do setor de edificações, água/esgoto, infraestrutura e transporte, agentes financeiros, e provedores de serviços de energia, estejam devidamente alinhados e colaborem para uma agenda comum.

Os instrumentos disponíveis para a formulação de políticas para energias mais sustentáveis podem ser agrupados em: a) mandatórios (coercitivos); b) incentivadores; c) indutores (PEGELS et al., 2018). Como ilustração, para incentivar e prover suporte na adoção de fontes renováveis de energia, faz-se útil que governos locais conduzam estudos técnicos de base para avaliar os potenciais de

energia renovável na região, incluindo a avaliação dos padrões de vento e incidência solar nos telhados e espaços públicos. Tais estudos podem incluir avaliações do impacto destas tecnologias na paisagem, assim como na fauna e flora local, contribuindo para a definição de escopo e especificações efetivamente viáveis no âmbito da cidade (CRUZ, 2018).

Política de promoção de comportamentos e competências para a energia sustentável

Esta política integra os programas, projetos e ações voltados à promoção e indução de comportamentos que resultem na opção por fontes renováveis de energia e em maior eficiência no consumo. Busca-se a promoção de comportamentos mais racionais no consumo, de tal maneira a que possam se converter em hábitos. Rahman et al. (2016) argumentam que o potencial para mudanças de comportamento é maior no ambiente doméstico, pois é onde as pessoas têm maior controle sobre o consumo de energia.

As estratégias para promover o comportamento sustentável podem ser agrupadas em três grupos (LILLEY, 2009; BHAMRA et al., 2011):

- (a) “guiar a mudança”: este primeiro grupo de estratégias busca ampliar a compreensão e consciência sobre as repercussões holísticas ambientais, sociais e econômicas decorrentes das escolhas e comportamentos associados à energia. Um primeiro aspecto na ampliação da consciência acerca do consumo de energia é viabilizar o acesso a informações sobre o próprio desempenho no consumo de energia (ecofeedback) (FROEHLICH, 2011). Informações como o quanto foi consumido de energia, como foi distribuído esse consumo e em que horários houve maior consumo, são hoje providas em tempo real por medidores digitais (RAHMAN et al., 2016; PODGORNIK et al., 2016). Conforme argumenta Bidwell (2016), a falta de informações é um dos principais fatores que explicam as atitudes e opiniões sobre soluções em energia renovável e sobre a relevância da adoção de padrões de consumo e energia mais racionais. Fazendas eólicas frequentemente têm resistência de comunidades locais, muito embora tenham grande suporte da população em geral (BIDWELL, 2016). Implementar programas de etiquetagem da eficiência energética de produtos

é uma estratégia bastante disseminada para auxiliar consumidores e empresas em sua escolha (JEFFERSON, 2000; CHAPMAN et al., 2016; IRENA, 2018; YUEHONG et al., 2020);

(b) “manter a mudança”, com estímulos que motivem os cidadãos a consolidar comportamentos sustentáveis: estratégias de gamificação do processo de decisão e planejamento acerca do consumo de energia. Bull et al. (2018), Chang e Fang (2017) sugerem a utilização de competições ou desafios como estratégia pedagógica efetiva para estimular a adesão a comportamentos mais racionais de uso da energia. Com o advento de medidores digitais e Internet das Coisas (IoT), essas atividades beneficiam-se da disponibilidade de dados em tempo real, encorajando o aprendizado também entre consumidores (BULL et al., 2018); e

(c) “garantir a mudança”: aqui incluem-se medidas de caráter mais coercitivo, impedindo comportamentos considerados inadequados no consumo de energia. Um exemplo é o estabelecimento de obrigações quanto a percentuais mínimos de geração de energia renovável em fornecedores (JEFFERSON, 2000).

O processo de mudança do comportamento segue uma progressão em cinco etapas: pré-contemplação, contemplação, preparação, ação e manutenção. Na etapa de pré-contemplação, o indivíduo não tem pretensão em agir, seja por estar desinformado ou mal-informado sobre as consequências do seu comportamento. Na etapa de contemplação, o indivíduo pretende agir, pois compreende benefícios da mudança e os malefícios de manter o seu comportamento atual. Na etapa de preparação na qual o indivíduo começa a traçar planos e objetivos para concretizar a ação em busca de uma mobilidade mais sustentável. Na sequência, na fase de manutenção, demandam-se esforços para consolidar o novo comportamento, buscando convertê-lo em hábito (PROCHASKA; VELICER, 1997).

Conhecimento sobre energia, assim como a ideologia e atitude quanto às questões ambientais associadas à energia, são elementos centrais na construção de novos padrões de consumo. Tecnologias com alta eficiência energética têm sua efetividade limitada se não há adesão plena dos consumidores a comportamentos mais racionais (DALVI et al., 2015). Sem essa adesão, as tecnologias mencionadas

correm o risco de resultar em efeitos colaterais, em que a alta eficiência resulta justamente no estímulo a ampliar o consumo (a utilização da economia com luminárias com baixo consumo de energia na iluminação cênica de um jardim ou fachada, muitas vezes resultando em aumento do consumo total).

Campanhas de conscientização ajudam os consumidores a compreender as informações de desempenho de seu consumo, assim como as possíveis medidas a serem tomadas para ampliar esta performance (IRENA, 2018). Estas ações envolvem a inclusão de energias renováveis e modelos distribuídos de geração de energia como conteúdo educacional (IRENA, 2018), incluindo os prós e contras de novas alternativas de energia (SARRICA et al., 2018). Com a ampliação da conscientização, contribuem para criar condições para a transição na direção da sustentabilidade nos padrões de consumo e produção de energia (IRENA, 2018).

De maneira similar, recomenda-se oferecer o amplo acesso para as pessoas a informações relevantes acerca da geração, distribuição e uso de energia (FEU, 2018). Assim como possibilitar governança e transparência na gestão dos dados associados à energia (WEF, 2021). Com o uso de grandes volumes de dados (Big Data) associados à Inteligência Artificial, estas campanhas podem ser customizadas para cada consumidor, com o provimento de informações pertinentes ao contexto e necessidades de cada indivíduo (PODGORNIK et al., 2016).

Finalmente, para que as diversas políticas apresentadas até aqui alcancem efetividade, é necessária a formação de recursos humanos com competências técnicas para atuar nos produtos e serviços voltados à energia renovável e eficiência energética (JEFFERSON, 2000; IRENA, 2018; WEF, 2021). O desenvolvimento destas competências pode envolver a realização de projetos demonstrativos de energia sustentável voltados tanto a profissionais quanto à população em geral (CHANG; FANG, 2017).

Amostra de soluções promissoras

A partir da Revisão Bibliográfica Sistemática e da discussão com os especialistas no tema, a seguir são apresentadas as seis soluções apontadas como sendo de elevada relevância para disseminação nos municípios brasileiros. Soluções que representam investimento estratégico em energias renováveis quanto ao

planejamento, tarifação, financiamento, minigeração, configurações distribuídas e digitalização, promovendo o desenvolvimento energético urbano mais sustentável.

Implementação de um processo sistemático de planejamento energético para a cidade

Definição

A disseminação de sistemas descentralizados e distribuídos de geração de energia tem possibilitado às cidades maior protagonismo nas decisões de longo prazo relacionadas à energia, tanto do lado da oferta como da demanda. Dessa forma, conforme Collaço et al. (2019), esse planejamento deve ter seu escopo voltado não somente às tecnologias para a geração de energia, mas, muito importante, às decisões associadas ao planejamento urbano que afetam o consumo de energia.

Conexão com as políticas de energia

A implementação de um processo sistemático de planejamento energético para a cidade é elemento central para a própria Política de Planejamento Energético, sendo esta transversal a todas as outras políticas associadas à energia.

Impactos

Quando é adotado um processo sistemático e efetivamente holístico de planejamento de energia, considerando tanto a oferta como a demanda de energia, há oportunidades ampliadas não somente na redução e/ou maior eficiência no consumo de energia, mas, também, na redução de emissões dos gases de efeito estufa (COLLAÇO et al., 2019). A adoção de um processo sistemático deve resultar na definição de parâmetros, metas, recursos e responsabilidades para: a) utilização de fontes renováveis de energia;

b) a busca por uma configuração descentralizada e distribuída de energia; c) a ampliação da eficiência energética; d) as configurações e especificações urbanas voltadas à redução da demanda de energia; e) incentivos econômicos para a energia sustentável; f) os estímulos à inovação em serviços associados com a energia e, finalmente, g) ações voltadas à promoção de comportamentos e competências voltados à energia mais sustentável.

Aspectos práticos para implementação

No modelo de planejamento de energia para cidades proposto por Collaço et al. (2019), são utilizados parâmetros, como a forma urbana, a estrutura econômica, as funções urbanas e sua integração, situação socioeconômica, aspectos do comportamento das pessoas, aspectos bioclimáticos e o perfil dos recursos locais disponíveis. Há diversas ferramentas de apoio a este processo de planejamento, destacando-se a LEAP (Low Emission Analysis Platform) (anteriormente denominada Long-range Energy Alternatives Planning System), disponibilizada de forma gratuita para governos de países em desenvolvimento, tendo sido desenvolvida pelo Stockholm Environment Institute (SEI, 2022). Uma de suas vantagens é a clareza de sua lógica, facilitando o processo de análise de cenários para o tomador de decisão (HENRIQUES et al., 2010). Modificações nos sistemas de fornecimento de energia para cidades, assim como características de suas edificações e do planejamento urbano, apresentam elevada complexidade para análise, o que pode demandar a utilização mais intensa de ferramentas de simulação e inteligência artificial. Modelos 3D de cidades (vide exemplo de aplicação em Berlin em Krüger e Kolbe (2012)), utilizando linguagens e formato CityGML, têm permitido a modelagem, a análise e a simulação de cenários, incluindo não só a dimensão da energia, mas, também, as emissões de dióxido de carbono.

Estabelecimento de tarifas dinâmicas em função do horário de consumo

Definição

A tarifa dinâmica trata da precificação variável da energia, possibilitando a variação horária desses preços de acordo com relação demanda/oferta, particularmente nos horários de maior consumo. Além do fator tempo, a dinamicidade do valor da tarifa pode, também, estar associada a outros fatores, como tipo da fonte de energia, a duração e/ou localização do consumo e ao tempo de utilização de baterias (no caso de veículos elétricos) (LIMMER, 2019).

Conexão com as políticas de energia

Essa solução tem impacto direto na Política de Incentivos Econômicos para a Energia Sustentável, apresentando também repercussões relevantes na Política de Promoção de Comportamentos e Competências voltados à Energia mais Sustentável.

Impactos

O estabelecimento de tarifas dinâmicas contribui, de forma direta, na maior eficiência da rede de distribuição de energia, sendo particularmente relevante nos horários de pico de consumo (WEF, 2021). Contribuem para ampliar a estabilidade e minimizar perdas no sistema de distribuição, reduzindo as demandas de investimento na rede de distribuição e extensão do ciclo de vida de transformadores. Além disto, tarifas dinâmicas instrumentalizam o potencial de flexibilidade no consumo de energia em veículos elétricos, facilitando a integração deste modal com fontes renováveis de energia. Possibilitam, também, a indução de comportamentos mais racionais associados ao consumo de energia (LIMMER, 2019).

Aspectos práticos para implementação

A tarifa dinâmica requer redes inteligentes que possibilitem comunicação bidirecional, entre os fornecedores e os consumidores de energia. A opção por tarifas dinâmicas requer a implementação de medidores inteligentes, os quais permitem o monitoramento e controle remoto do consumo por consumidores e distribuidores de energia (LIMMER, 2019). Estas tecnologias resultam em outros desafios para a implementação de tarifas dinâmicas, como a segurança e sigilo dos dados dos consumidores.

Outro desafio importante para implementação da tarifa dinâmica é a determinação de benefícios econômicos que efetivamente motivem consumidores a mudarem comportamentos e hábitos. De fato, benefícios financeiros marginais podem não ser suficientes para alcançar estas mudanças. Neste sentido, Katz et al. (2018) argumentam que, para se obter efetiva mudança no comportamento associado ao consumo de energia, pode ser necessária a variação nas taxas de impostos aplicados de acordo com o horário do dia, ampliando os benefícios financeiros para consumidores.

Importante notar que a Aneel estabeleceu um programa piloto de Resposta da Demanda, conforme Resolução Normativa nº 792/2017, estendido pela Portaria MME nº 460/2020. A Portaria Normativa nº 22/GM/MME, de 23 de agosto de 2021, estabeleceu diretrizes para a Redução Voluntária de Demanda de Energia Elétrica (RVD), o qual é um mecanismo que possibilita que consumidores do mercado livre diminuam o consumo em determinado período em troca de uma recompensa financeira.

Ampliar a oferta de alternativas de financiamento que incentivem a adoção de energia renovável

Definição

Esta solução trata da ampliação do leque de alternativas à disposição de pessoas e organizações para o financiamento da implantação de soluções em energia renovável | Leilões de Renováveis (base OICS, 2021) (JIANG et al., 2020; FEU, 2018).

Conexão com as políticas de energia

Esta solução é central para a implementação da Política de Incentivos Econômicos para a Energia Sustentável, podendo ser concebida de forma a impactar na Política de Promoção da Geração Distribuída de Energia.

Impactos

Ampliar as alternativas de financiamento pode contribuir de forma direta para que a cidade alcance maior equidade no acesso de toda a população à energia renovável. Para tanto, deve ser direcionada atenção especial para iniciativas de base comunitária e de populações vulneráveis (ADIL; KO, 2016; FEU, 2018). As alternativas de financiamento podem auxiliar, também, na indução da adoção de configurações mais distribuídas de geração de energia, demandando esforços para tornar mais atrativa a remuneração de iniciativas com esse foco (FEU, 2018). No caso da geração distribuída orientada a edifícios públicos, tem-se a redução do custeio público, com o benefício adicional de estimular a instalação de fabricantes e prestadores de serviços locais (CEBDS, 2016).

Aspectos práticos para implementação

Como o principal componente do custo de empreendimentos voltados a fontes renováveis de energia é o investimento inicial, políticas de crédito e incentivos fiscais são eficazes para a redução desses custos. No leque de alternativas de financiamento de energias renováveis destacam-se:

- (a) articulação com organismos multilaterais (Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)), fundos temáticos (Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF)) e agências (China Exim Agency);
- (b) instrumentos financeiros como Green bonds (títulos de dívida que financiam projetos de mitigação da mudança climática ou com impacto ambiental positivo) e alternativas para diminuição do custo de hedge, ou seja, o risco advindo da variação excessiva dos preços (fundos públicos); e
- (c) Modelos de negócio: autofinanciamento, financiamento com posse de terceiros, financiamento público ou via utilities, investidores institucionais e securitização (em que a dívida é transferida, vendida, na forma de títulos) (CEBDS, 2016).

No âmbito municipal, pode-se empregar desconto na alíquota do ISS para serviços de instalação de geração distribuída (alíquota mínima do ISS é 2%). Apesar do impacto na redução da receita tributária, este pode ser compensado com a instalação de novas empresas e dinamização do segmento de serviços. Note-se que o investimento em energias renováveis demanda a oferta de contratos de longo prazo para geração por fonte renovável de energia | Geração de energia solar distribuída através de sistema de compensação energética (base OICS, 2021), independentemente de sua utilização (BAGHERI et al., 2018; YUEHONG et al., 2020), e/ou aquisição do excedente de energia renovável produzida (tarifa feed in) (CHAPMAN et al., 2016).

Estimular a minigeração para o autoconsumo com foco na energia solar

Definição

Esta solução trata da geração de energia elétrica em unidades consumidoras através de painéis fotovoltaicos. Conforme a Aneel (2015), a microgeração trata de

sistemas com potência instalada menor ou igual a 75 kW e conectados na rede de distribuição.

Conexão com as políticas de energia

Esta solução tem direta relação com a “Política de estímulo para a utilização de fontes renováveis de energia” e, também, com a “Política de promoção da geração distribuída de energia”. É beneficiada pelas soluções implementadas no âmbito da “Política de implementação de redes inteligentes (smart grids)” e da “Política de incentivos econômicos para a energia sustentável”.

Impactos

Os impactos que usualmente motivam consumidores a aderir à microgeração de energia incluem os ganhos com tarifas menores; a maior proteção contra eventuais crescimentos futuros nas taxas de energia; o impacto na valorização dos imóveis e maior segurança quanto à disponibilidade de energia, ampliando a autossuficiência da moradia. Sob a perspectiva ambiental tem-se a redução nas emissões de gases de efeito estufa; redução da dependência de combustíveis fósseis (BALCOMBE, 2013; SIMPSON; CLIFTON, 2015; VIRUPAKSHA et al., 2019) e a compreensão de que se trata de uma tecnologia com baixo impacto ambiental na fase de uso, sendo que ao final do ciclo de vida a quase totalidade dos painéis são passíveis de reciclagem. O tema da micro e minigeração distribuídas (MMGD) tem tamanha relevância estratégica para o País que o estímulo para sua disseminação consta do Plano Decenal de Expansão de Energia 2030 (PDE 2030) (BRASIL, 2021).

Aspectos práticos para implementação

Conforme a Aneel (2018), quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele mesmo período, o consumidor passa a ter créditos que podem ser utilizados para reduzir o valor da fatura dos meses seguintes. Estes créditos têm validade de até 60 meses, sendo possível sua utilização no abatimento do consumo de outras unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Tem-se também a modalidade da “geração compartilhada”, em que diversos interessados podem se unir em consórcio ou em uma cooperativa para

realização de micro ou minigeração distribuída, e utilizando a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados. Note-se que Simpson e Clifton (2015) argumentam que, juntamente com benefícios financeiros atrativos, as ações voltadas à promoção da microgeração fotovoltaica devem incluir ações continuadas de comunicação e capacitação, em linguagem apropriada ao consumidor. Importante notar também que a eficiência de conversão da radiação solar em energia elétrica é menor que 25%, sendo o restante convertido em calor. Altas temperaturas, umidade, infiltração de vapor e raios ultravioletas degradam as células com o passar do tempo, reduzindo sua performance (ZILLI et al., 2018). Ndiaye et al. (2014) estimam que, em ambientes tropicais, ocorre uma redução da eficiência da ordem de 0,3 a 3% por ano. O estudo de Zilli et al. (2018) mostra que a existência ou não de sistema de arrefecimento da temperatura tem direto impacto na eficiência de painéis fotovoltaicos, com ganhos em voltagem, corrente e níveis de eficiência.

Promover configurações distribuídas para a geração de energia

Definição

Unidades de geração de energia em pequena escala, conectadas em rede (minirredes ou redes de minirredes) ou isoladas, em que o cliente é o prosumer (produtor + consumidor) de sua própria energia (BACCETTI, 2018; VILLARRIETA; SUMPER, 2019; LINDBERG et al., 2019).

Conexão com as políticas de energia

Esta solução é elemento central da Política de Promoção da Geração Distribuída de Energia.

Impactos

A geração de energia distribuída contribui sinergicamente para outros desenvolvimentos locais em atividades como abastecimento de água, transporte e habitação (ADIL; KO, 2016). Outras vantagens de sistemas de energia renovável distribuída incluem sua relativa facilidade e rapidez de implementação, não

demandando uso intensivo do solo. Quando adequadamente concebidos, resultam em menor proeminência na paisagem urbana ou em melhor integração estética; reduzem a probabilidade de resistência de atores locais (CRUZ, 2018); reduzem as emissões de baixo carbono; reduzem a necessidade de investimentos para upgrade dos sistemas existentes; ampliam a independência e segurança local com respeito ao suprimento de energia (KAMMEN; SUNTER, 2016). Destaca-se também a redução das distâncias de deslocamento entre os atores na cadeia de valor, incluindo a maior facilidade de coleta e destinação dos artefatos ao final do seu ciclo de vida. Há, ainda, maior probabilidade de se efetivamente priorizar o meio ambiente sobre ganhos financeiros imediatos, dado que os usuários/clientes podem manter um contato direto com os impactos ambientais decorrentes de suas escolhas (SANTOS et al., 2021).

Aspectos práticos para implementação

A abordagem mais disseminada para a geração distribuída é aquela realizada em pequena escala, como painéis fotovoltaicos e pequenas turbinas eólicas, comumente instaladas junto à própria habitação ou ambiente de trabalho do consumidor. Sua vantagem para as políticas voltadas à sua promoção é sua escalabilidade no âmbito local.

O zoneamento em cidades ao redor do mundo tem possibilitado a geração de 4 kW a 100 kW para suprir demandas de habitações e pequenas edificações (CRUZ, 2018). Observa-se, inclusive, o estabelecimento de parâmetros mínimos de captação de energia de fonte renovável (IRENA, 2018). Desta forma, esta política trata da conversão das edificações em componentes ativos na geração de energia no meio urbano. Busca-se, desta forma, estimular que edificações gerem a maior parte de suas necessidades energéticas a partir de fontes renováveis implementadas localmente ou na própria edificação (LUGARIC; KRAJCAR, 2016), armazenando o excesso da geração e/ou alimentando esta energia excedente em redes inteligentes (smart network) (KAMMEN; SUNTER, 2016). Para tanto é necessário o estímulo à ampliação da oferta de soluções que permitam a geração no próprio terreno ou telhado dos moradores e, por conseguinte, possibilitar que empresas possam instalar tecnologias de energia renovável em habitações privadas (FEU, 2018).

Digitalização da gestão de smart grids distribuídos

Definição

Esta solução trata da digitalização da comunicação e controle de smart grids orientados a fontes renováveis de energia, em pequena escala e geograficamente distribuídas | Sistema de monitoramento para plantas de microgeração distribuída (base OICS, 2021).

Conexão com as políticas de energia

A implementação de uma gestão digital alinha-se, de forma direta, à Política de Implementação de Redes Inteligentes (smart grids) e, tendo em vista suas repercussões nas atividades de monitoramento e controle remoto, também impacta na “Política de Planejamento da Energia”.

Impactos

A gestão digital, remota de smart grids híbridos, permite lidar com a intermitência característica de fontes de energia renovável (solar, eólica). Com o provimento de dados, informações e inteligência de forma acurada e em alta velocidade por meio de tecnologias digitais, tem-se a oportunidade de maior otimização do sistema. Desta forma, melhora-se, também, a confiabilidade dos sistemas que integram fontes de energia renováveis (WINFIELD et al., 2018), ampliando-se a capacidade de planejamento do consumo e das demandas de expansão, manutenção ou atualização da infraestrutura de geração e distribuição de energia (BIBRI, 2020). Instrumentaliza-se a flexibilidade no provimento de energia, além de ampliar a governança através do maior empoderamento do consumidor na gestão do sistema (VILLA-ARRIETA; SUMPER, 2019), por exemplo, com o monitoramento em tempo real das tarifas e realização de decisões quanto a consumir ou vender a energia produzida na própria residência. Finalmente, sob a perspectiva ambiental, possibilita-se a mitigação das emissões de CO₂ em função da redução na demanda por energias de fontes não renováveis em horários de pico do consumo (MICELI, 2013).

Aspectos práticos para implementação

Plataformas que integram as tecnologias digitais emergentes (blockchain, inteligência artificial, IoT, Big Data) têm permitido o controle do sistema de energia em tempo real e com grande acurácia, possibilitando a redução de perdas e manobras mais eficientes, rápidas e seguras em linhas, subestações e equipamentos de rede. Com a comunicação multidirecional, essas plataformas vêm sendo dotadas da capacidade de realizar simulações, detectar perturbações em tempo real, além da autoconfiguração em caso de falhas. Incluem a integração com call centers para possibilitar o fornecimento de informações precisas sobre eventuais interrupções de energia e confirmar a operação de chaves. Note-se que smart grids podem integrar atributos para o controle, monitoramento e automação dos pontos de consumo de energia nas habitações, com ações como o desligamento automático de aparelhos quando há risco de danos devido a alterações na frequência da rede (MICELLI, 2013). Além disto, com o advento da tecnologia 5G, amplia-se drasticamente o espectro de possibilidades de melhoria na gestão de smart grids (robô de inspeção de temperatura em infravermelho transmitindo continuamente dados acerca do estado da rede). Entre as vantagens do 5G para smart grids, está o massivo volume de aparelhos que podem estar conectados simultaneamente, a aquisição onipresente de dados, a velocidade de transferência rápida, a segurança mais robusta, alta confiabilidade e baixo consumo de energia (HUI et al., 2020).

CAPÍTULO 3: SANEAMENTO

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/água

Motivações para a maior sustentabilidade na gestão da água nas cidades

Água, saneamento e higiene estão interligados, sendo essenciais nos esforços de erradicação da pobreza, redução das desigualdades, de desenvolvimento econômico e de busca da sustentabilidade ambiental. O acesso à água e ao saneamento importa para todos os aspectos da dignidade humana: da segurança alimentar e energética, à saúde e bem-estar (UNSDG, 2021; SWA, 2021). Apesar dessa relevância, a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, número que deverá subir ainda mais como resultado das mudanças climáticas e da

gestão inadequada dos recursos naturais (UNSDG, 2021). Globalmente, cerca de 3,6 bilhões de pessoas, ou seja, quase a metade da população mundial, vive em áreas onde a escassez de água ocorre pelo menos uma vez ao ano. A previsão é que esse número aumente para 4,8 a 5,7 bilhões de pessoas até 2050. Enquanto isso, a demanda por água tem aumentado cerca de 1% ao ano (UN-WATER, 2018). Nesse contexto, o Fórum Econômico Mundial aponta repetidamente as crises de água como um dos cinco principais riscos globais (WEF, 2019). Regiões com estresse hídrico têm agravado a carência no suprimento de água, e regiões onde anteriormente havia água em abundância devem apresentar períodos de estresse hídrico (UNESCO, 2020). A Agência Nacional de Águas estima que em 2019, 60,9 milhões de brasileiros estiveram sob risco hídrico (MÁRQUEZ, 2019). Note-se que, embora o Brasil tenha grande disponibilidade de recursos hídricos, estes não são distribuídos de modo equilibrado entre as macrorregiões (BERNARDO, 2003). Estima-se que em 2035 cerca de 73,7 milhões viverão sob insegurança hídrica. O risco de desabastecimento afetará principalmente as regiões periféricas dos grandes centros, onde se encontram as Habitações de Interesse Social, bem como regiões em que historicamente ocorrem secas (MÁRQUEZ, 2019).

Investir em água, higiene e saneamento produz benefícios nas três dimensões da sustentabilidade:

- Social: redução da mortalidade infantil, incluindo a redução de doenças relacionadas à desnutrição e doenças evitáveis transmitidas pela água, como diarreia; melhoria da frequência e conclusão escolar; menos dias perdidos por doenças evitáveis; maior conforto, privacidade e segurança, especialmente para mulheres, crianças, idosos e pessoas que vivem com deficiências; um maior senso de dignidade e bem-estar para todos (GLASS, 2014; MARA et al., 2010);
- Econômico: ganho geral estimado de 1,5% do PIB global e estimam-se US\$ 4,3 dólares de retorno para cada dólar investido em serviços de água e saneamento devido aos custos reduzidos de cuidados de saúde para indivíduos e sociedade; maior produtividade e envolvimento no local de trabalho por acesso a melhores instalações, especialmente para mulheres na força de trabalho; oportunidade para crescimento de novas indústrias, como infraestrutura, descarte e uso de dejetos humanos e abastecimento de

materiais (GLASS, 2014);

- Ambientais: redução da poluição dos recursos hídricos e da terra; impacto positivo no interior e na pesca costeira, ecossistemas aquáticos e valores de terra; potencial para reutilização de nutrientes, por exemplo, lodo fecal para fertilizante ou geração de biogás; oportunidades para expandir o turismo devido a um produto mais limpo, melhor ambiente e menores riscos para a saúde (GLASS, 2014).

A falta de infraestrutura de saneamento e higiene é uma das causas de doenças associadas à água, como leptospirose, disenteria bacteriana, esquistossomose, febre tifoide, cólera, parasitoides, além do agravamento das epidemias, como a da Dengue. Note-se que a incidência dessas doenças é mais alta entre as pessoas mais pobres, particularmente entre crianças (UN-WATER, 2015). Das excreções humanas, fezes são as mais perigosas para a saúde. Uma grama, oriunda de uma pessoa infectada, pode conter em torno de 10⁶ patógenos virais, entre 10⁶ e 10⁸ bactérias patogênicas, 10⁴ cistos ou oocistos protozoários e entre 10 e 10⁴ ovos helmintos (FEACHEN et al., 1983 apud MARA et al., 2010). Globalmente, argumenta-se que o saneamento pode reduzir as taxas de doenças diarreicas entre 32% e 37% (ESREY et al., 1998; FEWTRELL et al., 2005). Estudo realizado na cidade de Salvador, por Barreto et al. (2007), demonstrou que a ampliação de cobertura de sistema de esgoto, de 26% para 80%, reduziu em 22% a incidência de diarreia em crianças abaixo de 3 anos de idade (BARRETO et al., 2007). Doenças tropicais negligenciadas, que muitas vezes resultam em substanciais deficiências, são impactadas pela abrangência e eficiência dos sistemas de saneamento. Tracoma, por exemplo, é uma doença inflamatória ocular causada pela bactéria *Chlamydia trachomatis*, que pode levar à cegueira, ocorrendo justamente em áreas com deficiência no saneamento básico e acesso à água (MARA et al., 2010).

Qadir et al. (2020) estimam que a produção municipal de esgoto, no âmbito global, deve aumentar cerca de 24% até 2030 e 51% em 2050. Esse quadro impõe a necessidade de ampliação dos padrões de eficiência no uso dos recursos hídricos, bem como a revisão de hábitos e comportamentos na busca pela redução da demanda (UN-HABITAT; WHO, 2021). Além disso, os efluentes que circulam no

sistema de saneamento necessitam ser compreendidos como uma fonte renovável que pode ser utilizada na agricultura, na indústria e na geração de energia (UN-HABITAT; WHO, 2021).

A rápida urbanização tem resultado na ampliação correspondente do volume de águas residuais, entendidas como a mistura do esgoto doméstico com água pluvial. O volume excessivo de nutrientes no esgoto doméstico (nitrogênio, fósforo) amplia o risco de eutrofização de corpos d'água naturais, degradando os sistemas aquáticos (SCHWANTES et al., 2019; QIN et al., 2020). O aquecimento global tem contribuído para exacerbar o fenômeno da eutrofização, com o aumento na intensidade da precipitação das chuvas, associado ao aumento na temperatura. Portanto, reduzir a densidade de nutrientes nas águas residuais passou a ser uma ação indispensável (QIN et al., 2020)

Observa-se, no meio urbano, a ocorrência de metais pesados (por exemplo: arsênico, mercúrio, cádmio, cromo, tório, cobre, chumbo etc.) devido, principalmente, ao trânsito e emissões industriais, todos com severas implicações para a saúde humana e para a natureza de maneira geral (MUTHUSARAVANAN et al., 2018; SAIER; TREVORS, 2010). A presença de metais pesados amplia o risco de doenças carcinogênicas e outras, como problemas respiratórios, dermatológicos, endócrinos e as patologias de natureza comportamental (DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021). Além disso, tem-se expandido a utilização de substâncias xenobióticas (pesticidas), antibióticas e agentes antivirais (SAIER; TREVORS, 2010). Esses materiais têm a capacidade de se acumular no organismo ao longo do tempo, provocando problemas como alterações renais e lesões cerebrais, com suspeita de contribuir no aumento do risco de câncer.

É necessário ampliar a atenção para os impactos antropocêntricos no ambiente aquático, incluindo a poluição por fármacos (remédios anti-inflamatórios, antibióticos, hormônios) e microplásticos (DAMANIA et al., 2019). A gestão segura do esgoto pode contribuir para mitigar impactos climáticos, posto que o sistema de saneamento contribui de forma direta na emissão de gases de efeito estufa, tanto ao serem lançados no meio ambiente ou durante processos de tratamento, como através da energia consumida para os processos de tratamento. Conforme a CETESB (2016), o tratamento industrial dos resíduos emite metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂). O tratamento de esgoto doméstico emite os mesmos gases,

sendo agravado quando não é tratado, pois nos rios e lagos ocorre a fermentação aeróbica com taxa maior de emissão de gás carbônico. Nesse contexto, a meta do Brasil para o ODS 6.3 estabelece que até 2030 o país deve “melhorar a qualidade da água nos corpos hídricos, reduzindo a poluição, eliminando despejos e minimizando o lançamento de materiais e substâncias perigosas, reduzindo pela metade a proporção do lançamento de efluentes não tratados e aumentando substancialmente o reciclo e o aproveitamento seguro localmente”.

Taxonomia de políticas para a gestão sustentável da água



Figura 3 – Visão geral das políticas voltadas ao saneamento em água mais sustentável nas cidades
Fonte: Elaboração própria.

Política de universalização do saneamento

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações que buscam a oferta equitativa das soluções de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Em última instância, esta política trata da garantia da segurança hídrica, incluindo variáveis como qualidade, regularidade e continuidade (Lei nº 14.026/2020) (BRASIL, 2020). O abastecimento de água potável integra o elenco de atividades voltadas à disponibilização e manutenção de infraestruturas necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição. O esgotamento sanitário trata

das atividades e da disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequada dos esgotos sanitários | Banheiro Seco (base OICS, 2021). Portanto, inclui desde as ligações prediais até sua destinação final para o aproveitamento da água ou, alternativamente, seu lançamento de forma adequada no meio ambiente. O ODS 6, “Água Potável e Saneamento”, estabelece o objetivo de garantir disponibilidade e manejo sustentável da água e saneamento para todos. A meta para esse objetivo é até 2030 alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos (UN-WATER, 2016). Apesar disso, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento, em 2021 apenas 49,1% do esgoto gerado no Brasil é tratado. O índice de atendimento total de água no país é de 83,7% da população brasileira, em contraste com o índice de 54,1% no atendimento total de esgoto no país. Apenas 54,3% dos municípios possuem sistema exclusivo para drenagem das águas pluviais urbanas, sendo que 22,5% possuem sistema unitário (misto com esgotamento sanitário (SNIS, 2021)).

Conforme a Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), que estabelece o marco legal do saneamento básico, há que se buscar a integralidade da oferta dos serviços de saneamento em acordo com as necessidades de cada população. GLAAS (2014) argumenta que populações de baixa renda, grupos populacionais desfavorecidos e comunidades rurais geralmente não têm os meios financeiros para obter ou conectar-se aos serviços de água e saneamento existentes. Disponibilizar tanques de água gratuitos para idosos e deficientes | Aplicativo de recarga gratuita de água potável nas cidades (base OICS, 2021) (GLAAS, 2014) é um exemplo de estratégia frequentemente observada para atender a demandas dessa população em ocasiões de estiagem prolongada. Essa carência não se restringe aos espaços familiares e é também observada em espaços coletivos. De fato, de acordo com o Unicef (2015), cerca de metade das escolas em países de baixa renda carecem de água potável adequada, saneamento e higiene essenciais para meninas e professoras controlarem seu período. Instalações inadequadas podem afetar a experiência das meninas na escola, fazendo com que elas falem às aulas durante o período. Todas as escolas devem fornecer água corrente, banheiros seguros e limpos para meninas adolescentes.

As Nações Unidas chamam a atenção para a importância da busca pela equidade

para com as mulheres no acesso ao saneamento, incluindo equidade no próprio processo de decisão e em atividades de treinamento, acesso à informação e estímulo ao empreendedorismo (UN-WATER, 2015). O acesso à água, saneamento e higiene assume particular importância para mulheres e meninas devido ao seu papel tradicional como administradoras de água para uso doméstico e gestoras de saneamento doméstico, suas necessidades de saúde reprodutiva e menstrual, seu papel no cuidado da casa, crianças e idosos e/ou parentes doentes. Ademais, mulheres e meninas são as principais responsáveis pela coleta de água em domicílios com água fora das instalações. Apesar disso, as mulheres muitas vezes são deixadas de fora da discussão crítica e das decisões relacionadas à água, saneamento e higiene. Ressalta-se a importância de políticas, programas e iniciativas que promovam oportunidades para que as mulheres assumam papéis de liderança e melhorem a tomada de decisões sobre os serviços de água e saneamento (SWA, 2021).

Políticas voltadas à ecoeficiência do sistema de saneamento

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltadas à ampliação da ecoeficiência do sistema de saneamento e abastecimento de água. Sistemas de saneamento envolvem a implantação de um conjunto de tecnologias de saneamento compatíveis que, em combinação, gerenciam todos os produtos de saneamento desde o ponto de geração até o ponto final de reutilização ou descarte (SPUHLER et al., 2020).

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2021), o índice de água potável não contabilizada ou perdida na distribuição é da ordem de 39,2%. As ações para alcançar maior eficiência do sistema podem incluir desde a remodelação da infraestrutura por meio do conserto de dutos de água quebrados e detecção rápida de vazamentos até a adoção de auditorias sistemáticas do sistema de distribuição e manutenção geral das máquinas de abastecimento | Detecção de vazamentos em redes de distribuição de água (base OICS, 2021) de água. No âmbito das residências, as ações podem ser direcionadas para a implementação de economizadores e sensores que permitam a detecção de vazamentos (ALEMU; DIOHA, 2020).

Outro campo de atuação é ampliação da disponibilidade hídrica através do

tratamento dos esgotos, o que é particularmente relevante em cidades com elevada insegurança hídrica. Além de poder reduzir a pressão sobre os recursos hídricos, por meio da oferta de água para usos não potáveis, constitui uma prática de reciclagem de nutrientes, proporcionando economia significativa de insumos (por exemplo, fertilizantes); contribui para o aumento da produção de alimentos por meio da recuperação de áreas improdutivas e a ampliação de áreas irrigadas; contribui para a preservação e a proteção do meio ambiente, minimizando o lançamento do esgoto em cursos de água e favorecendo a conservação do solo e a recuperação de áreas degradadas; contribui para a amenização do clima, melhoria do paisagismo, ampliação das áreas de lazer via irrigação de “zonas verdes” (jardins e parques públicos, por exemplo) (XAVIER, 2003).

Entre as opções para destino do lodo de Estações de Tratamento de Esgoto (ETE) está a recuperação de biocombustíveis e biofertilizantes presentes em águas residuais (WONG et al., 2020; DELANKA- PEDIGE et al., 2021). O calor residual da produção de energia local pode fornecer serviços de água quente reticulada para residências e ajudar a desinfetar a água da chuva coletada para uso doméstico e industrial (WONG et al., 2020). A utilização dos resíduos processados como insumo agrícola apresenta-se como uma alternativa ambiental e economicamente promissora. Seus teores de macronutrientes, particularmente de nitrogênio e fósforo, permitem redução significativa da necessidade de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, enquanto a matéria orgânica aumenta a resistência do solo à erosão (GONÇALVES, 2000). Sua aplicação necessita ser acompanhada por rígido controle, pois nutrientes em excesso, especialmente o nitrogênio, podem comprometer a produtividade e a qualidade das culturas, resultando em problemas ambientais, principalmente a lixiviação de nitratos e a contaminação do lençol freático (XAVIER, 2003).

Sob essa política, uma tecnologia eficiente de saneamento é aquela que fornece um nível de serviço social e ambientalmente aceitável por um custo acessível. Isso pode ser traduzido em critérios técnicos, físicos e demográficos, socioculturais, de capacidade, gerenciais, jurídicos e financeiros (SPUHLER et al., 2020). Há diversas configurações tecnológicas disponíveis para o tratamento de águas para abastecimento | Remoção de Lixo em Sistemas de Drenagem | Controle de odor de efluentes de esgoto tratados (base OICS, 2021), sendo estas classificadas como

convencionais (coagulação, floculação, decantação e filtração) e não convencionais | Sistemas de tratamento de água por filtração direta | Filtração lenta em múltiplas etapas | Osmose Reversa para Aproveitamento de Água Salobra | Utilização de zeolite para tratamento de água | Piscina com sistema de filtragem de água para rios urbanos | Microfiltros de membrana semipermeável de fibra oca | Aplicação de membranas de ultrafiltração para reúso de água, Reúso de água e dessalinização (base OICS, 2021) (filtração direta ascendente e descendente, a dupla filtração e a filtração lenta). A filtração lenta simula mecanismos naturais de depuração das águas, em sua percolação pelo subsolo, quando são removidos micro-organismos, partículas, substâncias químicas e componentes biológicos. Está presente na Filtragem de Múltiplas Etapas, onde há a combinação de soluções como o pré-filtro dinâmico (PFD), pré-filtro de pedregulho com escoamento descendente (PFPED), pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente em câmaras em série (PFPAS), pré-filtro de pedregulho com escoamento ascendente em uma unidade (PFPAC) e o pré-filtro de pedregulho com escoamento horizontal (PFPH) (BERNARDO et al., 1999).

A simples desinfecção não é considerada tecnologia de tratamento para águas superficiais, sendo aplicada apenas em águas brutas subterrâneas, que apresentam condições naturais organolépticamente agradáveis e sanitariamente seguras (BERNARDO, 2003). Os processos de desinfecção podem envolver a utilização de agentes químicos | Remoção fósforo em esgoto (base OICS, 2021) (cloro e derivados, ozônio e peróxido de hidrogênio, ferratos, ácido peracético, permanganato de potássio) ou agentes físicos | Desinfecção solar de água | Conversão da umidade do ar em água potável com tecnologia solar | Produtos secundários da desinfecção | Gerador de hipoclorito de sódio para desinfecção de água (base OICS, 2021) (radiação ultravioleta, processos oxidativos avançados, fotocatalise heterogênea, radiação solar) (DANIEL, 2001).

Para o tratamento das águas residuárias, alguns dos tipos de reatores ou sistemas usados no tratamento incluem soluções aeróbias | Tratamento de esgoto por processo biológico aeróbio eletroquimicamente assistido | Remoção de nitrogênio em efluentes por processos biológicos (base OICS, 2021) (lodos ativados convencionais, lodos ativados com aeração prolongada, valas de oxidação, lodos ativados em reator tipo batelada, poço profundo aerado, filtro biológico aeróbio,

reator aeróbio de leito fluidificado, filtro anaeróbio), soluções anaeróbias (reator anaeróbio por batelada, decanto- digestor, decanto-digestor + filtro anaeróbio, reator anaeróbio de manta de lodo, reator anaeróbio de manta de lodo, reator anaeróbio compartimentado com chicanas), soluções mistas aeróbia + anaeróbia (disposição ao solo, lagoas facultativas, sistemas de lagoas tipo australiano, lagoa aerada + lagoa de sedimentação) e, finalmente, soluções que combinam o processo anaeróbio/aeróbio com processos biológico-físico-químicos (CAMPOS, 1999).

Via de regra, opta-se pelas soluções aeróbias quando necessita-se de maior taxa de remoção de matéria orgânica, menor risco de emissão de odor e tem-se disponibilidade de área extensa para implantação. A opção por soluções anaeróbias leva em conta a mecanização reduzida, baixo consumo energético, geração de menor taxa de lodo residual, menor área de instalação, sendo adequado em contextos em que há altas concentrações de substâncias orgânicas, o efluente opera em temperatura relativamente alta (entre 30^o e 35^o C) e a lenta taxa de crescimento das bactérias produtoras de metano é característica aceitável. No Brasil, as lagoas de estabilização constituem o tratamento biológico de esgoto sanitário mais utilizado no Brasil, em face de seu baixo custo de implementação e simplicidade operacional. O clima e a disponibilidade de área no país favorecem essa abordagem em cidades brasileiras de pequeno e médio porte (GONÇALVES, 2000). Contudo, tecnologias emergentes têm apresentado características relevantes sob a perspectiva da sustentabilidade. O estudo de Garrido- Baserba et al. (2015), por exemplo, mostrou que a oxidação supercrítica do esgoto apresentou o menor potencial de contribuição ao aquecimento global, no tratamento de esgoto, quando comparado com incineração e gaseificação. Métodos anaeróbios compactos para uso residencial estão sendo desenvolvidos, embora ainda apresentando pouca eficiência na eliminação de organismos patogênicos, requerendo estágio pós-tratamento para remoção de patogênicos (CHERNICHARO, 2015).

Política de implementação de sistemas mais descentralizados ou distribuídos

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações

que resultem em concepções mais descentralizadas ou distribuídas do sistema de saneamento e abastecimento de água nas cidades | Sistema de Tratamento de Esgoto em Unidades Residenciais Unifamiliares | Sistemas descentralizados de abastecimento, tratamento e reúso de água (base OICS, 2021).

Os serviços centralizados de água e saneamento, caracterizados por soluções padronizadas, voltadas a grandes volumes, reduzem o grau de interação entre o consumidor e as várias etapas do ciclo da água. Dentre as limitações dos sistemas centralizados está o alto investimento requerido; baixa flexibilidade a alterações na demanda; menor resiliência a crises e catástrofes; saídas centralizadas do sistema que resultam em elevada carga de poluição nos cursos de água; quando operados por gravidade, requerem níveis mínimos de fluxo de água para operação, nem sempre disponíveis; redes extensas geograficamente muitas vezes apresentam capacidade hidráulica limitada que resulta em transbordamento do esgoto; redes extensivas são mais vulneráveis a rupturas e fissuras, o que pode resultar na poluição de reservatórios e aquíferos. Sistemas centralizados também implicam em menor senso de propriedade por parte da população, em face da miopia cognitiva que o distanciamento físico produz, o que afeta a adesão a comportamentos mais racionais no uso da água e no descarte de resíduos (CHERNICHARO et al., 2015). A introdução de soluções de pequena escala (dispositivos/tecnologias), alternativas ou complementares à infraestrutura de grande escala | Tecnologia de extração de água da atmosfera | Estruturas em bambu para coleta da água atmosférica (base OICS, 2021) (MORETTO et al., 2018) oferece uma oportunidade promissora para alcançar maior sustentabilidade no sistema de saneamento. Conforme preconiza Vezzoli et al. (2021), um sistema de gestão distribuído da água é caracterizado por unidades de pequeno porte, localizadas próxima ao usuário (indivíduos ou organizações), conectadas em rede com outras unidades. De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS, 2021), os sistemas de abastecimento de água já apresentam forte presença de prestadores de serviço de base local (1.603) e, em menor quantidade, os prestadores regionais (28) e microrregionais (8). Nos sistemas de esgoto, a base local é ainda maior quantitativamente (2.828), com (26) prestadores de serviço regionais e (8) microrregionais. Nos sistemas de tratamento de esgotos, as alternativas descentralizadas ou distribuídas oferecem melhores oportunidades para a

utilização dos resíduos na agricultura, aproveitamento da água e da energia. A menor distância de transporte e os menores volumes possibilitam a maior concentração do esgoto e, dessa forma, facilitam a recuperação de nutrientes (nitrogênio, fósforo) e energia (CHERNICHARO et al., 2015).

Modelos de sistemas mais descentralizados e/ou distribuídos contemplam a possibilidade da coprodução de serviços, com o envolvimento direto do consumidor final em uma ou mais etapas do ciclo da água | Sistema condominial de esgoto (base OICS, 2021) (MORETTO et al., 2018). Tal participação apresenta relevância estratégica, tendo em vista os potenciais de ampliação da eficiência no âmbito das habitações. De fato, os resultados do estudo de Ghisi et al. (2015) apontam que 51% do consumo total de água nas habitações investigadas era destinado a fins não potáveis. As águas cinzas provenientes do chuveiro, lavatórios e lava-roupas poderiam ser utilizadas para fornecer de 23% a 32% da quantidade de água total necessária para abastecer uma habitação (GHISI et al., 2015). Encorajar as pessoas (principalmente individualmente) a instalarem dispositivos de processamento de água (MORETTO et al., 2018), estimulando a coprodução de serviços de água e saneamento, implica em aumentar o protagonismo dos consumidores na gestão dos recursos hídricos. Na condição de prosumers (produtores + consumidores) altera-se o envolvimento dos consumidores com os recursos naturais e com o processo de entrega desses recursos. Ao poder público, integram-se outras funções para apoiar essas iniciativas, como disponibilizar os dados e as informações necessárias para gerenciar infraestruturas distribuídas, possibilitando a eventual integração com sistemas descentralizados ou centralizados (WONG et al., 2020). Esse novo paradigma implica em uma visão renovada de cidadania, com maior participação e controle dos cidadãos no processo de tomada de decisão. A mudança do status de “destinatário de serviço” para “produtor de serviço” significa que os cidadãos usam o recurso e participam diretamente de seu processamento (MORETTO et al., 2018).

Política de promoção do comportamento sustentável

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltadas à promoção do comportamento sustentável associada ao consumo da

água. O escopo dessa política é contemplado na Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), que trata do estímulo à racionalização do consumo da água pela população, fomento à eficiência energética, uso de efluentes sanitários e aproveitamento da água da chuva.

O comportamento da população é chave para se alcançar a sustentabilidade de sistemas de saneamento. A comparação de padrões de consumo no âmbito global reforça essa importância. No Brasil, o consumo médio é de 162 L/hab./dia, chegando a 250,8 L/hab./dia no estado do Rio de Janeiro (maior consumidor) (SNIS, 2014), enquanto a Organização Mundial da Saúde (HOWARD; BARTRAM, 2003) estabelece de 50 a 100 L/hab./dia como o indicador de referência para o consumo por pessoa. Swartz e Offringa (2006) destacam que na África do Sul, as concessionárias consideram que 25 L/hab./dia seria o suficiente para o atendimento das necessidades básicas de uma pessoa. Note-se que um banho de 15 minutos, por exemplo, com vazão de 9 litros por segundo, consome cerca de 135 litros (GONÇALVES et al., 2009).

As soluções voltadas à promoção do comportamento sustentável podem ser estruturadas em três grupos, conforme propõe Bhamra et al. (2011):

- Informar: neste grupo estão as soluções que possibilitam a maior visibilidade sobre o estado do consumo, subsidiando com dados e informações a reflexão a respeito. Shove (2003) destaca que o consumo ambiental, em especial de energia e água, é invisível para os usuários. Diferente de outros artefatos, a água e a energia estão disponíveis em torneiras e tomadas das residências, disponibilidade esta que dificulta a percepção de consumo e finitude dos recursos (SHOVE, 2003). Dessa forma, as soluções neste grupo podem ir da mera apresentação de informações e dicas genéricas ao longo da jornada do consumidor até a coleta e disposição de dados e informações em tempo real junto aos produtos do sistema (ecofeedback digital). Incluem-se aqui estratégias como a capacitação das comunidades para adotar e apoiar práticas sensíveis à água por meio de plataformas baseadas em tecnologias digitais, enriquecidas para participação e colaboração (WONG et al., 2020); incentivo a práticas de conservação de água em nível doméstico, como coleta de água da chuva e aproveitamento de água cinza | Reúso da água pluvial | Inovação

de sistemas de reúso de água (base OICS, 2021) (ALEMU; DIOHA, 2020; KOOKANA et al., 2020); outra estratégia relevante neste grupo são os programas de conscientização e campanhas para melhorar a segurança da água (ALEMU; DIOHA, 2020), assim como ações que promovam a educação ambiental via soluções para coleta da água da chuva. Tais ações necessitam contemplar as repercussões da coleta da água da chuva na mitigação de inundações à jusante nos cursos de água urbanos;

- Guiar: neste grupo estão as soluções voltadas a estimular de forma mais ativa a reformulação de comportamentos de hábitos, fazendo uso de alertas (alerta de vazamento), premiações/punições (tarifas com base nos níveis de uso de água (GLAAS, 2014)), gamificação (competições intrafamiliares baseadas em IoT e aplicativos) e de direcionamentos ao usuário sobre cursos de ação possíveis | Sistema Reflux - Reuti | Chuveiro de água recirculante (base OICS, 2021).
- Garantir: neste grupo estão as soluções mais coercitivas que impõem comportamentos ao usuário, não dependendo necessariamente de adesão voluntária ao padrão pretendido. Aqui inclui-se desde soluções que restringem determinado consumo (torneira que desliga automaticamente) | Uso racional de água doméstica em chuveiros | Sistema de uso racional da água no vaso sanitário | Sistema de sanitário a vácuo (base OICS, 2021) até soluções que automatizam integralmente o consumo (IA definindo os tempos máximos de banho em função da disponibilidade hídrica). Legislações e regulamentos municipais podem impor a coleta da água da chuva no ambiente construído, assim como em serviços pautados pelo uso intenso de água.

Ressalta-se aqui a relevância de se ampliar o aporte de informações para o morador acerca de seu próprio consumo. Sem essas informações há maior dificuldade por parte dos usuários no reconhecimento de problemas, bem como dificuldade na compreensão da efetividade de mudanças de comportamento. No estudo de Queiroz et al. (2012), por exemplo, moradores de Habitação de Interesse Social entendiam que as atividades que mais consumiam água eram lavar roupas (53,8%), dar descarga no vaso sanitário (44,5%) e tomar banho (26,6%). Os hábitos

identificados como mais frequentes para economizar a água eram fechar a torneira enquanto lava a louça (91,4%), fechar a torneira enquanto escova os dentes (83,1%), usar a lavadora de roupas somente quando está cheia (72,1%) e fechar o chuveiro enquanto se ensaboa (69,4%), além da utilização de um balde para lavar a calçada (78,1%) e o reaproveitamento da água resultante da lavagem das roupas (87,7%) (QUEIROZ et al., 2012).

As mudanças comportamentais incluem o desenvolvimento de atitudes adequadas no descarte de produtos químicos e resíduos | Remoção de lixo dos rios (base OICS, 2021), bem como a melhoria na compreensão da comunidade acerca dos riscos à saúde e as abordagens de gerenciamento de riscos associados à reutilização de águas residuais (KOOKANA et al., 2020), incluindo a conscientização do consumidor acerca da importância de proteger os mananciais (SABBAG, 2006).

Política de incentivos econômicos para investimento em saneamento

Esta política trata do desenvolvimento e instituição de programas, projetos e ações que resultem em incentivos para indivíduos e organizações na ampliação, cobertura e eficiência do saneamento nas cidades. Frequentemente, particularmente nas soluções centralizadas, o saneamento demanda grande capital para operação e manutenção do sistema. Sendo assim, demanda planejamento financeiro que viabilize a longo prazo as metas de saneamento, sendo necessária a previsão de recursos, não apenas para a construção de infraestrutura de água, saneamento e gestão de resíduos, mas também para a implantação e expansão dos serviços (GLAAS, 2014). A Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) aponta para a necessidade de considerar a capacidade de pagamento, contemplando a possibilidade da adoção de soluções graduais e progressivas que possam resultar em ganhos de eficiência e redução dos custos para a população.

As abordagens mais ortodoxas para financiamento do sistema têm como fontes principais: a) tarifas: contribuições dos usuários, incluindo investimentos materiais realizados pelos próprios usuários; b) impostos: recursos oriundos dos impostos municipais, estaduais e nacionais; c) transferências: fundos de doadores internacionais, fundações de caridade e empréstimos concessionais, que incluem

elementos de subvenção na forma de uma taxa de juros subsidiada ou um período de carência (SWA, 2021). Parcerias público-privadas têm oferecido novas possibilidades para a viabilização econômica dos sistemas de saneamento nos municípios, com benefícios como a captação de recursos financeiros privados, incluindo doações, além do desenvolvimento de estudos e modelagens para os projetos, sem custos diretos para os municípios. De acordo com Pories et al. (2019), a mobilização de financiamento para o tema demanda contemplar questões fundamentais. No âmbito do governo: a) estabelecer estratégias de planejamento e financiamento para maximizar fundos públicos comerciais para alcançar objetivos sociais; b) adotar práticas eficazes de configuração de tarifas e regulação econômica; c) regular o desempenho e transparência dos mecanismos de prestação de contas; d) clareza sobre o mandato e as obrigações de desempenho de serviços provedores. No âmbito dos agentes financeiros: a) retificar a incompatibilidade entre perfil de risco do banco comercial e realidades do setor; b) evitar mecanismos que criam distorções de mercado; e c) direcionar financiamento de desenvolvimento para impacto máximo.

A Organização das Nações Unidas recomenda a mobilização de recursos financeiros para apoiar iniciativas de saneamento lideradas por mulheres, grupos marginalizados, comunidades, organizações da sociedade e provedores de serviço de pequeno porte. Esse apoio pode incluir a instrumentalização do acesso a microcrédito e outras alternativas de financiamento mais inclusivas (GLAAS, 2014). Também pode envolver a aplicação de tarifas sociais a grupos vulneráveis (KOOKANA et al., 2020), incluindo taxas de conexão de água reduzidas ou subsidiadas (GLAAS, 2014) e subsídios para acessórios inteligentes para consumo de água (ALEMU; DIOHA, 2020). Para que tais iniciativas prosperem é necessário o desenvolvimento a longo prazo de competências na sociedade, o que inclui o desenvolvimento de pessoas com habilidades e conhecimento para atuação na temática. Essas competências precisam estar presentes o máximo possível das comunidades com deficiência no acesso ao saneamento (UN-WATER, 2015). A participação ativa na gestão da água é mais provável quando os cidadãos estão engajados diretamente ou indiretamente com o tema “água”, além de terem suficiente conhecimento sobre a questão (KOOKANA et al., 2020).

Política para inteligência e servitização do saneamento

Esta política trata de programas, projetos e ações que promovam o desenvolvimento e disseminação de soluções de inteligência e servitização voltadas ao saneamento. Tecnologias digitais emergentes como IoT (Internet das Coisas), IA (Inteligência Artificial) e Big Data têm ampliado as possibilidades de geração de dados, informação e conhecimento a usuários e prestadores de serviços do sistema de saneamento, possibilitando o provimento de inteligência ao processo de decisão. Em decorrência, têm permitido a oferta de produtos e serviços para monitoramento | da qualidade da água | Sistema remoto de monitoramento da água para abastecimento (base OICS, 2021) (condição do sistema, indicadores ambientais, performance de uso), controle (realizar operações presenciais ou a distância no sistema), otimização (ampliar/customizar o desempenho, permitir diagnósticos, serviços de manutenção) e automação | Aplicada à Sistemas de Abastecimento de Água (base OICS, 2021) (operação autônoma, sincronização com outros sistemas, autodiagnóstico).

Dentre os serviços potencializados por essas tecnologias, destaca-se o monitoramento remoto e redução das perdas de água, item contemplado na Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020). A mesma lei aponta para a necessidade de “integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos” e a “prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços”.

Hidrômetros com IoT permitem medições em tempo real, disponibilizando os dados em tempo real para os usuários, por meio de aplicativo e/ou site, podendo diagnosticar vazamentos. Além disso, essas soluções têm permitido a oferta de serviço de monitoramento remoto em tempo real do consumo da água, análise e geração de relatórios, alertas de uso exagerado e controle da pressão da rede. Soluções desta natureza podem indicar ao usuário o volume de água no momento de uso, bem como a quantidade acumulada, temperatura da água e sua potabilidade, nível da caixa d'água, falta de água na rede etc., provendo ao usuário informações sobre seu consumo, bem como dicas e informações úteis para torná-lo mais eficiente. Alertas de consumo elevado ou fora do padrão próprio de cada

usuário ou família podem ser emitidos (KHAN et al., 2020; RODRIGUES, 2021).

Política de planejamento do saneamento

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltadas ao planejamento sistêmico e integrado do saneamento. Conforme estabelece a Lei nº 11.445/2007 (BRASIL, 2007), todas as prefeituras têm obrigação de elaborar seu Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), sem o qual não pode receber recursos federais para projetos na temática. Este plano deve ser compatível com os planos das bacias hidrográficas e com planos diretores do Município ou com os planos de desenvolvimento urbano integrado no seu entorno. A Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020) preconiza que as políticas de saneamento precisam estar articuladas com outras políticas, destacando-se aquelas voltadas ao desenvolvimento urbano e regional, à habitação, ao combate e erradicação da pobreza, à proteção ambiental, à promoção da saúde e, centralmente, à política de recursos hídricos.

O planejamento do saneamento necessita considerar as repercussões nas bacias hidrográficas, implicando numa perspectiva intermunicipal (ALEMU; DIOHA, 2020). A Gestão Integrada de Recursos Hídricos (Integrated Water Resource Management - IWRM) pode ser definida como um processo que promove o desenvolvimento coordenado para gestão da água (incluindo a proteção de nascentes, rios e bacias), do solo e recursos relacionados, a fim de maximizar o bem-estar econômico e social de maneira equitativa, sem comprometer a sustentabilidade de ecossistemas vitais e do meio ambiente (GWP, 2000). Integração do planejamento do uso do solo urbano com o planejamento do sistema de água na criação de oportunidades para soluções sensíveis à água por meio de processos de desenvolvimento urbano (WONG; ROGERS; BROWN, 2020). Essa integração de esforços requer a facilitação das interfaces entre o setor de água e outros setores urbanos importantes, como energia, resíduos, alimentos, transporte e ambiente construído (WONG et al., 2020), introduzindo sistemas integrados de governança na bacia hidrográfica | Metodologia de Governança da água (base OICS, 2021) (OECD, 2018). Uma boa prática tem sido a implementação ou fortalecimento de agências de água urbana e parcerias com instituições de pesquisa e inovação na busca por

soluções customizadas às necessidades locais | Sistema integrado de proteção de mananciais (base OICS, 2021) (JOHANNESSEN; WAMSLER, 2017). Estratégias voltadas ao estabelecimento de parcerias institucionais também podem apoiar municípios menores que não dispõem de uma equipe local de especialistas em saneamento ou mesmo para desenvolver iniciativas de capacitação da equipe de gestão pública.

A maior governança e participação das comunidades locais em projetos de proteção do meio ambiente amplia as chances de efetividade de tais iniciativas. Inclusão é um princípio chave, devendo-se antecipar soluções que viabilizem a participação de públicos marginalizados e fragilizados. Isso pode implicar, inclusive, envolvimento de crianças no planejamento das soluções orientadas à sustentabilidade (UNSW, 2011).

O resultado desse planejamento deve ser um sistema de saneamento mais sustentável, possibilitando tanto a proteção à saúde humana como a proteção ambiental, sendo economicamente viáveis, socialmente aceitáveis e alicerçados institucionalmente (SUSANA, 2008). De fato, as abordagens de planejamento de saneamento mais contemporâneas consideram o conceito de projeto urbano sensível à água (Water Sensitive Urban Design), integrando de forma interdisciplinar conhecimentos de hidrologia, a arquitetura paisagística e sociologia (DOLMAN, 2011). Portanto, o planejamento de sistemas de saneamento requer necessariamente uma abordagem multicritério (SPUHLER et al., 2020), demandando a preparação de inteligência de suporte ao processo de decisão, como o levantamento, mapeamento, cadastramento e descrição das áreas não ocupadas, avaliando os níveis de risco de ocupação irregular em zonas de mananciais. No caso de mananciais, por exemplo, o planejamento deve contemplar o estabelecimento de sistema de controle, prevendo ações para se evitar a ocupação ilegal. Esse planejamento pode resultar no estabelecimento de critérios específicos para licenciamento nessas áreas, estabelecendo definições de uso e ocupação legal por parte do poder público (áreas de lazer na faixa não edificável), que desestimulem invasões ou a depredação do meio ambiente (SABBAG, 2006). A contribuição dos atores locais pode ter ampliado por meio da promoção do compartilhamento de dados abertos acerca da água (OECD, 2018), incluindo o desenvolvimento de indicadores de qualidade da água para apoiar a gestão de

riscos (base OICS, 2021) (KOOKANA et al., 2020).

Política de mitigação do impacto das mudanças climáticas

Esta política trata do desenvolvimento e estabelecimento de programas, projetos e ações associados aos recursos hídricos, que permitam a preparação e a adaptação das cidades para eventos extremos, associados às mudanças climáticas. Destacam-se, aqui, os eventos climáticos associados tanto ao excesso de água como à falta de água.

No caso de eventos climáticos que resultam em enchentes, tem proeminência as medidas de precaução voltadas à drenagem das águas pluviais. Conforme estabelece a Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), é necessário o provimento de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais nas áreas urbanas | Parque linear como medida de manejo de águas pluviais | Técnicas Compensatórias de Drenagem Urbana - Low Impact Development (LID) | Captação e filtragem de água pluvial | Medida Estruturante de Manejo de Águas Pluviais - Cobrança pelos sistemas de Drenagem (base OICS, 2021). Isso inclui o transporte, a detenção ou a retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, além da limpeza e a fiscalização preventiva das redes. Apesar da relevância do tema, de acordo com dados do Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS) (SNIS, 2021), cerca de 66,1% dos municípios não possuem mapeamento de áreas de risco de inundação; e apenas 19,6% dos municípios têm um Plano de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas. A mesma base mostra que 15,1% dos municípios no país apresentam infraestrutura para a Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas e, de maneira similar, apenas 15,5% dos municípios possuem soluções de drenagem natural (faixas e valas de infiltração em vias públicas).

As ações voltadas à drenagem urbana repercutem na efetivação de soluções, como tanques de retenção da água da chuva, bacias, valas, trincheiras e poços de infiltração, pavimentos drenantes, jardim de chuva (jardim de arbustos nativos, perenes e flores plantadas em uma pequena depressão do terreno, que geralmente são instalados em uma encosta natural). Essas soluções possibilitam a retenção temporária e a redução da velocidade do escoamento da água da chuva que flui de telhados, pátios, gramados, calçadas e ruas. No tratamento das águas residuárias,

destacam-se as lagoas de sedimentos (retêm a matéria orgânica e através de processos químicos e biológicos e devolvem água com melhor qualidade ao meio ambiente) e wetlands construídas (sistemas projetados, constituídos por lagoas ou canais artificiais rasos, que abrigam plantas aquáticas, simulando ecossistemas naturais) (BEUX; OTTONI, 2015).

Dadas as consequências econômicas, potencialmente perturbadoras das mudanças climáticas, há diversos esforços no âmbito global para contribuir com a preparação das cidades, como o Marco de Sendai, para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030, estabelecendo metas e prioridades de ação, e o Marco de Resiliência das Cidades (Cities Resilience Framework – CRF) (TYLER; MOENCH, 2012; ROCKEFELLER FOUNDATION, 2021). Alguns dos temas pertinentes a essa política são: a) perigos naturais devido a chuvas torrenciais e enchentes; b) pressão em recursos hídricos; c) problemas de saúde devido ao aumento da temperatura; d) redução da biodiversidade. As ações de mitigação inicialmente tratam do estudo de potenciais efeitos das mudanças climáticas, o que pode envolver simulações térmicas, hídricas, eólicas, entre outras. Dessa forma, o uso de sensoriamento remoto no meio urbano contribui para ampliar a compreensão da efetividade das ações presentes e identificar tendências futuras (MABON et al., 2019).

Conforme argumenta Birkeland (2018), a proteção e/ou criação de habitats e serviços ecossistêmicos aumentam a resiliência da cidade. A transpiração de plantas contribui de forma significativa e com menor custo financeiro para a regulação dos fluxos de água para a atmosfera, além de contribuir para a difusão da poluição através da retenção de sedimentos (cidades “esponja”). Jardins podem ser integrados no projeto de ambiente construído como parte dos sistemas de drenagem de água pluvial ou do tratamento de água cinza (wetlands). Telhados verdes podem atuar na redução da velocidade do fluxo da água durante tempestades, contribuindo na redução de alagamentos no meio urbano (XING et al., 2017; OPOKU, 2019). A implementação de ambos é mais efetiva se apoiada no mapeamento de risco da biodiversidade local e na consideração de seu conteúdo quando do desenvolvimento de soluções de mitigação do impacto das mudanças climáticas.

Note-se que, além das ações pertinentes a áreas verdes, há um amplo espectro de soluções para mitigação dos problemas devido a volumes excessivos de chuva,

que vão da utilização de superfícies permeáveis para redução da carga nos sistemas pluviais (BRE, 2006) e implantação de lagos de represamento de chuvas torrenciais (MABON et al., 2019) até encorajar o desenvolvimento de empreendimentos em regiões com menor risco de alagamentos (BRE, 2006).

As medidas de prevenção de riscos relacionados às mudanças climáticas, de maneira similar a desastres de outra natureza, necessitam ser amplamente divulgadas para alcançar efetivo engajamento da população (página da prefeitura, eventos, treinamentos de funcionários) (MABON et al., 2019). Assim, integram-se nesta política as estratégias como o aconselhamento sobre medidas de conservação da água/energia, assim como a divulgação de mapas de risco (deslizamentos, alagamentos) (MABON et al., 2019).

Integrar água e vegetação são opções para ajudar a reduzir o efeito de ilha de calor urbana (Urban Heat Island – UHI), fenômeno em que a temperatura em ambientes urbanos é mais alta em média do que no campo circundante. A principal causa é a absorção da luz solar pelos materiais escuros presentes nas cidades, redução da perda de calor devido a velocidades do vento relativamente baixas, calor liberado por atividades humanas e evaporação reduzida. O efeito agrava os problemas durante as ondas de calor, como o estresse por calor. Devido às altas temperaturas durante uma onda de calor, a produtividade do trabalho diminui, enquanto a agressão aumenta. O estresse por calor resulta em um aumento na morbidade e mortalidade e também reduz a longevidade do asfalto (DOLMAN, 2011).

Aplicar segurança multicamadas como conceito central para maior resiliência, o fato de que o clima está mudando é evidente pelo aumento do nível do mar. Os rios terão que drenar mais água em determinados períodos. Como resultado, existe um risco acrescido de inundações. Além disso, chuvas fortes, que são difíceis de absorver localmente, ocorrerão com mais frequência e podem levar a inundações e danos. Sendo assim, o conceito central para a política de segurança da água revisada é formado por “segurança multicamadas”. Nesse conceito, a segurança é garantida por meio de várias camadas:

- 1) A primeira camada é a prevenção de cheias por meio de fortes diques, dunas e defesas contra tempestades e cheias (mais robustas e focadas no futuro). A prevenção continua sendo o pilar principal da política.
- 2) A segunda camada é conseguir um planejamento urbano e rural

sustentável. O planejamento urbano cuidadoso (escolha do local e questões de uso do solo) pode limitar os números afetados e a quantidade de danos se ocorrerem inundações. Como resultado, o risco de inundação terá um papel maior nas considerações e decisões relacionadas ao planejamento urbano e rural.

3) A terceira camada é a gestão de desastres caso ocorra uma enchente. Uma boa preparação é essencial para responder com eficácia a um desastre de inundação. A preparação também ajudará a limitar a quantidade de danos e os números afetados. Os exemplos incluem: a) infiltração na água subterrânea via armazenamento verde ou caixas de infiltração; b) proteção em telhados (verdes ou sedum), no nível do solo (rebaixado), quadrados de água ou em porões de armazenamento de água; c) drenagem retardada (acima do solo) (DOLMAN, 2011).

Política de proteção do meio ambiente associado aos recursos hídricos

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações voltadas à proteção do meio ambiente ao longo das várias etapas do ciclo da água no meio urbano. Seu escopo está em consonância com o que estabelece a Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), na qual o saneamento deve buscar a eficácia e a eficiência na melhoria da saúde pública, ao mesmo tempo que promove a conservação e proteção do meio ambiente e seus recursos naturais. Os esforços nessa política devem alcançar a redução das emissões (diretas e indiretas) no tratamento de efluentes (DELANKA- PEDIGE et al., 2021).

Atenção especial deve ser direcionada às áreas de mananciais. Sabbag (2006) argumenta que se deve proteger rigorosamente essas áreas, particularmente com respeito a ocupação ilegal por moradias, bem como outras formas de explorações ilegais. Uma forma de proteção dessas áreas é a aquisição pelo poder público e por meio da definição de critérios de aprovação e licenciamento de novos loteamentos no entorno, que possibilitem a proteção ambiental (SABBAG, 2006).

Fitorremediação

Esta seção descreve em maior profundidade a fitorremediação, sendo esta uma das soluções que têm demonstrado efetividade, particularmente na política voltada à “ampliação da ecoeficiência do sistema de saneamento e abastecimento de água”.

Definição

s tecnologias de remediação físico-química de solos incluem a extração de vapor, incineração, solidificação, dessorção térmica, lixiviação no solo, degradação enzimática, adsorção e troca de íons. Normalmente essas tecnologias resultam na poluição do ar e dos reservatórios aquíferos subterrâneos, além de apresentar elevados custos. Neste sentido, a biorremediação da poluição tem recebido atenção crescente nas últimas décadas devido a sua característica mais amigável ao meio ambiente, empregando as habilidades naturais de organismos vivos para retificar a poluição de solos e água. Biorremediação inclui tecnologias como a fitorremediação, a biodegradação, bioventilação, biolixiviação, bioaugmentação, biofiltração e bioestimulação (MUTHUSARAVANAN et al., 2018).

A fitorremediação, foco desta seção, é uma tecnologia baseada em plantas (elodea, junco, aguapé), com ou sem modificação genética, em associação com os micro-organismos da rizosfera que estimulam o crescimento da planta para capturar/sequestrar, degradar, extrair, detoxificar, conter, acumular, imobilizar/estabilizar e/ou volatilizar contaminantes do solo e da água. É baseada em processos naturais que podem ser efetivos em uma variedade de contextos e para uma ampla variedade de contaminantes (THIJS et al., 2017; UGGETTI, 2021). Extraem-se metais pesados, compostos aromáticos e hidrocarbonetos, além de pesticidas, herbicidas, fungicidas e antibióticos. Tem se mostrado uma solução sustentável para tratamento de contaminação por benzeno, tolueno, etileno, xileno (BTEX) e tricloroetileno (TCE) (THIJS et al., 2017).

É importante notar que as plantas são colonizadas por micro-organismos com uma densidade celular que é muito maior do que o número de células das plantas. Esse genoma secundário ou microbioma é relevante para uma grande variedade de funções fisiológicas, processamento de nutrientes, mineralização de matéria orgânica, promoção do crescimento da planta (solubilização de nutrientes, quelação de nutrientes, fixação de nitrogênio, produção de hormônios de

crescimento) e indução na resistência a doenças e resposta a processos abióticos e invasões de patógenos. Os micro-organismos residentes no tecido da planta (endófitos) atuam na estabilização, degradação, destoxificação, redução e volatilização de componentes xenobióticos e outros contaminantes do meio ambiente (THIJS et al., 2017).

Caracterização do processo

A adequada seleção das espécies de plantas é fator crítico para se alcançar a efetividade da fitorremediação. As características de preferência incluem adaptação ao clima local, a profundidade das raízes, a habilidade das plantas de crescer a partir do solo existente, a habilidade de degradar os contaminantes para formas menos tóxicas, o ritmo de crescimento, a facilidade de plantio e manutenção e capacidade de captar grandes volumes de água via evapotranspiração. Um cuidado especial deve ser tomado para prevenir a introdução de espécies exóticas. Note-se que a biomassa produzida pode requerer adequada gestão de sua destinação, de forma a evitar a contaminação da cadeia de alimentação (MUTHUSARAVANAN et al., 2018).

A fitorremediação envolve um ou mais dos seguintes processos:

- Fitoestabilização: é o processo no qual contaminantes são imobilizados nas raízes através de adsorção na superfície da raiz ou precipitação dentro da rizosfera (região do solo influenciada pelas raízes, com máxima atividade microbiana) (GREIPSSON, 2011; MUTHUSARAVANAN et al., 2018; DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021);
- Fitodegradação (ou fitotransformação): é o processo em que as plantas absorvem e quebram os contaminantes em formas tóxicas mais simples, seja via processos metabólicos ou via enzimas produzidas pelas plantas (MUTHUSARAVANAN et al., 2018). Os poluentes podem ser integralmente mineralizados em compostos inorgânicos ou degradados para estados mais estáveis e menos tóxicos, atraídos à parede das células ou vacúolos. As enzimas atuam como catalisadores biológicos no tecido da planta e, no âmbito da rizosfera, a degradação ocorre através da atividade metabólica microbiana (GREIPSSON, 2011; DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021);

- Fito volatilização: processo onde há a absorção dos contaminantes pelas plantas, que após processos metabólicos, dispersam os mesmos em formas menos tóxicas na atmosfera através do processo de respiração (MUTHUSARAVANAN et al., 2018). A planta capta os poluentes por meio de suas raízes, removendo, fracionando e convertendo os mesmos em estado gasoso, realizando sua difusão no ar através do vapor de água volatilizado durante a evapotranspiração (GREIPSSON, 2011; DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021). A volatilização pode também ocorrer pela biodegradação na rizosfera (LAMBERT, 2012);
- Fitoextração (ou fitoacumulação): processo no qual poluentes são sequestrados e acumulados pela planta, juntamente com nutrientes e água, por meio de fluxos das raízes para os brotos. Ocorre a rizofiltração quando a acumulação é restrita à raiz da planta, em geral, em situações hidropônicas. A fitoextração demanda a utilização de plantas superacumuladoras, ou seja, plantas que permitem a concentração em níveis 10 a 100 vezes maiores do que outras plantas para o mesmo substrato (BERNARDINO et al., 2016; DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021).

Fatores como temperatura, disponibilidade de bionutrientes, salinidade e pH podem afetar a velocidade do processo (DELGADO-GONZÁLEZ et al., 2021). Por outro lado, o desempenho da fitorremediação pode ser ampliado, por exemplo, por meio da utilização de plantas geneticamente modificadas, fertilizantes, aeração, inoculação microbiana na rizosfera do solo (MUTHUSARAVANAN et al., 2008). O decréscimo dos custos de sequenciamento genético tem permitido novas oportunidades de otimização da fitorremediação, através de tecnologias como a metagenômica (THIJS et al., 2017).

Vantagens da fitorremediação

O Brasil apresenta grande potencial de aplicação da fitorremediação devido ao seu clima e sua vasta biodiversidade (BERNARDINO et al., 2016). Ademais, entre as principais vantagens da fitorremediação estão os custos baixos quando comparados a outras soluções, particularmente quando se faz uso de espécies de plantas apropriadas ao local, demandando dispêndios menores com manutenção

(SAIER; TREVORS, 2010; GREIPSSON, 2011; BERNARDINO et al., 2016; THIJS et al., 2017).

Outras vantagens incluem ecoeficiência (SAIER; TREVORS, 2010; BERNARDINO et al., 2016), requerendo apenas a energia solar para sua operação; boa aceitação da população (BERNARDINO et al., 2016); resulta em contribuição na redução da erosão pelo vento e água (BERNARDINO et al., 2016); permite a recuperação estética de áreas contaminadas (BERNARDINO et al., 2016); contribui na fixação do CO₂ da atmosfera; contribui na ampliação da biodiversidade local. Além disso, resulta em resíduos orgânicos recicláveis e com altas taxas de metais, com possibilidade de utilização na produção de bioenergia (biogás, biocombustíveis, combustão) pela biomassa gerada (THIJS et al., 2017).

Limitações da fitorremediação

Dentre as principais limitações da fitorremediação estão sua baixa velocidade de descontaminação (SAIER; TREVORS, 2010; MUTHUSARAVANAN et al., 2018), o tempo requerido para o crescimento das plantas, além de sua operação estar submetida ao risco de incêndio, congelamento e outros desastres naturais. Além disso, a volatilização das compostagens pode converter a poluição da água em poluição atmosférica, uma vez que componentes químicos voláteis e seus metabólitos podem ser disseminados na atmosfera via evaporação nas folhas (THIJS et al., 2017).

Outras limitações incluem: a) capacidade restrita à superfície da água em função do tamanho das raízes das plantas; b) as plantas que absorvem os materiais tóxicos podem contaminar a cadeia produtiva de alimentos por meio da ingestão das plantas por outros seres vivos; c) requer amplo espaço e manutenção adequada; d) pode ocorrer remoção incompleta dos contaminantes atmosféricos; e e) resulta em produtos orgânicos não comestíveis (MUTHUSARAVANAN et al., 2018). Andrade et al. (2007) chamam a atenção para o fato de que a fitorremediação requer que a concentração do contaminante esteja em intervalos de toxicidade que não ultrapassem os limites de tolerância da planta em uso.

Fitorremediação via wetlands construídas

Entre os processos de fitorremediação se destaca as wetlands construídas devido

a capacidade de viabilizar sistemas de tratamento descentralizado, junto a pequenas comunidades (UGGETTI, 2021).

Wetlands são sistemas que apresentam baixo custo de manutenção e operação, tendo provado sua eficiência na remoção de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, sulfato e micro-organismos patogênicos do esgoto (UGGETTI, 2021). São capazes de transformar poluentes complexos em componentes menos tóxicos ou inofensivos, passíveis de utilização como nutrientes em processos metabólicos (SCHWANTES et al., 2019).

Nas wetlands construídas há uma redução da velocidade da água e a contenção dos contaminantes, utilizando conjuntamente processos físicos (sedimentação), químicos e biológicos na descontaminação (MUTHUSARAVANAN et al., 2018). A eficiência na remoção do nitrogênio depende de vários parâmetros projetuais (tipos de plantas); ambientais (temperatura, pH, oxigênio dissolvido) e operacionais (carga hidráulica, tempo de retenção) (MUTHUSARAVANAN et al., 2018).

Podem ser classificadas como fluxo de superfície livre, fluxo subsuperficial (vertical ou horizontal) ou formas híbridas, envolvendo essas duas modalidades de fluxo (MUTHUSARAVANAN et al., 2018; UGGETTI, 2021). A modalidade de wetland construído mais recorrente, conforme Sezerino et al. (2021) é aquela com escoamento subsuperficial horizontal ou vertical, combinada com reatores tipo decanto-digestores (tanques sépticos, reatores anaeróbicos) implantados a montante. Com a retenção de sólidos em suspensão e da matéria orgânica particulada, o wetland processa efluente líquido com menores concentrações desses compostos. Os macrófitos presentes em wetlands provêm uma ampla área para o crescimento microbial, o que contribui para estabilizar matéria orgânica (UGGETTI, 2021).

Conforme Sezerino et al. (2021), a maior aplicação dos wetlands construídos no Brasil está relacionado ao tratamento secundário de esgoto doméstico ou esgoto sanitário, desde a escala unifamiliar no lote até pequenos grupamentos de edificações | Fitorremediação aplicada ao tratamento de águas cinzas e negras (base OICS, 2021) tipo hoteleira ou multifamiliar. Observa-se sua utilização por empresas | Fitorremediação para remoção de metais pesados em efluentes (base OICS, 2021) como tratamento secundário de efluentes com características domésticas, oriundas de refeitórios e vestiários com banheiros; no tratamento por

empresas “limpa-fossa” do lodo de unidades decanto- digestoras tipo tanque séptico; tratamento do lodo secundário oriundo de reatores biológicos de tratamento de esgoto sanitário, sob a responsabilidade de operadoras de saneamento; tratamento de esgoto sanitário de bacias de escoamento das regiões centrais de municípios de pequeno porte (SEZERINO et al., 2021).

Nesse sentido, as políticas constantes neste capítulo, embora apresentadas de forma individual, constituem um todo coeso. Dessa forma, seu maior impacto ocorre quando da aplicação integrada e sistêmica, tendo em vista suas intrínsecas interdependências. A aplicação isolada de uma determinada política pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras políticas complementares. Ações voltadas ao planejamento do saneamento, por exemplo, podem ser ineficazes se houver ausência de ações correspondentes voltadas à promoção de comportamentos mais sustentáveis para conscientização da população e ausência de capacitação da gestão pública sobre o tema.

Ressalta-se a necessidade de customização da política para a realidade e necessidades presentes, assim como para as perspectivas de longo prazo de cada município. O presente documento deixa claro que esta customização demanda considerar tanto os aspectos técnicos envolvendo o sistema de saneamento, como aspectos voltados ao papel da população. Ressalta-se que não há um delineamento único e universal de como essas políticas devem ser configuradas e implementadas na busca por um saneamento em água mais sustentável. Questões como a cultura local, a zona bioclimática, os recursos disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população são exemplos de variáveis que afetam essa customização.

Finalmente, ressalta-se que as políticas apresentadas neste documento demandam uma compreensão holística do tomador de decisão sobre as implicações ambientais, sociais e econômicas, tanto na esfera local como global, de realização de esforços na busca por um saneamento em água mais sustentável. Conclui-se, dessa forma, como absolutamente estratégico o desenvolvimento de competências no tema entre os tomadores de decisão no âmbito dos municípios brasileiros.

CAPÍTULO 4: SANEAMENTO/RESÍDUOS SÓLIDOS

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: saneamento/resíduos sólidos

Motivações para buscar a sustentabilidade na gestão de resíduos sólidos

A geração dos resíduos sólidos urbanos é afetada diretamente por fatores como população, educação, renda per capita e urbanização. Estima-se que a população global deverá alcançar 9 bilhões até 2050 e o nível de urbanização tem crescido muito rapidamente, saindo de 30% em 1950 para uma estimativa de 66% em 2050 (UNITED NATIONS, 2014; KAZA et al., 2018; RATHORE; SARMAH, 2020). Conforme Wilson et al. (2015) são gerados globalmente em torno de 7 a 10 bilhões de toneladas de resíduos anualmente, sendo que os resíduos sólidos municipais contribuem com cerca de 3,2 bilhões de toneladas deste total (WILSON et al., 2015). No Brasil, a geração de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos) tem registrado considerável incremento, passando de cerca de 59 milhões de toneladas em 2010 para 72,7 milhões de toneladas em 2020. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ano para 379 kg/ano. Até 2050, o Brasil deve observar um aumento de quase 50% no montante de RSU, em comparação ao ano base de 2019. Para o mesmo período, a projeção de crescimento populacional esperado é de 12% (ABRELPE, 2020).

A fração orgânica ainda permanece como a principal componente dos RSU (45,3%), enquanto os resíduos recicláveis secos somam 35%, sendo compostos principalmente por plásticos (16,8%), papel e papelão (10,4%), além dos vidros (2,7%), metais (2,3%), e embalagens multicamadas (1,4%). Os rejeitos, por sua vez, correspondem a 14,1% do total e contemplam, principalmente, os materiais sanitários. Quanto às demais frações, têm-se os resíduos têxteis, couros e borrachas, com 5,6%. Note-se que 1,4% trata-se de resíduos que não deveriam estar no fluxo de resíduos sólidos urbanos como resíduos do setor de saúde, eletrônicos, pilhas/baterias, resíduos perigosos, resíduos de construção e demolição, pneus, óleos, graxas, embalagens de agrotóxicos e outros resíduos perigosos (ABRELPE, 2020).

Uma das principais formas pelas quais os resíduos sólidos contribuem para as mudanças climáticas é a geração de emissões de gases de efeito estufa (GEE). As

emissões de GEE resultam da coleta inadequada de resíduos, descarte descontrolado e queima de resíduos. Os resíduos liberam gás metano quando descartados em um ambiente com limitação de oxigênio, como um lixão ou aterro, emitindo poluentes e partículas no transporte e na queima ineficiente. O metano, gerado a partir da decomposição de resíduos orgânicos, é o maior contribuinte do setor de resíduos sólidos para as emissões de GEE, sendo muitas vezes mais potente do que o CO₂ (KAZA et al., 2018). As emissões de metano em aterros constituem em 4% dos gases de efeito estufa globalmente (RATHORE; SARMAH, 2020). No Brasil estima-se que o setor de tratamento de resíduos representa 4,8% do total das emissões de gases de efeito estufa geradas no país (BRASIL, 2020a). Hoa e Matsuoka (2017) argumentam que resíduos sólidos contribuem com cerca de 5% dos gases de efeito estufa (GUO et al., 2021). Além destes impactos ambientais a gestão inadequada (ou inexistente) dos resíduos urbanos tem impactado na contaminação de cursos de água e oceanos, entupindo drenos, gerando inundações (HOANG; FOGARASSY, 2020). Aterros não controlados resultam na geração de lixiviado, um efluente altamente poluente devido à complexidade de sua composição, que inclui alta concentração de matéria orgânica (biodegradável e refratária) bem como compostos nitrogenados, metais pesados e sais inorgânicos (COSTA et al., 2019). Neste sentido, o aumento significativo da geração de resíduos em todo o mundo tem repercutido na degradação da qualidade do ar, terra e da água, incluindo a depreciação da estética ambiental, com contribuições diretas nas mudanças climáticas (MA; HIPEL, 2016; HOANG; FOGARASSY, 2020).

A gestão inadequada dos resíduos favorece a disseminação de insetos vetores, a emissão de poluentes tóxicos e a contaminação do solo e da água (COSTA et al., 2019), criando condições para a transmissão de infecções, aumento dos problemas respiratórios, impacto na fauna e flora, além de produzir efeito negativo sobre o desenvolvimento econômico, como a redução no turismo (HOANG; FOGARASSY, 2020). A decomposição de resíduos orgânicos resulta em um meio rico para o crescimento de numerosos microrganismos, muitos dos quais causadores de doenças que podem alcançar os seres humanos (infecções gastrointestinais, febre tifóide). Destacam-se, também, os resíduos do setor da saúde, fonte de infecções virais e bacterianas como a hepatite B (HAGERU et al., 2017). A contaminação

derivada dos resíduos sólidos pode contaminar o solo, a água, o ar e a biota, assim como os produtos produzidos a partir destes resíduos, impactando na saúde das populações expostas aos resíduos, particularmente os mais vulneráveis (MA; HIPEL, 2016).

O Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos de 2019 aponta que a coleta domiciliar de resíduos sólidos ocorre em 98,8% da população urbana (BRASIL, 2020b). Conforme o Sistema Nacional de Informações de Saneamento – Resíduos Sólidos (SNI-RS, 2019) cerca de 38,7% dos municípios brasileiros têm coleta seletiva e 92,1% da população é atendida por coleta domiciliar de resíduos, com uma média de 0,99 kg/hab/dia. De acordo com o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE, 2018), são 22% as cidades brasileiras que realizam a coleta seletiva combinando modelos: porta a porta (80%), ponto de entrega voluntária (45%) e cooperativas (61%). Tem-se um total de 65,1 milhões de toneladas coletadas, notando-se que deste total apenas 1,61 milhão de toneladas provém de coleta seletiva, resultando em 1,04 milhão de toneladas de materiais recuperados (SNIS-RS, 2019). Merece destaque a participação dos catadores em 36,8% da coleta seletiva, geralmente em parceria com o poder público (BRASIL, 2020b). Note-se que, segundo Kaza et al. (2018), globalmente cerca de 33% dos resíduos permanecem sem serem coletados (KAZA et al., 2018). A falta de separação dos resíduos sobrecarrega o sistema de destinação final e na extração de recursos naturais, muitos já próximos do esgotamento (ABRELPE, 2020).

Globalmente cerca de 70% dos resíduos sólidos urbanos são dispostos em lixões e aterros (MAVROPOULOS et al., 2014; ZELLER et al., 2018) e 19% é reciclado ou tratado de forma mecânica ou biológica (MAVROPOULOS et al., 2014). Kaza et al. (2018) argumenta que globalmente os lixões (33%) e os aterros (25%) são os principais destinos dos resíduos, sendo que reciclagem é destino de 13,5% dos resíduos. No Brasil, os destinos principais são aterros controlados (12%), aterros sanitários (75,1%) e lixões (12,9%) (SNIS-RS, 2019). A quantidade de resíduos que segue para unidades inadequadas (lixões e aterros controlados) tem crescido, passando de 25 milhões de toneladas por ano para pouco mais 29 milhões de toneladas por ano (COSTA et al., 2019; ABRELPE, 2020). Os índices de reciclagem permanecem em patamares inferiores a 4% na média nacional (ABRELPE, 2020). Importante notar que há dois custos envolvidos: o custo do descarte e o custo

associado com o não aproveitamento econômico deste resíduo (DA SILVA, 2018).

Taxonomia de políticas para resíduos sólidos



Figura 4– Taxonomia de políticas para resíduos sólidos
Fonte: Elaboração própria

Política de planejamento e governança

Esta política trata da implementação de programas, projetos e ações voltadas a instrumentalizar o planejamento e a governança da gestão de resíduos no âmbito da cidade. Em sintonia com a Política Nacional de Resíduos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010), busca alcançar a regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Busca-se uma gestão efetivamente integrada dos resíduos sólidos, considerando a miríade de fluxos por meio da cidade e os múltiplos atores envolvidos. Afinal, conforme argumenta Ikhlayel e Nguyen (2017), a gestão de resíduos tem nexos intrínsecos com a gestão da água e a gestão de energia nas cidades.

Sistemas inadequados de gestão de resíduos muitas vezes ocorrem devido a recursos financeiros limitados, pouca consciência da população e administração, uso ineficaz de recursos, falta de instrumentos adequados para governança, desigualdade sócio-econômica, dependência excessiva de equipamentos importados e, às vezes, aplicação inadequada de soluções tecnológicas (HOANG; FOGARASSY, 2020). Neste sentido, o planejamento requer estabelecer clara compreensão da situação atual do sistema e a identificação de metas futuras urbanas em regiões metropolitanas (base OICS, 2021), organizadas em um plano de ação detalhado. Deve permitir transparência e governança a todas as partes interessadas, incluindo diferentes agências governamentais, cidadãos, associações, cooperativas, e o setor privado. Para tanto, deve ser abrangente, delineando os investimentos planejados em infraestrutura, estratégias de engajamento do cidadão, critérios e salvaguardas ambientais e todos os aspectos de coleta, transporte, reuso, reciclagem, tratamento e descarte de resíduos (KAZA et al., 2018).

A gestão contemporânea de resíduos sólidos urbanos tem ido para além de um escopo restrito em tecnologia, envolvendo todos os stakeholders no processo | Rotas tecnológicas para tratamento dos resíduos sólidos urbanos (base OICS, 2021), desde empresas de manufatura, moradores, instituições governamentais, cooperativas, entre outros (MA; HIPEL, 2016). O sistema de gestão de resíduos envolve uma multitude de atores que incluem usuários e clientes, canais de venda e distribuição, fornecedores de materiais, empresas de manufatura, reforma e reuso de produtos, empresas e pessoas que trabalham na cadeia de valor dos resíduos, entre outros. Inclui-se nesta lista aqueles atores que com contribuição na formulação de políticas, programas, projetos e ações no setor como o governo, ONGs, movimentos comunitários, agências reguladoras, instituições dedicadas ao estabelecimento de padrões (WEF, 2021).

De maneira mais particular, o sucesso da gestão dos resíduos está intimamente ligado ao engajamento e à confiança do cidadão. Quando há clareza nos objetivos e motivações na gestão dos resíduos, assim como estruturas para o envolvimento dos cidadãos, aumenta-se as chances de comportamentos aderentes à economia circular (IZDEBSKA; KNIELING, 2021). Os gestores de resíduos contam com os cidadãos para reduzir conscientemente a quantidade de resíduos que geram,

separar tipos específicos de resíduos em casa, descartar os resíduos de forma adequada, pagar pelos serviços de gestão de resíduos e aprovar novos locais de descarte (KAZA et al., 2018). A maior participação das pessoas pode ser alcançada pela maior conveniência no acesso à infraestrutura de reciclagem, envolvendo líderes comunitários no encorajamento à participação; no conteúdo do processo de educação (MA; HIPEL, 2016).

Política de sustentabilidade econômica

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações que garantam a sustentabilidade econômica do sistema de gestão de resíduos na cidade. A viabilização econômica permanece como um grande entrave para a universalização da oferta de serviços de gestão de resíduos no país (COSTA et al., 2019). A gestão de resíduos é frequentemente um dos itens de maior dispêndio nas municipalidades, particularmente em regiões de baixa renda onde alcança em média cerca de 20% dos orçamentos. Da Silva (2018) argumenta que o custo da gestão dos resíduos é o terceiro elemento de maior impacto nas despesas municipais. A longo prazo, Hoang e Fogarassy (2020) alertam que há expectativa de que o custo da gestão de resíduos aumente de 3 a 4 vezes nos países em desenvolvimento.

A Política Nacional de Resíduos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) estabelece como um de seus objetivos a articulação entre as diferentes esferas do poder público e privado, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos. Globalmente cerca de 30% dos serviços de gestão de resíduos, desde a coleta primária até o tratamento e descarte, são fornecidos por meio de parcerias público-privadas, embora essas parcerias possam ser complexas de estruturar e implementar. Os operadores privados podem trazer eficiência e segurança financeira aos sistemas de gestão de resíduos | Serviço de Gestão de Resíduos Sólidos (base OICS, 2021) nas condições certas. Quando entidades privadas estão envolvidas, os governos devem considerar o território sobre o qual a entidade tem controle, o que pode incluir desde a opção por uma única operadora para fornecer serviços de coleta de resíduos em toda a cidade até a opção pelo zoneamento da oferta dos serviços, realizados por operadoras diferentes. Os governos devem equilibrar o estímulo à competição com os possíveis

impactos no congestionamento das ruas e as oportunidades de receita para as operadoras privadas (KAZA et al., 2018).

De acordo com o relatório anual “Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil” (ABRELPE, 2020), a estagnação dos índices de reciclagem demonstra a fragilidade das redes existentes, a inexistência de um mercado estruturado para absorver os resíduos e as dificuldades logísticas e tributárias. Neste sentido, há várias estratégias no âmbito do poder público para incentivar as ações neste setor como subsídios públicos, taxas para disposição de resíduos (MA; HIPEL, 2016), taxas variáveis para os cidadãos em função da quantidade, peso ou volume de resíduos gerados (MA; HIPEL, 2016), taxas e repasses para cooperativas de reciclagem. As aquisições do poder público também configuram em oportunidade de indução econômica da evolução do setor, o que pode envolver a priorização nas compras públicas de aquisição de produtos reciclados ou recicláveis e a opção por bens, serviços e obras que considerem critérios e parâmetros de desempenho pautados pela sustentabilidade (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010).

Política para a promoção de comportamentos sustentáveis

Esta política trata da implementação de programas, projetos e ações voltados à promoção de comportamentos sustentáveis relativos às várias etapas da gestão de resíduos sólidos. A adoção de práticas de consumo que resultam em menor geração de resíduos requer atuação na percepção de valor do consumidor acerca dessas novas práticas. Ma e Hipel (2016) argumentam que o estado do conhecimento e conscientização da população sobre a dinâmica e impactos sociais, ambientais e econômicos da adequada gestão dos resíduos é um dos aspectos mais importantes para a obtenção do sucesso em sua implementação.

Entre as barreiras para uma gestão eficiente dos resíduos no meio urbano está o comportamento utilitário de compra de seus cidadãos, a atitude antropocêntrica para a disposição dos resíduos, a falta de consciência de pessoas e empresas, a carência de tecnologias, técnicas e competências, as limitações de custo e financiamento, a falta de incentivos para a opção por produtos e serviços mais “verdes” e a carência de marco regulatório e estrutura legal suficiente (PAES et al., 2019).

O consumidor é, em última instância, o responsável pelo direcionamento correto

dos produtos/bens de consumo, no sistema de consumo. Isso inclui as maneiras de obter, utilizar e descartar os produtos. Modelos reutilizáveis exclusivos são atualmente projetados para dar ao consumidor liberdade para decidir por quanto tempo manter e reutilizar seus produtos. O consumidor pode optar por utilizar um produto reutilizável várias vezes até o final de sua vida útil ou utilizá-lo por um número de vezes insuficiente para compensar seus impactos ambientais. Sabe-se que os modelos de reutilização sequenciais, por exemplo, são mais propensos a incluir mecanismos que podem influenciar as decisões dos consumidores para realizar os comportamentos mais racionais no uso de recursos. Os custos iniciais investidos, por exemplo, em depósitos de produtos reutilizáveis, dão ao fornecedor algum controle sobre a jornada do produto, com estímulos econômicos para o consumidor devolver produtos para recuperação e posterior reutilização (MURANKO et al., 2021).

A ampliação da conscientização, atitude e comportamento público para a sustentabilidade | Espaços destinados ao conhecimento sobre resíduos (base OICS, 2021) pode ser promovida, por exemplo, pela conveniência, educação, regulação, campanhas publicitárias, incentivos econômicos e envolvimento no processo decisório (MA; HIPEL, 2016). Uma vez alcançada essa conscientização, tem-se condições mais favoráveis para que os cidadãos possam ser atores ativos na gestão dos resíduos nas cidades e na implementação da economia circular, particularmente na aderência a sistemas de separação e coleta de resíduos (IzDEBSKA; KNIELING, 2021). A minimização de resíduos de alimentação, por exemplo, requer esforços para educar consumidores a selecionar porções mais próximas às suas efetivas necessidades, associando os padrões de alimentação a estilos de vida mais saudáveis (LIU; NGUYEN, 2020). Outra estratégia efetiva é o estímulo à rotulagem ambiental, o que inclui selos de edificações verdes (DUAN et al., 2019), instrumental para apoiar a adoção de padrões de consumo mais sustentáveis.

Política de inclusão social por meio da gestão de resíduos

Esta política trata da promoção da ampliação da equidade e coesão social por meio da atividade de gestão de resíduos sólidos. Procura-se nesta política converter aquilo que usualmente é compreendido como um problema em uma oportunidade

social e econômica para a cidade (HOANG; FOGARASSY, 2020).

A qualidade da gestão de resíduos sólidos afeta os pobres no meio urbano de forma crítica, com impactos em sua saúde, qualidade de habitação, acesso a serviços e meios de subsistência. Os resíduos descartados também podem ser fonte de alimento e abrigo para ratos, mosquitos e animais necrófagos, que podem transmitir doenças para esta população, como a dengue. As casas mais próximas dos lixões são geralmente aquelas de populações vulneráveis que obtêm sua renda catando materiais recicláveis com um valor monetário. Os catadores costumam ser um grupo demográfico vulnerável e geralmente são mulheres, crianças, idosos, desempregados ou migrantes. Eles geralmente trabalham em condições insalubres, não têm previdência social ou seguro saúde, estão sujeitos a flutuações no preço dos materiais recicláveis, não têm oportunidades de educação e treinamento e enfrentam forte estigma social (KAZA et al., 2018).

Conforme argumenta Simatele et al. (2017), os sistemas de gestão de resíduos sólidos mais efetivos têm sido aqueles que incorporam os sistemas informais operados por catadores. A Política Nacional de Resíduos Sólidos integrou os trabalhadores informais em seu escopo sendo que os mesmos passaram a ser legalmente reconhecidos no registro de profissões (RIBEIRO SIMAN et al., 2020). O envolvimento dos catadores é estratégia efetiva de inclusão socioeconômica, podendo contribuir para restaurar a cidadania e dignidade humana de populações marginalizadas. Além do suporte de natureza econômica a esta população, ações voltadas à melhoria das posturas no trabalho, conscientização quanto a importância do uso de equipamentos de proteção pessoal, o provimento de espaços de trabalho com adequada ventilação e luminosidade (MIRANDA et al., 2020), melhorias na governança, provisão de infraestrutura adequada para a gestão dos resíduos (SIMATELE et al., 2017), assistência à saúde, suporte nos processos de aposentadoria e redução de impostos para incentivar seu ingresso no mercado formal (FERRONATO et al., 2019).

Para instrumentalizar a participação de catadores observa-se ações pró-ativas para organizá-los em associações e cooperativas | Prestação de serviços aos municípios de coleta e tratamento de resíduos sólidos por cooperativas de catadores de materiais recicláveis (base OICS, 2021) que são por sua vez integradas no sistema de gestão de resíduos. Estas organizações possibilitam a viabilização econômica e

estrutural dos catadores, possibilitando a captação de investimentos e o reconhecimento de seus direitos junto à agência do governo (MIRANDA et al., 2020). As iniciativas para apoiar cooperativas na busca por eficiência incluem sua adesão a processos de logística reversa; treinamento gerencial; padronização da produção; estudos mercadológicos; estabelecimento de redes comerciais (RIBEIRO SIMAN et al., 2020).

Política de integração da TIC na gestão de resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações para a integração da Tecnologia da Informação e Comunicação como apoio na gestão de resíduos. Cada vez mais, governos e empresas que gerenciam resíduos integram tecnologias em todas as etapas da cadeia produtiva associada aos resíduos, buscando reduzir custos, aumentar a proporção de materiais reciclados, ampliar a recuperação de energia e, também, engajar os cidadãos no sistema de gestão de resíduos. Os dados de natureza digital estão cada vez mais servindo como base para a tomada de decisões na gestão de resíduos. Informações precisas sobre o layout e as características dos bairros locais, atividade dos caminhões de coleta, dados sobre a cobrança de taxas de resíduos, entre outras, permitem que governos e operadores projetem e executem operações mais eficientes e que economizam dinheiro (KAZA et al., 2018).

A IoT (Internet das Coisas) oferece um papel relevante na integração das informações pertinentes à gestão de resíduos | Aplicativo para apoiar a coleta de resíduos sólidos (base OICS, 2021), particularmente em cadeias produtivas reversas. Pode melhorar a qualidade, abrangência e integridade dos dados e informações utilizados na gestão de resíduos, viabilizando a maior velocidade no controle, monitoramento e automação de sistemas (GARRIDO-HIDALGO et al., 2020). Exemplos de informações que podem ser agregadas usando um sistema de dados de gerenciamento de resíduos incluem: locais e rotas em tempo real dos veículos de coleta, peso dos resíduos descartados em diferentes locais, emissões de aterros ou instalações de resíduos em energia, registros de pagamentos de usuários, histórico de coleta de resíduos em residências, fluxos de vídeo de atividades de equipamentos de resíduos, comunicações por rádio e e-mail com a

equipe, registro de catadores, feedback dos cidadãos, inventário de instalações e equipamentos (KAZA et al., 2018). Produtos e respectivos resíduos podem ser rastreados e monitorados em tempo real, possibilitando a maior eficiência das atividades de gestão e possibilitando a redução de custos e obtenção de maior valor econômico (FATIMAH et al., 2020). Pode-se melhorar a qualidade e confiabilidade de avaliações ambientais pela utilização de tecnologias digitais (MINGALEVA et al., 2020). No limite, um sistema de gestão inteligente dos resíduos pode conectar globalmente todo o sistema (FATIMAH et al., 2020).

Os sensores podem otimizar rotas e reduzir coletas desnecessárias. Sensores de lixeira podem sinalizar o quão cheia uma lixeira está para que as coletas possam ser feitas de acordo. Compactadoras movidas a energia solar usam energia solar para compactar os resíduos em um sexto de seu volume original e podem alertar o município ou o coletor de resíduos quando um sensor detecta que a caixa está atingindo sua capacidade. A automação para veículos de coleta de lixo abrange desde a integração de soluções para o levantamento de lixeiras colocadas na parte de trás do caminhão até braços laterais mecânicos que coletam automaticamente lixeiras padronizadas diretamente das residências. Chips de identificação por radiofrequência (RFID) podem ser embutidos em cartões pessoais que os cidadãos usam para abrir lixeiras e registrar o peso dos resíduos que eles descartam. Os cidadãos então podem ser cobrados pelo peso registrado no chip e, desta forma, são motivados a reduzir o desperdício que eles produzem como resultado (KAZA et al., 2018). A adoção de embalagens inteligentes que permitam informar de forma pró-ativa os usuários acerca de datas de validade de alimentos, é outro exemplo de iniciativa que pode contribuir na redução de resíduos na cidade (LIU; NGUYEN, 2020). Note-se que o compartilhamento de resíduos pode ser facilitado por meio de plataformas digitais e aplicativos, possibilitando também o compartilhamento de equipamentos e outras infraestruturas de apoio à construção (Civil Share/Nova Zelândia) (LOW et al., 2020). Plataformas digitais são essenciais também para habilitar iniciativas como a doação de resíduos de alimentos para animais (LIU; NGUYEN, 2020).

Política voltada à prevenção dos resíduos

Esta política trata da concepção e implementação de programas, projetos e ações

prevenção da ocorrência dos resíduos na cidade. A demanda³ crescente por recursos naturais em um planeta com uma população também crescente exige o desenvolvimento de soluções que não apenas substituam os modos presentes de consumo e produção, mas que resultem em efetiva redução da demanda por estes mesmos recursos. Assim, esta política demanda repensar de forma radical, os modos de produção e consumo de maneira que resíduos deixem de ocorrer.

Esta política integra o conceito de hierarquia dos resíduos, que consiste em um conceito que trata do estabelecimento de prioridades de implementação de estratégias de gestão dos resíduos, em que a prevenção da ocorrência dos resíduos alcança o nível mais alto de prioridade. Os vários níveis dessa hierarquia traduzem as várias etapas do ciclo de vida de um produto e estão vinculadas ao nível de impacto ambiental correspondente (MA; HIPEL, 2016; zELLER et al., 2019) | Análise e Avaliação do Ciclo de Vida de Produtos (base OICS, 2021).

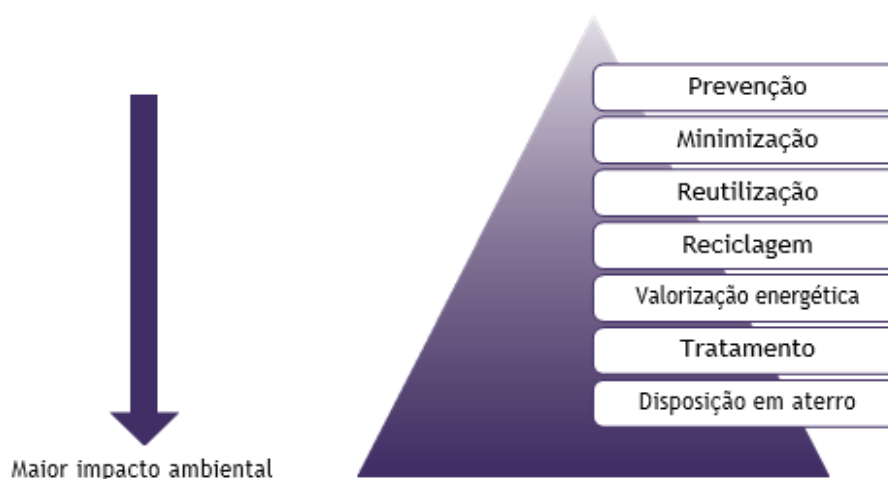


Figura 452 – Hierarquia de prioridades na gestão de resíduos

A gestão tradicional de resíduos que trata tão somente da coleta e disposição final não é mais apropriada para a gestão efetiva dos resíduos sólidos nas sociedades modernas. Atualmente, a gestão necessita integrar ações voltadas à mitigação e redução do impacto ambiental (IKHLAYEL; NGUYEN, 2017). Nesse sentido, prevenir a geração de resíduos é a opção com maior impacto ambiental, sendo que o encaminhamento para aterros sanitários deveria ser o último recurso.

Note-se que aqui a ênfase não é a busca pela eficiência no consumo, mas sim, o

³ Gharfalkar et al. (2016) definem os 5Rs como sendo: “reparar”, “recondicionar”, “recondicionar” e “remanufaturar” e “reutilizar”. Na PNRS, o art. 7º utiliza os termos “não geração”, “redução”, “reutilização”, “reciclagem” e “tratamento dos resíduos” e “disposição final”. Maccari et al. (2019) propõem os 5Rs como sendo “repensar”, “reduzir”, “reutilizar”, “reciclar” e “recusar”, sendo que este último trata de recusar produtos que tenham um significativo impacto ambiental, dando preferência a produtos que agridam menos o meio ambiente.

consumo “suficiente”. Consumo suficiente é aquele estritamente necessário para se viver de forma saudável (ALCOTT, 2010). A migração para estilos de vida na cidade onde a melhoria do bem-estar é alcançada ao mesmo tempo que é reduzido o consumo de recursos per-capita, implica em mudanças das métricas de desenvolvimento, enfatizando a qualidade de vida (OERS et al., 2002). Portanto, a repercussão mais profunda desta política pode demandar revisão do próprio significado de bem-estar para os cidadãos, estimulando estilos de vida mais centrados em significado, valor e efetiva felicidade (HUMANA, 2010).

Política voltada à minimização da ocorrência resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implantação de programas, projetos e ações voltados à minimização na geração de resíduos. A busca por soluções que permitam conter e reduzir o aumento exponencial de resíduos contempla ações desde a coleta, transporte, embalagem e tratamento até a disposição final (SLOMSKI et al., 2020). No limite, esta política implica em ampliar a desmaterialização de parcela do consumo, com a redução dos recursos materiais necessários para prover as necessidades dos cidadãos (EPA, 2010) | Redução da geração de resíduos domésticos (base OICS, 2021).

Esta política alinha-se com o conceito de economia circular, o qual tem emergido como uma resposta para o desenvolvimento sustentável no meio urbano, com repercussões diretas na gestão dos resíduos. O modelo de produção e consumo predominante tem sido linear, com fluxos da extração ao descarte que inevitavelmente se encerram no descarte dos produtos ao final de seu ciclo de vida (PAES et al., 2019). O modelo de economia circular visa a usar fluxos de resíduos como fonte de recursos secundários e recuperar resíduos para reutilização e reciclagem | Estratégias de economia circular para a Indústria Têxtil (base OICS, 2021), promovendo o desenvolvimento econômico ao mesmo tempo que minimiza os impactos ambientais (KAZA et al., 2018). A aplicação do conceito de economia circular em cidades implica na consideração das mesmas como um sistema regenerativo no qual os fluxos de entradas e saídas de recursos são minimizados e otimizados por meio de design, manutenção, reúso, remanufatura, reforma e reciclagem (GEISSDOERFER et al., 2017; PAES et al., 2019; EzEUDU; EzEUDU,

2019).

Para a implementação desta política, demandam-se ações voltadas desde o design de produtos e serviços, mudanças de comportamento do consumidor, estímulo a mudanças no modelo dos negócios, também, ações voltadas à reconfiguração dos sistemas, conforme descrito a seguir:

- **Digitalização:** estímulo a ações que convertam artefatos físicos em artefatos digitais, reduzindo a demanda por recursos materiais e, ao mesmo tempo, possibilitando a ampliação do valor percebido, alterando a maneira como as pessoas interagem com o ambiente artificial. A disseminação do uso de videoconferências, por exemplo, tem impacto imediato na redução da demanda sobre os sistemas de mobilidade (BOSE; LUO, 2011; JENKIN et al., 2011). Esta estratégia está associada ao conceito de Smart Cities e ao conceito de Indústria 4.0 (CAYLAR et al. 2016), com a utilização de sistemas ciber-físicos para monitoramento e gerenciamento inteligente de processos e operações, o que tem sido facilitado pela computação em nuvem (MERONEN, 2017);
- **Miniaturização:** trata de ações no âmbito da cidade para estimular a drástica redução do tamanho dos produtos e sistemas utilizados. A consequência imediata da aplicação desta estratégia é a redução do peso e volume dos produtos, trazendo por consequência impactos na redução de outros recursos ao longo do ciclo de vida como a energia para produção, a redução no volume de transportes, menor quantidade de recursos dedicados a embalagens, maior facilidade de manuseio (BERNARDINI; GALLI, 1993);
- **Otimização do uso:** trata de ações no âmbito da cidade para estimular o uso ótimo de recursos requeridos para o provimento das necessidades de seus cidadãos. Esta otimização pode ser alcançada por medidas, como a adoção da simulação computacional (OERS et al., 2002) e o reposicionamento de stakeholders no âmbito do sistema, permitindo até a supressão total ou parcial de fluxos. Esta otimização pode ser alcançada pelo estímulo na adoção de produtos multifuncionais na cidade. No âmbito das edificações, a promoção da maior adaptabilidade do ambiente construído, contribui para viabilizar ambientes multiuso (DUAN et al., 2019);
- **Compartilhamento:** trata de ações no âmbito da cidade buscando

estimular práticas que resultem no compartilhamento de artefatos. Reduz-se a demanda pelo consumo de recursos materiais pelo uso de um dado produto por mais de uma pessoa, simultaneamente ou não (OERS et al., 2002). Este compartilhamento pode ter uma natureza de pouca exclusividade, como o compartilhamento de produtos públicos (equipamentos de exercício no parque) ou o compartilhamento comercial de bens abertos (bikesharing, carona solidária), ou de alta exclusividade como o compartilhamento em clubes (clube do livro) e o compartilhamento comercial de bens fechado (planos de compartilhamento de celular) (VASQUES, 2015; LAMBERTON; ROSE, 2012);

- Servitização: trata de ações no âmbito da cidade para estimular a inovação pautada pela mudança no foco dos negócios, da oferta de artefatos físicos para a oferta de um conjunto de produtos e serviços que, de forma integrada, são capazes de prover a satisfação das pessoas (UNEP, 2002).

As modalidades dos sistemas produto+serviço (PSS) incluem: PSS orientado ao produto (com o usuário sendo proprietário do produto, em que há oferta de serviços para apoiar o ciclo de vida do mesmo); PSS orientado ao uso (em que o usuário não é proprietário do produto, contratando o acesso a uma plataforma de produtos e serviços para satisfazer suas necessidades); PSS orientado ao resultado (em que o usuário contrata o resultado satisfatório, não requerendo sequer a operação dos produtos do sistema) (VEZZOLI et al., 2018). Portanto, na lógica centrada nos serviços a empresa passa a orientar o negócio para uma resposta compreensiva para se alcançar a satisfação do cliente e não para a simples transação comercial de artefatos (SALONEN, 2011).

Cidades buscando a implementação da economia circular necessitam atuar no planejamento urbano e na dinâmica dos fluxos da cidade de maneira a aproximar atores, permitindo maior densificação dos serviços e maior eficiências das atividades associadas à gestão dos resíduos. Essa proximidade dos atores é um elemento-chave para viabilizar a simbiose urbana pois amplia as oportunidades de sinergia das fontes geradoras de resíduos e dos atores com potencial para absorver ou processar esses resíduos (ZELLER et al., 2019).

Política voltada à reutilização dos resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações voltadas a estimular a reutilização dos resíduos. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305 de 2010) (BRASIL, 2010) define a reutilização como o processo que não demanda transformação biológica, física ou físico-química dos resíduos. Com a reutilização, os produtos têm otimizado sua utilização ao longo de seu ciclo de vida, reduzindo a demanda por matéria prima virgem | Biopolímeros (base OICS, 2021). Ademais, o reúso de materiais é preferível a reciclagem pois implica em menor demanda de energia, conservando os recursos em seu estado original (LOW et al., 2020; OTTONI et al., 2020).

As políticas voltadas aos resíduos tendem a focar na coleta, transporte e disposição dos mesmos, com menor atenção ao reúso e à reciclagem (HAGERU et al., 2017). Bens de consumo rápido muitas vezes têm vida útil curta, sendo frequentemente projetados para uso único e descarte, quando se pode realizar esforços para recuperar materiais e energia associados aos mesmos. Ineficiências nos sistemas de coleta e recuperação, impulsionadas pelo comportamento adverso do consumidor, infraestrutura subdesenvolvida e falta de reciclabilidade já no projeto do produto fazem com que bens de consumo passíveis de reciclagem ou reúso muitas vezes sejam desviados para aterros sanitários e/ou incineração, contribuindo para acúmulo de resíduos e poluição do ar, água e solo (MURANKO et al., 2021). Para alterar esse quadro, a Comunidade Econômica Europeia estabeleceu o objetivo de garantir o reúso ou reciclagem de 65% dos resíduos sólidos urbanos até 2035 (ROLEWICZ-KALINSKA et al., 2020).

A reutilização é facilitada em municípios que buscam desenvolver um ecossistema pautado pelo conceito de economia circular. Bens de consumo operam usualmente em um sistema de economia linear, em que passam por etapa de extração e fabricação e ao final do processo são consumidos em massa e descartados no final da vida. Em vez disso, em uma economia circular, os produtos são projetados com estratégias que mantêm uma alta utilidade dos recursos | Aproveitamento de resíduos para desenvolvimento de produtos | Sistemas de Reúso de Embalagem | Pós-consumo e a utilização de embalagens em refis (base OICS,2021), sendo fabricados com materiais atóxicos, locais e de fontes renováveis; ao final de sua

vida funcional reingressam na economia seja como materiais reciclados, seja como embalagens e produtos reutilizáveis (MURANKO et al., 2021). Há a promoção do reuso e da simbiose industrial, convertendo resíduos de uma indústria em insumo de outra seguindo a metáfora do “metabolismo urbano” (GUIBRUNET et al., 2017; CEE, 2018). No conceito de metabolismo urbano, as cidades são analisadas e gerenciadas como um organismo vivo. Ao longo de diversas cadeias produtivas interconectadas, fluem para o desenvolvimento das atividades de produção e consumo nas cidades, sendo eventualmente gerados resíduos que são, por sua vez, reintroduzidos no sistema (DUAN et al., 2019).

Um fator-chave para viabilizar a reutilização de produtos é a implantação de serviços voltados ao upgrade ou recondicionamento funcional ou estético dos produtos. De maneira similar, esta política demanda ações que estimulem o desenvolvimento de produtos e serviços adequados à economia circular, possibilitando o reingresso dos produtos no ciclo econômico. É necessário já a partir do conceito de um produto, a definição de opções de “reutilização” do produto, subsistemas, componentes e materiais (GHARFALKAR et al., 2016). Conforme argumenta Ottoni et al. (2020), as atividades de reuso e reciclagem são facilitadas quando produtos adotam configurações modulares, facilitando sua desmontagem, atualização/substituição e/ou reciclagem.

Um exemplo das repercussões dessa política é o setor de edificações, que necessita considerar já no projeto as atividades de desconstrução, possibilitando o reuso de materiais para outras aplicações na eventualidade de reformas ou demolições futuras. Uma substancial porção dos resíduos de construção e demolição podem ser reutilizadas (ou recicladas) antes de serem encaminhadas para aterros.

Existem inúmeros incentivos governamentais para estimular a transição para modelos centrados na reutilização em andamento em todo o mundo, incluindo um corpo crescente de regulamentações que impõem os princípios da economia circular. Isso inclui medidas como cotas que exigem porcentagens mais altas de produtos sustentáveis em um determinado mercado; estímulo a parcerias público-privadas que serão cruciais para impulsionar novos modelos de negócio orientados à reutilização, superando barreiras de escala e necessidades de mudança de comportamento em favor da reutilização (WEF, 2021).

Política voltada à reciclagem de resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implantação de programas, projetos e ações voltadas à promoção da reciclagem nas cidades. Conforme Miranda et al. (2020), a reciclagem é uma prática essencial na gestão de resíduos sólidos municipais. Sob a perspectiva ambiental, a reciclagem contribui para a redução da poluição, preservação dos recursos naturais, redução dos impactos ambientais, redução dos resíduos que se acumulam em lixões e aterros e, desta forma, contribui para a extensão de sua vida útil, contribui para redução do consumo de energia. Sob a perspectiva econômica, a reciclagem pode reduzir os custos na indústria, ampliar as oportunidades de emprego e renda, reduzir os custos com a criação e manutenção de aterros sanitários, e incentivar a implantação de micro e pequenas empresas. Sob a perspectiva social, a reciclagem auxilia na inclusão das pessoas no mercado de trabalho, na geração de renda para as pessoas mais vulneráveis e na integração das pessoas em processos de ativa cidadania (MIRANDA et al., 2020).

A reciclagem integra-se nas noções contemporâneas da “economia circular”, em que resíduos passam a ser compreendidos como recursos com valor econômico passível de reingresso no ciclo econômico (GHARFALKAR et al., 2016). Os modelos de economia circular podem ser divididos em dois grupos: a) a promoção do reuso e extensão do ciclo de vida dos produtos/resíduos por meio de reparos, remanufatura, atualização, reforma; b) a conversão de produtos sem uso e descartados em novos recursos por meio da reciclagem dos materiais e tratamento dos resíduos (PAES et al., 2019). Neste segundo grupo, o reingresso dos resíduos pode ocorrer em ciclos fechados, quando os resíduos retêm proximidade de desempenho com a matéria-prima virgem, ou por ciclos abertos ou reciclagem em cascata, quando esse desempenho é progressivamente inferior (TAELMAN et al., 2018). Os processos de logística reversa envolvidos resultam em três níveis possíveis de recursos: produto, componente e material (OTTONI et al., 2020).

Para maior efetividade, esta política demanda implantação de práticas de transporte, separação e registro, que resultem na classificação dos resíduos em relação a fontes, volumes, potencial de reciclagem, composição e nível de risco (DUAN et al., 2019) | Logística Reversa | Alternativa para logística reversa de

embalagens (base OICS, 2021). Desta forma, a reciclagem pode envolver também a aplicação do conceito de mineração urbana, englobando operações como recuperação, análise, processamento e reciclagem, buscando recuperar recursos materiais presentes em aterros sanitários.

Dentre os resíduos sólidos urbanos com potencial de reciclagem destacam-se aqueles oriundos de construção e demolição, que muitas vezes competem por espaço em aterros sanitários. O setor da construção civil é um dos que mais demanda recursos materiais das fontes naturais, demandando globalmente cerca de 36% da energia e emitindo 39% das emissões de CO₂ (LOW et al., 2020). Para evitar o destino dos resíduos da construção e demolição para aterros é necessário a redução e separação dos resíduos nos canteiros de obra, com atribuição de responsabilidades e penalidades já a partir do planejamento (DUAN et al., 2019). Isso requer mudança profunda de paradigma na construção civil, com o reconhecimento das edificações como reserva de recursos passíveis de serem reutilizados ou reciclados ao longo de seu ciclo de vida (LOW et al., 2020).

Os resíduos de natureza orgânica merecem destaque no meio urbano. As formas naturais e renováveis de fertilizante orgânico devem ser consideradas em relação às fontes tradicionais de fertilizantes minerais (por exemplo, fósforo). Um fator que afeta a possibilidade de extensão do uso de bio-resíduos é sua qualidade e, em particular, seu nível de impurezas, o que é afetado diretamente pela eficiência do sistema de separação (ROLEWICZ-KALINSKA et al., 2020). Assim, a reutilização (e reciclagem) de resíduos orgânicos (setor de alimentos) demanda o desenvolvimento de programas, projetos e ações compreensivas que envolvem toda a cadeia produtiva, da extração da matéria-prima ao processamento, estoque, comercialização, distribuição, produção de alimentos e descarte dos dejetos. No âmbito da habitação, além da separação e coleta dos resíduos do processo de alimentação | Transformação de resíduos alimentares em água para reúso | Tratamento do Óleo de Cozinha para Produção de Biodiesel (base OICS, 2021), envolve também o estímulo a ciclos de utilização destes resíduos no entorno da própria habitação (LIU; NGUYEN, 2020).

A produção de fertilizantes orgânicos do solo a partir de fluxos de resíduos municipais é uma alternativa que vem sendo explorada, decorrente de tecnologias mais eficientes para a remoção de componentes nocivos e produção de nutrientes

para as lavouras. Apesar de conter vários nutrientes (carbono orgânico, fósforo e compostos nitrogenados), o desafio para sua utilização é a elevada umidade e a ampla gama de substâncias perigosas (metais pesados, patógenos e poluentes orgânicos persistentes). Essa situação dificulta a aplicação tradicional de lodo de esgoto como fertilizante devido ao risco ambiental potencial. Observam-se iniciativas como a utilização do lodo como material de enchimento em obras de pavimentação e, também, no substrato de estradas, como substituição parcial do agregado fino reciclado na produção do material de baixa resistência controlado com a ajuda de aditivos (FANG et al., 2019).

A busca pela disseminação da prática da reciclagem | Pontos de Entrega Voluntária (base OICS, 2021) tem nos resíduos eletrônicos outro grande desafio no meio urbano. O Global e-waste Monitor estima que no Brasil são gerados cerca de 1,5 milhões de toneladas/ano de resíduos eletrônicos (FORTI et al., 2020). A longo prazo, o problema deve ser ampliado no país com a maior intensidade de utilização de artefatos digitais, impulsionada pela adoção da tecnologia 5G e ampliação da participação do trabalho remoto na economia. Tem-se, também, a expectativa do crescimento do uso de veículos elétricos, visando à redução das emissões de CO₂, implicando na necessidade de estratégias para consideração do final do ciclo de vida de suas baterias e sistemas eletrônicos embarcados (GARRIDO-HIDALGO et al., 2020) | Recuperação de Resíduos Eletroeletrônicos (base OICS, 2021). A quantidade crescente de lixo eletrônico e seu potencial para poluição ambiental e reciclagem requerem ações específicas como o estímulo para a instalação de plantas de extração dos metais presentes nesses resíduos e a formação de recursos humanos com competência para seu manuseio em processos de reciclagem. A título de referência, o plano Europeu para os resíduos estabelece que a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos devem ser aumentadas para um mínimo de 55%, 60% e 65% em peso até 2025, 2030 e 2035, respectivamente (CEE, 2018).

Para a implantação de uma política de reciclagem em uma cidade, se faz relevante compreender que as fronteiras geográficas da reciclagem dependem do tipo de resíduo. Resíduos como óleo, metal, plástico e produtos eletrônicos usualmente necessitam transitar em regiões maiores, enquanto resíduos orgânicos, resíduos de construção e demolição são mais aptos para reciclagem local. A densidade dos

resíduos separados e os custos logísticos são determinantes destes limites geográficos. Resíduos com alto valor econômico, mas com baixos volumes, são tipicamente transportados para instalações centralizadas e de maior escala de processamento. Resíduos com menor valor econômico, com grandes volumes e com elevados custos de logística, encontram melhores condições de reciclagem no âmbito local (ZELLER et al., 2019).

Política de recuperação energética dos resíduos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações voltados à recuperação e aproveitamento energéticos dos resíduos. A extração de energia a partir dos resíduos urbanos tem se apresentado como uma opção de transição para uma nova matriz energética nas cidades. A energia dos resíduos pode ser direcionada para o próprio processamento dos resíduos. Tomić e Schneider (2018) sugerem que tal aproveitamento pode resultar na satisfação de 50% a 60% das necessidades de processamento, dependendo das características do sistema e da eficiência na separação dos resíduos.

Bastante disseminada está a implementação de programas para conversão da fração orgânica do resíduo urbano em biogás (JUÁREZ-HERNÁNDEZ; CASTRO-GONZÁLEZ, 2016) Aproveitamento energético do biogás proveniente do tratamento de resíduos sólidos orgânicos | Aproveitamento energético do biogás gerado em aterros de resíduos sólidos urbanos (base OICS, 2021), sendo que o mesmo tipicamente consiste em metano (50% a 60%) e dióxido de carbono (40 a 50%) (KAMMEN; SUNTER, 2016). Esta estratégia tem se mostrado como uma solução atrativa para a geração de energia nas cidades, seja via a extração de biogás em aterros sanitários, seja por meio de processos de incineração. A densidade urbana é uma variável importante na determinação da viabilidade da extração de energia a partir dos resíduos, tendo em vista que instalações para extração e processamento do biogás são passíveis de serem localizadas próximas aos pontos de consumo (DI MATTEO et al., 2017).

Importante notar que a extração de energia de resíduos necessita ocorrer concomitantemente aos esforços para a minimização ou eliminação dos mesmos no meio urbano (SALATA et al., 2017; ROVENSE et al., 2016). A ênfase a longo

prazo deve ser a geração de energia através de resíduos industriais de fontes renováveis (IRENA, 2018). Também é relevante reconhecer que cerca de 20 a 30% da energia em processos de digestão anaeróbica de resíduos é consumida no próprio processo, sendo que estas percentagens podem ser ainda maiores em instalações de pequeno porte (RIS, 2021).

Política de tratamento e destinação dos resíduos sólidos

Esta política trata do desenvolvimento e implementação de programas, projetos e ações para o tratamento dos resíduos sólidos de maneira a minimizar o volume, a periculosidade e os impactos ambientais. A coleta inadequada de resíduos e o despejo ou queima descontrolada de resíduos sólidos, ainda são uma realidade presente em todo o país, poluindo o ar, a água e o solo. Quando os resíduos são queimados, as toxinas resultantes e o material particulado no ar podem causar doenças respiratórias e neurológicas, entre outras. Pilhas de lixo produzem um escoamento de chorume, que pode alcançar rios, lençóis freáticos e solo. Os resíduos orgânicos que entram nas vias navegáveis reduzem a quantidade de oxigênio disponível, causando a eutrofização da água, entre outros impactos (KAZA et al., 2018).

As tecnologias de tratamento de resíduos sólidos são agrupadas em funções de reciclagem, compostagem aeróbica, digestão anaeróbica, aterro e tratamento térmico (IYAMU et al., 2020). Aterros sanitários, ou lixões abertos são a solução mais comum para o fim da vida útil de Resíduos Sólidos Urbanos em todo o mundo, apesar de seu risco potencial na água do subsolo e na poluição do solo. Tratamentos biológicos mecânicos podem ser implantados em etapa anterior ao encaminhamento para aterros | Tratamento de resíduos sólidos orgânicos | Produtos Biodegradáveis | Revitalização de áreas contaminadas ou degradadas por despejo de resíduos sólidos (base OICS, 2021), garantindo a estabilização da putrefação dos resíduos e facilitando a retirada e combustível (FERRONATO et al., 2019). A incineração do resíduo pode gerar energia, mas as tecnologias existentes não se encontram avançadas o suficiente para prevenir de forma segura e contínua a emissão de poluentes perigosos (GUO et al., 2021).

O chorume derivado dos aterros representa uma carga ambiental que afeta a saúde

da população e o meio ambiente (TORRETTA et al., 2017). As tecnologias empregadas em aterros sanitários brasileiros vêm se modernizando, particularmente pelo uso de membranas (membrane bioreactor (MBR) ultrafiltração, nanofiltração e osmose reversa), refletindo a tendência que tem sido utilizada por países desenvolvidos (COSTA et al., 2019). Ainda assim, os locais de despejo frequentemente sofrem com a falta de tratamento do material lixiviado, resultando na contaminação de corpos d'água e solo e ameaçando a saúde humana. As infiltrações de água da chuva no aterro, somadas a outros fenômenos químicos e físicos, auxiliam o resíduo a passar por uma série de fases de decomposição que permitem a geração deste lixiviado (TORRETTA et al., 2017).

A composição do lixiviado varia significativamente entre os aterros, dependendo da composição do resíduo, da idade do resíduo e da tecnologia de aterro. Esses poluentes podem ser divididos em quatro grupos principais: matéria orgânica dissolvida, quantificada como oxigênio químico (COD); macrocomponentes inorgânicos; metais pesados; e orgânicos xenobióticos. No entanto, outros compostos podem ser encontrados no lixiviado de aterros sanitários, como borato, sulfeto, arseniato, bário, lítio, mercúrio e cobalto (TORRETTA et al., 2017).

É importante notar que, de acordo com a Resolução do Conama nº 430 (BRASIL, 2011), que estabelece padrões para a descarga de efluentes em corpos d'água. As estações de tratamento de efluentes municipais que recebem efluentes de lixiviado de aterro sanitário não são obrigadas a cumprir o padrão de nitrogênio amoniacal. Assim, após a introdução desta resolução, muitos municípios optaram por esta alternativa, que é potencialmente perigosa para o meio ambiente (COSTA et al., 2019).

No Brasil, o clima tropical, com elevadas temperaturas e volumes de precipitação, favorece o processo de degradação de resíduos e formação de lixiviados. No entanto, a composição do chorume apresenta altas concentrações de matéria orgânica, refletindo o perfil de consumo dos brasileiros (COSTA et al., 2019). Atualmente, diversas tecnologias diferentes estão disponíveis para o tratamento de chorume de aterro. O tratamento de lixiviado de aterro sanitário no Brasil por meio de processos biológicos é a abordagem mais comum e frequentemente a mais economicamente viável, apresentando alta eficiência na remoção de material orgânico biodegradável (COSTA et al., 2019).

Dentre os resíduos que requerem tratamento destaca-se o de lodo do sistema de esgoto urbano. Este é um dos maiores desafios na gestão de águas residuais, sendo produzido ao separar os líquidos e sólidos no tratamento de águas residuais. Busca-se a redução do volume e a diminuição dos problemas de saúde e ambientais. Existem várias tecnologias para o tratamento de lodo de esgoto urbano, destacando-se a compostagem, a incineração e a digestão anaeróbica para recuperação de energia. De maneira análoga, outro desafio é o lodo de sistemas hidráulicos (“sal” do lodo), que é um subproduto gerado em estações de tratamento de água potável, sendo um problema ambiental mundial devido à falta de um método de tratamento eficaz. O descarte convencional de lodo em aterros sanitários não é uma opção sustentável e levanta preocupações ambientais. Além disso, as cidades de alta densidade estão enfrentando escassez de locais disponíveis para aterros. Desta forma, é imperativo transformar o lodo do sistema hídrico em alternativa de materiais ambientais úteis para promover um desenvolvimento sustentável (FANG et al., 2019).

Nesse sentido, as políticas constantes neste capítulo, embora apresentadas de forma individual, constituem um todo coeso. Desta forma, seu maior impacto ocorre quando da aplicação integrada e sistêmica, tendo em vista suas intrínsecas interdependências. A aplicação isolada de uma determinada política pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras políticas complementares. Ações voltadas à gestão de resíduos sólidos, por exemplo, podem ser inócuas se houver ausência de ações correspondentes voltadas à promoção de comportamentos mais sustentáveis para conscientização da população, e ausência de capacitação da gestão pública sobre o tema, principalmente quanto às soluções integradas ao uso de tecnologias digitais.

Ressalta-se a necessidade de customização da política para a realidade e necessidades presentes, assim para as perspectivas de longo prazo de cada município. O presente documento deixa claro que essa customização demanda considerar tanto os aspectos técnicos e de capacitação, quanto a integração envolvendo as diversas áreas e atores do sistema de resíduos sólidos. Ressalta-se que não há um delineamento único e universal de como estas políticas devem ser configuradas e implementadas na busca por uma gestão de resíduos sólidos mais sustentável. Questões como: suporte técnico e normativo, a cultura local, a zona

bioclimática, os recursos disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população, são exemplos de variáveis que afetam esta customização.

Finalmente, ressalta-se que as políticas apresentadas neste documento demandam uma compreensão holística do tomador de decisão sobre as implicações ambientais, sociais e econômicas, tanto na esfera local como global, de realização de esforços na busca por uma gestão de resíduos sólidos mais sustentável. Conclui-se, desta forma, como absolutamente estratégico o desenvolvimento de competências no tema entre os tomadores de decisão no âmbito dos municípios brasileiros.

CAPÍTULO 5: MOBILIDADE

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: mobilidade

Motivações para a mobilidade mais sustentável

A população das áreas urbanas tem crescido continuamente em todo o mundo, impondo novos desafios à mobilidade. O Brasil tem, atualmente, 63 cidades com população acima de 300 mil habitantes, todas compartilhando desses desafios para alcançar qualidade na circulação para o meio urbano (AzEVEDO et al., 2021). O Global Mobility Report (GMR) (2017) estima que, em 2030, o tráfego anual de passageiros excederá 80 trilhões por quilômetro (um aumento de 50% em relação ao ano-base de 2017), os volumes globais de frete deverão aumentar 70% e mais 1,2 bilhão de carros estarão nas estradas em 2050 (o dobro do total da data do estudo).

Esse crescimento dos fluxos no meio urbano resulta em um aumento no consumo de energia e emissões. Embora observe-se evolução na eficiência energética dos veículos de transporte, assim como nas tecnologias de contenção da poluição, o transporte ainda é responsável por cerca de 25% das emissões globais de CO₂ (HARTMANN et al., 2013). Por sua vez, CO₂ é causador de 75% da poluição global de gases de efeito estufa e a perspectiva é de que permaneça como o maior contribuinte até 2050 (EDENHOFER et al., 2014; ZAWIESKA e PIERIEGUD, 2018). Outro impacto ambiental decorrente da mobilidade urbana, em particular por meio do transporte de cargas, é a poluição sonora. Anos de vida saudável são perdidos

devido ao ruído ambiental, impactando na perturbação do sono e causando irritação (BERGLUND et al., 1999; GALLO; MARINELLI). De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2011), somente na Europa cerca de 620 mil anos de vida sadia são perdidos todos os anos nas zonas urbanas devido a patologias decorrentes da poluição sonora.

Taxonomia geral de políticas e soluções

Com o propósito de auxiliar o tomador de decisão quanto ao espectro de dimensões necessárias à formulação de políticas para uma mobilidade e um trânsito mais sustentável, esta seção apresenta uma perspectiva compreensiva do espectro de políticas relevantes no âmbito das cidades, conforme ilustrado na Figura 6



Figura 6 – Visão geral do espectro de políticas relevantes à mobilidade e ao trânsito mais sustentável - Fonte: Elaboração própria.

Política de priorização de mobilidade de baixo carbono

As mudanças climáticas causam danos significativos e irreversíveis aos

ecossistemas e à sociedade, havendo premência na formulação de políticas que impactem de forma rápida e duradoura em mudanças sistêmicas e comportamentais, que resultem em uma mobilidade de baixo carbono (IPCC, 2018; VICTOR et al., 2014). Abordagens menos disruptivas para a mitigação das mudanças climáticas mantêm os sistemas existentes de mobilidade com alto nível de emissão de carbono, ao invés de promover a transição para baixa emissão (FLETCHER et al., 2019). A implicação é que tais abordagens não contribuem para manter as temperaturas globais abaixo do aumento acordado de 1,5°C em relação às temperaturas da era pré-industrial (IPCC, 2014; ONU, 2015).

Uma estratégia associada a essa política é a promoção da adoção da mobilidade ativa | Carving Vehicle | Triciclo movido à propulsão humana (base OICS, 2021), ou seja, aquela realizada de forma não motorizada, fazendo uso unicamente de meios físicos do próprio ser humano. A mobilidade ativa vem sendo disseminada não só para o deslocamento de pessoas, mas também para o transporte de cargas.

Onde o transporte ativo de cargas não é possível ou viável, a promoção do uso de transporte elétrico | Bicicleta Elétrica | Veículos Elétricos | Adoção de ônibus elétricos em sistemas de transporte | Triciclo elétrico para transporte de cargas | Triciclo elétrico com pedal assistido | Bicicleta elétrica assistida dobrável | Carros elétricos para duas pessoas (base OICS, 2021) nas regiões centrais da cidade tem sido um avanço importante, principalmente para o transporte público (FULTON et al., 2013; EC, 2018; FLETCHER et al., 2019). Há um número crescente de cidades ao redor do mundo promovendo a adoção de bicicletas cargo (manual ou elétrica) para atender aos serviços de entrega locais (compras de supermercado e necessidades diárias) (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019).

Essa política implica em elaboração de ações no âmbito do próprio arranjo urbano e na dinâmica do uso dos espaços, como a introdução de sistemas eficientes de distribuição de produtos e insumos no meio urbano através de parcerias com transportadoras e motoristas (EC, 2018), a criação de zonas de emissão ultra baixa de carbono ou até mesmo zonas de emissão zero (POLÍTICO, 2020); ou ainda a implantação de rede de reabastecimento elétrico | Mobilidade Sustentável Corporativa | Ciclo Táxis | Serviço de transporte de passageiros e cargas em bicicleta por aplicativo (base OICS, 2021).

Para alcançar efetividade em uma política voltada a uma mobilidade de baixo

carbono, demanda-se instituir programas e projetos para a diminuição sistemática da pegada ambiental | MagLev

- Veículo urbano de levitação magnética | Veículo Leve | Ônibus de Hidrogênio (base OICS, 2021),

reduzindo, assim, a poluição do ar, tráfego, ruído ou vibrações (TURÓN et al., 2017). Além disso, na integração entre os sistemas de mobilidade e os sistemas de energia para as cidades observa-se a realização de políticas para estimular a adoção de fontes renováveis e menos poluentes de energia (FULTON et al., 2013, FLETCHER et al., 2019). Complementarmente, pode-se estabelecer programas e projetos para substituição de tecnologias nos veículos motorizados por tecnologias mais eficientes e/ ou menos poluentes. Outra estratégia associada trata da execução de sistema de avaliação ambiental dos veículos, que pode ampliar a motivação de proprietários para substituir tecnologias obsoletas (EC, 2016) e estimular a adoção de fontes de propulsão menos poluentes ou veículos mais eficientes energeticamente (EC, 2018).

Política de inteligência digital para o sistema de mobilidade

Felizmente as tecnologias digitais emergentes (IoT – Internet das Coisas, Blockchain, (Inteligência Artificial (IA), Big Data) têm oferecido novas oportunidades para instrumentalizar a mobilidade mais sustentável. Essas oportunidades são auxiliadas pelo crescimento na adoção de internet de banda larga móvel nos lares brasileiros (80,2% em 2018 e 81,2% em 2019), sendo, ainda, o telefone celular a tecnologia mais utilizada (IBGE, 2019). Esse quadro é auxiliado pelo aumento de veículos e outros artefatos para mobilidade conectados na internet ou com tecnologias que habilitam tal conexão (GALLO; MARINELLI, 2020). O estudo de zawieska e Pieriegud (2018) realizou uma meta-análise de 14 pesquisas no tema e aponta contribuições dessas tecnologias inteligentes de 5 a 10% na redução das emissões de CO2 nas atividades de transporte.

As tecnologias digitais oferecem a capacidade de prover aos cidadãos dados, informações, conhecimento e inteligência em apoio a suas decisões relativas à mobilidade. Um exemplo é o suporte no processo de decisão em mobilidade, auxiliando na seleção da melhor rota e modal | Ampliação da mobilidade do cidadão a partir de acesso facilitado à informação (base OICS, 2021) (FULTON et al., 2013;

ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018; FLETCHER et al., 2019). Tal funcionalidade inclui prover soluções que incentivem os cidadãos a considerarem alternativas mais sustentáveis de mobilidade. Nesse contexto, de acordo com Weiser et al. (2016), a tecnologia da informação e comunicação (TIC) com reconhecimento de localização (geolocalizadores) pode contribuir de forma efetiva para engajar indivíduos na adoção de um estilo de vida mais sustentável.

No elenco dessas estratégias pode ser integrada a gamificação do processo de escolha de alternativas mais sustentáveis. O que inclui o provimento de ecofeedback sobre o desempenho individual (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018) e a comparação com o desempenho de outras pessoas (DISALVO et al., 2010). Ao fornecer feedback em tempo real, é possível influenciar as escolhas presentes e as que caracterizam o comportamento futuro (WEISER et al., 2016). Para viabilizar tais estratégias, observam-se iniciativas tanto de caráter público como privado, que resultam na disponibilização de aplicativos | Aplicativo para mobilidade assistida | Tecnologia mobile para situações emergenciais e segurança colaborativa (base OICS, 2021) que possibilitam a melhoria da experiência do usuário (ELSHENAWY et al., 2021).

Para viabilizar esses avanços são necessárias ações voltadas à integração de infraestruturas físicas e digitais, como a implantação de sistemas de gestão e controle do trânsito e zonas de estacionamento (EC, 2018). Dessa forma, esses mesmos sistemas podem facilitar a identificação de informações acerca da disponibilidade de vagas de estacionamento (ELSHENAWY et al., 2021) ou gerenciar sistemas de sinalização com sensores da presença | Transporte coletivo autônomo (base OICS, 2021) de pedestres e ciclistas (MATEESCU; POPA, 2017).

Política para uma infraestrutura mais atrativa à mobilidade ativa

Mobilidade ativa refere-se à mobilidade realizada através do esforço humano, como, por exemplo, caminhar ou pedalar uma bicicleta. A importância dessa modalidade de deslocamento no espaço urbano tem aumentado como estratégia para se contemplar tanto os desafios ambientais da contemporaneidade como a demanda por melhor qualidade de vida nas cidades. De fato, é um modal que impacta diretamente a reintrodução da atividade física no cotidiano das pessoas,

contribuindo para a melhoria da saúde da população e, ao mesmo tempo, contribuindo para reduzir o absenteísmo e aumentando a produtividade. Notória é sua contribuição na redução direta nas emissões de gases com efeito estufa, na redução da poluição atmosférica e sonora em regiões e contextos de trânsito congestionado e, também, na redução da necessidade de áreas de estacionamento e infraestruturas (SCOTINI et al., 2017; PAJARES et al., 2021).

A existência de uma estrutura urbana densa e diversa é uma pré-condição para que se aumente a parcela do sistema de mobilidade realizada por meio de modos ativos. Em contraponto, áreas com menor densidade e menor diversidade de ofertas de infraestrutura e serviços apresentam menor intensidade de mobilidade ativa. É necessária uma abordagem holística que considere não só a mobilidade, mas de maneira mais geral, a distribuição espacial das atividades e a atratividade da infraestrutura e serviços de tal forma a motivar seus cidadãos a considerarem este modal (PAJARES et al., 2021).

Estratégias para se alcançar esse objetivo incluem a instalação de infraestrutura de alta qualidade para caminhadas e ciclismo, ampliando o valor comparativo da mobilidade ativa em relação à mobilidade motorizada. Para tanto, é necessário melhorar o conforto e a conveniência nos trajetos realizados pela mobilidade ativa, o que pode envolver fatores como calçadas e ciclovias sombreadas, largas, iluminadas, contínuas e bem drenadas. É necessário, portanto, o redesenho da infraestrutura urbana de maneira a viabilizar a superação de barreiras naturais ou artificiais, prevenir grandes áreas inacessíveis a pedestres | Reabilitação de espaço residual como infraestrutura de circulação (base OICS, 2021) (TURÓN et al., 2017; BIVINA; PARIDA, 2020; RIGGS; SETHI, 2020) e reduzir a presença de caminhos sem conexão com o sistema de mobilidade (TURÓN et al., 2017), que muitas vezes impedem a mobilidade ativa segura, confortável e fácil. A superação de barreiras pode demandar a construção de passarelas e passagens | Pontes exclusivas para pedestres e ciclistas (base OICS, 2021) para a locomoção de pedestres, ou passagens únicas entre diferentes meios de transporte (SMITH; HENSHER, 2020; WONG et al., 2020; POLYDOROPOULOU et al., 2020). Inclui-se aqui a efetiva integração de ciclovias | Rodovia intrarregional para circulação exclusiva de bicicletas (base OICS, 2021) ao sistema de mobilidade (GALLO; MARINELLI, 2020), além de criação de soluções de wayfinding em todo o sistema.

A infraestrutura de apoio e comodidades para pedestres precisa ser amplamente disponível, como abrigos para ônibus e bicicletários | Bicicletário de grande capacidade (base OICS, 2021) e infraestrutura de suporte ao ciclista, posicionados em frente a pontos comerciais (lojas, escritórios, escolas etc.) e centros de transporte (terminais de ônibus) (BIVINA; PARIDA, 2020) com espaços públicos atrativos | Ação comunitária pró-pedestre (base OICS, 2021), incluindo mobiliário urbano | Mobiliário Urbano - Elementos adjacentes ao transporte público de massa (base OICS, 2021) e sinalização adequada | Telhados verdes para ônibus urbanos (base OICS, 2021) (FULTON et al., 2013; TURÓN et al., 2017; MATEESCU; POPA, 2017; FLETCHER et al., 2019). Essas estratégias implicam na aplicação de soluções de Design e Arquitetura que ampliem o pertencimento do cidadão com os espaços públicos, alterando as percepções de status associados aos modais e às regiões da cidade.

Uma estratégia bastante efetiva nessa política é a implantação de áreas verdes padronizadas, onde a própria linguagem paisagística pode atuar como instrumento complementar à sinalização (TURÓN et al., 2017). Note-se que o estabelecimento de padrões no âmbito municipal pode envolver não só o paisagismo, mas também o projeto de vias, calçadas, ciclovias e cruzamentos (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019), assim como a definição de ruas ou quadras dedicadas exclusivamente (ou prioritariamente) para pedestres | Ruas para crianças Woonerf | Passeio urbano exclusivo para pedestre (base OICS, 2021) (TURÓN et al., 2017; GALLO; MARINELLI, 2020).

Política de promoção da acessibilidade no sistema de mobilidade

Tal política decorre da necessidade de provimento de uma infraestrutura de qualidade com acesso aberto e equitativo, possibilitando um deslocamento confortável, seguro e ágil entre pontos de uma cidade (RODRIGUES, 2021; FARRINGTON, 2007). Aborda especificamente a necessidade de proporcionar o acesso a sistemas de transporte seguros e com preços acessíveis a todos, com atenção especial às necessidades de pessoas em situação de vulnerabilidade, como crianças, idosos e pessoas com deficiências. Portanto, essa política alinha-se com o objetivo 10 do ODS (reduzir as desigualdades), promovendo a inclusão social, econômica e política de pessoas de todas as idades, deficiências ou

qualquer outro status. Além disso, está associada também à meta número 11 (cidades sustentáveis e comunidades), pois incentiva a criação de cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (AzEVEDO et al., 2021).

Uma das repercussões dessa política é a integração de requisitos de acessibilidade de pedestres em novos projetos de desenvolvimento urbano público ou privado (TURÓN et al., 2017). Esses requisitos, pautados por princípios de design universal, necessitam instrumentalizar, por exemplo, o desenvolvimento de soluções de acessibilidade para que pessoas com deficiência e idosas tenham facilidade e independência no acesso ao transporte | Equipamentos para acessibilidade e inclusão social como o Sombreiro Portátil | Produção e distribuição de bicicletas (base OICS, 2021).

O planejamento urbano tem papel decisivo na operacionalização dessa política, posto que define o arranjo do sistema de mobilidade, incluindo as regras para uso do solo (RODE et al., 2014). Para que o planejamento alcance equidade na solução de mobilidade é necessária a adoção de um processo sistemático de inclusão e envolvimento das pessoas deficientes na concepção e no estabelecimento da própria política e de seus programas, projetos e ações derivadas. A inclusão deve considerar também outros públicos que podem estar em situação vulnerável, o que pode resultar na consideração de demandas específicas de gênero. A pauta do planejamento pode incluir, por exemplo, rotas e modais para escolares e universitários com base em parâmetros de acessibilidade ativa e coletiva. Para que alcancem efetividade é necessária a integração de práticas de monitoramento das ações voltadas à acessibilidade, possibilitando processos de decisão baseados em dados.

As ações no âmbito dessa política integram a implantação de produtos, serviços e sistemas | Veículos adaptados para pessoas com dificuldade de locomoção ou mobilidade reduzida | Cadeiras anfíbias (base OICS, 2021) que possibilitem a mobilidade de pessoas com deficiência visual (VEEVER, 2021) e a efetivação de equipamentos de interface modal que viabilizem a equidade de acesso a pessoas com deficiências (KETT et al., 2020). Isso inclui a implementação de informações de orientação, pautadas por princípios de design universal, ao longo das rotas do sistema de mobilidade (KETT et al., 2020).

É muito importante a integração de critérios de acessibilidade no próprio processo de compras voltado para as demandas municipais para a mobilidade. Para tanto, geralmente faz-se necessário um amplo e contínuo esforço de treinamento sobre acessibilidade e segurança em mobilidade para todos os prestadores de serviço (público ou privado) envolvidos com a mobilidade. Essa capacitação também deve contemplar o público de maneira geral, com a implantação de campanhas de conscientização quanto à equidade na acessibilidade e segurança no sistema de mobilidade (KETT et al., 2020).

Política de promoção da economia distribuída no sistema de mobilidade

As estratégias para se alcançar uma mobilidade mais sustentável incluem iniciativas para reduzir a demanda por deslocamentos (NYKVIST; WHITMARSH, 2008). Uma das formas de se reduzir essa demanda é a adoção de políticas orientadas a configurações mais distribuídas das cidades. Economia distribuída é aquela onde as atividades econômicas são organizadas em unidades em pequena escala e flexíveis, integradas em redes sinérgicas e colaborativas, sendo capazes de suprir as demandas específicas locais de forma ágil e direta (JOHANSSON et al., 2005; SANTOS, 2018).

O planejamento do uso do solo é chave para induzir a uma economia mais distribuída. A maior proximidade espacial, característica da economia distribuída, diminui a necessidade de mobilidade (motorizada ou não). Isso demanda uma mudança de paradigma no planejamento urbano, com o encorajamento de cidades mais compactas, com maior diversidade nas funções permitidas para uso do espaço urbano, reduzindo a demanda por mobilidade motorizada. Trata-se aqui de se desenvolver soluções que conduzam a uma cidade policêntrica, com a provisão de todas as necessidades do indivíduo o mais próximo possível do mesmo. Essa política demanda, portanto, que o planejamento urbano seja centrado no cidadão (UNHABITAT, 2021). A conectividade digital tem facilitado a adoção desse conceito (LYONS; DAVIDSON, 2016) e isso é demonstrado de forma enfática pelo rápido aumento do volume de e-commerce com implicação direta na dinâmica dos sistemas de mobilidade nas cidades.

Políticas voltadas a uma economia mais distribuída podem demandar incentivos

para empresas que contratam pessoas para trabalhar em casa (teletrabalho), em modelos de trabalho remoto e inteligente, possibilitando maior proximidade entre trabalho e residência. No âmbito do planejamento urbano, isso pode demandar a definição de regulamentos, planos e incentivos municipais de maneira a articular a densidade da economia ao longo de corredores de transporte. Como resultado, tais definições podem induzir a: implantação de setores urbanos residenciais, de trabalho e de lazer mais estreitamente conectados e mesclados para reduzir deslocamento, ou a concentração de empreendimentos comerciais no entorno de centros de transporte ou a criação de empreendimentos de alta densidade e uso misto.

Política de oferta de incentivos econômicos para a mobilidade mais sustentável

Esta política é fundamentada na lógica da “economia comportamental”, que se configura como uma integração do campo da economia com o campo da psicologia. Faz-se uso da percepção de valor comparativo de uma solução em relação a uma concorrente para estimular a adoção de comportamentos mais sustentáveis. Parte-se do pressuposto de que o comportamento humano em relação à mobilidade é complexo e influenciado por uma diversidade de fatores como custo, política, valores sociais, percepções, necessidades, desejos, status quo, normas e valores sociais.

Note-se que a economia comportamental contesta a visão de escolhas estritamente racionais e previsíveis, baseadas apenas em aspectos econômicos (THALER, 2015; DELLAVALE et al., 2018).

O indivíduo toma decisões habituais, a partir das suas crenças, procurando manter o status quo. Portanto, o contexto é determinante para criar as condições favoráveis para que os indivíduos alterem essas preferências, percepções e a forma como as pessoas interpretam e realizam suas escolhas quanto à mobilidade (NIEDDERER et al., 2014; LEHNER et al., 2015; DELLAVALLE et al., 2018; HOLOHAN; BROWNE, 2020).

As práticas ao redor do globo, para o estabelecimento de medidas de caráter econômico para o estímulo a comportamentos mais sustentáveis nos sistemas de mobilidade, têm adotado desde abordagens coercitivas até motivacionais.

Observam-se, por exemplo, estratégias voltadas à diferenciação de preços de passagem | Pedágio Urbano (base OICS, 2021) em função de horários ou de distâncias efetivamente percorridas (EC, 2016) ou até mesmo a oferta de transporte público gratuito | Tarifa zero no Transporte Público (base OICS, 2021) (MATEESCU; POPA, 2017). No âmbito dos tributos destaca-se o estabelecimento de tributos diferenciados | Promoção de alternativas de transporte sustentável a famílias usuárias de carros antigos (base OICS, 2021) para combustíveis ou veículos, em função do impacto ambiental e das emissões de gases de efeito estufa, o que inclui incentivos fiscais para a aquisição de bicicleta e incentivos monetários para passageiros que vão de bicicleta para o trabalho (AMARAL et al., 2017). Inclui-se, no espectro de estratégias, a redução ou supressão dos impostos associados à aquisição de veículos elétricos (GALLO; MARINELLI, 2020) ou subsídios para incentivar o compartilhamento de veículos (SANTOS, 2018).

A implementação de mecanismos automáticos de cobrança para circulação de veículos motorizados em áreas da cidade, com a utilização de tecnologias digitais (KETT et al., 2020), tem instrumentalizado a operação de medidas de caráter econômico com incentivos e penalidades para reduzir o uso de veículos motorizados individuais em horários de pico de demanda (OECD, 2020), aplicando inclusive taxas de congestionamento (SANTOS, 2018). De maneira similar, observa-se a implementação de sistemas de preços para estacionamentos que atuam como incentivo a não utilização do transporte individual motorizado ou a instauração de estacionamentos periféricos que incentivem o não ingresso de veículos motorizados individuais em zonas da cidade (EC, 2018) ou quando as medidas anteriores não são possíveis, a provisão de espaços de estacionamento rotativos gratuitos, estimulando assim a rotação de usuários (OECD, 2020).

Política de restrição ao transporte individual motorizado

A restrição ou o impedimento do acesso de veículos motorizados a cidades (car free cities) ou regiões tem sido empregado em um número crescente de cidades ao redor do mundo como política voltada a alcançar um ambiente urbano mais sustentável. As motivações para isso incluem a redução da poluição e a redução da poluição sonora, possibilitando ao município redirecionar o espaço urbano

disponibilizado (ruas, estacionamentos) para outras funções (PATEL et al., 2016; KHREIS, 2016). A aplicação dessa política demanda o provimento de modo alternativo que viabilize os deslocamentos pretendidos pelos cidadãos.

Estratégias para introduzir essa política incluem a restrição para a circulação de carros | Paulista Aberta | Política de zona livre de carros de Groningen - Holanda (base OICS, 2021), em função da placa do veículo e dia da semana, restrições de horários para atividades específicas (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019), a criação de zonas de tráfego limitado (SANTOS, 2018) ou pedágios urbanos | Política de estacionamento da Cidade do México - México (base OICS, 2021) para ingresso em áreas mais densas (GALLO; MARINELLI, 2020).

A restrição a veículos motorizados muitas vezes ocorre por meio de ações que privilegiam ou dão preferência a outros modais, como a definição de faixas exclusivas para ônibus | Reajustamento viário - Ruas Completas (base OICS, 2021) e veículos de mobilidade compartilhada ou a demarcação de zonas livres de trânsito motorizado | Fechamento permanente da Avenida Rio Branco - Rio de Janeiro – Brasil | zona livre de carros - Pontevedra, Galícia - Espanha (base OICS, 2021). Pode ocorrer também, por meio de estratégias mais coercitivas e radicais, a definição de restrições à propriedade de veículos e medidas de fechamento ou restrição de acesso a vias (SANTOS, 2018). Finalmente, a indução pode acontecer nas próprias diretrizes de utilização do solo, com a redução das opções de estacionamento privado, o que pode incluir a restrição na provisão de estacionamento dentro de novos empreendimentos imobiliários.

Política de promoção da economia compartilhada no sistema de mobilidade

A busca por uma economia compartilhada, voltada à mobilidade, envolve a promoção de práticas no meio urbano que estimulem a ampliação da infraestrutura disponível para a mobilidade, sem que haja necessariamente a introdução de novos artefatos. Isso é alcançado pela otimização da infraestrutura disponível (bicicletas, ferramentas) ao longo de seu ciclo de vida através do compartilhamento. A economia compartilhada afeta profundamente a dinâmica de um sistema de mobilidade urbano, implicando em novos processos de negócio, novas formas de organização do trabalho, novas configurações comunitárias, sempre orientadas à

mutualização de produtos, espaços e serviços. A ênfase é no uso e não na posse, sendo que as interações são frequentemente realizadas via plataformas na internet (VASQUES, 2015). Note-se que, no sentido mais amplo, além do compartilhamento propriamente dito, a definição de um consumo colaborativo inclui práticas como: escambo, troca, doações e até revenda, o que pode ser relevante para alcançar a maior equidade da oferta de soluções para a mobilidade.

No espectro de soluções compartilhadas, encontra-se o próprio transporte coletivo e também ônibus e microtrânsitos acionados sob demanda. Observa-se um volume crescente de ofertas para compartilhamento de veículos, o chamado carsharing. Tal opção apresenta um severo contraste com modos privados de mobilidade, como veículos particulares, os quais têm um desempenho ruim nas dimensões espacial e temporal, normalmente com média de apenas 1,2 pessoa por veículo para a viagem para o trabalho, ficando ocioso cerca de 95% do tempo. O compartilhamento de veículos vem sendo dominado por novos serviços de mobilidade liderados por empresas de transporte – integrando-se à oferta já existente de táxis convencionais e táxis compartilhados – sendo temporalmente eficientes, mas não espacialmente eficientes. A eficiência do sistema de compartilhamento depende do modelo de propriedade, incluindo desde abordagens cooperativas, colaborativas ou corporativas (WONG et al., 2020) Lagadic et al. (2019) diferenciam cinco principais modalidades de serviços de carsharing, de acordo com o público a que se destinam e o processo de retirada do veículo: a) B2C round trip (ida e volta): retira-se o carro em um local e deve-se devolver no mesmo local após o uso; b) B2C com estação de via única (one-way): retira-se o carro em uma estação específica, podendo fazer a devolução em um local diferente, desde que seja uma estação exclusiva da empresa prestadora; c) B2C de via única livre (one-way free floating): não existem estações e o carro podem ser retirado e retornados em qualquer local, desde que seja uma vaga permitida; d) pessoa para pessoa (P2P): proprietários de carros particulares compartilham seus carros diretamente com outros usuários por meio de uma plataforma fornecida por um operador; e) compartilhamento corporativo (B2B): frota de veículos disponibilizados para os funcionários, podendo ser acessados diretamente ou por meio de uma plataforma terceirizada.

Nesse contexto, uma política pública voltada a fomentar a economia do

compartilhamento em sistemas para mobilidade necessita considerar a implementação de infraestrutura e serviços de suporte | VAMO - Veículos Alternativos para Mobilidade | Busão da Comunidade - Belo Horizonte - Brasil | E-Vai - Serviço de compartilhamento de carros elétricos na região da Lombardia (base OICS, 2021) à economia de compartilhamento (AMARAL et al., 2017; FULTON et al., 2013; SANTOS, 2018; FLETCHER et al., 2019), o que pode incluir incentivos | Bynd (base OICS, 2021) para estabelecimento de sistemas de compartilhamento de bicicletas, veículos e outros artefatos de suporte à mobilidade (BERGMAN et al., 2017; GALLO; MARINELLI, 2020).

Isso pode envolver a necessidade de soluções para integração modal do transporte público com as soluções de mobilidade compartilhada (SMITH; HENSHER, 2020; WONG et al., 2020; Polydoropoulou et al., 2020) ao mesmo tempo que se amplia a qualidade do transporte público, com melhoria da regularidade, conforto, conectividade modal e preços (MATEESCU; POPA, 2017). Uma estratégia largamente disseminada tem sido a disponibilização de vias dedicadas ao transporte público e com possibilidade de controle de geoposicionamento por parte dos usuários (MATEESCU; POPA, 2017), o que pode ser somado à implementação de serviços personalizados | Pedalando para o Futuro- Queimados - Rio de Janeiro | Yellow - Patinetes - São Paulo - Brasil | Yellow - aluguel de bicicletas| Integrabike - sistema de compartilhamento de bicicletas da cidade de Sorocaba | Empréstimo de bicicleta para estudantes – UENF – Campos dos Goytacazes (RJ) | Bike Rio | Voi - micromobilidade em Paris (base OICS, 2021) para mobilidade compartilhada (zEELO, 2021).

Política de promoção da segurança no sistema de mobilidade

Uma política voltada à segurança na mobilidade trata de possibilitar ao cidadão deslocamentos livres de perigos e incertezas, assegurando a redução de danos e riscos eventuais tanto ao patrimônio material como à própria integridade física. Dessa forma, reduzir acidentes e a mortalidade decorrente é um elemento central em tal política. A situação da mortalidade no trânsito é tão expressiva no mundo que levou a Organização das Nações Unidas (ONU), junto com a Organização Mundial da Saúde (OMS), a proclamar em 2010 a Década de Ação pela Segurança no Trânsito 2011-2020. Reduzir as taxas de mortalidade no trânsito demanda

fortalecimento da gestão, investimento em infraestrutura, segurança veicular, comportamento e segurança dos usuários do trânsito, e atendimento pré-hospitalar e intra-hospitalar ao trauma (WAISELFSz, 2013; WHO, 2011).

Dentre as estratégias mais comuns para implementar essa política está a instalação de zonas com limite de velocidade | zona 30 e Segurança de Trânsito em Londres - Inglaterra | Via Calma Curitiba (base OICS, 2021) (zona calma), execução de iluminação e sinalização adequada em todas as rotas e a sistemática e criteriosa implantação de barreiras de segurança | zona 30 e Segurança de Trânsito em Londres - Inglaterra | Quatro estratégias de travessias seguras para pedestres e ciclistas (base OICS, 2021) em todo o sistema de mobilidade (GALLO; MARINELLI, 2020). As próprias decisões relativas a suprimentos no âmbito do município podem apoiar esta política, através da aquisição de veículos com tecnologias inteligentes orientadas à ampliação da segurança (detector de pedestres). Estratégias específicas estão sendo introduzidas em cidades ao redor do mundo para públicos com demandas específicas quanto à segurança. É o caso, por exemplo, da instalação de soluções de transporte dedicadas exclusivamente a mulheres | Aplicativo Venuxx; Lady Driver (base OICS, 2021) (GRAGLIA, 2016).

Política de planejamento e gestão para eficiência do sistema mobilidade

A mobilidade sustentável requer uma mudança de um paradigma tradicional de política de mobilidade que fez dos carros o modo dominante das pessoas se deslocarem para e no meio urbano (BANISTER, 2008). De fato, desde o final dos anos 1960 ocorre uma consciência crescente sobre o impacto ambiental negativo do transporte motorizado e, especialmente, da excessiva dependência do carro particular (ISAKSSON et al., 2017). Com a mobilidade sustentável há uma inversão deste paradigma, com a busca por soluções que tornem a mobilidade ativa e compartilhada mais atrativa, confortável e eficiente.

Alcançar a mobilidade urbana sustentável junto com a inclusão social, eficiência econômica e proteção ambiental | Plano Cicloviário de Curitiba | Copenhague, Dinamarca | Plano de mobilidade urbana sustentável de Madri (base OICS, 2021) são os objetivos gerais das políticas de mobilidade urbana sustentável. Isso implica na implementação de ações que permitam maior equidade a todos os cidadãos,

inclusive no nível de investimentos em soluções do sistema de mobilidade (GALLO; MARINELLI, 2020). O conteúdo da política pode assumir uma variedade de formas, desde a redução da motorização até a melhoria do transporte público ou suporte a meios de transporte ativos, como caminhada e bicicleta. Integrar parâmetros para o uso da terra e do transporte, desestimulando o uso do carro onde for possível e, ao mesmo tempo, aumentando a oferta e a conectividade modal são alguns dos instrumentos de política usados com frequência por formuladores de políticas e planejadores.

O planejamento visando à maior eficiência do sistema de mobilidade enfatiza a busca pelo equilíbrio das intensidades de uso, buscando reduzir eventuais gargalos, | Pesquisa de Origem e Destino de Recife 2016 (base OICS, 2021) (TURÓN et al., 2017) sendo comuns estratégias que envolvem a implantação de ações para a redução da densidade de mobilidade | Plano de Mobilidade Sustentável Corporativa Torre Santander - São Paulo - Brasil (base OICS, 2021) no horário de pico (AMARAL et al., 2017); funções removíveis e reversíveis no sistema de mobilidade, permitindo soluções temporárias (EIT URBAN MOBILITY, 2020); horários diferenciados para as várias categorias de usuários do sistema, contribuindo para reduzir a demanda nos horários de pico (OECD, 2020; POLYDOROPOULOU et al., 2020); e estratégias de gestão da demanda com base em fatores econômicos (preços variáveis) (EC, 2018).

Essas e outras ações dependem da definição de uma visão de futuro para a mobilidade, inspiradora e viável (SMITH; HENSHER, 2020; WONG et al., 2020). Contemporaneamente, este planejamento necessita ter com a mais absoluta prioridade o pedestre (TURÓN et al., 2017). Sua operação requer o estabelecimento de metas claras a temas como: a diminuição da poluição do ar, emissão de gases de efeito estufa e poluição sonora (GALLO; MARINELLI, 2020; CANITEZ, 2020; ISAKSSON et al., 2017). O estabelecimento de metas precisa estar associado ao estabelecimento de práticas para otimização e melhoria contínua da eficiência operacional do sistema de mobilidade (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019). Esses esforços de planejamento podem chegar no âmbito do indivíduo com ações de suporte à customização do planejamento da solução de mobilidade mais sustentável adequada a cada cidadão (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018).

O planejamento requer o estabelecimento de indicadores de desempenho correspondentes às metas definidas (OECD, 2020) dentro da lógica e planejamento baseado em evidências. Tais protocolos necessitam integrar parâmetros de integração, eficiência e confiabilidade nos objetivos do planejamento (SSATP, 2015). O World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (2020) propõe uma lista de 22 indicadores para uma mobilidade urbana mais sustentável: 1) preços acessíveis para os mais pobres; 2) acessibilidade para as pessoas com deficiências; 3) emissões de poluentes; 4) nível de ruído; 5) segurança no trânsito; 6) acesso a serviços de mobilidade; 7) qualidade das áreas públicas; 8) diversidade funcional; 9) tempo no transporte público; 10) oportunidades econômicas; 11) dispêndio público; 12) espaço utilizado pela mobilidade; 13) emissões de gases do efeito estufa; 14) congestionamentos; 15) eficiência energética; 16) oportunidade para mobilidade ativa; 17) resiliência a desastres e catástrofes; 18) conectividade intermodal; 19) integração intermodal; 20) taxa de ocupação; 21) conforto e prazer; 22) segurança.

Para a operacionalização do processo de planejamento, algumas cidades têm adotado com sucesso a estratégia de instauração de uma instituição de gerenciamento do sistema de mobilidade integrado, implicando na definição de agentes de perfis multidisciplinares, com papéis claramente definidos no sistema de gestão da mobilidade (ORTEGON-SANCHEZ, 2016). Enfatiza-se aqui a importância em se facilitar a participação no processo de planejamento de cidadãos marginalizados e vulneráveis, possibilitando equidade de participação inclusive nos instrumentos de avaliação do sistema de mobilidade (KETT et al., 2020). Isso requer a adoção de protocolos de transparência sobre informações chave para todos os cidadãos (OECD, 2020).

Política de promoção de comportamentos mais sustentáveis na mobilidade

Esta política integra os programas, projetos e ações voltados à promoção e indução de comportamentos que resultem em uma mobilidade mais segura, socialmente equitativa, de baixo impacto ambiental e economicamente justa. Quando tais comportamentos se repetem ao longo do tempo, podendo alcançar até um estado de automaticidade, convertem-se em hábitos (DUHIGG, 2012; WENDEL, 2014).

A relevância dessa política é tal que se pode dizer que todas as outras políticas são dependentes, a curto e a longo prazo, da efetividade de sua implantação.

O processo de mudança do comportamento para a mobilidade sustentável pode ser interpretado como as seguintes cinco etapas: a pré-contemplação, contemplação, preparação, ação e manutenção. Na etapa de pré-contemplação o indivíduo não tem pretensão em agir, seja por estar desinformado ou mal-informado sobre as consequências do seu comportamento. Na etapa de contemplação o indivíduo pretende agir, pois compreende benefícios da mudança e os malefícios de manter o seu comportamento atual. Na etapa de preparação o indivíduo começa a traçar planos e objetivos para concretizar a ação em busca de uma mobilidade mais sustentável. Na sequência, durante a fase de manutenção é onde se demanda esforços para consolidar o novo comportamento, buscando convertê-lo em hábito (PROCHASKA; VELICER, 1997).

As estratégias para promover o comportamento sustentável podem ser reunidas em três grupos (LILLEY, 2009; BHAMRA et al., 2011): (a) Guiar a mudança: esse primeiro grupo de estratégias busca ampliar a compreensão e consciência sobre as repercussões holísticas ambientais, sociais e econômicas decorrentes das escolhas associadas à mobilidade, o que inclui inflexionar a crescente agressividade e competitividade no trânsito. Entre as estratégias desse grupo, destaca-se: implantar a semana de mobilidade sustentável | Dia sem carro em Bogotá | Caminho Escolar de Paraisópolis | Programa de Proteção ao Pedestre - São Paulo - Brasil (base OICS, 2021) e campanhas de promoção da mobilidade mais sustentável, segura e acessível (MATEESCU; POPA, 2017); ofertar cursos gratuitos de direção segura, disseminando práticas de direção que produzem, para a mesma quantidade de quilômetros percorridos, menor consumo de energia e emissões (GALLO; MARINELLI, 2020); fornecer alternativas para o aprendizado acerca de soluções mais sustentáveis para a mobilidade (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018); utilizar simuladores digitais para promoção de comportamentos e hábitos mais sustentáveis; implantar soluções de ecofeedback do desempenho individual em relação à mobilidade (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018), possibilitando a comparação do desempenho de cada indivíduo com indicadores de referência (WEISER et al., 2016); e possibilitar a cada cidadão a compreensão das repercussões a longo prazo de suas decisões em mobilidade (WEISER et al.,

2016); (b) Manter a mudança com estímulos que motivem os cidadãos a consolidar comportamentos sustentáveis, o que envolve: estratégias de gamificação do processo de decisão e planejamento acerca da mobilidade, que podem incluir o deslocamento ativo junto com outros usuários de forma virtual (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018); instrumentalizar a troca de informações entre usuários | Carona A Pé | Projeto Caminhar Pinheiros - São Paulo (base OICS, 2021) acerca de rotas para mobilidade ativa na cidade (ANAGNOSTOPOULOU et al., 2018); elaborar soluções persuasivas de comunicação ao longo das rotas de mobilidade (WEISER et al., 2016), contribuindo para alterar o status associado a modais de transporte ou a regiões da cidade; e a própria política de implantar uma infraestrutura mais atrativa | Programa Ponte Viva: Hercílio Luz Para as Pessoas (base OICS, 2021) à mobilidade ativa configura-se como uma estratégia que contribui para manter a mudança; e (c) Garantir a mudança, incluindo medidas de caráter mais coercitivo, impedindo comportamentos considerados inadequados. Aqui, inserem-se as estratégias restritivas citadas anteriormente como medidas voltadas à restrição para a circulação de veículos em função da placa do veículo e dia da semana; restrições de horários para atividades específicas (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019), definição de zonas de tráfego limitado (SANTOS, 2018) ou livres de trânsito motorizado | Fechamento permanente da Avenida Rio Branco - Rio de Janeiro - Brasil | zona livre de carros - Pontevedra, Galícia - Espanha (base OICS, 2021); fechamento ou restrição de acesso a vias (SANTOS, 2018); pedágios urbanos | Política de estacionamento da Cidade do México - México (base OICS, 2021) para ingresso em áreas mais densas (GALLO; MARINELLI, 2020; faixas exclusivas para ônibus | Reajustamento viário - Ruas Completas (base OICS, 2021) e veículos de mobilidade compartilhada (SANTOS, 2018); restrições à propriedade de veículos; redução das opções de estacionamento privado, o que pode incluir a restrição na provisão de estacionamento dentro de novos empreendimentos imobiliários.

Política para servitização do sistema de mobilidade

Esta política trata da introdução de programas, projetos e ações no âmbito municipal para promover a ampliação da oferta do mix de produtos e serviços para

o provimento da satisfação das demandas de mobilidade dos cidadãos. Implica na promoção de inovações pautadas pela mudança do paradigma da propriedade pessoal dos meios de transporte para a oferta de soluções de mobilidade como serviço, contribuindo para ampliar a multimodalidade (SOCHOR; SARASINI, 2017; SMITH; HENSHER, 2020). A servitização do sistema de mobilidade visa a oferecer mobilidade contínua para usuários finais e fornecer benefícios econômicos, sociais, de transporte e ambientais para as cidades.

Dentre suas implicações para a sustentabilidade está a redução dos artefatos circulando no sistema de mobilidade, em decorrência da maior otimização do ciclo de vida dos mesmos, além da maior responsabilidade dos fabricantes com a gestão do ciclo de vida desses artefatos (SANTOS et al., 2018). Tecnologias digitais emergentes permitem que os usuários tenham acesso a vários tipos de serviços de mobilidade pessoal. Nesse sentido, “mobilidade como serviço” (MaaS) é um conceito que agrupa serviços de mobilidade pessoal de múltiplos provedores em uma interface conjunta por meio da qual podem ser pesquisados, reservados e pagos (HEIKKILA, 2014).

O MaaS não é um novo padrão de transporte em si, mas sim um modelo de serviço que pode envolver novos comportamentos de viagem, diminuindo a demanda pela propriedade de carros particulares e aumentando a multimodalidade (SOCHOR; SARASINI, 2017; SMITH; HENSHER, 2020). De acordo com Smith e Hensher (2020), o MaaS demonstrou, em casos limitados, tornar mais fácil para os cidadãos o acesso e a utilização de diversos serviços de mobilidade complementares. O MaaS oferece benefícios consideráveis, como uma pegada de carbono menor da mobilidade pessoal, menos congestionamentos e necessidade de estacionamento, o que, por sua vez, pode levar a maior produtividade, melhoria da qualidade do ar e menos acidentes de trânsito (GOODALL et al., 2017). De acordo com Polydoropoulou et al. (2020), para entregar um modelo MaaS, múltiplos atores cooperam sob uma plataforma de mobilidade única e compreende uma ampla gama de partes combinadas, incluindo autoridades públicas, operadores de transporte público e privado, fornecedores de dados, empresas de TI, fornecedores de serviços de bilhética e pagamento, telecomunicações, empresas financeiras, instituições, associações de passageiros etc.

Estratégias genéricas para a servitização incluem: a) criação de novos serviços CityBus 2.0: sistema de transporte coletivo por aplicativo de Goiânia/GO (base OICS, 2021); b) novos canais de entrega de serviço já existente Carbono zero Courier (base OICS, 2021); c) criação de novas interações com os consumidores, como forma de melhoria de um serviço existente, como, por exemplo, a oferta de serviços de mentoria na definição dos planos individuais de mobilidade; d) integração de novas tecnologias | Pedal me App - Londres - Inglaterra (base OICS, 2021), em particular as digitais, possibilitando a ampliação do valor oferecido por um serviço (DEN HERTOOG, 2000). Para esta última estratégia, uma contribuição importante para sua disseminação é o desenvolvimento de sistemas de informação para suporte a novos serviços digitais em mobilidade e suporte à capacitação de equipes de atendimento aos usuários dos serviços de mobilidade (SMITH; HENSHER, 2020; WONG et al., 2020; POLYDOROPOULOU et al., 2020).

No âmbito municipal, a busca pela servitização da mobilidade pode ser alcançada, por exemplo, por meio da definição de programas e projetos para melhoria e inovação nos serviços de mobilidade. Essas iniciativas têm um papel chave no estímulo à ampliação da oferta de novos serviços responsivos à demanda e com padrões de sustentabilidade mais elevados (WONG et al., 2020; POLYDOROPOULOU et al., 2020). Isso pode demandar o provimento de incentivos ou suporte de curto prazo para empreendedores envolvidos na implementação de novos serviços e novos negócios para a mobilidade (BERT et al., 2020; OECD, 2020; ELSHENAWY et al., 2023). Observa-se a utilização de benefícios econômicos (cupons de desconto) vinculados a serviços de mobilidade sustentável como estímulo na adesão a essas novas ofertas (SMITH; HENSHER, 2020).

Política de integração multimodal

Esta política trata da promoção da integração dos sistemas de mobilidade de maneira a viabilizar que os deslocamentos através da cidade possam ser ágeis e eficientes pela utilização de múltiplos modais. Na intermodalidade, tipicamente a(o) usuária(o) realiza os deslocamentos por meio da utilização de dispositivos (como fichas de transporte ou dinheiro) para acesso ao transporte em cada veículo, havendo separação das responsabilidades de acordo com os atores envolvidos na

gestão e operação dos vários modais. Em contraposição, na multimodalidade utiliza-se um único dispositivo (como cartões passe por período de tempo) para se conseguir acesso ao transporte em toda a rota de deslocamento. Essa prática pode ser observada, por exemplo, em sistemas que permitem o controle e cobrança integrado de estacionamento e passagens (OECD, 2020).

A multimodalidade demanda o favorecimento das conexões entre modais | Integração bicicleta- transporte público em Malmo - Suécia (base OICS, 2021), inclusive aqueles não motorizados, como bicicleta e patinete, possibilitando a continuidade e eficiência dos fluxos das pessoas através da cidade (VTPI, 2019; BRAGA, 2017; PAVELSKI; BERNARDINIS, 2020). Tipicamente ocorre na forma de uma oferta mesclada de soluções orientadas a pedestres e modos motorizados (ônibus, trens, barcos) e não motorizados de transporte (bicicletas, patinetes) (BIVINA; PARIDA, 2020).

Implementar essa política demanda a introdução sistemática, em todos os níveis e escalas, de uma abordagem multimodal para o desenvolvimento e gestão dos sistemas de transporte urbano (SSATP, 2015). A longo prazo, busca-se a conectividade total da infraestrutura do sistema de mobilidade, por meio da melhoria dos pontos de transferência entre modais e, ao mesmo tempo, a ampliação do leque de ofertas | Metrocable, Teleférico de Medellín - Colômbia (base OICS, 2021) de soluções multimodais (OECD, 2020). Para tanto, essa política requer, por exemplo, ações que resultem no provimento de opções de transporte público e mobilidade ativa integradas, disponíveis e acessíveis para uso (FULTON et al., 2013).

primeiro e último quilômetro na jornada de um cidadão pela cidade é um aspecto crucial para se alcançar efetividade na multimodalidade (AzEVEDO et al., 2021). Portanto, essa política implica no provimento de produtos e serviços que possibilitem a realização do “último quilômetro” | Gnewt Cargo - logística na última milha em Londres | Pedivela Integração Logística (base OICS, 2021), de maneira confortável e de baixo custo (BERT et al., 2020). Isso pode demandar, por exemplo, a criação de soluções economicamente atrativas de armazenamento de bicicletas para realização deste “último quilômetro” (FULTON et al., 2013; FLETCHER et al., 2019; OECD, 2020).

Política de manutenção corretiva, preventiva e preditiva da infraestrutura de mobilidade

Esta política trata da garantia da funcionalidade do sistema de mobilidade, sendo fundamental para que mantenham ou ampliem os níveis de conforto, segurança e acessibilidade, além de garantir a extensão do ciclo de vida da infraestrutura em uso. Segundo a Norma NBR-5462 (ABNT, 1994), a manutenção pode ocorrer de acordo com três níveis: a) corretiva: efetuada após a ocorrência de uma falha (ou pane), na qual busca-se restabelecer as condições de operação de uma dada função no sistema; b) preventiva: realizada em intervalos predeterminados e com critérios prescritos, reduzindo a probabilidade de falha ou degradação dos componentes do sistema; c) preditiva: visa a reduzir a própria necessidade de manutenções corretivas ou preventivas, através do monitoramento sistemático do sistema e atuação de maneira proativa na mitigação ou eliminação das fontes de falhas.

O estabelecimento de programas, projetos e ações voltadas à manutenção, segundo esses três níveis (corretiva, preventiva e preditiva), pode incluir desde calçadas ou pontos de ônibus até grandes complexos multimodais. Essas iniciativas necessitam buscar primordialmente a garantia de que a infraestrutura de mobilidade esteja mantida de acordo com os padrões de operação e segurança exigidos. Para tanto, as estratégias vinculadas a essa política demandam o monitoramento sistemático do estado da infraestrutura de mobilidade, de maneira a instrumentalizar uma gestão baseada em evidências (ELSHENAWY et al., 2018).

Desenvolvimento orientado pelo trânsito (DOT)

Definição

Uma das abordagens contemporâneas para articular as políticas apresentadas na seção anterior é a adoção do Desenvolvimento Orientado pelo Trânsito (DOT), em que a configuração do sistema de transporte é utilizada como vetor para direcionar o perfil, a localização e a intensidade das atividades sociais e econômicas. É usualmente caracterizado por bairros mais compactos, densos e fáceis de percorrer com redes de ruas permeáveis e de uso misto, localizados ao longo de estações

com meios de transporte público, integrados a modais voltados à mobilidade ativa, como caminhar ou andar de bicicleta (YILDIRIM; AREFI, 2021).

O conceito evoluiu a partir de projetos de planejamento urbano, enfatizando temas diversos, como a busca de maior equidade social para comunidades desfavorecidas; ampliação da coesão social; gentrificação de bairros; demandas para redução dos custos econômicos associados ao transporte; pressões da sociedade por infraestrutura que viabilize uma mobilidade mais ativa; demanda por conexões modais na primeira e última milha; preservação do patrimônio histórico; melhoria na qualidade de vida e bem-estar no meio urbano; melhoria na qualidade ambiental no meio urbano (ruído, qualidade do ar, emissão de emissões de gases do efeito estufa) (YILDIRIM; AREFI, 2021).

Conforme Yildirim e Arefi (2021), Higgins e Kanaroglou (2018), iniciativas de DOT usualmente ocorrem no entorno de entroncamentos entre transportes, como terminais de ônibus ou estações de metrô, com boa caminhabilidade e acessibilidade (vide Política de promoção da acessibilidade no sistema de mobilidade nas seções anteriores), alta densidade populacional, utilização híbrida do solo com diversidade de atividades e ocupações e ampla oferta de amenidades. Via de regra, envolve a existência de ao menos um modal com alta frequência, velocidade e capacidade (CALTHORPE, 1993; CERVERO; KOCKLEMAN, 1997; CURTIS et al., 2009; EWING; CERVERO, 2010; KNOWLES, 2012, 2016, 2020). Portanto, o conceito é particularmente relevante para áreas da cidade onde há alta densidade populacional ou onde há expectativa de se alcançar essa alta densidade (YAP; GOH, 2017).

A qualidade da infraestrutura de transporte obtida através do DOT afeta a acessibilidade das pessoas à cidade, o que por sua vez afeta o uso do solo e os padrões de deslocamento (YAP; GOH, 2017; HIGGINS; KANAROGLOU, 2018). Dessa forma, sua efetividade na busca por uma mobilidade mais sustentável demanda serviços de transporte eficientes, convenientes, inclusivos e saudáveis pela da cidade, ao mesmo tempo que busca a plena integração entre diferentes modais, com o menor custo financeiro e ambiental possível (YAP; GOH, 2017; ITDP, 2021; SU et al., 2021).

Soluções orientadas ao conceito de DOT têm demonstrado sua contribuição na mitigação dos impactos da cidade no aquecimento global, por meio da promoção

do uso de modais públicos, instrumentalizando a redução do número de veículos nas ruas e reduzindo as distâncias de transporte (YAP; GOH, 2017) (vide Política de restrição ao transporte individual motorizado nas seções anteriores). Suas características contribuem para redução do tempo despendido com deslocamentos, ampliando o volume de destinos acessíveis via mobilidade ativa, como bicicleta e caminhada (KNOWLES et al., 2020) e, portanto, favorecendo a Política para uma infraestrutura mais atrativa à mobilidade ativa apresentada nas seções anteriores.

As pessoas que vivem em áreas de DOT são encorajadas a dirigir menos e a realizar de forma intensa no âmbito local suas atividades sociais, recreacionais, esportivas e econômicas. Sua adoção pode promover novas oportunidades de emprego e estimular a ampliação dos serviços de apoio aos transeuntes e usuários do sistema de transporte, como alimentação e acomodação (vide Política de promoção da economia distribuída no sistema de mobilidade nas seções anteriores). Ademais, a maior disponibilidade e facilidade de acesso a sistemas públicos e integrados de trânsito permitem ao cidadão economizar com gastos de manutenção de veículos e combustível (YAP; GOH, 2017). Conforme Higgins e Kanaroglou (2018) e Yap e Goh (2017), há um impacto direto do DOT na valorização dos imóveis no seu entorno, o que também pode contribuir para ganhos econômicos para a população local. A proximidade com a infraestrutura de transporte público e com o trabalho é um dos fatores que valorizam as construções comerciais e residenciais no entorno de áreas de DOT (CALTHORPE, 1993).

Implicações para o Planejamento Urbano

O planejamento coordenado do uso do solo pode ser compreendido como a intervenção principal para se alcançar os benefícios plenos do DOT. Higgins e Kanaroglou (2018) propõem a utilização de “10 minutos de caminhada” ou 800 metros como parâmetro para estabelecer a zona de concentração de produtos e serviços em um contexto de DOT. É neste entorno onde há um impacto mais significativo na valorização dos imóveis.

A pauta deste planejamento inclui necessariamente a melhoria da acessibilidade dos deslocamentos no meio urbano; a implementação de um sistema de transporte

multimodal integrado; o planejamento o uso do solo como um todo, de modo orgânico e buscando uma configuração mais híbrida, considerando as particularidades e vocações de cada região da cidade (SU et al., 2021; YILDIRIM; AREFI, 2021) (vide Política de planejamento e gestão para eficiência do sistema mobilidade nas seções anteriores).

A implementação do DOT requer atuação para além da mera integração do transporte e do planejamento urbano, incluindo ações voltadas a desencorajar o uso de carros e estímulos para atrair maior variedade de atividades econômicas e segmentos mais variados da população. Requer-se um uso do solo de natureza mais híbrida, com ocupações residenciais, comerciais, para lazer, dentre outras. A estética desses espaços precisa ser atrativa, com espaços abertos e verdes. Deve-se considerar o ambiente construído horizontal e vertical, desenvolvendo um lugar onde as pessoas queiram viver, trabalhar, se divertir (EWING; BARTHOLOMEW, 2013) e sentirem-se seguras. Quanto a este último aspecto, note-se que áreas públicas com boa manutenção, lojas de comércio misto, identidade estética que possam diferenciar o local, passeios bem iluminados, com trânsito intermodal eficiente e amigável ao pedestre e/ou ciclistas contribuem, também, para reduzir a criminalidade em zonas de DOT (YAP; GOH, 2017). Cozens et al. (2005) reforçam esse argumento apontando que o projeto do ambiente integrado é uma ferramenta pragmática e efetiva de prevenção ao crime.

O planejamento deve considerar as implicações da integração de desenvolvimentos futuros em iniciativas de DOT, como, por exemplo, a inclusão de veículos autônomos e sistemas de mobilidade compartilhada (vide Política de promoção da economia compartilhada no sistema de mobilidade nas seções anteriores).

A variedade de características específicas de cada região dentro de uma cidade exige esforço de customização das soluções em DOT. Por exemplo, a distância confortável para modais ativos em cidades com climas mais tropicais necessita ser mais curta, devido às altas temperaturas e à umidade do ar. Em tais situações, o planejamento do DOT precisaria considerar a implantação de áreas para pedestres apropriadas ao clima, com estruturas para chuva e conectadas a áreas mistas, atendendo a diversas necessidades, como morar, comprar, comer (YAP; GOH, 2017).

A customização também é necessária em função das especificidades dos requisitos de cada segmento da população presente no entorno de iniciativas de DOT. Em uma região com maior concentração de idosos, por exemplo, poder caminhar até o comércio local pode desempenhar papel importante na viabilização de maior autonomia. Dessa forma, estimular a proximidade dos serviços tem impacto direto na capacidade dos mesmos de alcançarem essa independência. Além disso, junto às áreas de DOT seria necessário ampliar as oportunidades de moradia para idosos no entorno; estimular a localização de empresas que atendam às preferências e necessidades específicas desse público; elaboração de redes de calçadas largas e conectadas, com materiais de pavimentação que resultem em maior segurança (DUNCAN et al., 2021).

Desafios para implementação

Enquanto um projeto de DOT pode resultar em melhorias no acesso a serviços do bairro, atividades culturais e esportivas, parques, varejo e áreas de recreação dentro da área de influência de um projeto de DOT (YILDIRIM; AREFI, 2021), outros impactos de natureza negativa precisam ser considerados. O planejamento deficiente de projetos orientados ao DOT pode provocar de forma inadvertida, o fenômeno da gentrificação, com a migração forçada das pessoas para zonas periféricas da cidade em função de impactos como, por exemplo, o aumento do valor dos aluguéis (RENNE; LISTOKIN, 2019).

Destaca-se também a necessidade de superação de dificuldades de natureza técnica em regiões históricas no âmbito das cidades, onde a eventual demanda de novas infraestruturas e a maior densidade de fluxos de transporte pode repercutir em riscos à preservação do patrimônio histórico. Ao mesmo tempo, ressalta-se que áreas históricas podem ser positivamente afetadas pela efetiva utilização de espaços antes vazios, resultando em maior apropriação do patrimônio histórico pela população (DURHAM, 2017; RENNE; LISTOKIN, 2019).

Projetos de DOT podem repercutir no aumento da densidade no consumo de energia, na eventual piora da qualidade do ar e no aumento do ruído (YILDIRIM; AREFI, 2021). A respeito deste último fator, sabe-se que a densidade da cidade, o trânsito, o uso do solo, a conectividade e amenidades são algumas das principais

características que potencialmente afetam os níveis de ruído. Configurações urbanas de uso misto, integrando áreas residenciais e comerciais, usualmente estão expostas a níveis de ruído maiores (6–8 dBA) (KING et al., 2012; YILDIRIM; AREFI, 2021). Por outro lado, o aumento do transporte multimodal pode diminuir ou neutralizar uma parcela do ruído, devido ao menor uso ou necessidade de propriedade de veículos pessoais (KONG; POJANI, 2017; YAP; GOH, 2017) (vide Política de integração multimodal nas seções anteriores). O estudo de Seto et al. (2007) demonstra que a promoção do transporte multimodal, incluindo caminhada, bicicleta, compartilhamento de veículos, transporte público, juntamente com o estímulo ao trabalho em home office, pode reduzir o ruído próximo a áreas de DOT. Com relação a amenidades, varejo e outras estruturas e edifícios feitos pelo homem potencialmente aumentam o ruído, enquanto outras relacionadas à natureza, como parques e áreas recreativas, tendem a fornecer ambientes mais silenciosos. Intervenções no paisagismo em áreas de DOT, incluindo aspectos como a forma do terreno, o tipo de vegetação e elementos aquáticos, podem contribuir para a redução dos ruídos no entorno de áreas de DOT (YILDIRIM; AREFI, 2021).

Considerações gerais

Diante do apresentado observa-se que a formulação e a introdução das políticas e estratégias reportadas neste capítulo necessitam levar em consideração suas intrínsecas interdependências. De fato, a aplicação isolada de uma determinada política pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras políticas complementares. Ações voltadas à promoção da segurança no sistema de mobilidade, por exemplo, podem ser ineficazes se houver ausência de ações correspondentes voltadas à promoção de comportamentos mais sustentáveis na mobilidade.

Os desafios específicos de cada cidade requerem a customização do espectro de políticas e estratégias a serem priorizadas, assim como o escalonamento de sua implementação. As escolhas podem demandar a consideração de necessidades que transcendem os limites municipais, considerando-se os impactos das decisões nos municípios contíguos, particularmente onde há fluxos intensos intermunicipais. Não há, portanto, um delineamento único e universal de como essas políticas

devem ser configuradas e implementadas na busca por uma mobilidade mais sustentável. Questões, como a cultura local, os recursos disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população, são exemplos de variáveis que afetam essa customização. Extratos econômicos diferentes da população podem demandar composições diferentes dessas políticas na busca pela equidade na oferta de mobilidade sustentável a todos os cidadãos.

Finalmente, ressalta-se que as políticas apresentadas neste documento demandam uma compreensão holística do tomador sobre as implicações da mobilidade para o meio ambiente, sociedade e economia. Requerem-se decisões com um efetivo foco nas necessidades das pessoas, em contraposição à necessidade de veículos, mitigando os efeitos deletérios no meio ambiente e ativando as oportunidades para promoção da economia de base local. Dessa forma, conclui-se que o desenvolvimento de competências acerca de mobilidade sustentável junto aos tomadores de decisão constitui-se em um passo necessário para a adequada e compreensiva implementação das políticas ora tratadas.

CAPÍTULO 6: Soluções baseadas na Natureza

Políticas e soluções para cidades sustentáveis: Soluções baseadas na Natureza (SbN)

Motivações para utilização de SbN no âmbito das cidades

Com a rápida expansão da população urbana ao redor do mundo, tem-se progressivamente aumentado a pressão sobre os recursos naturais nas cidades. Esse contexto é exacerbado pelas ameaças decorrentes das mudanças climáticas, que incluem o aumento da temperatura, com ondas de calor, e a ampliação do risco de incêndios em áreas periurbanas; a maior frequência de tempestades e, ao mesmo, o declínio na disponibilidade hídrica nas cidades; e a maior ocorrência de ciclones tropicais (KABISCH et al., 2016; IPCC, 2021). Áreas costeiras deverão sofrer impactos devido à erosão em função do aumento no nível dos mares. A ampliação da temperatura terrestre associada às concentrações de CO₂ deverão provocar mudanças estruturais e, até mesmo, destruição dos ecossistemas terrestres e aquáticos nas cidades, resultando em maior dificuldade para acesso a

alimentos, mudanças nas interações entre espécies, extinção de espécies e redução da biodiversidade (DUDLEY et al., 2010). Esse estresse ambiental já presente nas cidades tem ampliado os riscos à saúde humana, o que é exemplificado pelo aumento de casos de diabetes, obesidade, câncer, doenças respiratórias crônicas, doenças cardiovasculares, entre outras (MAES; JACOBS, 2017).

Esse contexto tem impulsionado os gestores municipais na busca por soluções que mutuamente resultem em suporte à natureza, à sociedade e à economia. Esta agenda tem enfatizado: a necessidade de proteção à biodiversidade e de inovação em serviços ecossistêmicos; a necessidade de geração de empregos conectados com a natureza (FAIVRE et al., 2017); a mitigação das mudanças climáticas; as soluções para insegurança alimentar e a escassez hídrica; e a necessidade de melhor gestão de riscos associados a eventos climáticos extremos (KABISCH et al., 2017). Nesse contexto, as SbN têm demonstrado eficácia em contribuições a quatro grandes desafios contemporâneos: a) adaptação às mudanças climáticas; b) proteção da biodiversidade; c) promoção de uma economia verde; e d) ampliação da coesão social (HANSEN et al., 2017).

As contribuições de SbN para as cidades incluem proteção, regeneração urbana e restauração de ecossistemas, resultando em mitigação, adaptação e resiliência aos impactos das mudanças climáticas. De maneira específica, essas potenciais contribuições à cidade incluem: redução nos níveis de poluição, em particular no nível de emissões de CO₂, através do sequestro de carbono; colaboração para melhor gestão hídrica, incluindo a redução da intensidade e velocidade do fluxo de águas pluviais, e redução das perdas econômicas devidas a desastres associados à água; melhoria na eficiência energética, como, por exemplo, a redução indireta na energia requerida em sistemas de tratamento de águas residuárias e redução da energia demandada/utilizada em edificações; melhoria na saúde e no bem-estar da população com avanços no conforto térmico, conforto acústico; provisão de áreas verdes seguras, inclusivas e acessíveis; e, finalmente, geração de novas oportunidades de emprego, de renda e de investimento (XING et al., 2017; VAN DEN BOSCH; SANG, 2017; FAIVRE et al., 2017; ENGSTRÖM et al., 2018; KRAUZE; WAGNER, 2019).

Para que essas vantagens potenciais das SbN se efetivem nas cidades, é

necessário a integração desse conceito em políticas, programas, projetos e ações no âmbito do Poder Público federal, estadual e municipal, assim como junto aos atores da sociedade. Nesse sentido, observa-se que no país um número crescente de municípios vem realizando iniciativas associadas ao tema, contando, inclusive, com a promulgação de leis voltadas à ecologização urbana. Para apoiar os tomadores de decisão no âmbito municipal, as seções seguintes apresentam as várias dimensões de políticas orientadas à disseminação do uso de SbN. Inicialmente é apresentado o método de pesquisa utilizado, em que se buscou compreender o estado da arte, possibilitando a contextualização teórico-prática das soluções e dos casos encontrados na literatura e na base do OICS.

Dimensões de uma política para SbN

A Figura 7, a seguir, apresenta o elenco das dimensões para políticas voltadas às SbN, identificadas a partir da revisão bibliográfica sistemática e da análise via grounded theory de casos brasileiros e estrangeiros. Essas dimensões são intrinsecamente interdependentes e, portanto, sua eficácia está associada ao nível de sinergia estabelecido durante a concepção e implementação de soluções no âmbito das cidades. Neste documento, essas dimensões foram utilizadas para estruturar este capítulo e, também, para classificar as Soluções baseadas na Natureza disponíveis na base OICS e, também, aquelas identificadas na literatura. Nas seções subsequentes, cada uma dessas dimensões é devidamente apresentada, incluindo exemplos de soluções encontradas na literatura e/ou presentes na base OICS.

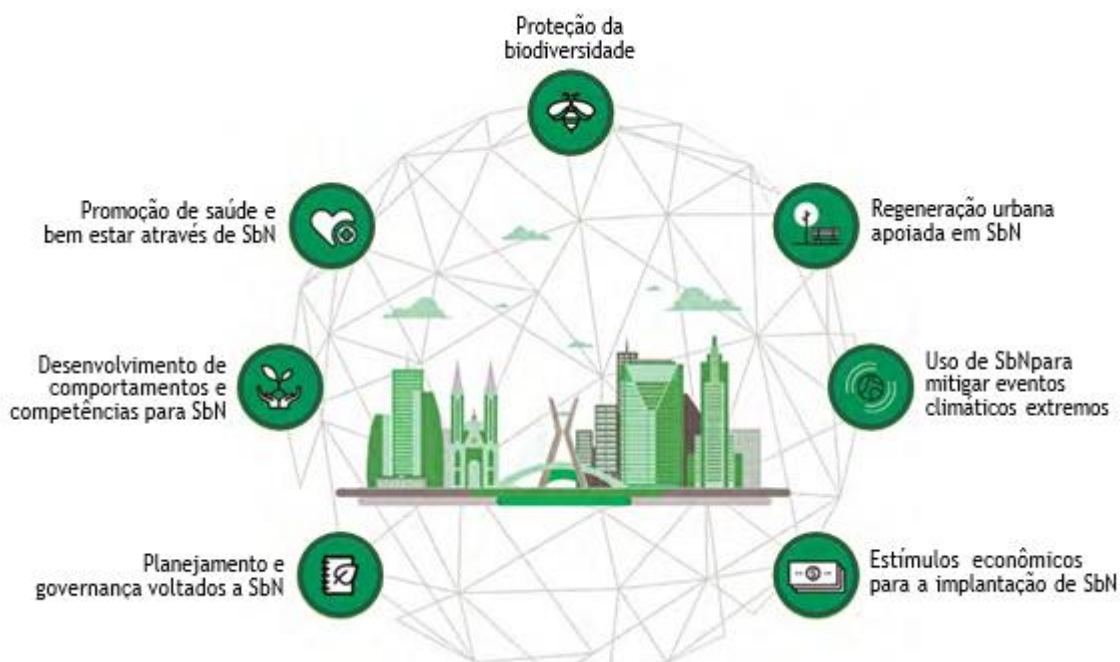


Figura 7 – Visão geral das dimensões de políticas voltadas às Soluções baseadas na Natureza (SbN). Fonte: Elaboração própria

É importante notar que as dimensões aqui apresentadas já encontram um arcabouço legal e administrativo no âmbito dos municípios – Plano Diretor, Plano de Trabalho e de Contingência (Defesa Civil), Planos Municipais de Educação (PME), Plano Municipal de Saúde (PMS), Planos de Saneamento e Resíduos Sólidos, Plano Municipal de Habitação, Plano Municipal de Mobilidade, entre outros. Portanto, entende-se que as SbN podem tanto ser organizadas no município, a partir de uma política específica, quanto serem integradas ao universo das políticas municipais já existentes, tendo em vista a natureza transversal de seu conteúdo.

Dimensão da proteção da biodiversidade

Esta política trata do desenvolvimento de programas, projetos e ações voltados à proteção da biodiversidade no âmbito da cidade. A importância do conteúdo dessa política é reconhecida no Acordo de Paris. No Brasil, a implementação dela já encontra um arcabouço legal, com legislações em âmbito federal, estadual e municipal, voltadas a proteger áreas naturais remanescentes, como o Código Florestal e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (HERzOG et al., 2019).

Implantar essa política nas cidades é relevante, pois a evolução do espaço urbano frequentemente tem resultado na degradação ou, até mesmo, no desaparecimento de ecossistemas, seja pela expansão da infraestrutura cinza, poluição, seja pelas modificações hidrológicas exercidas nos corpos de água e, de maneira geral, em mudanças climáticas. Conforme Kabisch et al. (2016), a densificação das áreas construídas coloca um desafio ao funcionamento dos ecossistemas, como a impermeabilização do solo, podendo resultar em perdas na biodiversidade e redução na capacidade dos ecossistemas (KABISCH et al., 2016). Este e outros vetores de degradação ambiental afetam a capacidade dos ecossistemas de funcionar e prover serviços ecossistêmicos, como, por exemplo, a purificação da água, a proteção da erosão do solo, o controle de danos devidos a erosões e inundações, o sequestro de carbono, a provisão de espaços urbanos habitáveis e a ampliação das oportunidades recreativas que favorecem o bem-estar humano (EC, 2015). O desafio, portanto, é contrabalançar os impactos antropogênicos intrínsecos ao habitat urbano com os esforços de restauração e proteção da natureza (KRAUZE; WAGNER, 2019).

Sob a perspectiva sistêmica, a proteção da biodiversidade é pré-requisito para implementação de SbN, tendo em vista que um meio ambiente equilibrado e saudável é condição necessária para obtenção de serviços ecossistêmicos regulares e de qualidade (FAIVRE et al., 2017). Da mesma forma, SbN podem contribuir de forma direta na proteção da biodiversidade, dado que predominantemente se utilizam de mimetização da natureza, trazendo estruturas biofísicas em infraestruturas verde e azuis para o meio urbano | Biovaleta (valeta vegetada) | Recuperação ecológica e social de bacia hidrográfica urbana por meio de parques multifuncionais | Alagados construídos (base OICS, 2021), melhorando e revitalizando o bioma local (KRAUZE; WAGNER, 2019). Em cidades costeiras, por exemplo, integram-se soluções, como o restauro ou a criação de recifes de corais | Restauração de recifes de corais (base OICS, 2021) com a utilização de substratos artificiais.

Cidades com canais | Corredor verde | Corredor ecológico (base OICS, 2021) podem fazer uso dos mesmos mimetizando a heterogeneidade encontrada na natureza, contribuindo para ampliar a diversidade de peixes e invertebrados (KRAUZE; WAGNER, 2019). Note-se que, quando é realizada a mimetização da

natureza, a solução realça ou revive processos locais e a biota nativa existente no local. Quando é realizada a manipulação da natureza, enfatiza-se um processo em particular para se alcançar um objetivo específico, introduzindo-se agentes externos ao sistema local, como, por exemplo, novas espécies.

A busca por uma cidade biofílica | Cidade Biofílica | Alagados construídos | Corredor verde (base OICS, 2021), com maior intensidade de contato de seus habitantes com a natureza, é caracterizada pela intensa utilização de SbN, como wetlands e corredores verdes (FINK, 2016). O espaço de aplicações é amplo, como, por exemplo, a manutenção, a restauração ou a melhoria do papel dos ecossistemas na redução da erosão do solo | Proteção ecológica para prevenir erosão costeira | Correção de solo arenoso com nanopartículas de argila | Reflorestamento de encostas (base OICS, 2021); a proteção contra a degradação, a fragmentação e a perda das lamas intertidais remanescentes, sapais e comunidades de manguezais, leitos de ervas marinhas e dunas com vegetação; incentivo à manutenção de manguezais; revigoração da turfa de forma que evite sua oxidação, utilização de geotêxteis para conter a erosão; retenção da floresta costeira e da vegetação da orla para minimizar problemas de sedimentação nos recifes próximos; estabilização de rios com revegetação/reflorestamento ao longo de suas margens; restauração ou aumento do suprimento de sedimentos de fontes fluviais e costeiras para estimular o sequestro de carbono pelas áreas úmidas costeiras; fortalecimento da estrutura morfológica dos rios pela estabilização das encostas com vegetação ou biotêxteis (EC, 2015; KRAUZE; WAGNER, 2019).

O papel das SbN varia ao longo do gradiente da pressão antropogênica, assim como as expectativas quanto à capacidade de as SbN proverem serviços ecossistêmicos (KRAUZE; WAGNER, 2019). Paradoxalmente, a maioria das SbN apresentam forte perspectiva antropocêntrica, enfatizando benefícios oferecidos ao ser humano (NESSHÖVER et al., 2017), ao mesmo tempo que se contribui para recuperar a capacidade da natureza de prover serviços ecossistêmicos (EC, 2015). Assim, os argumentos em prol de sua implementação frequentemente tratam da viabilização de maior disponibilidade hídrica, economia de energia e saúde pública (redução de poluição e lazer) (ENGSTRÖM et al., 2018). No âmbito da disponibilidade hídrica | Restauração de nascentes em área periurbana |

Restauração e Proteção de Nascente Urbana (base OICS, 2021), por exemplo, as soluções incluem incentivar a revegetação das margens dos rios; restaurar a microtopografia, as redes de riachos, as entradas de sedimentos e a troca de nutrientes em tanques de aquicultura abandonados; manter, restaurar e criar zonas úmidas costeiras para permitir que os ciclos naturais de erosão/sedimentação possam compensar uns aos outros dentro do complexo de zonas úmidas; utilizar a fitorremediação e fitoestabilização em locais contaminados.

Um dos desafios para sua aplicação dessa política, no meio urbano, é a forte presença de espécies exóticas, que, muitas vezes, degradam habitats, competindo com espécies nativas. Proteger e expandir a área florestal | Grandes parques urbanos e periurbanos | Floresta urbana (base OICS, 2021) pode demandar, portanto, a remoção dessas espécies exóticas, assim como a remoção controlada da vegetação (turfeiras) para evitar incêndios florestais, além de se limitar o uso do fogo na agricultura em ou próximo a solos turfosos | Jardim de Mel (base OICS, 2021). Intervenções neste tema podem ser integradas a esforços de fortalecimento da polinização por abelhas nativas (base OICS, 2021), mantendo ou aumentando a polinização mediada pela biodiversidade, como o estímulo ao plantio de pasto apícola em jardins e áreas municipais (EC, 2015).

No limite, a proteção da biodiversidade no meio urbano pode ser alcançada pela aplicação do conceito de renaturalização de espaços urbanos e periurbanos | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas | Jardim de Mel | Restauração de recifes de corais (base OICS, 2021) de maneira a restaurar processos e funções originais desses ecossistemas. Portanto, renaturalizar o espaço urbano pode envolver, por exemplo, a reintrodução de espécies que desapareceram em função da atividade humana. Renaturalizar é frequentemente definido como o “restabelecimento da cascata trópica”. Isto ocorre, por exemplo, por meio da reintrodução de predadores extintos de uma dada região, contribuindo para retenção na expansão de herbívoros, o que, por consequência, reduz a pressão sobre a vegetação (BRIDGEWATER, 2018). De maneira similar, a reintrodução de espécies regulatórias pode estimular o desenvolvimento do solo com fungos e micro-organismos, restabelecendo relações mútuas entre as espécies (KRAUZE; WAGNER, 2019).

Dimensão da regeneração urbana apoiada em SbN

Esta política trata da implantação de programas, projetos e ações que busquem a regeneração urbana apoiada nas características e dinâmicas da natureza. Essa política adota uma postura fortemente utilitária da natureza, aproveitando-se de suas características para permitir a melhoria da condição urbana.

As SbN são particularmente pertinentes a essa política devido às suas características, além da contribuição ao conforto térmico, podem ser multifuncionais e multifacetadas, apoiando a implementação e a otimização de infraestruturas verdes (parques), azuis (cursos d'água e lagos) e cinzas (edifícios, pontes e barragens) (VAN DER JAGT et al., 2017). Os telhados verdes | Telhado Verde (base OICS, 2021), por exemplo, além da contribuição ao conforto térmico, podem favorecer a regeneração urbana, apresentando resultados positivos na absorção da água, na redução da poluição do ar, no melhor controle de enchentes, na redução do consumo de energia, entre outros (EC, 2015; ENGSTRÖM et al., 2018). De maneira similar, os parques urbanos integram a proteção da natureza e resultam em ventilação mais adequada, amenização de altas temperaturas, remediação do solo, configurando uma barreira aos ruídos e poluentes, provendo paisagem atraente e espaço natural de lazer para os cidadãos (KABISCH et al., 2016; zWIERzCHOWSKA et al., 2019).

As características da natureza são utilizadas nessa política como instrumento de viabilização de soluções para problemas urbanos, como redução do consumo de energia, maior disponibilidade hídrica e redução da poluição atmosférica. Dessa forma, a regeneração apoiada na natureza faz uso de SbN por meio de ações, como o fortalecimento e a reconstrução da continuidade do ecossistema, com a implantação de cinturões e corredores verdes | Corredor verde | Corredor ecológico | Floresta urbana | Recuperação florestal e ecológica de áreas degradadas (base OICS, 2021), criando parques, praças, plantando árvores ao longo de ruas e reflorestando áreas verdes degradadas e com risco de erosão (zWIERzCHOWSKA et al., 2019).

As SbN podem contribuir, por exemplo: com a maior purificação da água | Fitorremediação aplicada ao tratamento de águas cinzas e negras | Fitorremediação para remoção de metais pesados em efluentes | Descontaminação

de águas a partir de micro-organismos (base OICS, 2021); com a decomposição por meio da remoção de compostos químicos e particulados da água (biorremediação, utilização de canais e pântanos projetados ao tratamento terciário de efluentes; implantar lagoas ou pântanos para reter o escoamento de sedimentos e poluição na paisagem cultivada); com a decomposição de resíduos tóxicos (remediação de resíduos antes de descartá-los no solo ou na água por meio de maior uso de métodos biológicos, físicos e químicos); com a assimilação de produtos químicos e particulados em solos (replantar bosques úmidos; revegetar turfa exposta; fitorremediação); ou com sedimentos marinhos (restaurando ou criando recifes de moluscos para restaurar a filtração ativa de sedimentos suspensos e a remoção de nitratos e outros poluentes) (EC, 2016; HERZOG et al., 2019). Um dos impactos diretos da aplicação desse conjunto de ações é a redução da pressão ambiental sobre áreas naturais periféricas. O tratamento de águas residuais, por exemplo, pode ocorrer mais próximo das residências. Da mesma forma, soluções com potencial recreativo reduzem as distâncias percorridas pela população na busca por oportunidades de entretenimento (EC, 2015).

Conforme argumenta Bridgewater (2018), a implementação de infraestruturas verdes e azuis são complementos naturais a infraestruturas cinzas das cidades. Assim, uma estratégia para alcançar maior efetividade das SbN é justamente a integração da infraestrutura cinza com a verde e azul | Biovaleta (valeta vegetada) | Recuperação ecológica e social de bacia hidrográfica urbana por meio de parques multifuncionais | Alagados construídos (base OICS, 2021), como, por exemplo, a gestão da água associada à proteção de áreas verdes dentro do espaço urbano (EC, 2015). As SbN associadas à água buscam fundamentalmente proteger e tornar mais eficiente o ciclo da água | Biovaleta (valeta vegetada) | Recuperação ecológica e social de bacia hidrográfica urbana por meio de parques multifuncionais | Alagados construídos (base OICS, 2021), especialmente com processos como infiltração, retenção, interceptação e evapotranspiração e minimização do escoamento superficial | Biovaleta (valeta vegetada) | Recuperação ecológica e social de bacia hidrográfica urbana por meio de parques multifuncionais | Alagados construídos (base OICS, 2021). Este é o caso de mananciais urbanos, que estão cada vez mais sujeitos a estresse hidrológico, além de pressões físicas e químicas, implicando no empobrecimento do habitat, com efeitos deletérios na fauna e flora,

incluindo a diminuição do banco genético (KRAUZE; WAGNER, 2019).

A deficiência na regulação dos fluxos de água no meio urbano afeta, de forma negativa, a qualidade de vida das pessoas morando a jusante, com inundações e deficiência em outros usos, como agricultura e proteção de elementos do patrimônio natural, maior disseminação de problemas de saúde, como desnutrição, diarreia e doenças cardiorrespiratórias (DUDLEY et al., 2010). Nesse sentido, zonas úmidas (wetlands) são de especial atenção nas cidades em se tratando da água, pois realizam importantes serviços ecossistêmicos | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas | Restauração de recifes de corais (base OICS, 2021) e, dessa forma, tem grande potencial para utilização como SbN, como proteção da qualidade da água, proteção costeira, manutenção do nível de água subterrânea, regulação da umidade do solo, regulação de inundações e apoio à biodiversidade | Renaturalização de margens de lagoas costeiras urbanas | Restauração de recifes de corais (base OICS, 2021) (THORSLUND et al., 2017; XING et al., 2017).

A regeneração urbana apoiada na natureza traz como benefício o aumento da resiliência a riscos ambientais como secas, inundações e ondas de calor, bem como as oportunidades de mitigação climática em pequena escala por meio do aumento do armazenamento de carbono. As SbN orientadas a essa política podem contribuir com a revitalização e a restauração de áreas verdes existentes | Grandes parques urbanos e periurbanos | Floresta urbana | Ruas verdes | Recuperação florestal e ecológica de áreas degradadas (base OICS, 2021), como parques urbanos, áreas próximas a rios e lagos ou a proteção, manutenção e reconstrução de habitats para espécies sob risco | Grandes parques urbanos e periurbanos | Floresta urbana | Ruas verdes | Recuperação florestal e ecológica de áreas degradadas (base OICS, 2021). Essas intervenções podem envolver a integração de redes de ciclovias e percursos para pedestres, incluindo percursos turísticos e didáticos em zonas verdes (ZWIERZCHOWSKA et al., 2019). Nesse espectro de soluções, têm-se: a renaturalização de rios com itinerários verdes; os jardins de chuva e biovaletas; os telhados e as paredes verdes; o tratamento biológico de águas residuais; as florestas urbanas; os pavimentos permeáveis; as bacias naturalizadas de detenção e retenção (várzeas) para tratar poluição difusa (HERZOG, 2019); a conversão de terrenos baldios em fazendas urbanas ou hortas

comunitárias; e a regeneração de terrenos contaminados por meio de biorremediação e subsequente conversão em espaços verdes (EC, 2015).

Dimensão da mitigação de eventos climáticos extremos

Esta política trata do desenvolvimento e da implementação de programas, projetos e ações voltadas à utilização de SbN na preparação do espaço urbano das cidades para eventos extremos advindos das mudanças climáticas. Ao longo das próximas décadas, mudanças climáticas deverão apresentar impactos ambientais, sociais e econômicos significativos nas cidades. Dudley et al. (2010) alertam que a resiliência dos ecossistemas deverá ficar aquém dos impactos causados pelas mudanças climáticas, distúrbios associados (enchentes, incêndios, infestação de insetos, acidificação dos oceanos) e outros fatores (mudanças no uso do solo, poluição, fragmentação dos sistemas naturais, excesso na exploração de recursos). As reduções no sequestro de carbono pela natureza, até o final do século, deverão contribuir na ampliação das mudanças climáticas, sendo estimado que cerca de 20% a 30% das espécies de plantas e animais deverão ter seu risco de extinção ampliado (DUDLEY et al., 2010). Outro exemplo de repercussão das mudanças climáticas é o cenário de ampliação do fenômeno das ilhas de calor nas cidades, o que é correlacionado à maior capacidade de absorção e armazenamento da energia no ambiente construído, à redução da velocidade do vento no meio urbano, ao aumento dos níveis de poluição e ao estresse térmico, o que pode resultar em ampliação da mortalidade (MARKEVYCH et al., 2017).

Para alcançar, de forma plena, os benefícios dessa política, sua concepção e implementação necessitam de um horizonte de planejamento de longo prazo, viabilizando que os biomas nativos consigam atingir a maturidade e maior resiliência (KRAUZÉ; WAGNER, 2019). Esse planejamento necessita considerar que, nas regiões mais centrais das cidades, as condições regulatórias dos fluxos tendem a ser afetados por fatores mais abióticos, como estresse hídrico, altas temperaturas, redução de espaços e descontinuidade dos espaços verdes. Em contraposição, em áreas com baixo ou moderado nível de urbanização, ocorre uma regulação de característica mais biótica (KRAUZÉ; WAGNER, 2019). Dessa forma, as SbN autorregulatórias, apoiadas em regulações bióticas, são mais aplicáveis a áreas, como terras agrícolas periurbanas, florestas urbanas e áreas de proteção da

natureza, sendo seu principal objetivo a preservação dos ecossistemas e o aumento de sua resistência. Caracterizam-se por áreas verdes de qualidade, que mantêm sua biodiversidade e sustentam ciclos de água e matéria (KRAUZÉ; WAGNER, 2019).

A preparação das cidades para eventos extremos pode ser observada nas ações de prevenção de inundações, como estratégia de reconexão dos rios com várzeas para aumentar o armazenamento natural de água; redução da canalização e ampliação da diversidade de canais e meandros de forma que reduza a velocidade de transmissão de inundações; utilização de tanques de retenção, telhados verdes, paredes verdes e jardins de chuva (plantações de depressões ou valas, permitindo que o escoamento de áreas urbanas impermeáveis seja absorvido através da interceptação da chuva). A instalação de pequenas barragens em drenos de superfície pode contribuir para reduzir a conectividade hidráulica e diminuir o fluxo superficial. Note-se que esse conjunto de medidas requer a revisão das diretrizes do uso do solo, de maneira a proteger e restaurar áreas úmidas naturais e áreas de recarga de água subterrânea para criar capacidade adicional de inundação de emergência. Outra solução importante é o aumento do uso de áreas verdes recreativas ao longo do rio, em zonas urbanas, para limitar o potencial danos de inundações, reconectando os cidadãos com os rios, e para aumentar a consciência das pessoas sobre o risco de inundações (EC, 2015).

Como os exemplos de soluções ilustram, ampliar a resiliência | Cidade-Esponja | Reflorestamento de encostas (base OICS, 2021) do espaço urbano a eventos climáticos extremos é estratégia central nessa política. Resiliência é definida por Van der Jagt et al. (2017) como a capacidade de os centros urbanos em absorver e adaptar-se a diferentes tipos de impactos. As SbN são pertinentes para ações de longo prazo, na mitigação dos desafios das mudanças climáticas (sequestrando mais carbono da atmosfera por meio dos ecossistemas naturais, da conservação da biodiversidade, da redução da poluição e da redução da demanda por energia). As SbN, também, são necessárias à preparação das cidades para eventos extremos e, ao mesmo tempo, contribuindo para operacionais serviços ecossistêmicos essenciais para lidar com os impactos das mudanças climáticas | Proteção ecológica para prevenir erosão costeira (base OICS, 2021). Além disso, diferentes SbN oferecem sinergias latentes entre si que, quando efetivadas,

ampliam sua capacidade de reduzir múltiplos riscos (ações para redução da escassez de água integrada a ações para redução dos impactos de inundações) (DUDLEY et al., 2010; EC, 2015).

Esta preparação das cidades para eventos extremos envolve ações de escopo similares às dimensões da proteção da biodiversidade no meio urbano e da regeneração da cidade apoiada na natureza, tendo como diferença a magnitude e a frequência dos eventos para as quais as SbN são concebidas. Normalmente, a restauração e, até mesmo, a criação de ecossistemas já intrinsecamente têm o potencial de melhorar as próprias funções e, assim, propiciar melhores condições à biodiversidade, reduzindo a vulnerabilidade e ampliando a resiliência das cidades às mudanças climáticas (KOOIJMAN et al., 2021). Dessa forma, a preparação das cidades para as mudanças climáticas envolve ações, como manutenção e restauro de ecossistemas nativos; proteção e valorização de serviços ecossistêmicos; prevenção e controle ativo de espécies invasoras; gestão de habitats de espécies raras e ameaçadas; desenvolvimento de sistemas agroflorestais em zonas de transição entre ecossistemas (WORLD BANK, 2008).

Em se tratando de eventos extremos, as SbN podem incluir, também, zonas de proteção contra poluição ou para controle de erosão, protegendo e multiplicando habitats para espécies-chave e criando passagens para melhor conectividade física e funcional de ecossistemas críticos. A erosão, outro impacto frequente advindo de eventos climáticos extremos, pode ser mitigada com o uso de geotêxteis para conter a erosão da turfa; incentivar a revegetação das margens dos rios, ajudando na reconexão dos rios com as planícies aluviais. O aumento da rugosidade hidráulica pode ser utilizado para diminuir o transporte e melhorar o armazenamento de várzeas, pela restauração de florestas de várzea e outras características seminaturais, como pastagens úmidas. Em cidades costeiras, essas ações podem envolver o restabelecimento e o restauro do habitat entre marés por desempoldagem ou realinhamento costeiro, para fornecer uma defesa renovada contra ondas incidentes e aumentar o armazenamento de águas pluviais. Outra solução é a utilização de uma zona tampão costeira para permitir que as barreiras costeiras rolem em direção à terra sob o aumento do nível do mar e das tempestades.

A definição do escopo das ações, bem como do nível de intervenção nessa política,

é condicionada à análise dos riscos mais prováveis e plausíveis decorrentes das mudanças climáticas. Em cidades costeiras, por exemplo, a busca por soluções para aumentar a resiliência para o aumento do nível do mar e tempestades, beneficia-se de SbN pautadas pelo resgate de processos de sedimentação natural e restauração florestal (EC, 2015). Portanto, essa política demanda uma abordagem criativa e vigilante, constantemente revisando a função dos espaços e sua contribuição para proteção da cidade a eventos extremos.

Dimensão econômica para a implementação de SbN

Esta política trata do desenvolvimento de programas, projetos e ações voltadas a tornar viável economicamente a implementação de Soluções baseadas na Natureza (SbN). Herzog et al. (2019) argumentam que a aceleração da adoção de SbN no Brasil requer que se transite para uma nova economia e para um novo estilo de vida mais ligado à natureza e aos processos naturais, com base no capital natural (HERZOG et al., 2019). Nesse sentido, as SbN têm papel crítico na promoção da transição para a economia verde, com contribuições potenciais para a mudança de padrões de consumo e produção (FAIVRE et al., 2017). As cidades são dependentes de recursos naturais, como água e energia, de tal modo que soluções que possibilitem a redução da escassez desses recursos têm repercussão econômica imediata.

A conexão entre as SbN e a economia é usualmente estabelecida por meio do conceito de capital natural, que pode ser associado ao fluxo de serviços ecossistêmicos providos pela natureza ao longo do tempo. Esses serviços ecossistêmicos são classificados em quatro tipos: a) serviços de provisionamento (quando a natureza fornece um recurso); b) serviços reguladores (quando a natureza regula os impactos ambientais); c) serviços culturais (a natureza oferece valor social e cultural); d) serviços de apoio. Para que esse capital natural resulte em efetivos benefícios por meio de serviços ecossistêmicos, é necessária a interação com outras formas de capital que requerem agência humana – capital construído ou manufaturado, capital humano e capital social ou cultural (KOOIJMAN et al., 2021).

As decisões, no âmbito municipal, são particularmente importantes na viabilização

econômica das SbN, pois podem encorajar modelos de negócios que viabilizem inovações pautadas por SbN. Isto pode ocorrer já a partir do próprio processo de aquisição de produtos e contratação de serviços (DAVIES; LAFORTEZZA, 2019). Portanto, essa política envolve tanto o estímulo à exploração de novos modelos de negócio, quanto novas ofertas de valor econômico pautadas na natureza. De fato, restaurar e melhorar habitats por meio de SbN pode apresentar repercussões econômicas positivas, com maior atratividade da paisagem, da cidade, direcionando a atenção de talentos e investidores. Destacam-se as oportunidades econômicas no âmbito dos serviços associados às SbN, incluindo: reparo de infraestrutura azul (lagos, valas, rios) | Biovaleta (valeta vegetada) | Recuperação ecológica e social de bacia hidrográfica urbana por meio de parques multifuncionais | Alagados construídos | Biotratamento de efluentes industriais, esgoto e águas cinza (base OICS, 2021); limpeza e gestão da descontaminação de terrenos, gestão da restauração de habitats terrestres | Restauração ecológica de lixão em parques multifuncionais (base OICS, 2021); gestão financeira de créditos voltados à mitigação de danos ambientais, planejamento, design, engenharia, monitoramento, agricultura regenerativa, gestão de abelhas e insetos polinizadores, produção de biomateriais, gestão de sistemas de irrigação, além de serviços de suporte ao lazer, esporte e turismo (KOOIJMAN et al., 2021). Como exemplo, tem-se o potencial do impulsionamento do turismo local e das atividades econômicas relacionadas, ampliando as oportunidades de emprego e educação ao mesmo tempo que se conserva a biodiversidade (EC, 2015). Ainda, pode-se promover formas mais ativas de permanência em zonas ribeirinhas, reforçando a sua atratividade turística, utilizando referenciais históricos para criação de novos roteiros turísticos (ZWIERZCHOWSKA et al., 2019). Ademais, com o advento das tecnologias digitais emergentes, adiciona-se a essas oportunidades de inovação em processos de negócio às ofertas de serviços de inteligência digital orientada à gestão ambiental da cidade e serviços requeridos para operação da economia circular.

A implementação dessa política pode envolver tanto o governo, empresas, terceiro setor, parcerias público-privadas (PPP) quanto o engajamento da própria população. O novo marco legal do saneamento básico (Lei nº 14.026) (BRASIL, 2020), por exemplo, já prevê a hipótese de licitação e contratação dos serviços de

saneamento via PPP. Kooijman et al. (2021) defendem que a associação entre empresas tem se mostrado efetiva na promoção de valores não mercadológicos associados à proteção do meio ambiente. Portanto, as SbN podem ser aplicadas em zonas públicas ou privadas, podendo ser de caráter voluntário ou executadas por força de planos e/ou regulamentos urbanos estratégicos que beneficiam a cidade.

Comumente, as SbN contemplam desafios da sociedade com soluções mais viáveis economicamente quando comparadas com soluções convencionais, sendo inspiradas e apoiadas na natureza. Via de regra, apresentam baixo custo, baixa demanda de manutenção e baixas emissões de carbono, voltadas à mitigação das mudanças climáticas, contribuindo para aumentar a rentabilidade de respostas a desafios sociais, ambientais e econômicos (EC, 2015). Apesar desse potencial benefício econômico, um desafio constante para municipalidades é a alocação de recursos suficientes para a implementação e manutenção das SbN.

Maes e Jacobs (2017) argumentam que os critérios e paradigmas associados a impostos, taxas e subsídios necessitam ser revisados, particularmente no que diz respeito ao consumo de recursos de fontes não renováveis. Alertam que o desafio é, também, de escala temporal e espacial, dado que as SbN frequentemente demandam projetos de longo prazo e, muitas vezes, ocupam áreas maiores do que soluções convencionais (MAES; JACOBS, 2017). Para isso, há diversos mecanismos à disposição para operacionalizar incentivos de natureza econômica e financeira para desenvolvimento e implantação de SbN no âmbito das cidades, como: a) taxas específicas para áreas focais da cidade que são revertidas em melhorias para outras regiões desta (MERK et al., 2012); b) transferência de potencial construtivo de um lote o qual, por força da lei, é afetado por restrição imposta pelo Poder Público (BRASIL, 2012); c) taxas para empreendimentos as quais não alcançam parâmetros mínimos de densidade (MERK et al., 2012); d) taxas de congestionamento (com o impacto adicional na redução da poluição); e) taxas relativas ao nível de contribuição nos gases de efeito estufa (GEE) (MERK et al., 2012); f) taxas para estacionamentos rotativos (MERK et al., 2012); g) pedágios com preços diferenciados para linhas de trânsito voltadas a veículos com maior densidade de ocupação (MERK et al., 2012); h) captação de recursos junto ao setor

privado para o lançamento de títulos verdes, possibilitando a canalização de investimentos para projetos verdes (MERK et al., 2012). Ainda, Herzog et al. (2019) citam fundos de compensação ambiental, em que danos ambientais de projetos são compensados se investirem na plantação de árvores ou outras medidas, como recuperação dos ecossistemas nas cidades e nas zonas rurais; pagamento de serviços ambientais; e incentivos fiscais para projetos que ofereçam serviços ecossistêmicos em ambientes urbanos, por exemplo, telhados verdes (HERZOG et al., 2019). Esses diversos instrumentos para estímulo econômico encontram um ambiente ainda mais favorável em projetos e iniciativas em que o financiamento está vinculado ao atendimento de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) associados a pautas ambientais.

Adicionalmente, o mercado de carbono deve oferecer novas oportunidades de financiamento de SbN. Destacam-se os mecanismos de compensação de GEE estabelecidos no Protocolo de Kyoto, dentro da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e Implementação Conjunta (IC). O MDL permite que países desenvolvidos comprem créditos certificados de carbono de projetos aprovados para redução de emissões em países em desenvolvimento. Mercados voluntários de carbono oferecem oportunidade semelhante, em que os governos nacionais acordam a remuneração de governos locais por reduções nas emissões, posicionadas como contribuições na busca pelas metas nacionais (MERK et al., 2012).

Essas estratégias de viabilização econômica podem ser alavancadas com a valorização de áreas comerciais e residenciais no entorno, atraindo investidores e melhorando o bem-estar da população (EC, 2015). Contudo, ainda que os benefícios ambientais e sociais de SbN possam ser reconhecidos, um dos principais obstáculos na implementação dessa política é justamente a falta de valorização econômica dessas soluções por parte dos governantes (WILD et al., 2017). Outro desafio é alcançar a escala da cidade, com proposições que sejam passíveis de transferência entre diferentes locais no espaço urbano (EC, 2015).

Dimensão do planejamento e da governança voltados às SbN

Esta política trata de programas, projetos e ações para implementação de um processo de planejamento voltado às SbN, apoiado em práticas transparentes de governança. Uma das atribuições do planejamento orientado às SbN é criar e restaurar conexões na cidade que possam prover suporte e proteger processos, funções e benefícios para espaços verdes a locais que não possuem essas capacidades de forma isolada (HANSEN et al., 2017). Assim, no processo de revitalização de uma determinada área de uma cidade, as SbN devem ser consideradas o mais cedo possível no planejamento (KRAUZER; WAGNER, 2019). Além disso, deve-se envolver a adaptação das SbN ao contexto e à escala locais, contribuindo na redefinição do papel da natureza no meio urbano (SOMARAKIS et al., 2019). Salienta-se aqui a elevada importância da elaboração de pré-projetos para estudos de viabilidade técnico-econômica de alternativas de SbN, levando em consideração as peculiaridades de cada município. Note-se que a adequação às demandas locais pressupõe a consideração crítica das interações intermunicipais, como, por exemplo, a participação do município no plano da bacia hidrográfica e no plano de abastecimento.

O planejamento integrado precisa assegurar a obtenção de soluções ecologicamente eficientes, socialmente aceitáveis e economicamente viáveis, em processos de conservação, restauração ou transferência de funções ecossistêmicas. Os modos de governança e os meios de participação determinam o modo de engajamento da sociedade na gestão dos espaços verdes na cidade e, de maneira similar, a constelação de atores envolvidos nesse processo é influenciada pelo contexto institucional, pelas narrativas e pelos recursos disponíveis (VAN DER JAGT et al., 2017). A maior governança contribui, de forma direta, na ampliação das parcerias voltadas a alterar a relação das pessoas com a natureza, como, por exemplo, a governança sobre a floresta urbana reportada por Van der Jagt (2017). Nesse sentido, Hansen et al. (2017) defendem a inclusão social das pessoas afetadas pelas SbN por meio de um planejamento colaborativo e participativo (HANSEN et al., 2017). A criação conjunta do conteúdo dessa política resulta no desenvolvimento de práticas e políticas sistêmicas, holísticas, inclusivas e sustentáveis (HERZOG et al., 2019). Para alcançar esse intento, a abordagem de governança deve ser adequada às condições sociais, culturais e ecológicas locais (DORST et al., 2021) Nesshöver et al. (2017) argumentam que os

elementos-chave para a implementação bem-sucedida de SbN incluem: a) capacidade de lidar com incerteza e complexidade intrínseca no trato com a natureza; b) envolvimento de múltiplos stakeholders no planejamento e implementação, conferindo maior legitimidade à iniciativa; c) garantir uma perspectiva multi e interdisciplinar, envolvendo diferentes disciplinas do conhecimento requeridas para as características de SbN; e) desenvolver compreensão acerca das alternativas multifuncionais pertinentes, considerando questões, como custo e impactos ambientais; e f) avaliar e monitorar continuamente o desempenho da solução implementada, utilizando indicadores sociais, ambientais e econômicos.

Herzog et al. (2019) chamam a atenção para a necessidade de desenvolvimento de métodos e ferramentas de planejamento, governança e suporte ao processo de tomada de decisão voltados às SbN, além de indicadores-chave de desempenho. Para tanto, a ecologia urbana é o domínio do conhecimento que serve de alicerce a esse processo de planejamento das SbN.

Kabisch et al. (2017) propõem quatro grupos de indicadores que são úteis para aqueles envolvidos em realizar o planejamento, permitindo avaliar a eficácia das SbN:

- (a) Performance ambiental integral: redução da poluição atmosférica, redução da temperatura, redução da emissão de CO₂, ampliação do nível de biodiversidade, nível de regeneração de áreas degradadas e o nível de desserviços ambientais (aumento do número de mosquitos, plantas que emitem pólen alergênico).
- (b) Saúde e bem-estar: número de pessoas engajadas em esporte, redução de doenças respiratórias e obesidade, declínio das mortes prematuras devido a ondas de calor; número de pessoas com acesso a áreas verdes.
- (c) Monitoramento e transferibilidade: número de atores envolvidos no planejamento, viabilidade de longo prazo, porcentagem do orçamento dedicado ao planejamento, à implementação e à manutenção dos espaços verdes, ao número de ações/projetos transferidos para a prática e para o ensino.
- (d) Envolvimento dos cidadãos: porcentagem da população envolvida,

porcentagem de pessoas proprietárias de espaços verdes ou envolvidas na sua manutenção, compartilhamento de experiências e opiniões em redes sociais.

Para contribuir com o aperfeiçoamento do conteúdo desse planejamento voltado às SbN, as paisagens urbanas oferecem inúmeras oportunidades para projetos contínuos, experimentais e adaptativos (HERzOG et al., 2019). Esta retroalimentação ao processo de planejamento permite melhor adaptação das SbN para o contexto e para a escala local, possibilitando o refinamento das soluções e da compreensão quanto ao papel da natureza no ambiente urbano. Trata-se fundamentalmente da integração da infraestrutura verde com a infraestrutura cinza, combinando espaços urbanos verdes com outras infraestruturas, como transporte e habitação. Dessa forma, o planejamento deve apoiar a valorização dos espaços verdes urbanos, reconhecendo que esses possuem múltiplas funções e serviços (HANSEN et al., 2017).

Dimensão dos comportamentos e das competências para SbN

Esta política trata do desenvolvimento de comportamentos da população que garantam o sucesso de SbN, assim como de competências que possibilitem seu desenvolvimento e implementação. Conforme alerta Krauze e Wagner (2019), as SbN frequentemente exigem mudanças culturais e de hábitos, daí a importância de o Poder Público estabelecer uma perspectiva de longo prazo para dar suporte a essa dimensão da mudança. As estratégias para promover o comportamento sustentável podem ser agrupadas em três grupos (LILLEY, 2009; BHAMRA et al., 2011), com repercussões específicas em se tratando do perfil de SbN requerido:

- (a) Guiar a mudança: aqui se enquadram as iniciativas e soluções que contribuem para que as pessoas reconheçam a relevância das SbN para a qualidade de vida no âmbito da cidade, influenciando suas escolhas, atitudes, opiniões e atividades. Incluem-se aqui, por exemplo, soluções que resultem no ecofeedback dos resultados das SbN (displays mostrando o impacto na redução da temperatura, maior disponibilidade hídrica, menor poluição).

(b) Manter a mudança: neste grupo incluem-se as iniciativas que contribuem para consolidar novos comportamentos e hábitos com vínculo positivo com as SbN, como, por exemplo, a gamificação, com o provimento de prêmios e penalidades na interação com as SbN (acesso gratuito a conteúdos culturais para moradores que aderem a iniciativas de corredores de polinização).

(c) Garantir a mudança: este grupo trata de iniciativas que garantem a adesão aos comportamentos requeridos pelas SbN. Essa garantia pode alcançar o nível coercitivo, com configurações de produtos e serviços que não deixam outra opção a não ser a realização de uma dada atividade de acordo com a prescrição estabelecida (pontes para passagem de animais em migração no meio urbano que bloqueiam a passagem de carros).

As ações nessa política envolvem a utilização da educação como instrumento para rever paradigmas de produção e consumo, estimulando que se busque reaprender a viver com a natureza, reconhecendo o valor intrínseco de todas as formas de vida (HERZOG et al., 2019). ZWIERZCHOWSKA et al. (2019) propõem ações de ativação e educação dos cidadãos para o aproveitamento do potencial existente da infraestrutura verde, o que é necessário para viabilizar a participação na cocriação de SbN como espaços verdes multifuncionais comuns, por exemplo, jardins comunitários ou sociais, jardins de bolso e outras soluções de escala local. Essa recomendação é orientada não apenas a espaços públicos abertos, mas também associados a instituições, como escolas, jardins de infância, centros de terceira idade, hospitais ou cooperativas (ZWIERZCHOWSKA et al., 2019). Dessa forma, conscientizar os cidadãos, por meio de um processo de educação continuado, contribui para ampliar o engajamento e o comprometimento para com as SbN, sendo uma das ações necessárias para renaturalizar o meio urbano nas cidades (LAFORTEZZA et al., 2018). Ainda, as atividades de educação podem estar voltadas à formação de pessoas com competências necessárias à concepção, ao desenvolvimento, à implantação e à operação de SbN. ZWIERZCHOWSKA et al. (2018) alertam que o fluxo de serviços ecossistêmicos associados às SbN requer investimento no desenvolvimento de competências pertinentes às suas características complexas e multi/interdisciplinares.

Conforme Herzog et al. (2019), atividades coletivas práticas são efetivas para sensibilizar e estimular as pessoas a estabelecerem uma ligação mais intensa com a ecologia urbana, reforçando o espírito de comunidade. Iniciativas de aprendizagem ativa (como a horta urbana) podem ser efetivas para se alcançar a valorização da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos, sendo fundamentais no processo de transição para novos ambientes urbanos que sejam mais sustentáveis, seguros e resilientes (HERZOG et al., 2019). Kabisch et al. (2016) defendem a estratégia de promover projetos de SbN que tenham maior repercussão | Agricultura urbana | Floresta de bolso | Ecovila urbana | Ruas verdes | Jardim Vertical (base OICS, 2021) como forma de atrair o apoio dos diversos atores no município. Com isso, abre-se a oportunidade de ampliar a consciência sobre os benefícios das SbN, incluindo sua conexão com aspectos econômicos, de saúde e bem-estar. Hortas comunitárias, por exemplo, configuram em estratégia efetiva na busca por cidades mais resilientes, impactando na adoção de estilos de vida mais sustentáveis e ampliando o bem-estar e a saúde das pessoas. Nesses espaços, as pessoas aprendem a ampliar o nível de autossuficiência e, ao mesmo tempo, o valor de compartilhar conhecimentos e habilidades, contribuindo para preservar e proteger terras férteis no ambiente urbano. Além disso, impactam, de forma direta, na ampliação da coesão social e no senso de pertencimento ao lugar, empoderando comunidades por meio da ampliação de suas competências (VAN DER JAGT et al., 2017).

No processo de mudanças de comportamento e desenvolvimento de competências, é importante notar que as SbN podem ativar iniciativas de inovação social nas cidades e, dessa maneira, contribuir para acelerar a transição para a sustentabilidade (FAIVRE et al., 2017). Nessas iniciativas, ocorre um processo de cocriação com a comunidade, em que se concebem, avaliam e são introduzidas as SbN que transformam a paisagem urbana (HERZOG et al., 2019). A incorporação de infraestrutura verde e elementos naturais no ambiente construído, ao longo do espaço urbano, cria condições mais favoráveis à educação dos cidadãos quanto aos benefícios socioeconômicos da natureza em todos os aspectos da vida humana. É esse processo de aprendizagem individual e coletivo, apoiado por serviços culturais associados ao ecossistema, que provê o alicerce de longo prazo para a consolidação e a evolução voltada às SbN (FINK, 2016).

Dimensão da promoção de saúde e bem-estar por meio de SbN

Esta política trata do desenvolvimento e implantação de programas, projetos e ações que façam uso das SbN para a promoção da saúde e do bem-estar dos cidadãos de uma cidade. Essa política é baseada na compreensão de correlação direta do contato com a natureza com impactos positivos na saúde de maneira geral (MARKEVYCH et al., 2017). Sua implementação está relacionada diretamente ao alcance dos ODS 10 (Redução da desigualdade) e ODS 3 (Boa saúde e bem-estar) (FAIVRE et al., 2017).

As SbN contribuem com a saúde urbana por meio da melhoria no tratamento de efluentes industriais e municipais | Biotratamento de efluentes industriais, esgoto e águas cinza | Micro Estação de Tratamento Biológico Esgoto para Área Urbana | Estação de Tratamento de Esgoto ecológica por meio de Wetlands (base OICS, 2021) pela biodegradação e bioconversão; por meio do uso de métodos biológicos, físicos e químicos no tratamento de resíduos antes de descartá-los no solo ou na água. Por meio de SbN, pode-se proteger os espaços verdes urbanos para estimular a biodiversidade e o estabelecimento de espécies que se alimentam de vetores de doenças; utilizando superfícies permeáveis e vegetação, de tal forma que reduza as fontes de água parada | Alagados construídos | Descontaminação de águas a partir de micro-organismos (base OICS, 2021) e limite o estabelecimento de populações de vetores de doenças, fornecendo casas para morcegos, comedouros e abrigo para pássaros, para promover o estabelecimento de espécies para regulamentação de mosquitos (ou outros vetores de insetos).

O maior contato no meio urbano com a natureza contribui, de forma direta, na percepção de bem-estar das pessoas, bem como cria condições para estilos de vida mais saudáveis. Conforme Van Den Bosch e Sang (2017), o contato com o verde colabora na redução do estresse, na melhoria do estado de humor, na ampliação da atividade física, na redução do excesso de peso, na melhoria da coesão social, na redução das desigualdades em termos de saúde (VAN DEN BOSCH; SANG, 2017). Doenças cardíacas, obesidade e depressão têm menor incidência sob tais circunstâncias e, com isso, há uma redução da morbidade e mortalidade do espaço urbano.

Idosos e crianças são particularmente mais vulneráveis aos riscos à saúde

associados à urbanização em combinação com as mudanças climáticas. Sobre esse público, Kabisch et al. (2017) apontam que há positivas associações entre a infraestrutura verde e azul com redução dos fatores de risco associados à urbanização, além de contribuição direta na adoção de comportamentos mais saudáveis. No caso de crianças, há a redução da agressividade e a melhoria do desenvolvimento cognitivo. No caso de idosos, há uma direta associação entre a presença de áreas verdes e obesidade (KABISCH et al. 2017).

Parques, fazendas urbanas e hortas comunitárias estimulam a atividade física e, por consequência, a melhoria da saúde da população (EC, 2015). Para alcançar esse intento, as SbN resultam em espaços verdes mais atraentes, conectando os pontos de interesse na cidade através de corredores verdes. A esse respeito, Markevych et al. (2017) chamam a atenção de grandes espaços verdes, com caminhos com boa manutenção. Esses espaços são usualmente mais atrativos para a atividade física de adultos enquanto, para crianças menores, a atratividade maior está nos parques de bolso | Parque Urbano Multifuncional | Agricultura urbana | Floresta de bolso | Ruas verdes | Jardim de chuva (base OICS, 2021), com a presença de formas mais sedentárias de recreação. Além disso, as configurações de espaços verdes podem fomentar o contato da comunidade, contribuindo para ampliar a coesão social (EC, 2015; MARKEVYCH et al., 2017; VAN DEN BOSCH; SANG, 2017). Na dimensão social, Kabisch et al. (2016) adicionam que as SbN contribuem para reforçar a identidade cultural local e o senso de pertencimento ao lugar.

A interação regular com o ambiente natural e, dessa forma, com uma microbiota diversa tem efeito positivo na proteção contra doenças infecciosas e autoimunes, ampliando a capacidade imunológica (ROOK et al., 2015; VAN DEN BOSCH; SANG, 2017). A simples possibilidade de contato visual com espaços verdes têm demonstrado contribuição positiva em alguns protocolos clínicos em hospitais (FINK, 2016). Conforme Markevych et al. (2017), espaços verdes contribuem no amortecimento dos efeitos do ruído do tráfego tanto na dimensão física (redução na exposição ao ruído) quanto na psicológica (redução da resposta de estresse associada à percepção do ruído). Assim, barreiras verdes, fachadas verdes e telhados verdes | Cidade Biofílica | Ecobairro (base OICS, 2021) reduzem cerca de 5 dB a 10 dB por difração, absorção ou interferência destrutiva em ondas sonoras.

A proteção das fontes de ruído, por meio da natureza, melhora a percepção da qualidade acústica (MARKEVYCH et al., 2017). As SbN favorecem a redução do ruído, por exemplo, pelo plantio de árvores e arbustos entre estradas e habitações, utilizando a água corrente para mascarar o ruído urbano, garantindo fontes de alimento e abrigo seguro para pássaros canoros.

Apesar da compreensão quanto aos impactos positivos potenciais de SbN, é importante atentar-se para eventuais efeitos colaterais. A introdução de espaços verdes novos ou em maior quantidade podem causar maior concentração de pólen alergênico de árvores e espécies herbáceas. Quando não adequadamente planejados, os espaços verdes podem resultar em abrigo para vetores de doenças como mosquitos e ratos e, também, oferecer esconderijo para pessoas que realizam alguma contravenção (MARKEVYCH et al., 2017).

O acesso a áreas verdes normalmente são compreendidos como contribuições positivas na prevenção de iniquidades econômicas derivadas da desigualdade no acesso a serviços de saúde da população. Doenças de natureza crônica, por exemplo, ocorrem de maneira desproporcional em comunidades de baixa renda privadas do fácil acesso a áreas verdes. Paradoxalmente é importante notar que muito frequentemente a presença de áreas verdes, no meio do espaço urbano, resulta em ampliação do valor dos imóveis e, também, do preço dos aluguéis, o que pode forçar o deslocamento de populações mais fragilizadas economicamente (MARKEVYCH et al., 2017). É necessário, portanto, a análise sistêmica do problema no âmbito local e um adequado processo de cocriação com boa governança para evitar os riscos desses efeitos colaterais.

Pelo exposto, nota-se que a formulação e a implantação das dimensões das políticas voltadas às SbN propostas neste documento, assim como respectivas soluções, necessitam levar em consideração suas intrínsecas interdependências. De fato, a aplicação isolada de determinada dimensão pode resultar em baixa eficácia quando não são implementadas ações requeridas de outras dimensões complementares. Ações associadas à dimensão da regeneração do espaço urbano via SbN, por exemplo, podem ser inócuas se houver ausência de ações correspondentes voltadas à promoção de comportamentos mais sustentáveis na mobilidade.

Os desafios específicos de cada cidade requerem a customização da ênfase das

dimensões e soluções a serem priorizadas, assim como o escalonamento de sua implementação. As escolhas podem demandar a consideração de necessidades que transpõem os limites municipais, considerando-se os impactos das decisões nos municípios contíguos, particularmente onde há fluxos intensos intermunicipais. Na verdade, conforme argumenta Herzog et al. (2019), para alcançar plena efetividade, o conceito de SbN necessita permear as políticas públicas em todos os níveis (federal, estadual e local) e em todos os setores da economia e da sociedade. De qualquer forma, fica claro que não há um delineamento único e universal de como essas dimensões devem ser configuradas e implementadas na busca por SbN efetivas para as demandas específicas de cada município. Questões, como as características da fauna e flora local, a cultura local, os recursos financeiros disponíveis, o histórico de iniciativas anteriores e o nível de educação da população, são exemplos de variáveis que afetam esta customização. Finalmente, ressalta-se que as dimensões aqui apresentadas demandam uma compreensão holística do tomador sobre as implicações sociais, econômicas e ambientais de longo prazo em se buscar uma cidade efetivamente sustentável. São imprescindíveis decisões com um efetivo foco nas necessidades das futuras gerações humanas, assim como na proteção do bem-estar das outras espécies e do ambiente natural. Conclui-se, dessa forma, que o desenvolvimento de competências acerca dos aspectos técnicos e estratégicos de SbN junto aos tomadores de decisão constitui-se em um passo necessário para a adequada e compreensiva implementação de SbN no âmbito das cidades brasileiras.

Referências

Ambiente Construído

ABIKO, A. K. Introdução à Gestão Habitacional. São Paulo: EPUSP, 1995a. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/12. Disponível em: http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00012.pdf

AKDIRI, S. S.; ALOLA, A. A.; AKADIRI, A. C.; ALOLA, U. V. Renewable energy consumption in EU-28 countries: Policy toward pollution mitigation and economic sustainability, *Energy Policy*, v. 132, p. 803-810, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.040>.

ALBERT EINSTEIN. Sociedade Beneficente Israelita Brasileira. Como prevenir a queda de idosos? 2012.

ALLEN, P.; BUTANS, E.; ROBINSON, M.; VARGA, L. Sustainability from household and infrastructure innovations. *Sustainability Science*, v. 15, n. 6, p. 1753-1766, 2020. Springer Japan. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11625-020-00830-w>

ALTMANN, E. Apartments, Co-ownership and Sustainability: Implementation Barriers for Retrofitting the Built Environment. *Journal of Environmental Policy and Planning*, v. 16, n. 4, p. 437-457, 2014. Taylor & Francis. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/1523908X.2013.858593>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho 2013 Emenda 1: 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 2015. Disponível em: http://acessibilidade.unb.br/images/PDF/NORMA_NBR-9050.pdf

BEM, G. Sistemas responsivos em edificações destinadas a ambientes de escritório. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

BIRKELAND, J. Challenging policy barriers in sustainable development. *Bulletin of Geography. Socio-economic Series*, v. 40, n. 40, p. 41-56, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.2478/bog-2018-0013>

BHAMRA, Tracy; LILLEY, Debra; TANG, Tang. Design for sustainable behaviour: Using products to change consumer behaviour. *The Design Journal*, v. 14, n. 4, p. 427-445, 2011. DOI: 10.2752/17563061 1X13091688930453

BOERI, A.; GIANFRATE, V.; LONGO, D. Green buildings and design for adaptation: Strategies for renovation of the built environment *International Journal of Energy Production and Management*, v. 1, n. 2, p. 172-191, 2016. Disponível em: <http://doi.org/10.2495/EQ-V1-N2-172-191>

BOLGER, Kathleen; DOYON, Andréanne. Circular cities: exploring local government strategies to facilitate a circular economy, *European Planning Studies*, v. 27, n. 11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1642854>

BORGES, A. V. Avaliação da flexibilidade arquitetônica para a evolução projetual de edificações residências unifamiliares em Light Steel Frame. 219 p. 2021. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/229873/PARQ0429-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Estatuto da Cidade. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação – MCTIC. Projeto CITInova. Observatório de inovação para cidades sustentáveis – OICS. Brasília: 2019. Disponível em: <https://citinova.mctic.gov.br/observatorio-de-inovacao-para-cidades-sustentaveis/>

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT – BRE. Energy use in homes 2006 – a series of reports on domestic energy use in England. Energy Efficiency Report. Department of Energy and Climate Change, 2006. Disponível em: https://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/Energy_Efficiency_2006.pdf

BURGE, P.S. Sick building syndrome. *Occupational and Environmental Medicine*, v. 61, p. 185-190, 2004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1136/oem.2003.008813>.

CHAREHJOO, F; HOORIJANI, N. Evaluating the effective physical indicators of built environment on promotion of sustainable transportation: the case of Sanandaj City. *Education and Urban Society*. v. 52, n. 5, p. 774-799, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177%2F0013124519884931>

CHEN, F.; CHEN, H.; HUANG, X. et al. Public response to the regulation policy of urban household waste: Evidence from a survey of Jiangsu Province in China. *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 6, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/1034/pdf>

ÇIMEN, Ö. Construction and built environment in circular economy: A comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 305, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.127180

CLARKE, N. J.; KUIPERS, M. C.; ROOS, J. Cultural resilience and the Smart and Sustainable City. *Smart and Sustainable Built Environment*, v. 9, n. 2, p. 144-155, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/SASBE-09-2017-0041>

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. Trabalho apresentado... Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C. Applying agile project management approach to NDP: the case of a small technology-based enterprise. In: INTERNATIONAL PRODUCT DEVELOPMENT MANAGEMENT CONFERENCE, 16., Enschede. 2009. Proceedings... 2009.

CONNELLY, M.; HODGSON, M. Experimental investigation of the sound absorption characteristics of vegetated roofs. *Building Environment.*, v. 92, p. 335-346, 2015. Disponível em: <https://commons.bcit.ca/greenroof/files/2012/01/MConnelly-Green-Roof-Absorption.pdf>

CZISCHKE, D.; VAN BORTEL, G. An exploration of concepts and policies on 'affordable housing' in England, Italy, Poland and The Netherlands. *Journal of Housing and the Built Environment*, p. 1-21, 2018. Springer Netherlands. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10901-018-9598-1>.

DENG, Wu; PENG, zhen; TANG, Yu-ting. A quick assessment method to evaluate sustainability of urban built environment: Case studies of four large-sized Chinese cities, *Cities*, v.89, p.57-69, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.01.028>.

DIAS, A. P. L. Aporte e remoção de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos em fragmentos florestais na região metropolitana de Campinas – SP. 201 p. Tese (Doutorado em Biodiversidade Vegetal e Meio Ambiente) – Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2015.

DICKIE, I. B. Crowd-design for sustainability: proposition of a reference model. Tese de doutorado: Programa de Pós-Graduação em Design, UFPR, 2018.

DOYON, A.; MOORE, T. The Role of mandatory and voluntary approaches for a sustainable housing transition: Evidence from Vancouver and Melbourne. *Urban Policy and Research*, v. 38, n. 3, p. 213-229, 2020. Routledge. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/08111146.2020.1768841>.

EUROPEAN COMMISSION – EU. Renewable energy directive - RED. 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en. Acesso em: 19 jul. 2021.

EUROPEAN INSULATION MANUFACTURERS ASSOCIATION – EURIMA. The future of the European built environment - A forward-looking description of Europe in 2030 and 2050. 2019. Disponível em: <https://www.eurima.org>

FRIENDS OF THE EARTH EUROPE – FEU. CE Delft: The potential of energy citizens in the European Union, 2018. Disponível em: <https://friendsoftheearth.eu/publication/ce-delft-the-potential-of-energy-citizens-in-the-european-union>. Acesso em: 19 jul. 2021.

FODEN, M.; BROWNE, A.L.; EVANS, D.M.; SHARP, L.; WATSON, M. The water–energy–food nexus at home: New opportunities for policy interventions in household sustainability. *Geographical Journal*, v. 185, n. 4, p. 406–418, 2019. Disponível em: https://eprints.whiterose.ac.uk/126839/23/Foden_et_al-2018-The_Geographical_Journal.pdf

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO – FJP. Déficit Habitacional no Brasil 2015. Diretoria de Estatística e Informações (DIREI). Estatísticas e informações, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/verDocumento.php?iCodigo=76871&codUsuario=0>

GALLEGO-SCHMID, A.; CHEN, H. M.; SHARMINA, M.; MENDOZA, J. M. F. Links between circular

economy and climate change mitigation in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 260, p. 121-115, 2020. Elsevier Ltd. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121115>

GARCIA, A. M. Consumo sustentável e o hábito de tomar banho: metaconceitos de sistemas produto+serviço sustentáveis para a habitação de interesse social. 244 p. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, 2019.

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. *Society for the Study of Social Problems*, Oxford University Press, v. 12, n. 4, p. 436-445, 1965. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. *Discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Routledge, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

GLASER, B. G. The constant comparative method of qualitative analysis. *Social Problems*, v. 12, n. 4, p. 436-445, 1965. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/sp.1965.12.4.03a00070>

GLASER, B. STRAUSS, A. *The Discovery of grounded theory: strategies for qualitative research*. Mill Valley, CA: Sociology Press, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

GOH, C. S.; JACK, L.; BAJRACHARYA, A. Qualitative study of sustainability policies and guidelines in the built environment. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, v. 12, n. 2, 2020. Disponível em: https://pure.hw.ac.uk/ws/portalfiles/portal/27097926/LADR_AAM_2019.pdf

GOLUBCHIKOV, O.; BADYINA, A. *Sustainable housing for sustainable cities*. 2012. Disponível em: http://capacitybuildingunhabitat.org/wp-content/uploads/workshops/2019-innovative-approaches-to-deliver-affordable-housing-options-for-asia/Readings/SHSC_UNHabitat_2012.pdf

GUERRA, B.C.; LEITE, F. Circular economy in the construction industry: An overview of United States stakeholders' awareness, major challenges, and enablers. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 170, 2021. DOI: 10.1016/j.resconrec.2021.105617

GUO, R.; DING, Y.; SHANG, L.; WANG, D.; CAO, X.; WANG, S.; WANG, L. Sustainability-oriented

urban renewal and low-impact development applications in China: case study of Yangpu District, Shanghai. *Journal of Sustainable Water in the Built Environment*, v.4, n.1, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1061/JSWBAY.0000840>.

HAL, Van. A labeling system as a stepping stone for incentives related to the profitability of sustainable housing. *Journal of Housing and the Built Environment*, v. 22, n. 4, p. 393-408, 2007. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.468.33&rep=rep1&type=pdf>

HE, B.Y.; ZHOU, J.; MA, z.; CHOW, J.Y.J.; OzBAY, K. Evaluation of city-scale built environment policies in New York City with an emerging-mobility-accessible synthetic population.

Transportation Research Part A: Policy and Practice, v. 141, p. 444-467, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.10.006>.

HEAD, L.; FARBOTKO, C.; GIBSON, C.; GILL, N.; WAITT, G. zones of friction, zones of traction: The connected household in climate change and sustainability policy. *Australasian Journal of Environmental Management*, v. 20, n. 4, p. 351-362, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14486563.2013.835286>.

HEINRICH, J. Influence of indoor factors in dwellings on the development of childhood asthma. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 214, issue 1, p. 1-25, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2010.08.009>

HOLTON, J. A. Grounded theory as a general research methodology. *Grounded Theory Review: An International Journal*, v. 7, n. 2, June 2008. Disponível em: <http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/>

HOLTON, Judith. Grounded theory as a general research methodology. *The Grounded Theory Review*, n. 7. p. 67-93, 2008.

ICLEI. Local Governments for Sustainability. Sustainable urban energy planning – handbook for cities and towns in developing countries. ICLEI, UN-HABITAT e UNEP. 2009, 22p. Disponível em: https://www.mypsup.org/library_files/downloads/Sustainable%20Urban%20Energy%20Planning.pdf

INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL – IPHAN. Política de patrimônio cultural material. Documental legal nº 375, de 17 de agosto de 2018. Departamento de Patrimônio Material e Fiscalização: Ministério da Cultura, 2018. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/publicacao_politica_do_patrimonio.pdf

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA – INMETRO.

Programa Brasileiro de Etiquetagem. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/avaliacao-da-conformidade/programa-brasileiro-de-etiquetagem/conheca-o-programa>. Acesso em: 13 ago. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Alterações climáticas 2014: impactos, adaptação e vulnerabilidade - resumo para decisores. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate change 2021: the physical science basis. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Ciclo de Avaliação (AR6), 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> Acesso em: 24 out. 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Cities, towns and renewable energy – yes in my front yard. Paris: OECD/IEA, 2009. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/53bca3ab-9c2f-4c4e-93bd-5e0034df7124/Cities2009.pdf>

IRENA; IEA; REN21. Renewable Energy Policies in a Time of Transition. IRENA, OECD/ IEA, REN21, 2018. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf. Acesso em: 3 abr. 2022.

JIN, J. The effects of labor market spatial structure and the built environment on commuting behavior: Considering spatial effects and self-selection. *Cities*, v. 95, n. June, p. 102392, 2019. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.102392>.

JO, H. K.; MCPHERSON, G. E. Carbon storage and flux in urban residential greenspace. *J. Environ. Manag.*, v. 45, p. 109-133, 1995. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.3979&rep=rep1&type=pdf>

JOENSUU, T.; EDELMAN, H.; SAARI, A. Circular economy practices in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 276, p. 124215, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124215>.

KLUNDER, G. The search for the most eco-efficient strategies sustainable Dutch lessons construction; housing. *Journal of Housing*, v. 19, n. 1, p. 111-126, 2013. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.532.7472&rep=rep1&type=pdf>

LARCHER, J. V. M. Diretrizes visando a melhoria de projetos e soluções construtivas na expansão de habitações de interesse social, 188 p. 2005. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Pós-Graduação em Construção Civil, do Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná. 2005. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3514/larcher.pdf?sequence=1>

LILLEY, Debra. Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. *Design Studies*, v. 30, n. 6, p. 704-720, 2009. Disponível em: https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/Design_for_sustainable_behaviour_strategies_and_perceptions/9346976/1/files/16956029.pdf

LILLEVOLD, Karin; HAARSTAD, Håvard. The deep city: cultural heritage as a resource for sustainable local transformation, *Local Environment*, v. 24, n. 4, p. 329-341, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13549839.2019.1567481>

LINDBERG, M.B.; MARKARD, J.; ANDERSEN, A.D. Policies, actors and sustainability transition pathways: A study of the EU's energy policy mix, *Research Policy*, v. 48, n. 10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.09.003>

LIU, J.; BENGTSSON, B.; BOHMAN, H.; PAULI, K.S. A system model and an innovation approach toward sustainable housing renovation. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 3, p. 1-16, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ju-Liu-7/publication/339073427_A_System_Model_and_An_Innovation_Approach_toward_Sustainable_Housing_Renovation/inks/5fc643aca6fdcce95269d254/A-System-Model-and-An-Innovation-Approach-toward-Sustainable-Housing-Renovation.pdf

LIU, C.; NGUYEN, T. T. Evaluation of household food waste generation in Hanoi

and policy implications towards SDGs target 12.3. Sustainability (Switzerland), v. 12, n. 16, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6565/pdf>

LOVELL, H. Framing sustainable housing as a solution to climate change. Journal of Environmental Policy and Planning, v. 6, n. 1, p. 35-55, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Heather-Lovell/publication/248925802_Framing_sustainable_housing_as_a_solution_to_climate_change/links/0deec52f54a3e5aebc000000/Framing-sustainable-housing-as-a-solution-to-climate-change.pdf

MABON, L.; KONDO, K.; KANEKIYO, H.; HAYABUCHI, Y.; YAMAGUCHI, A. Fukuoka: Adapting to climate change through urban green space and the built environment? Cities, v. 93, p. 273-285, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2019.05.007>

MACLACHLAN A.; BIGGS E., ROBERTS G.; BORUFF B. Sustainable City Planning: A Data-Driven Approach for Mitigating Urban Heat. Front. Built Environ. v. 6, n. 519599, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fbuil.2020.519599>

MALALGODA, C.; AMARATUNGA, D.; HAIGH, R. Creating disaster resilient built environment in urban cities: the role of local governments in Sri Lanka. International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment, v. 4, n. 1, p. 72-94, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/17595901311299017>

MALALGODA, C.; AMARATUNGA, D.; HAIGH, R. Overcoming challenges faced by local governments in creating a resilient built environment in cities. Disaster Prevention and Management, v. 25, n. 5, p. 628–648, 2016. DOI: 10.1108/DPM-11-2015-0260

MANEWA, Anupa; SIRIWARDENA, Mohan; ROSS, Andrew; MADANAYAKE, Upeksha. Adaptable Buildings for sustainable built environment, Built Environment Project and Asset Management, v.6, n.2, p.139-158, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/BEPAM-10-2014-0053>.

MARTIN, Loosemore; PERRY, Forsythe. Chapter 11 – Sustainable construction Technology Adoption. TAM, Vivian W.Y.; LE, Khoa N. (Ed.). Sustainable Construction Technologies, Butterworth- Heinemann, p. 299-316, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811749-1.00009-2>

MOORE, T.; DOYON, A. The uncommon Nightingale: sustainable housing innovation in Australia. Sustainability (Switzerland), v. 10, n. 10, p. 1-18, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327947538_The_Uncommon_Nightingale_Sustainable_Housing_I

novation_in_ Australia/fulltext/5baed0a692851ca9ed2e56da/The-Uncommon-Nightingale-Sustainable-Housing- Innovation-in-Australia.pdf

MOURATIDIS, Kostas. Urban planning and quality of life: A review of pathways linking the built environment to subjective well-being, *Cities*, v.115, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103229>.

MOUSTAKAS, C.E.. Heuristic research: Design, methodology, and applications. Sage Publications, Inc.1990.

MUNARO, M.R.; TAVARES, S.F.; BRAGANÇA, L. Towards circular and more sustainable buildings: A systematic literature review on the circular economy in the built environment. *Journal of Cleaner Production*, v. 260, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121134>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. Soluções e casos. 2021. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/solucoes-e-casos/solucoes>.

OFFICE, B.; GARSTON, B.R.E.; WD, W.; TEL, X.X. Ecohomes 2006 – The environmental rating for homes. 2006. Disponível em: https://tools.breeam.com/filelibrary/Technical%20Manuals/EcoHomes_2006_Guidance_v1.2_-_April_2006.pdf

OPOKU, A. Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs). *Resources, Conservation and Recycling*, v. 141, p.1-7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.011>.

PAINE, G.; THOMPSON, S. What is a Healthy Sustainable Built Environment? Developing Evidence- Based Healthy Built Environment Indicators for Policy-Makers and Practitioners. *Planning Practice and Research*, v. 32, n. 5, p. 537-555, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/02697459.2017.1378972>

PAN, Wei; PAN, Mi. Drivers, barriers and strategies for zero carbon buildings in high-rise high-density cities, *Energy and Buildings*, v. 242, n. 110970, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110970>.

PEACOCK-MCLAUGHLIN, C.; LARGO-WIGHT, E.; WLYUDKA, P. S.; JOHNSON, T. M.; MERTEN, J. W. The built environment, transportation policy, and population health: a comparison of two cities. *Urban Research and Practice*, v. 11, n. 3, p. 193-199, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17535069.2017.1322134>.

PETIT-BOIX, A.; LEIPOLD, S. Circular economy in cities: Reviewing how

environmental research aligns with local practices. *Journal of Cleaner Production*, v. 195, p. 1270-1281, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.281>.

PROCHASKA, J. O., VELICER, W. F. The Transtheoretical Model of Health Behavior Change. *American Journal of Health Promotion*, v. 12, n. 1, p. 38-48, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.4278/0890-1171-12.1.38>.

RADHI, H. Can envelope codes reduce electricity and CO2 emissions in different types of buildings in the hot climate of Bahrain? *Energy*, v. 34, p. 205-215, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2008.12.006>

RAHLA, K.M.; MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Selection criteria for building materials and components in line with the circular economy principles in the built environment – a Review of current trends.

Infrastructures, v. 6, n. 4, p. 49, 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Kamel-](https://www.researchgate.net/profile/Kamel-Rahla/publication/350360253_Selection_Criteria_for_Building_Materials_and_Components_in_Line_with_the_Circular_Economy_Principles_in_the_Built_Environment-A_Review_of_Current_Trends/links/605bdda4458515e8346c71fe/Selection-Criteria-for-Building-Materials-and-Components-in-Line-with-the-Circular-Economy-Principles-in-the-Built-Environment-A-Review-of-Current-Trends.pdf)

[Rahla/publication/350360253_Selection_Criteria_for_Building_Materials_and_Components_in_Line_with_the_Circular_Economy_Principles_in_the_Built_Environment-A_Review_of_Current_Trends/links/605bdda4458515e8346c71fe/Selection-Criteria-for-Building-Materials-and-Components-in-Line-with-the-Circular-Economy-Principles-in-the-Built-Environment-A-Review-of-Current-Trends.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kamel-Rahla/publication/350360253_Selection_Criteria_for_Building_Materials_and_Components_in_Line_with_the_Circular_Economy_Principles_in_the_Built_Environment-A_Review_of_Current_Trends/links/605bdda4458515e8346c71fe/Selection-Criteria-for-Building-Materials-and-Components-in-Line-with-the-Circular-Economy-Principles-in-the-Built-Environment-A-Review-of-Current-Trends.pdf)

ROCKFELLER FOUNDATION. Resilient Cities Network. R100. Disponível em: <https://www.100resilientcities.org>. Acesso em: 18 ago. 2021.

SALDANHA, Carlos. Os consumidores das camadas de baixa renda e o valor percebido de seu consumo: uma abordagem qualitativa. 98 p. 2013. Dissertação (Mestrado em Design) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2013. Disponível em: [http:// docplayer.com.br/77831240-Os-consumidores-das-camadas-de-baixa-renda-e-o-valor-percebido-do-seu-consumo-uma-abordagem-qualitativa.html](http://docplayer.com.br/77831240-Os-consumidores-das-camadas-de-baixa-renda-e-o-valor-percebido-do-seu-consumo-uma-abordagem-qualitativa.html)

SANTOS, AGUINALDO DOS; SATO, S. P.; PAULERT, R.; ALPENDRE, B.; ROCHA, G.; CARBONI,

M. H. S.; BALDESSAR, S. Dematerialization of the built environment. In: HELSINKI WORLD SUSTAINABLE BUILDING CONFERENCE, 2011, Helsinki. SB11. Helsinki: VTT Technical Research Centre of Finland, 2011. v. 1. p. 1. Disponível em: [https://www.yumpu.com/en/document/ view/8683286/2011-helsinki-world-sustainable-building-conference-full-paper](https://www.yumpu.com/en/document/view/8683286/2011-helsinki-world-sustainable-building-conference-full-paper)

SHIBUYA, Takashiro; CROXFORD, Bem. The effect of climate change on office

building energy consumption in Japan. *Energy and Buildings* n. 117, p. 149-159, 2016.

SHIKDER, Shariful; MOURSHED, Monjur; PRICE, A. Summertime impact of climate change on multi-occupancy british dwellings. *Open House International*. n. 37. p. 50-60. 2012. 10.1108/OHI-04-2012-B0006. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Monjur-Mourshed/publication/277055872_Summertime_Impact_of_Climate_Change_on_Multi-Occupancy_British_Dwellings/links/5b9ae7e8a6fdccd3cb52c64c/Summertime-Impact-of-Climate-Change-on-Multi-Occupancy-British-Dwellings.pdf

SHITTU, O. Emerging sustainability concerns and policy implications of urban household consumption: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 246, p. 119034, 2020. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119034>.

TETTEY, U.Y.A. et al. Design strategies to minimise heating and cooling demands for passive houses under changing climate. In: ECEEE 2017 SUMMER STUDY – CONSUMPTION, EFFICIENCY & LIMITS. ECEEE summer study proceedings 2017. p. 1185-1195. Disponível em: https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2017/5-buildings-and-construction-technologies-and-systems/design-strategies-to-minimise-heating-and-cooling-demands-for-passive-houses-under-changing-climate/2017/5-342-17_Tetty.pdf

THONDHLANA, G.; KUA, H. W. Promoting household energy conservation in low-income households through tailored interventions in Grahamstown, South Africa. *Journal of Cleaner Production*, v. 131, p. 327-340, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.026>.

TSENKOVA, S. Sustainable housing and liveable cities: European habitat & The New Urban Agenda. *Urban Research and Practice*, v. 9, n. 3, p. 322-326, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/17535069.2016.1240514>.

TYLER, S.; MOENCH, M. A framework for urban climate resilience. *Climate and development*, v. 4, n. 4, p. 311-326, 2012. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17565529.2012.745389?scroll=top&needAccess=true>

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAM – UNEP. Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. Nairobi, 2011. Disponível em: <https://www.unep.org/explore-topics/green-economy>

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME – UN-Habitat. Sustainable housing for sustainable cities: A policy framework for developing countries. Nairobi: UN-Habitat, 2012.

Disponível em: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Sustainable%20Housing%20for%20Sustainable%20Cities.pdf>

UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENTS PROGRAMME – UN-Habitat. Urbanization and development: emerging futures World Cities Report, UN-Habitat, 2016. Disponível em: <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/WCR-2016-WEB.pdf>

UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES – UNSW. Healthy built environments: a review of literature. The Healthy Built Environments Program (HBEP), City Futures Research Centre, 2011. Disponível em: <https://cityfutures.be.unsw.edu.au/documents/162/HBEPFactSheetKit.pdf>

VAZ, C. E. V.; SOUSA, J. P. M.; PINTO, H. R. DE S.; CARDOSO, A. R. B.; QUEIROZ, N. O desenvolvimento de elementos de proteção de fachada responsivos – exploração e controle de um processo. *Gestão & Tecnologia de Projetos*, v. 11, n. 2, p. 73, 2016. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/118346/119158>

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. *Sustainability (Switzerland)*, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149/pdf>

WEY, W-M. A Commentary on Sustainably Built Environments and Urban Growth Management. *Sustainability*, v. 10, n. 11, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su10113898>.

WIEDENHOFER, D.; SMETSCHKA, B.; AKENJI, L.; JALAS, M.; HABERL, H. Household time use, carbon footprints, and urban form: a review of the potential contributions of everyday living to the 1.5 °C climate target. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, v. 30, p. 7-17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.02.007>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Healthy cities: good health is good politics. 2015. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1247033/retrieve>

Energia

ADIL, A. M.; KO, Y. Socio-technical evolution of decentralized energy systems: a critical review and implications for urban planning and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 57, p. 1025-1037, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.079>.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa nº 482, 2012.

Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Resolução normativa nº 687, 2015. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>. Acesso em: 6 nov. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Geração distribuída, 2018. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>. Acesso em: 6 nov. 2021.

AKDIRI, S. S.; ALOLA, A. A.; AKADIRI, A. C.; ALOLA, U. V. Renewable energy consumption in EU-28 countries: Policy toward pollution mitigation and economic sustainability, *Energy Policy*, v. 132, p. 803-810, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.040>.

ARGYRIOU, I.; JUSTICE, J. B.; LATHAM, W.; WARREN, R. Urban sustainable energy development: A case study of the city of Philadelphia. *Local Environment*, v. 22, n. 12, p. 1461–1478, 2017. DOI: 10.1080/13549839.2017.1360262

BACCHETTI, E. Towards sustainable energy for all designing sustainable product-service system applied to distributed renewable energy. 235 p. 2018. Dissertation (Doctoral Design) – Politecnico di Milano, 2018. Disponível em: https://www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/137938/1/2018_02_PhD_Bacchetti.pdf

BAGHERI, M.; SHIRZADI, N.; BAZDAR, E.; KENNEDY, C. A. Optimal planning of hybrid renewable energy infrastructure for urban sustainability: Green Vancouver. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 95, p. 254-264, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.07.037>.

BALCOMBE, P.; RIGBY, D.; AZAPAGIC, A. Motivations and barriers associated with adopting microgeneration energy technologies in the UK. *Renewable and*

Sustainable Energy Reviews, v. 22, p. 655-666, 2013. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.012>

BARTOLOMEO, Matteo et al. Eco-efficient producer services – what are they, how do they benefit customers and the environment and how likely are they to develop and be extensively utilised?

Journal of Cleaner Production, v. 11, n. 8, p. 829-837, 2003. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00157-9](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00157-9)

BHAMRA, Tracy; LILLEY, Debra; TANG, Tang. Design for sustainable behaviour: Using products to change consumer behaviour. The Design Journal, v. 14, n. 4, p. 427-445, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.2752/175630611X13091688930453>

BIBRI, S. E. Data-driven environmental solutions for smart sustainable cities: strategies and pathways for energy efficiency and pollution reduction. Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration, v. 5, n. 66, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s41207-020-00211-w>

BIDWELL, D. The Effects of information on public attitudes toward renewable energy. Environment and Behavior, v.48, n. 6, p.743-768, 2016. Disponível em: https://digitalcommons.uri.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1004&context=maf_facpubs

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

BULL, R. et al. Competing priorities: lessons in engaging students to achieve energy savings in universities, International Journal of Sustainability in Higher Education, v. 19, n. 7, p. 1220-1238, 2018. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJSHE-09-2017-0157/full/pdf>

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. Financiamento à Energia Renovável: entraves, desafios e oportunidades. 2016.

CE Delft. The Potential for energy citizens in the European union, 2016. Disponível em: bit.ly/energycitizenstudy Acesso em: 16 jul. 2021.

CHANG, Youngho; FANG, zheng. Efficient, equitable and sustainable energy policy in a small open economy: Concepts and assessments, Energy Policy, v. 105, p.

493-501, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.031>

CHAPMAN, A.; MCLELLAN, B.; TEZUKA, T. Strengthening the energy policy making process and sustainability outcomes in the OECD through policy design. *Administrative Sciences*, v. 6, n. 3, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/admsci6030009>

CHE MUNAAIM, M. A.; RAZALI, N.; AYOB, A.; HAMIDIN, N.; OTHUMAN MYDIN, M. A.

Potential of micro hydroelectric generator embedded at 30,000 pe effluent discharge of sewerage treatment plant. *E3S Web of Conferences*, v. 34, p. 0-7, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Afizah-Ayob/publication/323850220_Potential_of_Micro_Hydroelectric_Generator_Embedded_at_30000_PE_Effluent_Discharge_of_Sewerage_Treatment_Plant/links/5ab36be20f7e9b4897c633da/Potential-of-Micro-Hydroelectric-Generator-Embedded-at-30000-PE-Effluent-Discharge-of-Sewerage-Treatment-Plant.pdf

CHUI, K. T.; LYTRAS, M. D.; VISVIZI, A. Energy sustainability in smart cities: Artificial intelligence, smart monitoring, and optimization of energy consumption. *Energies*, v. 11, n. 11, p. 1-20, 2018. Disponível em: https://scholars.cityu.edu.hk/files/34440871/energy_sustainability_in_smart_cities.pdf

COLLAÇO, F. M. A.; SIMOES, G.; PEREIRA, L.; DUIC, N. The dawn of urban energy planning: Synergies between energy and urban planning for São Paulo (Brazil) megacity. *Journal of Cleaner Production*, v. 215, p. 458-479, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.01.013

COLLAÇO, F. M. A.; BERGMANN, C. Perspectivas da gestão de energia em âmbito municipal no Brasil. *Estudos Avançados*, v. 31, n. 89, p. 213-235, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ea/a/hXzkgrScCXDNK97M8f59w9K/?format=pdf&lang=pt>

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO – CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. Trabalho apresentado... Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf

CRUZ, Rizalino B. The Politics of land use for distributed renewable energy generation. *Urban Affairs Review*, v. 54, n. 3, p. 524–59, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1078087416672589>.

DALVI, S. D.; BHONSALEB, A. V.; DATARC, R. M. Analysis of Indian residences in terms of energy efficiency through energy education – a case study of Mumbai megacity. *International Journal of Ambient Energy*, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/01430750.2015.1023832>.

DI MATTEO, U.; NASTASI, B.; ALBO, A.; ASTIASO GARCIA, D. Energy contribution of OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) to energy-environmental sustainability in urban areas at small scale. *Energies*, v. 10, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/10/2/229/pdf>

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Plano decenal de expansão de energia 2030. Brasília: v. 1, p. 447, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decena-de-expansao-de-energia-2030> Acesso em: 19 jul. 2021.

EUROPEAN COMMISSION – EC. RED – Renewable Energy Directive, 2021. Disponível em: https://ec.europa.eu/energy/topics/renewable-energy/directive-targets-and-rules/renewable-energy-directive_en. Acesso em: 19 jul. 2021.

FANG, E.; PALMATIER, R.; STEENKAMP, J. B. Effect of service transition strategies on firm value. *Journal of Marketing*, v. 72, p. 1-14, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1509/jmkg.72.5.001>

FEU – Friends of the Earth Europe. CE Delft: the potential of energy citizens in the European Union, 2018. Disponível em: <https://friendsoftheearth.eu/publication/ce-delft-the-potential-of-energy-citizens-in-the-european-union> Acesso em: 19 jul. 2021.

FROEHLICH, J. Sensing and feedback of everyday activities to promote environmental behaviors. 381 p. Dissertation (Doctoral Computer Science and Engineering) – University of Washington, 2011. Disponível em: https://makeabilitylab.cs.washington.edu/media/publications/Sensing_and_Feedback_of_Everyday_Activities_to_Promote_Environmentally_Sustainable_Behaviors_rHNIWFF.pdf

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. *Society for the Study of Social Problems*, Oxford University Press, v. 12, n. 4, p. 436-445, 1965.

Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. Discovery of grounded theory: strategies for qualitative research. Routledge, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

GUNGAH, A.; EMODI, N. V.; DIHOHA, M. O. Improving Nigeria's renewable energy policy design: A case study approach. *Energy Policy*, v. 130, p. 89-100, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.059>

HENRIQUES, A.; SANTOS, M.; ALEXANDRE, R.; MAGALHÃES, R. N. As potencialidades e restrições do leap para o desenvolvimento de matriz energética. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 7., Anais... p. 1-7, 2010. Disponível em: <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/22005410>

HERRERA, S.M. DOE/FEMP's New program for: affordable distributed energy resources. *Cogeneration & Competitive Power Journal*, v. 17, n. 2, p. 58-62, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10668680209508971>

HOLLEY, Cameron; LECAVALIER, Emma. Energy governance, energy security and environmental sustainability: a case study from Hong Kong, *Energy Policy*, v. 108, p. 379-389, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.06.010>.

HOLTON, J. A. Grounded theory as a general research methodology. *Grounded Theory Review: An International Journal*, v. 7, n. 2, June 2008. Disponível em: <http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/>

HORNER, N.; DE PAULA OLIVEIRA, A.G.; SILBERGLITT, R.; KHALED POPPE, M.; BRESSAN ROCHA, B. Energy foresight, scenarios and sustainable energy policy in Brazil. *Foresight*, v. 18, n. 5, p. 535-550, 2016. DOI: 10.1108/FS-06-2015-0035

HUI, H. et al. 5G network-based Internet of Things for demand response in smart grid: A survey on application potential. *Applied Energy*, v. 257, n. October 2019, p. 113972, 2020. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113972>

ICLEI – Local Governments for Sustainability. Sustainable urban energy planning – a handbook for cities and towns in developing countries. ICLEI, UN-HABITAT e UNEP. 2009, 22p. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=293&menu=1515>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate change 2007: mitigation of climate change 2007. Contribution of Working Group 3 of the Fourth Assessment Report. New York: Cambridge University Press, 2007. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg3/>

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. Cities, towns and renewable energy – yes in my front yard. Paris: OECD/IEA, 2009. 194 p. Disponível em: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/53bca3ab-9c2f-4c4e-93bd-5e0034df7124/Cities2009.pdf>

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. Renewable energy and jobs – annual review 2017, Abu Dhabi, 2017, 24p. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/May/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2017.pdf

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. Renewable energy policies in a time of transition. IRENA, OECD/IEA and REN21, 2018, 112p. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. Tracking SDG 7: the energy progress report. EA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO. World Bank, Washington, DC, 2020, 234p. Disponível em: <https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2019/May/2019-Tracking-SDG7-Report.pdf>

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY – IRENA. Renewable energy policies for cities. Experiences in China, Uganda and Costa Rica. Abu Dhabi, 2021, 158p. Disponível em: https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2021/May/IRENA_Policies_for_Cities_Uganda_2021.pdf?la=en&hash=B6AF54CF466F70B83E96E9F322C09D8139AF9D03

ISHUGAH, T. F.; LI, Y.; WANG, R. z.; KIPLAGAT, J. K. Advances in wind energy

resource exploitation in urban environment: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 37, p. 613-626, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Tf-Ishugah/publication/263048982_Advances_in_wind_energy_resource_exploitation_in_urban_environment_A_review/links/60b4a05945851557baaf225d/Advances-in-wind-energy-resource-exploitation-in-urban-environment-A-review.pdf

JEFFERSON, Michael. Energy policies for sustainable development. In: UNDP – United Nations Development Programme; United Nations Department of Economic and Social Affairs; World Energy Council. *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York, 2000. Chapter 12.

JIANG, zhujun; LYU, Pinjie; YE, Liang; zHOU, Yang wenqian. Green innovation transformation, economic sustainability and energy consumption during China's new normal stage. *Journal of Cleaner Production*, v. 273, n. 123044, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123044>.

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, S.; CASTRO-GONZÁLEZ, A. Assessing the impact of biogas on the energy sustainability of an urban restaurant in Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, v. 17, n. 1, p. 61-71, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S140577431600007X/pdf?md5=0c666f667699096a112bd4e8a07fed7b&pid=1-s2.0-S140577431600007X-main.pdf>

KAMMEN D. M.; SUNTER, D. A. City-integrated renewable energy for urban sustainability, *Science*, v. 352, n. 6.288, p. 922-928, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kammen/publication/303369794_City-integrated_renewable_energy_for_urban_sustainability/links/5eb044d6a6fdcc7050a89199/City-integrated-renewable-energy-for-urban-sustainability.pdf

KATz, J.; KITzING, L.; SCHRÖDER, S. T.; ANDERSEN, F. M.; MORTHORST, P. E.; STRYG, M. Household electricity consumers' incentive to choose dynamic pricing under different taxation schemes. *Wiley Periodicals: Energy and Environment*, v. 7, n. 1, 2018.

KRÜGER, A.; KOLBE, T. H. Building analysis for urban energy planning using key indicators on virtual 3D city models - The energy atlas of Berlin. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v. 39, n. B2, p. 145-150, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/276021397_Building_analysis_for_urban

_energy_planning_ using_key_indicators_on_virtual_3D_city_models_-
_The_energy_atlas_of_berlin

LILLEY, Debra. Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. *Design Studies*, v. 30, n. 6, p. 704-720, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.05.001>

LINDBERG, M. B.; MARKARD, J.; ANDERSEN, A. D. Policies, actors and sustainability transition pathways: A study of the EU's energy policy mix, *Research Policy*, v. 48, n. 10, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.09.003>

LIMMER, S. Dynamic pricing for electric vehicle charging – a literature review. *Energies*, v. 12, n. 18, 2019.

LUGARIC, Luka; KRAJCAR, Slavko. Transforming cities towards sustainable low-carbon energy systems using energy synthesis for support in decision making. *Energy Policy*, v. 98, p. 471-482, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.09.028>

MARINS, K. R. C. C. Proposta metodológica para planejamento energético no desenvolvimento de áreas urbanas. 800 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-09062010-155906/publico/TeseKarinMarinsFAUUSP2010.pdf>

MAUREE, Dasaraden; NABONI, Emanuele; COCCOLO, Silvia; PERERA, A. T. D.; NIK, Vahid M.; SCARTEZZINI, Jean-Louis. A review of assessment methods for the urban environment and its energy sustainability to guarantee climate adaptation of future cities, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 112, p. 733-746, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.005>

MICELI, R. Energy management and smart grids. *Energies*, v. 6, n. 4, p. 2262-2290, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274549799_Energy_Management_and_Smart_Grids

MURRAY, R.; RASTEGAR, J. Novel two-stage piezoelectric-based ocean wave energy harvesters for moored or unmoored buoys. *Proceedings of SPIE, Active and Passive Smart Structures and Integrated Systems*, San Diego, v. 7288, p. 1117-1129, 2009. DOI:10.1117/12.815852

NDIAYE, A.; KÉBÉ, C. M. F.; CHARKI, A.; NDIAYE, P. A.; SAMBOU, V.; KOBI, A.

Degradation

evaluation of crystalline-silicon photovoltaic modules after a few operation years in a tropical environment. *Solar Energy*, 103, p. 70 e 77, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2014.02.006>

NEWMAN, Peter. The rise and rise of renewable cities, *Renewable Energy and Environmental Sustainability*. v. 2, n. 10, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1051/rees/2017008>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. Soluções e casos. 2021. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/solucoes-e-casos/solucoes>.

PEGELS, A.; VIDICAN-AUKTOR, G.; LÜTKENHORST, W.; ALTENBURG, T. Politics of green energy policy. *Journal of Environment and Development*, v. 27, n. 1, p. 26-45, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321858086_Politics_of_Green_Energy_Policy/fulltext/5a358de7a6fdcc769fd49f52/Politics-of-Green-Energy-Policy.pdf

PODGORNIK, A.; SUCIC, B.; BLAZIC, B. Effects of customized consumption feedback on energy efficient behaviour in low-income households. *Journal of Cleaner Production*, v. 130, p. 25-34, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.009>.

POWERS, M. Small Is (Still) Beautiful: designing U.S. energy policies to increase localize renewable energy generation. *Wisconsin International Law Journal*, v. 30, n. 3, p. 596-667, 2013. Disponível em: <https://repository.law.wisc.edu/s/uwlaw/media/21380>

PROCHASKA, J. O.; VELICER, W. F. The Transtheoretical model of health behavior change. *American Journal of Health Promotion*, v. 12, n. 1, p. 38-48, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.4278/0890-1171-12.1.38>.

RAHMAN, K. A.; LEMAN, A. M.; YUSOF, M. z. M.; SALLEH, M. M. N. Consumer awareness in energy efficiency for residential houses in peninsular Malaysia. *MATEC Web of Conferences, CongDM 2016*, v. 78, n. 01010, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308940838_Consumer_Awareness_in_Energy_Efficiency_for_Residential_Houses_in_

[Peninsular_Malaysia/fulltext/57f93f9f08ae886b898462b1/Consumer-Awareness-](https://www.researchgate.net/publication/308940838_Consumer_Awareness_in_Energy_Efficiency_for_Residential_Houses_in_Peninsular_Malaysia/fulltext/57f93f9f08ae886b898462b1/Consumer-Awareness-)

in-Energy-Efficiency- for-Residential-Houses-in-Peninsular-Malaysia.pdf

REN21 – Renewable Energy Policy Network For The 21st Century. Renewables 2012 global status Report. Paris: REN21 Secretariat, 2012, p. 13-22. Disponível em: https://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf. Acesso em: 19 jul. 2021.

SANTOS, A.; VEZZOLI, C.; PARRA, B.G.; MATA, S.M.; BANERJEE, S.; KOHTALA, C.; CESCHIN, F.; PETRULAITYTE, A.; DUARTE, G.G.; DICKIE, I. B.; BALASUBRAMANIAN, R.; XIA, N. Distributed economy. In: VEZZOLI, Carlo; GARCIA, Brenda; KOHTALA, Cindy. (Org.). Designing sustainability for all. 1. ed.: Springer International Publishing, 2021, v. 1, p. 23-50. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-66300-1.pdf>

SANTOS, P. A. C. NzEB: Nearly zero Energy Building – metodologias para implementação de NzEB, aplicação a edifício unifamiliar novo. 2017. 228 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2017. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/18518/1/Pedro-Andre-Cardoso-Santos.pdf>

SARRICA, Mauro; BIDDAU, Fulvio; BRONDI, Sonia; COTTONE, Paolo; MAZZARA, Bruno M. A multi-scale examination of public discourse on energy sustainability in Italy: Empirical evidence and policy implications, Energy Policy, v. 114, p. 444-454, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.021>.

STOCKHOLM ENVIRONMENT INSTITUTE – SEI. Site institucional. 2022. Disponível em: <https://www.sei.org/>

SIMPSON, G.; CLIFTON, J. The emperor and the cowboys: The role of government policy and industry in the adoption of domestic solar microgeneration systems. Energy Policy, v. 81, p. 141-151, 2015. Elsevier. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.028>.

SMITH, D. W.; NORDHAUS, R. R.; ROBERTS, T. C.; FIDLER, S.; ANDERSON, J.; DANISH, K.; AGNEW, R.; CHUPKA, M. Designing a climate-friendly energy policy: options for the near term. 2002. Disponível em: <https://trid.trb.org/view/723994>. Acesso em: 19 jul. 2021.

SU, P. A.; KARNEY, B. Micro hydroelectric energy recovery in municipal water

systems: A case study for Vancouver. *Urban Water Journal*, v. 12, n. 8, p. 678-690, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.923919>

UNHABITAT. Energy, 2021. Disponível em: <https://unhabitat.org/topic/energy>. Acesso em: 19 jul. 2021.

USAID – World Health Organization; UNICEF – United Nations Children’s Fund. Improving nutrition outcomes with better water, sanitation and hygiene: practical solutions for policies and programmes. World Health Organization. 2015. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/193991>

VERA, I. A.; LANGLOIS, L. M.; ROGNER H. H.; JALAL, A. I.; TOTH F.L. Indicators for sustainable

energy development: An initiative by the International Atomic Energy Agency. *Natural Resources Forum*, v. 29, p. 274-283, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1477-8947.2005.00140.x>

VEZZOLI, C.; CESCHIN, F.; DIEHL, J. C. Sustainable product-service system design applied to distributed renewable energy fostering the goal of sustainable energy for all. *Journal of Cleaner Production*, v. 97, p. 134-136, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.069>.

VEZZOLI, C.; KOHTALA, C.; SRINIVASA, A.; DIEHL, J. C.; FUSAKUL, S. M.; XIN, L.; SATEESH, D.; SANTOS, A.; CHAVES, L. I.; CASTILLO, L. A. G.; GOMEZ, C. R. P.; NUNES, V. G. A.; LEPRE, P. R.;

ENGLER, R. C.; MARTINS, S.B. Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos. 1. ed. Curitiba: Editora Insight, 2018. v. 1. 178p. Disponível em: https://acris.aalto.fi/ws/portalfiles/portal/42101197/aSistema_ProdutoServico_Sustentavel_web.pdf

VILLA-ARRIETA, M.; SUMPER, A. Contribution of smart cities to the energy sustainability of the binomial between city and country. *Applied Sciences*, v. 9, n. 16, p. 3247, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/app9163247>

VIRUPAKSHA, V.; HARTY, M.; MCDONNELL, K. Microgeneration of electricity using a solar photovoltaic system in Ireland. *Energies*, v. 12, n. 23, p. 1-26, 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/337717261_Microgeneration_of_Electricity_Using_a_Solar_Photovoltaiac_System_in_Ireland/fulltext/5de7a7a6a6fdcc283704c28c/Micro-generation-of-Electricity-Using-a-Solar-Photovoltaic-System-in-Ireland.pdf

WINFIELD, M.; SHOKRZADEH, S.; JONES, A. Energy policy regime change and advanced energy storage: A comparative analysis. *Energy Policy*, v. 115, p. 572-583, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518300375>

WORLD ECONOMIC FORUM – WEF. *Fostering effective energy transition 2021 edition*. 2021. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2021.pdf Acesso em: 19 jul. 2021.

WORLD ENERGY COUNCIL – WEC. *Energy trilemma index 2013*. Disponível em: <https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2013/09/2013-Energy-Sustainability-Index-VOL-2.pdf>. Acesso em: 19 jul. 2021.

YUEHONG, Lu; zAFAR, A. Khan; MANUEL, S. Alvarez-Alvarado; YANG, zhang; zHIJIA, Huang; MUHAMMAD, Imran. A Critical review of sustainable energy policies for the promotion of renewable energy sources, sustainability, MDPI, *Open Access Journal*, v. 12, n. 12, p. 1-31, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12125078>.

zENG, B; SUN, B; UM, H; WANG, Y; WEI, X; WANG, L. Comprehensive benefit/cost analysis of utilizing pev parking lots as virtualenergy storage for the energy supply sustainability of future distribution systems. *Front. Energy Res*, v. 9, n. 686890, 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/351669830_Comprehensive_BenefitCost_Analysis_of_Utilizing_PEV_Parking_Lots_as_Virtual_Energy_Storage_for_the_Energy_Supply_Sustainability_of_Future_Distribution_Systems/fulltext/60a5a98ca6fdcc3f30ef505c/Comprehensive-Benefit-Cost-Analysis-of-Utilizing-PEV-Parking-Lots-as-Virtual-Energy-Storage-for-the-Energy-Supply-Sustainability-of-Future-Distribution-Systems.pdf

zIEBELL, A. C.; SINGH, V. K. Energy indicator in sustainable urban energy metabolism and challenges. *Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy*, v. 171, n. 1, p. 26-31, 2018. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/jener.17.00010>

zILLI, B.M. et al. Performance and effect of water-cooling on a microgeneration system of photovoltaic solar energy in Paraná Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 192, p. 477-485, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.241> zHU, X. et al. Energy planning for an

eco-city based on a distributed energy network. *Energy, Sustainability and Society*, v. 11, n. 8, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13705-021-00285-6>

Saneamento e Água

ALEMU, z. A.; DIOHA, M. O. Modelling scenarios for sustainable water supply and demand in Addis Ababa city, Ethiopia. *Environ Syst Res*, v.9, n.7, 2020. Disponível em: <https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-020-00168-3>

ANDRADE, J. C. M.; TAVARES, S. R.; MAHLER, C. F. Fitorremediação: O uso de plantas na melhoria da qualidade ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. <https://www.ofitexto.com.br/livro/fitorremediacao/>

BARRETO, M. L.; GENSER, B.; STRINA, A.; TEIXERA, M. G.; ASSIS, A.M.; REGO, R. F.; TELES, C. A.; PRADO, M. S.; MATOS, S. M. A.; SANTOS, D. N.; DOS SANTOS, L. A.; CAIRNCROSS, S.; TEIXEIRA, M.G. Effect of city-wide sanitation programme on reduction in rate of childhood diarrhoea in northeast Brazil: assessment by two cohort studies. *The Lancet*, v. 370, n. 9599, p. 1622-1628, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/1784/1/artigo%20internac.7.livre%202007.pdf>

BERNARDINO, C. A. R.; MAHLER, C. F.; PREUSSLER, K. H.; NOVO, L. A. B. State of the art of phytoremediation in Brazil – review and perspectives. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 227, n. 8, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11270-016-2971-3>

BERNARDO, L.D. Tratamento de água para abastecimento por filtração direta. PROSAB 3 – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf

BERNARDO, L. D.; BRANDÃO, C. C. S.; HELLER, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/aguas_de_abastecimento.pdf. Acesso em: set. 2021.

BEUX, F.C.; OTTONI, A.B. Métodos alternativos de drenagem a partir da retenção

e infiltração das águas de chuva no solo, visando a redução das enchentes urbanas. Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades, v. 03, n. 17, p. 01-13, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ee2e/a8216bfcf738e82d4dacb941700a5f4e14f2.pdf>

BHAMRA, T.; LILLEY, D.; TANG, T. Design for sustainable behaviour: using products to change consumer behaviour. Design Journal, v. 14, n. 4, p. 427-445, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Debra-Lilley/publication/233620661_Design_for_Sustainable_Behaviour_Using_Products_to_Change_Consumer_Behaviour/links/5adf0d420f7e9b285943ae55/Design-for-Sustainable-Behaviour-Using-Products-to-Change-Consumer-Behaviour.pdf

BIRKELAND, J. Challenging policy barriers in sustainable urban design. Bulletin of Geography, v.40, n.40, p.41–56, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326014414_Challenging_policy_barriers_in_sustainable_urban_design/fulltext/5b338b4d4585150d23d68f02/Challenging-policy-barriers-in-sustainable-urban-design.pdf

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT LTD. Ecohomes 2006 – The environmental rating for homes. Garston: 2006. Disponível em: https://tools.breeam.com/filelibrary/Technical%20Manuals/EcoHomes_2006_Guidance_v1.2_-_April_2006.pdf. Acesso em: set. 2021.

BROWN, R.R.; KEATH, N.; WONG, T. Transitioning to water sensitive cities: historical current and future transition states, 2008. Disponível em: <https://www.melbournewater.com.au/building-and-works/stormwater-management/introduction-wsud>. Acesso em: set. 2021.

CAMPOS, J.R. Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo. PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 1999. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosabcamposfinal.pdf>. Acesso em:

set. 2021

CHERNICHARO, C.A.L.; VAN LIER, J.B.; NOYOLA, A.; RIBEIRO, T.B. Anaerobic sewage treatment: state of the art, constraints and challenges. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, Springer Netherlands, v. 14, n. 4, p. 649–679, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11157-015-9377-3>

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. Estações de tratamento

industriais já emitem mais do que as domésticas. 2016. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/biogas/2016/10/10/estacoes-de-tratamento-industriais-ja-emitem-mais-do-que-domesticas/>. Acesso em: set. 2021.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. Trabalho apresentado... Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf

DAMANIA, R.; DESBUREAUX, S.; RODELLA, A.; RUSS, J.; ZAVERI, E. Quality unknown: the invisible water crisis. Washington, DC: World Bank, 2019. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/32245>. Acesso em: set. 2021.

DANIEL, A.L. Processos de desinfecção e desinfetantes alternativos na produção de água potável, PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2001. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/LuizDaniel.pdf>. Acesso em: set. 2021.

DELANKA-PEDIGE, H. M. K.; MUNASINGHE-ARACHCHIGE, S. P.; ABEYSIRIWARDANA-ARACHCHIGE, I. S. A.; NIRMALAKHANDAN, N. Wastewater infrastructure for sustainable cities: assessment based on UN sustainable development goals (SDGs). *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, v. 28, n. 3, p. 203-209, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13504509.2020.1795006>

DELGADO-GONZÁLEZ, C.R. et al. Advances and applications of water phytoremediation: A potential biotechnological approach for the treatment of heavy metals from contaminated water. *International Journal of Environmental Research*

and Public Health, v. 18, n. 10, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ashutosh-Sharma-29/publication/351579632_Advances_and_Applications_of_Water_Phytoremediation_A_Potential_Biotechnological_Approach_for_the_Treatment_of_Heavy_Metals_from_Contaminated_Water/links/609e7440299bf1476998370c/Advances-and-Applications-of-Water-Phytoremediation-A-Potential-Biotechnological-Approach-for-the-Treatment-of-Heavy-Metals-from-Contaminated-Water.pdf

DOLMAN, N. Building the water sensitive city: water in the city of the future. Royal Haskoning, VHP, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nanco-Dolman/publication/303894311_Building_the_Water_Sensitive_City_-_Water_in_the_City_of_the_Future/links/575ae41f08aec91374a61d69/Building-the-Water-Sensitive-City-Water-in-the-City-of-the-Future.pdf

ESREY, S.A.; GOUGH, J.; RAPAPORT, D.; SAWYER, R.; SIMPSON-HÉBERT, M.; VARGAS, J. Ecological sanitation. Stockholm: SIDA - Swedish International Development Cooperation Agency, 1998. Disponível em: http://www.ecosanres.org/pdf_files/Ecological_Sanitation.pdf

FEACHEM, R.G.; BRADLEY, D.J.; GARELICK, H.; MARA. D.D. Sanitation and disease: Health aspects of wastewater and excreta management. Chichester: World Bank Studies in Water Supply and Sanitation 3, John Wiley & Sons, 1983. Disponível em: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/704041468740420118/pdf/multi0page.pdf>

FEWTRELL, L.; KAUFMANN, R.B.; KAY, D.; ENANORIA, W.; HALLER, L.; JR COLFORD, J.M. Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhoea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis. *Infectious Diseases, The Lancet*, v.5, n. 1, p. 42-52, 2005. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01253-8](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01253-8)

GARRIDO-BASERBA, M.; MOLINOS-SENANTE, M.; ABELLEIRA-PEREIRA, J.M.; FDEz-GÜELFO, L.A.; POSH, M.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F. Selecting sewage sludge treatment alternatives in modern wastewater treatment plants using environmental decision support systems. *Journal of Cleaner Production*, Elsevier, v. 107, p. 410-419, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.11.021

GHISI, E.; VIEIRA, A. S.; DA ROSA, A. S.; MARINOSKI, A. K.; SILVA, A. S.; BALVEDI, B. F.; ALMEIDA, L. S. S. Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social: v. 3 – Eficiência Energética. Florianópolis: UFSC, Departamento de Engenharia Civil, LABEEE-Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2015. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/Relat%C3%83%C2%B3rio%20FINEP%20-%20VOL%2003.pdf

GLAAS – Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water. Investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities. WHO - World Health Organization, 2014. Disponível em: https://www.sanitationandwaterforall.org/sites/default/files/2020-02/9789241508087_eng.pdf. Acesso em: set. 2021.

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. Society for the Study of Social Problems, Oxford University Press, v. 12, n.4, p.436-445, 1965. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. Routledge, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

GONÇALVES, R.F. Gerenciamento do Lodo de Lagoas de Estabilização não Mecanizadas, Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/gerenciamento_lodo_de_lagoas.pdf. Acesso em: set. 2021.

GONÇALVES, R. F.; KIPERSTOK, A.; DA SILVA, B. C.; GOMES, H. P.; PHILLIPPI, L. S.; CHEUNG, P. B.; ALVES, W.C. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água. Vitória: Editora ABES, PROSAB, 2009. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/prosab5_tema_5.pdf. Acesso em: set. 2021.

GREIPSSON, S. Phytoremediation. Nature Education. 2011. Disponível em:

<https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/phytoremediation-17359669/>.
Acesso em: set. 2021.

GWP - Global Water Partnership. Integrated water resources management. TAC Background papers nº 4. Stockholm: 2000. Disponível em: <https://www.gwp.org/globalassets/global/toolbox/publications/background-papers/04-integrated-water-resources-management-2000-english.pdf>. Acesso em: set. 2021.

HOLTON, J.A. Grounded theory as a general research methodology. Grounded Theory Review: An International Journal. v.7, n. 2, June 2008. Disponível em: <http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS - OICS. Soluções e casos. 2021. Disponível em: <https://oics.cggee.org.br/solucoes-e-casos/solucoes>.

HOWARD, G.; BARTRAM, J. Domestic water quantity, service, level and health. WHO - World Health Organization, 2003. Disponível em: https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf

JOHANNESSEN, Å.; WAMSLER, C. What does resilience mean for urban water services? Ecology and Society, v.22, n.1, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ase-Johannessen/publication/312363347_What_does_resilience_mean_for_urban_water_services/links/58a2e01f45851598babfc523/What-does-resilience-mean-for-urban-water-services.pdf

KHAN, S.; GUAN, Y.; KHAN, F.; KHAN, z. A Comprehensive index for measuring water security in an urbanizing world: the case of Pakistan's Capital. Water, v. 12, n. 1, p. 166, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/1/166/pdf>

KOOKANA, R.; DRECHSEL, P.; JAMWAL, P.; VANDERzALM, J. Urbanisation and emerging economies: Issues and potential solutions for water and food security. Science of The Total Environment, v. 732, n.139057, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Priyanka-Jamwal/publication/341212084_Urbanisation_and_emerging_economies_Issues_and_potential_solutions_for_water_and_food_security/links/5f117c0d92851c1eff18451a/Urbanisation-and-emerging-economies-Issues-and-potential-solutions-for-water-and-food-security.pdf

LAMBERT, L.D.M. O uso da fitorremediação para recuperação de solos contaminados por petróleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 3., Goiânia: IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e de Saneamento, 2012. Anais 2012. Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2012/XI-065.pdf> Acesso em: set. 2021.

MABON, L.; KONDO, K.; KANEKIYO, H.; HAYABUCHI, Y.; YAMAGUCHI, A. Fukuoka: Adapting to climate change through urban green space and the built environment? *Cities*, v. 93, p. 273-285, mar. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6876680/pdf/main.pdf>

MARA, D.; LANE, J.; SCOTT, B.; TROUBA, D. Sanitation and health. *PLoS Medicine*, v. 7, n. 11, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Beth-Scott-5/publication/49652081_Sanitation_and_Health/links/0c96051c02ade6ff4b000000/Sanitation-and-Health.pdf

MÁRQUEZ, A.J.C.; CASSETTARI FILHO, P.C.; RUTKOWSKI, E. W.; SAAC, R.D.L. Landfill mining as a strategic tool towards global sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, v.226, p.1102–1115, 2019. Disponível em: https://archive.org/details/mccl_10.1016_j.jclepro.2019.04.057

MORETTO, L.; FALDI, G.; RANZATO, M.; ROSATI, F.N.; BOOZI, J.P.I.; TELLER, J. Challenges of water and sanitation service co-production in the global South. *Environment & Urbanization*, v.30, n.2, p. 425-443, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0956247818790652>

MOUSTAKAS, C. E. Heuristic research: Design, methodology, and applications. Newbury Park: Sage Publications, 1990.

MUTHUSARAVANAN, S.; SIVARAJASEKAR, N.; VIVEK, J.S.; NAUSHAD, M.; PRAKASHMARAN, J.; GAYATHRI, V.; AL-DUAIJ, O. K. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, Springer International Publishing, v.16, n.4, p.1339–1359, 2018. <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD. Water governance indicator framework. 2018. Disponível em: <https://www.oecd.org/regional/OECD-Water-Governance-Indicator-Framework.pdf>. Acesso em: set. 2021.

OHCHR - United Nations Human Rights Council. Human rights, poverty reduction

and sustainable development: health, food and water. Johannesburg: World Summit on Sustainable Development, 2002. Disponível em: <https://digitallibrary.un.org/record/577995/files/HRPovertyReductionen.pdf>

OPOKU, A. Biodiversity and the built environment: Implications for the Sustainable Development Goals (SDGs). *Resources, Conservation and Recycling*, v.141, p.1–7, 2019. Disponível em: https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10059329/1/00.%20Manuscript_Accepted%20version_ao.pdf

PORIES, L.; FONSECA, C.; DELMON, V. Mobilising finance for WASH: getting the foundation right. Netherlands: RC, Water.org, World Bank: The Hague, 2019. Disponível em: https://water.org/documents/134/Getting_the_Foundation_Right_FINAL_March_2019.pdf

QADIR, M.; DRECHSEL, P.; CISNEROS, B.J.; KIM, Y.; PRAMANIK, A.; MEHTA, P.; OLANIYAN, O. Global and regional potential of wastewater as a water, nutrient and energy source. *Natural Resources Forum*, v. 44, n. 1, p. 40– 51, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1477-8947.12187>

QIN, H.; DIAO, M.; ZHANG, z.; VISSER, P.M.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; YAN, S. Responses of phytoremediation in urban wastewater with water hyacinths to extreme precipitation. *Journal of Environmental Management*, Elsevier, v. 271, n.110948, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110948>

QUEIROZ, A.A.F.S.L.; PAULO, M.L.; YASUNAKA, L.Y.; PAULO, P.L. Os hábitos de consumo de água e energia sob a perspectiva de moradores de HIS. In: WORKSHOP DA REDE DE PESQUISA: uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social, 4., Aracaju: 2012. Anais... 2012.

ROCKFELLER FOUNDATION. R100. Disponível em: <https://www.100resilientcities.org>. Acesso em: 18 ago. 2021.

RODRIGUES, J.M. Comportamento sustentável através de estratégias associadas à utilização de internet das coisas. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

SABBAG, O. Diretrizes para recuperação e conservação ambiental de mananciais de abastecimento de água comprometidos por ocupações irregulares. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/8158/Dissertacao.pdf?sequence=1>

SAIER, M.H.; TREVORS, J.T. Phytoremediation. *Water, Air, and Soil Pollution*, v. 205, n. SUPPL.1, 2010. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s11270-008-9673-4.pdf>

SCHWANTES, D.; GONÇALVES, A.C.; SCHILLER, A. DA P.; MANFRIN, J.; CAMPAGNOLO, M.A.; SOMAVILLA, E. *Pistia stratiotes* in the phytoremediation and post-treatment of domestic sewage. *International Journal of Phytoremediation*, v. 21, n.7, p.714–723, 2019. <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1556591>

SEZERINO, P.H.; PELISSARI, C. *Wetlands construídos como ecotecnologia para o tratamento de águas residuárias: Experiências brasileiras*. Brazil Publishing, 2021. Disponível em: <https://gesad.ufsc.br/files/2021/02/E-book-WETLANDS-BRASIL-Experi%C3%Aancias-Brasileiras-1.pdf>

SHOVE, E. Converging Conventions of Comfort, Cleanliness and Convenience. *Journal of Consumer Policy*, v.26, p.395–418, 2003. <https://doi.org/10.1023/A:1026362829781>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES DE SANEAMENTO - SNIS. Portal. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/> Acesso em: 28 ago. 2021.

SPUHLER, D.; GERMANN, V.; KASSA, K.; KETEMA, A.A.; SHERPA, A.M.; SHERPA, M.G.; MAURER, M.; LÜTHI, C.; LANGERGRABER, G. Developing sanitation planning options: A tool for systematic consideration of novel technologies and systems. *Journal of Environmental Management*, v.271, n.111004, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111004>

SUSANA - Sustainable Sanitation Alliance. *Towards more sustainable sanitation solutions - SuSanA Vision document*. 2008. Disponível em: <https://www.susana.org/en/knowledge-hub/resources-and-publications/library/details/267> Acesso em: set. 2021.

SWA – Sanitation and Water for All. 2021. Site. Disponível em: <https://www.sanitationandwaterforall.org/> Acesso em: set. 2021.

SWARTZ, C. D.; OFFRINGA, G. *Techneau - Report on trends in South Africa /Sub-Saharan Africa*. Techneau, D 1.1.1., 2006.

THIJS, S.; SILLEN, W.; WEYENS, N.; VANGRONSVELD, J. Phytoremediation: State-of-the-art and a key role for the plant microbiome in future trends and research prospects. *International Journal of Phytoremediation*, v. 19, n. 1, p. 23-38, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Sofie-Thijs-2/publication/305794944_Phytoremediation_State-of-the-

art_and_a_key_role_for_the_
plant_microbiome_in_future_trends_and_research_prospects/links/5a1025ab4585
15cc5aa6b186/ Phytoremediation-State-of-the-art-and-a-key-role-for-the-plant-
microbiome-in-future-trends-and- research-prospects.pdf

THORNTON, J. Briefing: Moving towards sustainability in the sewage treatment industry. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Engineering Sustainability, v. 156, n. 2, p. 79-80, 2003. Disponível em: <https://www.icevirtuallibrary.com/doi/pdf/10.1680/ensu.2003.156.2.79>

TYLER, S.; MOENCH, M. A framework for urban climate resilience. Climate and Development, v.4, n.4, p.311-326, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Stephen-Tyler-2/publication/263728583_A_framework_for_urban_climate_resilience/links/5690aa7708aed0aed811013d/A-framework-for-urban-climate-resilience.pdf

UGGETTI, E. General aspects of phytoremediation. Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal, [S.l.], v. 12, n. 2, p. 45-49, jul. 2021. ISSN 2007-2570. Disponível em: <http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/115>. Acesso em: 31 ago. 2021.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION - UNESCO. The United Nations world water development report 2020: Water and climate change. New York: 2020. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372985.locale=en>

UNITED NATIONS GENERAL ASSEMBLY - UNGA. Human rights and access to safe drinking water and sanitation. New York: 2010. Disponível em: https://digitallibrary.un.org/record/691661/files/A_HRC_RES_15_9-EN.pdf

UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme; WHO - World Health Organization. Progress on wastewater treatment – Global status and acceleration needs for SDG indicator 6.3.1. Genova: 2021. Disponível em: https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/08/sdg6_indicator_report_631_progress_on_wastewater_treatment_2021_english_pages.pdf

UN-HABITAT - United Nations Human Settlements Programme. State of the World's Cities 2012/2013: Prosperity of Cities. Routledge, Nairobi, 2012. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=745&menu=1515> Acesso em: 31 ago. 2021.

UNITED NATIONS SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS – UNSDG. Goal 6: Ensure access to water and sanitation for all, 2021. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/water-and-sanitation/>. Acesso em: 31 Ago. 2021.

UN-WATER - United Nations Water. The United Nations World Water Development Report 2018: Nature-Based Solutions for Water. Paris: WWAP – United Nations World Water Assessment Program, 2018. Disponível em: <https://www.unwater.org/world-water-development-report-2018-nature-based-solutions-for-water/>

UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES – UNSW. Healthy built environments: a review of literature. The Healthy Built Environments Program (HBEP), City Futures Research Centre, 2011. Disponível em: <https://cityfutures.be.unsw.edu.au/documents/162/HBEPFactSheetKit.pdf>

UN-WATER - United Nations Water. Water and sanitation interlinkages across the 2030 Agenda for Sustainable Development. p. 48, 2016. Disponível em: <http://www.unwater.org/publications/water-sanitation-interlinkages-across-2030-agenda-sustainable-development/> Acesso em: 31 ago. 2021.

UN-WATER - United Nations Water. Gender, water and sanitation: a policy brief. Policy and Analytical Briefs, 2015. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/gender-water-sanitation-policy-brief/> Acesso em: 31 ago. 2021.

USAID – World Health Organization; UNICEF – United Nations Children’s Fund. Improving nutrition outcomes with better water, sanitation and hygiene: practical solutions for policies and programmes. World Health Organization.2015. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/193991>

VEZZOLI, C.; BRENDA, G.; KOHTALA, C. Designing sustainability for all. The Design of Sustainable Product-Service Systems Applied to Distributed Economies. Springer, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-030-66300-1.pdf>

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. The Global risks report 2019. Geneva: Insight Report, Ed.14, ISBN: 978-1-944835-15-6, 2019. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Risks_Report_2019.pdf Acesso em: 31 Ago. 2021.

WONG, T.; BROWN, R. The water sensitive city: principles for practice. Water Sci. Technol., v. 60, p. 673-682, 2009. Disponível em:

<https://doi.org/10.2166/wst.2009.436>

WONG, T.; ROGERS, B.; BROWN, R. Transforming cities through water-sensitive principles and practices. *One Earth*, v. 3, n. 4, p. 436-447, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332220304814/pdf?md5=9bd99dbc5a2e3717b964bbebf6a2813a&pid=1-s2.0-S2590332220304814-main.pdf>

XAVIER, R. K. Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e piscicultura. PROSAB – Programa de Pesquisa em Saneamento Básico, FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, 2003. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabRafaelInternet.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2021.

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. *Sustainability*, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149/pdf>

Saneamento e Resíduos Sólidos

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS -ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>

ALCOTT, B. The Sufficiency strategy: would rich-world frugality lower environmental impact, *ecological Economics*, v.64, n.4, p.770-786, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.04.015>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brazilian Association of Technical Standards) (ABNT). NBR10004. Classificação dos Resíduos Sólidos. 2004. Disponível em: <http://www.saac.com.br/pdf/NBR10004-2004ClassificadodeResiduosSolidos.pdf>

BERNARDINI, O.; GALLI, R. Dematerialization: long term trends in the intensity of use of materials and energy. *Futures*, v.25, n.4, p.431-448, 1993.

BOSE, Ranjit; LUO, Xin. Integrative framework for assessing firms' potential to undertake green IT initiatives via virtualization - a theoretical perspective. *The Journal of Strategic Information Systems*, v.20, n. 1, p.38-54, 2011. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/>

download?doi=10.1.1.471.8131&rep=rep1&type=pdf

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=627

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações - MCTIC. Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil, 59 Edição, 2020a. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/estimativas-anuais-de-emissoes-gee/arquivos/livro_digital_5ed_estimativas_anuais.pdf

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de informações sobre saneamento: diagnóstico do manejo de resíduos sólidos urbanos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020b. 244p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/rs/2019/Diagnostico_RS2019.pdf

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos-PNRS. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

CAYLAR, Paul-Louis; NAIK, Kedar; NOTERDAEME, Olivier. Digital in industry: from buzzword to value creation. McKinsey Quarterly, 2016. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-digital/OUR-INSIGHTS/DIGITAL-IN-INDUSTRY-FROM-BUZZWORD-TO-VALUE-CREATION>. Acesso em: 29 set. 2021.

COMUNIDADE ECONÔMICA EUROPEIA - CEE. Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=celex%3A32018L0851>. Acesso em: 26 set. 2021.

COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM - CEMPRE. Pesquisa Ciclossoft 2018: radiografando a coleta seletiva. 2018. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/08/Pesquisa-Ciclossoft-2018.pdf>.

Acesso em: 26 de setembro, 2021.

CONFORTO, E.C.; AMARAL, D.C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO - CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. Trabalho apresentado... Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf

COSTA, A.; ALFAIA, R.; CAMPOS, J. Landfill leachate treatment in Brazil – An overview, *Journal of Environmental Management*, v.232, p.110-116, 2019. Disponível em: <https://fr.art1lib.org/dl/73383082/4d53a8>

DA SILVA, C.L. Proposal of a dynamic model to evaluate public policies for the circular economy: Scenarios applied to the municipality of Curitiba. *Waste Management*, v. 78, p. 456–466, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.06.007>.

DI MATTEO, U.; NASTASI, B.; ALBO, A.; ASTIASO GARCIA, D. Energy contribution of OFMSW (Organic Fraction of Municipal Solid Waste) to energy-environmental sustainability in urban areas at small scale. *Energies*, v. 10, n. 2, 2017.

DUAN, H.; MILLER, T.R.; LIU, G.; TAM, V.W.Y. Construction debris becomes growing concerns of growing cities. *Waste Management*, v. 83, p. 1–5, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.044>

EPA - United States Environmental Protection Agency, 2004. Site. Disponível em: <https://www.epa.gov/international-cooperation>. Acesso em: ago. 2021.

EzEUDU, O.B.; EzEUDU, T.S. Implementation of circular economy principles in industrial solid waste management: Case studies from a developing economy (Nigeria). *Recycling*, v. 4, n. 4, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2313-4321/4/4/42/pdf>

FANG, X; WANG, L.; POON, C.; BAEK, K.; TSANG, D.; KWOK, S. Transforming waterworks sludge into controlled low-strength material: Bench-scale optimization and field test validation, *Journal of Environmental Management*, v.232, p.254-263, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.091>.

FATIMAH, Y.A.; GOVINDAN, K.; MURNININGSIH, R.; SETIAWAN, A. Industry 4.0

based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. *Journal of Cleaner Production*, v. 269, p. 122263, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263>.

FERRONATO, N. et al. Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. *Journal of Environmental Management*, v.230, p.366–378, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.09.095>.

FORTI, V.; BALDÉ, C.P.; KUEHR, R.; BEL, G. The Global E-waste monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam, 2020. Disponível em: http://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/12/GEM_2020_def_dec_2020-1.pdf.

GARRIDO-HIDALGO, C.; RAMIREZ, F.J.; OLIVARES, T.; RODA-SANCHEZ, L. The adoption of internet of things in a circular supply chain framework for the recovery of WEEE: The case of Lithium-ion electric vehicle battery packs. *Waste Management*, v. 103, p. 32–44, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.09.045>.

GEISSDOERFER, M.; SAVAGET, P.; BOCKEN, N.M.P.; HULTINK, E.J. The circular economy – a new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, v.143, p. 757-768, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Martin-Geissdoerfer/publication/311776801_The_Circular_Economy_-_A_new_sustainability_paradigm/links/5ae34246a6fdcc9139a18a46/The-Circular-Economy-A-new-sustainability-paradigm.pdf

GHARFALKAR, M.; ALI, z.; HILLIER, G. Clarifying the disagreements on various reuse options: Repair, recondition, refurbish and remanufacture. *Waste Manag Res*, v.34, n.10, p.995-1005, 2016. doi: 10.1177/0734242X16628981.

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. *Society for the Study of Social Problems*, Oxford University Press, v. 12, n.4, p.436-445, 1965. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research. Routledge, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

GUIBRUNET, L.; SANZANA CALVET, M.; CASTÁN BROTO, V. Flows, system boundaries and the politics of urban metabolism: Waste management in Mexico City and Santiago de Chile. *Geoforum*, v. 85, p. 353–367, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoforum.2016.10.011>.

GUO, W. et al. Solid waste management in China: Policy and driving factors in 2004–2019. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 173, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105727>.

HAREGU, T.N. et al. An assessment of the evolution of Kenya's solid waste management policies and their implementation in Nairobi and Mombasa: analysis of policies and practices. *Environment and Urbanization*, v. 29, n. 2, p. 515–532, 2017. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0956247817700294>

HOA, N.T.; MATSUOKA, Y. The analysis of greenhouse gas emissions/reductions in waste sector in Vietnam. *Mitigation Adapt. Strateg. Global Change*, v.22, n. 3, p.427–446, 2017. <https://www.springerprofessional.de/en/mitigation-and-adaptation-strategies-for-global-change/11064818>

HOANG, N.H.; FOGARASSY, C. Sustainability evaluation of municipal solid waste management system for Hanoi (Vietnam)—why to choose the 'waste-to-energy' concept. *Sustainability*, v.12, n.3, p.1085, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12031085>.

HOLTON, J.A. Grounded theory as a general research methodology. *Grounded Theory Review: An International Journal*. v.7, n. 2, June 2008. Disponível em: <http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/>

HUMANA, B. Dematerialization – public sphere project. 2008. Disponível em: <http://publicsphereproject.org/node/217>. Acesso em: ago. 2021.

IKHLAYEL, M.; NGUYEN, L.H. Integrated approaches to water resource and solid waste management for sustainable development. *Sustainable Development*, v. 25, n. 6, p. 467–481, 2017. <https://doi.org/10.1002/sd.1683>

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA - Renewable energy

policies in a time of transition. IRENA, OECD/IEA and REN21, 2018, 112p. Disponible em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Apr/IRENA_IEA_REN21_Policies_2018.pdf

IYAMU, H. O.; ANDA, M.; HO, G. A review of municipal solid waste management in the BRIC and high-income countries: A thematic framework for low-income countries. *Habitat International*, v. 95, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102097>

IzDEBSKA, O.; KNIELING, J. Citizen involvement in waste management and circular economy in cities: Key elements for planning and implementation. *European Spatial Research and Policy*, v. 27, n. 2, p. 115–129, 2021. Disponible em: https://www.researchgate.net/profile/Joerg-Knieling/publication/349068784_Citizen_involvement_in_waste_management_and_circular_economy_in_cities_Key_elements_for_planning_and_implementation/links/60eaac7bb8c0d5588cebaa71/Citizen-involvement-in-waste-management-and-circular-economy-in-cities-Key-elements-for-planning-and-implementation.pdf

JENKIN, Tracy A.; WEBSTER, Jane; MCSHANE, Lindsay. An agenda for “green” information technology and systems research. *Information and organization*, v.21, p.17–40, 2011. DOI: 10.1016/j.infoandorg.2010.09.003

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, S.; CASTRO-GONZÁLEZ, A. Assessing the impact of biogas on the energy sustainability of an urban restaurant in Mexico. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, v. 17, n. 1, p. 61–71, 2016. Disponible em: <https://www.revistaingenieria.unam.mx/numeros/2016/v17n1-06.pdf>

JUCÁ, J.F.T.; BARBOSA, K.R.M.; SOBRAL, M.C. Sustainability indicators for municipal solid waste management: A case study of the Recife Metropolitan Region, Brazil. *Waste Management and Research*, v. 38, n. 12, p. 1450–1454, 2020. <https://doi.org/10.1177/0734242X20941088>

KAMMEN D. M.; SUNTER, D. A. City-integrated renewable energy for urban sustainability, *Science*, v.352, n. 6288, p.922–8, 2016. Disponible em: https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Kammen/publication/303369794_City-integrated_renewable_energy_for_urban_sustainability/links/5eb044d6a6fdcc7050a89199/City-integrated-renewable-energy-for-urban-sustainability.pdf

KAZA, S.; YAO, L.C.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050. World Bank, Washington, DC, 2018. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/30317/211329ov.pdf>

LAMBERTON, Cait Poynor; ROSE, Randall L. When is ours better than mine? A framework for understanding and altering participation in commercial sharing systems. *Journal of Marketing*, v. 76, p. 109-125, 2012. DOI:10.2139/ssrn.1939289

LAZO, D.P.L.; GASPARATOS, A. Sustainability transitions in the municipal solid waste management systems of Bolivian cities: Evidence from La Paz and Santa Cruz de la Sierra. *Sustainability*, v. 11, n. 17, 2019.

LIU, C.; NGUYEN, T.T. Evaluation of household food waste generation in Hanoi and policy implications towards SDGs Target 12.3. *Sustainability*, v.12, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12166565>.

LOW, J.K. et al. Encouraging circular waste economies for the New Zealand construction industry: opportunities and barriers. *Frontiers in Sustainable Cities*, v. 2, p. 1–7, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343105339_Encouraging_Circular_Waste_Economies_for_the_New_Zealand_Construction_Industry_Opportunities_and_Barriers/fulltext/5f1ca59ca6fdcc9626b37f98/Encouraging-Circular-Waste-Economies-for-the-New-Zealand-Construction-Industry-Opportunities-and-Barriers.pdf

MA, J.; HIPEL, K. W. Exploring social dimensions of municipal solid waste management around the globe – A systematic literature review. *Waste Management*, v. 56, p. 3–12, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.041>.

MACCARI, G. R.; CLAUDIA, A.; SEIXAS, M. DE. Conceito dos 5Rs : Como introduzir a mudança de pensamento no ensino básico a partir da educação ambiental. *Brazilian Technology Symposium*, v.1 p. 1–4, 2019.

MAVROPOULOS, A.; WILSON, D.; APPELQVIST, B.; VELIS, C.; COOPER, J. Globalisation and waste management—final report from the ISWA task force. 2014, Vienna, Austria. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Antonis-Mavropoulos/publication/275017171_Globalisation_and_Waste_Management_-_Final_Report/links/552e39980cf22d43716def32/Globalisation-and-Waste-Management-Final-Report.pdf

MERONEN, Teemu. Environmental sustainability through digitalization in Finnish public and private sector organizations. Thesis (Master's degree Programme in Information Networks) - Aalto University School of Science. Helsinki, 2017. Disponível em: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/29205/master_Meronen_Teemu_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MINGALEVA, z.; VUKOVIC, N.; VOLKOVA, I.; SALIMOVA, T. Waste management in green and smart cities: A case study of Russia. Sustainability, v. 12, n. 1, p. 1–17, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Natalya-Vukovic/publication/338117550_Waste_Management_in_Green_and_Smart_Cities_A_Case_Study_of_Russia/links/5e008b13299bf10bc371a443/Waste-Management-in-Green-and-Smart-Cities-A-Case-Study-of-Russia.pdf

MIRANDA, I.T.P.; FIDELIS, R.; FIDELIS, D.A. DE S.; PILATTI, L.A.; PICININ, C.T. The integration of recycling cooperatives in the formal management of municipal solid waste as a strategy for the circular economy—The case of Londrina, Brazil. Sustainability, v. 12, n. 24, p. 1–22, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/24/10513/pdf>

MOUSTAKAS, C.E. Heuristic research: Design, methodology, and applications. Sage Publications, Inc.1990.

MURANKO, z.; TASSELL, C.; zEEUW van der Laan, A.; AURISICCHIO, M. Characterisation and environmental value proposition of reuse models for fast-moving consumer goods: reusable packaging and products. Sustainability, v.13, p. 2609, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13052609>.

OERS, L. VAN; KLEIJN, R.; VOET, E. VAN DER. Dematerialization for urban waste reduction: effectiveness and side-effects. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, 2002. Disponível em: <https://web.universiteitleiden.nl/cml/ssp/publications/wp2001-014.pdf>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS - OICS. Soluções e casos. 2021. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/solucoes-e-casos/solucoes>.

OTTONI, M.; DIAS, P.; XAVIER, L. H. A circular approach to the e-waste valorization through urban mining in Rio de Janeiro, Brazil. Journal of Cleaner Production, v. 261, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120990>.

PAES, M.X.; DE MEDEIROS, G.A.; MANCINI, S.D.; RIBEIRO, F. DE M.; PUPPIM DE OLIVEIRA, J.A. Transition to circular economy in Brazil: A look at the municipal solid waste management in the state of São Paulo. *Management Decision*, v. 59, n. 8, p. 1827–1840, 2019. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2018-1053>

RATHORE, P.; SARMAH, S. P. Economic, environmental and social optimization of solid waste management in the context of circular economy. *Computers and Industrial Engineering*, v. 145, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106510>.

RIBEIRO SIMAN, R. et al. Governance tools: Improving the circular economy through the promotion of the economic sustainability of waste picker organizations. *Waste Management*, v. 105, p. 148–169, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.01.040>.

RIS - International Feasibility of Generating Green Power through Anaerobic Digestion of Garden Refuse from the Sacramento Area. Feasibility study Sacramento municipal utility district, Sacramento, CA, USA. 2005. Disponível em: https://nerc.org/documents/sacramento_feasibility_study.pdf. Acesso em: 29 set. 2021.

ROLEWICZ-KALIŃSKA, A.; LELICIŃSKA-SERAFIN, K.; MANCZARSKI, P. The circular economy and organic fraction of municipal solid waste recycling strategies. *Energies*, v. 13, n. 17, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/17/4366/pdf>

ROVENSE, F.; AMELIO, M.; FERRARO, V.; SCORNAIENCHI, V. Analysis of a Concentrating Solar Power Tower Operating with a Closed Joule Brayton Cycle and Thermal Storage. *Int. J. Heat Technol.* v.34, p.485–490, 2016. Disponível em: https://www.iieta.org/sites/default/files/Journals/IJHT/34.3_19.pdf

SALATA, F.; GOLASI, I.; DOMESTICO, U.; BANDITELLI, M.; LO BASSO, G.; NASTASI, B.; DE LIETO VOLLARO, A. Heading towards the nZEB through CHP + HP systems. A comparison between retrofit solutions able to increase the energy performance for the heating and domestic hot water production in residential buildings. *Energy Convers. Manag.* v.138, p.61-76, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.01.062>.

SALONEN, A. Service transition strategies of industrial manufacturers. *Industrial Marketing Management*, v.40 n.5, p. 683-690, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Anna-Salonen/publication/281106530_Service_Transition_Strategies_of_Industrial_Manufacturers/links/5c385f3c458515a4c71cb689/Service-Transition-Strategies-of-Industrial-Manufacturers.pdf

SIMATELE, D. M.; DLAMINI, S.; KUBANZA, N. S. From informality to formality: Perspectives on the challenges of integrating solid waste management into the urban development and planning policy in Johannesburg, South Africa. *Habitat International*, v. 63, p. 122–130, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.03.018>.

SLOMSKI, V.G.; SILVA LIMA, I.C.; SLOMSKI, V.; SLAVOV, T. Pathways to Urban Sustainability: An Investigation of the Economic Potential of Untreated Household Solid Waste (HSW) in the City of São Paulo. *Sustainability*, v.12, n.13, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12135249>.

SNIS-RS - Sistema Nacional de Informações de Saneamento – Resíduos Sólidos, 2019. Diagnóstico resíduos sólidos. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-residuos-solidos>. Acesso em: 27 set. 2021.

TAELMAN, S.E.; TONINI, D.; WANDL, A.; DEWULF, J. A Holistic sustainability framework for waste management in European Cities: Concept development. *Sustainability*, v. 10, n. 7, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/7/2184/pdf>

TOMIĆ, T.; SCHNEIDER, D.R. The role of energy from waste in circular economy and closing the loop concept – Energy analysis approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 98, p. 268–287, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.09.029>.

TORRETTA, V.; FERRONATO, N.; KATSOYIANNIS, I.A.; TOLKOU, A.K.; AIROLDI, M. Novel and conventional technologies for landfill leachates treatment: A Review. *Sustainability*, v.9, n.9, 2017. <https://doi.org/10.3390/su9010009>.

UNITED NATIONS - UN. World urbanization prospects: the 2014 revision. Department of Economic and Social Affairs, United Nations Publications. 2014. Disponível em: <http://esa.un.org/unpd/wup/highlights/wup2014-highlights.pdf>. Acesso em: 26 set. 2021.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. Product-service systems and sustainability: opportunities for sustainable solutions. Division of Technology Industry and Economics – Production and Consumption Branch, 2002. Disponível em: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8123/Product-Service%20Systems%20and%20Sustainability_%20Opportunities%20for%20Sustainable%20Solutions-

20021192.pdf?sequence=2&isAllowed=y

VASQUES, R.A. Design, possession and shared usage: reflections and practices, 2015, 330p. Tese (doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-08032016-165707/publico/rosanavasques.pdf>

VEZZOLI, C.; KOHTALA, C.; SRINIVASA, A.; DIEHL, J.C.; FUSAKUL, S.M.; XIN, L.; SATEESH, D.; SANTOS, Aguinaldo; CHAVES, L.I.; CASTILLO, L.A.G.; GOMEZ, C.R.P.; NUNES, V.G.A.; LEPRE, P.R.; ENGLER, R.C.; MARTINS, S.B. Sistema produto + serviço sustentável: fundamentos. 1. ed. Curitiba: Editora Insight, 2018. v. 1. 178p. Disponível em: http://editorainsight.com.br/wp-content/uploads/2018/03/aSistema-ProdutoServico-Sustentavel_web.pdf

WILSON, D.C.; RODIC, L.; MODAK, P.; SOOS, R.; CARPINTERO, A.; VELIS, K.; IYER, M.; SIMONETT, O. The Global waste management outlook. 2015. United Nations Environmental Programme, UNEP. <http://www.greenreport.it/wp-content/uploads/2015/09/Global-Waste-Management-Outlook-2015.pdf>. Acesso em: 25 set. 2021.

WORLD ECONOMIC FORUM - WEF. Future of reusable consumption models - platform for shaping the future of consumption. Genova: Insight Report, 2021. Disponível em: https://www3.weforum.org/docs/WEF_IR_Future_of_Reusable_Consumption_2021.pdf

ZELLER, V.; TOWA, E.; DEGREZ, M.; ACHTEN, W.M.J. Urban waste flows and their potential for a circular economy model at city-region level. Waste Management, v. 83, p. 83–94, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.034>.

Mobilidade

AMARAL, R.R.; SEMANJSKI, I.; GAUTAMA, S.; AGHEZZAF, E. Urban mobility and city logistics - trends and case study. Promet – Traffic & Transportation, v. 30, n.5, p.613-622, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328882490_Urban_Mobility_and_City_Logistics_-_Trends_and_Case_Study/fulltext/5bfe36eba6fdcc35428cb237/Urban-Mobility-and-City-Logistics-Trends-and-Case-Study.pdf

ANAGNOSTOPOULOU E.; BOTHOS E.; MAGOUTAS B.; SCHRAMMEL J.; MENTZAS G. Persuasive interventions for sustainable travel choices leveraging users' personality and

mobility type. 2018, In: Persuasive Technology. PERSUASIVE 2018. Lecture Notes in Computer Science, v. 10809. Springer, Cham. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-78978-1_19

AzEVEDO, G.A.; SAMPAIO, R.R.; FILHO, A.S.N.; MORET, M.A.; MURARI, T.B. Sustainable urban mobility analysis for elderly and disabled people in São Paulo. Scientific Reports, v. 11, n.791, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7804089/>

BAI, X.; DAWSON, R.J.; ÜRGE-VORSATZ, D.; DELGADO, G.C.; SALISU BARAU, A.; DHAKAL, S.; DODMAN, D.; LEONARDESEN, L.; MASSON-DELMOTTE, V.; ROBERTS, D.C.; SCHULTZ, S. Six research priorities for cities and climate change. Nature, v. 555, n. 7694, p.23–25, 2018. Disponível em: <https://mespom.eu/sites/mespom.eu/files/attachment/article/142/baietal20186researchprioritiescitiesccfinalpublished.pdf>

BANISTER, D. Sustainable transport and public policy. Transport Engineering and Planning, v. 2, p. 192- 214, 2008. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e95a/f150c0648610948f1c5a73549815ef4603e3.pdf>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

BERGLUND, B.; LINDVALL, T.; SCHWELA, D.H. Guidelines for community noise. WHO - World Health Organization, PHE - Department for Protection of the Human Environment, OEH - Occupational and Environmental Health Team, 1999. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/66217>. Acesso em: 20 de junho de 2021.

BERGMAN, N.; SCHWANEN, T.; SOVACOOOL, B.K. Imagined people, behaviour and future mobility: Insights from visions of electric vehicles and car clubs in the United Kingdom. Transport Policy, v. 59, p. 165-173, 2017. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0967070X1630381X?token=D406AA2475F009EA263F55BD5BE9056185DDD71DC89A9390B752F86BBD1B369FB304978F7591DF11958F0F509615507F&originRegion=us-east-1&originCreation=20220305234005>

BERT, J.; SCHELLONG, D.; HAGENMAIER, M.; HORNSTEIN, D.; WEGSCHEIDER, A.K.; PALME, T. How Covid-19 will shape urban mobility. BCG – Boston Consulting Group, 2020. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2020/how-covid-19-will-shape-urban-mobility>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BHAMRA, T.; LILLEY, D.; TANG, T. Design for sustainable behaviour: Using products to change consumer behaviour. *The Design Journal*, v.14, n.4, p.427-445, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Debra-Lilley/publication/233620661_Design_for_Sustainable_Behaviour_Using_Products_to_Change_Consumer_Behaviour/links/5adf0d420f7e9b285943ae55/Design-for-Sustainable-Behaviour-Using-Products-to-Change-Consumer-Behaviour.pdf

BIVINA, G.R.; PARIDA, M. Prioritizing pedestrian needs using a multi-criteria decision approach for a sustainable built environment in the Indian context. *Environ Dev Sustain.* v.22, n.5, p.4929-4950, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13574809.2021.2000332>

BLACK, W.R. Sustainable transportation: a US perspective. *Journal of Transport Geography*, v. 4, n. 3, p. 151-159, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0966-6923\(96\)00020-8](https://doi.org/10.1016/0966-6923(96)00020-8)

BOSETTI, S.; BARTOLO, C.D.; MALGIERI, P.; SITRAN, A.; BRUHOVA-FOLTYNOVA, H.; JORDOVA, R.; KURFURST, P.; SMUTKOVA, D. Policy recommendations for EU sustainable mobility concepts based on CIVITAS Experience. European Commission; CIVITAS-Cleaner and Better transport in Cities, 2014. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Hana-Bruhova-Foltynova/publication/332383752_Policy_recommendations_for_EU_Sustainable_Mobility_Concepts_based_on_CIVITAS_experience/links/5cb10396a6fdcc1d49910257/Policy-recommendations-for-EU-Sustainable-Mobility-Concepts-based-on-CIVITAS-experience.pdf

BRAGA, P. Rethinking the Providence Hill cable car: transit, equity, and urban design in Rio de Janeiro. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, v. 10, p. 310-317, 2017. <https://doi.org/10.1080/17549175.2016.1254673>

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN. Resolução nº 514, de 18 de dezembro de 2014. Política Nacional de Trânsito. Brasília, DF, 2014. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=279487> Acesso em: 19 nov. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 20 jun. 2021.

CALTHORPE, P. The next American metropolis: Ecology, community and the American dream. USA: Princeton Architectural Press. 1993.

CANITEZ, F. Transferring sustainable urban mobility policies: An institutional perspective. *Transport Policy*, v.90, p.1-12, 2020, ISSN 0967-070X.

CERVERO, R.; KOCKLEMAN, K. Travel demand and the 3 Ds: Density, diversity and design. *Transportation Research Part C: Transport and Environment*, v. 2, p.199–219, 1997. Disponível em: http://web.mit.edu/11.s946/www/readings/Cervero_1997.pdf

COZENS et al. Crime prevention through environmental design (CPTED): a Review and Modern Bibliography. *Property Management.*, v. 23. p. 328-356, 2005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/239746349_Crime_Prevention_through_Environmental_Design_CPTED_A_Review

CURTIS, C.; RENNE, J.; BERTOLINI, L. Transit oriented development: Making it happen. Surrey, UK: Ashgate, 2009. ISBN 9781138249363

DELLAVALLE, N.; BISELLO, A.; BALEST, J. In search of behavioural and social levers for effective social housing retrofit programs. *Energy and Buildings*, v.172, p. 517-524, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.05.002>

DEN HERTOOG, P. Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. *International Journal of Innovation Management*, v.4, n.4, p.491–528, 2000. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.199.9107&rep=rep1&type=pdf>

DISALVO, C.; SENEGERS, P.; BRYNJARSDÓTTIR, H. Mapping the landscape of sustainable HCI. Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems. ACM, p.1975–1984, 2010. Disponível em: <http://dmrussell.net/CHI2010/docs/p1975.pdf>

DUHIGG, Charles. O poder do hábito: porque fazemos o que fazemos na vida e nos negócios. Tradução: Rafael Mantovani. Rio de Janeiro: Objetiva, 2012. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/58/o/O_poder_do_Ha%CC%81bito.pdf.pdf

DUNCAN, M.; GLADWIN, K.; WOOD, B.; VALDEZ TORRES, Y.; HORNER, M. Transit-oriented

development for older adults: A survey of current practices among transit agencies and local governments in the US. *Journal of Transport and Land Use*, v. 14, n. 1, p. 255–276. 2021. <https://doi.org/10.5198/jtlu.2021.1798>

DURHAM CITY-COUNTY PLANNING DEPARTMENT. Durham comprehensive plan, chapter 5. Historic preservation element. 2017. Disponível em: <https://durhamnc.gov/346/Comprehensive-Plan>

EDENHOFER, O.; STECKEL, J.C.; JAKOB, M. Does environmental sustainability contradict prosperity?

Glob Policy, v.5, p.15-20, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1758-5899.12164>

EIT URBAN MOBILITY. European Institute of Innovation and Technology (EIT). Portal. Disponível em: <https://www.eiturbanmobility.eu>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ELSHENAWY, M.; ABDULHAI B.; EL-DARIEBY, M. Towards a service-oriented cyber–physical systems of systems for smart city mobility applications. *Future Generation Computer Systems*. v.79, p.575-587, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.09.04736>

ENOCH, M.P.; CROSS, R.; POTTER, N.; DAVIDSON, C.; TAYLOR, S.; BROWN, R.; HUANG, H.; PARSONS, J.; TUCKER, S.; WYNNE, E.; GRIEG, D.; CAMPBELL, G.; JACKSON, A.; POTTER, S.

Future local passenger transport system scenarios and implications for policy and practice.

Transport Policy, v. 90, p. 52-67, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.02.009>

EUROPEAN COMMISSION - EC. Directorate general for mobility and transport, 2018. Disponível em:

https://ec.europa.eu/transport/themes/urban/urban_mobility_en. Acesso em: 20 jun. 2021.

EWING, R.; CERVERO, R. Travel and the built environment: A meta-analysis. *Journal of the American Planning Association*, v. 76, n. 3, p. 265–294, 2010.

Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.656.5003&rep=rep1&type=pdf>

FARRINGTON, J. H. The new narrative of accessibility: its potential contribution to discourses in (transport) geography. *Journal of Transport Geography*, v. 15, p. 319-330, 2007. DOI:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.007

FLETCHER, J.; LONGNECKER, J.; HIGHAM, J. Envisioning future travel: Moving from high to low carbon systems. *Futures*, v. 109, p. 63-72, 2019.

FULTON, L.; LAH, O.; CUENOT, F. Transport pathways for light duty vehicles: Towards a 2° scenario. *Sustainability*. v.5, p. 1863-1874, 2013. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v5y2013i5p1863-1874d25381.html#download>

GALLO, M.; MARINELLI, M. Sustainable mobility: A review of possible actions and policies.

Sustainability. v. 12, n. 18, p.7499, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7499/pdf>

GLOBAL MOBILITY REPORT 2017 - Tracking sector performance. *Sustainable Mobility for All 2017 (Sum4all)*, 2017. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28542/120500.pdf?sequence=6>. Acesso em: 20 jun. 2021.

GOODALL, W.; DOVEY, F.; BORNSTEIN, J.; BONTHRON, B. The rise of mobility as a service - Reshaping how urbanities get around. *Deloitte Review*, v. 20, p. 112-129, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322570758_Mobility-as-a-Service_A-Tentative-Framework_for_Analysing_Institutional_Conditions. Acesso em: 20 jun. 2021.

GRAGLIA, D.A. Finding mobility: women negotiating fear and violence in Mexico City's public transit system. *Gender, Place Cult*, v. 23, n. 5, p. 624-640, 2016.

HARTMANN, D.L.; KLEIN TANK, A.M.G.; RUSTICUCCI, M.; ALEXANDER, L.V.; BRÖNNIMANN, S.; CHARABI, Y.A.R.; DENTENER, F.J.; DLUGOKENCKY, E.J.; EASTERLING, D.R.; KAPLAN, A.; SODEN, B.J.; THORNE, P.W.; WILD, M.; ZHAI, P. Observations: Atmosphere and surface. *Climate Change 2013 the Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, p. 159-254, 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

HEIKKILÄ, S. Mobility as a service - A Proposal for action for the public administration, Case Helsinki. Tese (Mestrado em Tecnologia) - School of Engineering, Aalto University, Finland, 2014. 94 p. Disponível em: https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/13133/master_Heikkil%c3%a4_Sonja_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

HIGGINS, C.; KANAROGLOU, P. Rapid transit, transit-oriented development, and the contextual sensitivity of land value uplift in Toronto. *Urban Studies*, v. 55, n. 10,

p. 2197-2225, 2018. Disponível em:
https://macsphere.mcmaster.ca/bitstream/11375/22486/1/Higgins_LVU_Toronto.pdf

HOOLOHAN, Claire; BROWNE, Alison L. Design thinking for practice-based intervention:

Co-producing the change points toolkit to unlock (un) sustainable practices. *Design Studies*,

v. 67, p. 102-132, 2020. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X19300882>

INSTITUTE FOR TRANSPORTATION & DEVELOPMENT POLICY - ITDP. What is TOD. Disponível

em: <https://www.itdp.org/library/standards-and-guides/tod3-0/what-is-tod/> Acesso em: 18 nov. 2021

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. PNAD Contínua - Pesquisa

Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Nota Técnica, v.1.5, 2019. Disponível em:
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101651_notas_tecnicas.pdf

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Alterações climáticas 2014:

Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade - Resumo para Decisores. Grupo de Trabalho II, 5º Relatório, WMO, UNEP 2014. Disponível em:
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. Warming of 1.5 °C. Special

Report, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ISAKSSON, K.; ANTONSON, H.; ERIKSSON, L. Layering and parallel policy making – Complementary concepts for understanding implementation challenges related to sustainable mobility, *Transport Policy*, v.53, p.50-57, 2017. Disponível em:
https://www.researchgate.net/profile/Linnea-Eriksson/publication/308042914_Layering_and_parallel_policy_making_-_Complementary_concepts_for_understanding_implementation_challenges_related_to_sustainable_mobility/links/5923fdcaa6fdcc4443faa045/Layering-and-parallel-policy-making-Complementary-concepts-for-understanding-implementation-challenges-related-to-sustainable-mobility

Linnea-Eriksson/publication/308042914_Layering_and_parallel_policy_making_-_Complementary_concepts_for_understanding_implementation_challenges_related_to_sustainable_mobility/links/5923fdcaa6fdcc4443faa045/Layering-and-parallel-policy-making-Complementary-concepts-for-understanding-implementation-challenges-related-to-sustainable-mobility

JOHANSSON, A.; KISCH, P.; MIRATA, M. Distributed economies – A new engine for innovation.

Journal of Cleaner Production, v.13, n.10–11, p.971-979, 2005. DOI:10.1016/j.jclepro.2004.12.015

KETT, M.; COLE, E.; TURNER, J. Disability, mobility and transport in low- and middle-income countries: A Thematic Review. Sustainability, v.12, n.2, p.589, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/2/589/pdf>

KHREIS, H. Car free cities: Pathway to healthy urban living. Environment International. v.94, p.251–262, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Haneen-Khreis/publication/337506469_Car_Free_Cities_Pathways_to_a_Healthy_Urban_Living/links/5f95ef5b458515b7cf9edd96/Car-Free-Cities-Pathways-to-a-Healthy-Urban-Living.pdf

KING, G.; ROLAND-MIESZKOWSKI, M.; JASON, T.; RAINHAM, D.G. Noise levels associated with urban land use. Journal of Urban Health: Bulletin of the New York Academy of Medicine, v. 89), n. 6. 2012. <https://doi.org/10.1007/s11524-012-9721-7>

KNOWLES, R.D. OURSUS: Transport geographers: Ideas and experiences about aspects of sustainable cities. In: INTERNATIONAL GEOGRAPHICAL CONGRESS, 33., Beijing, 22nd August, 2016. Annals... Beijing, 2016.

KNOWLES, R.D.; BINDER, A. MediaCityUk: A sustainable transit-oriented development. Chapter 1. In: THEAKSTONE, W. (Ed.). Manchester Geographies. Manchester, UK: Manchester Geographical Society, 2017. p. 3–12. Disponível em: https://www.mangeogsoc.org.uk/pdfs/manchestergeographies/Manchester_Geographies_1_Knowles&Binder.pdf

KNOWLES, R.D.; FERBRACHE, F.; NIKITAS, A. Transport's historical, contemporary and future role in shaping urban development: Re-evaluating transit-oriented development. Cities, v. 99, n. Nov. 2020. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.102607>

KONG, W.; POJANI, D. Transit-oriented street design in Beijing. Journal of Urban Design, v. 22, n. 3, p. 388-410, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13574809.2016.1271700>

LAGADIC, M.; VERLOES, A.; LOUVET, N. Can carsharing services be profitable? A critical review of established and developing business models. Transport Policy, v. 77, p. 68-78, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2019.02.006>

LEHNER, M.; MONT, O.; HEISKANEN, E. Nudging - A promising tool for sustainable consumption behaviour? *Journal of Cleaner Production*, v. 134, p. 166-177, 2016. Disponível em: <http://poc.maxdevservers.com/wp-content/uploads/2020/10/001Nudging.pdf>

LILLEY, D. Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. *Design Studies*, v. 30, n. 6, p. 704-720, 2009. Disponível em: https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/Design_for_sustainable_behaviour_strategies_and_perceptions/9346976/1/files/16956029.pdf

LYONS, G.; DAVIDSON, C. Guidance for transport planning and policymaking in the face of an uncertain future, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 88, p. 104-116, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.03.012>

MATEESCU, C.; POPA, I. European best practices and policies in promoting green mobility. *Electrotehnica, Electronica, Automatica*, v. 65, n. 4, p. 12-16, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322991895_European_best_practices_and_policies_in_promoting_green_mobility. Acesso em: 20 jun. 2021.

NIEDDERER, K.; CAIN, R.; CLUNE, S.; LOCKTON, D.; LUDDEN, G.; MACKRILL, J.; MORRIS, A. Creating sustainable innovation through design for behaviour change: full project report. *Behaviour Change, Humanities Research Council, Design in Innovation*, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Kristina-Niedderer/publication/271702914_Creating_Sustainable_Innovation_through_Design_for_Behaviour_Change_Full_Report/links/54cf98700cf298d656646e6c/Creating-Sustainable-Innovation-through-Design-for-Behaviour-Change-Full-Report.pdf

NYKVIST, B.; WHITMARSH, L. A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 75, n. 9, p. 1373-1387, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2008.05.006>

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS - OICS - Portal. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD - Portal. Disponível em: <https://www.oecd.org/brazil/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030>. Acesso em: 20 jun. 2021.

ORTEGON-SANCHEZ, A; TYLER, N. Towards multi-modal integrated mobility systems: Views from Panama City and Barranquilla. *Research in Transportation Economics*, v. 59, p. 204-217, 2016.

PAJARES, E.; BÜTTNER, B.; JEHLE, U.; NICHOLIS, A.; WULFHORST, G. Accessibility by proximity: Addressing the lack of interactive accessibility instruments for active mobility. *Journal of Transport Geography*, v. 93, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2021.103080>

PATEL, P.; GANDHI, z.; BHATT, B. A Detailed Study on Car-Free City and Conversion of Existing Cities and Suburbs to the Car-Free Model. *Global Research and Development Journal for Engineering*: p.14-18, 2016. Disponível em: <https://www.grdjournals.com/uploads/conference/GRDCF/001/005/GRDCF001005.pdf>

PAVELSKI, L.M.; BERNARDINIS, M.P.A. Multimodalidade e o uso de estacionamentos a favor das conexões com transporte público. Goiânia: Baru - Revista Brasileira de Assuntos Regionais e Urbanos, v. 6, p. 1-18, 2020.

POLITICO. Helped on by the corona virus - Covid 19 - Brussels battle its car culture. Disponível em: <https://www.politico.eu/article/helped-on-by-the-coronavirus-covid19-brussels-battles-its-car-culture/>. Acesso em: 28 jun. 2021.

POLYDOROPOULOU, A.; PAGONI, L.; TSIRIMPA, A.; ROUMBOUTSOS, A.; KAMARGIANNI, M.; TSOUROS, L. Prototype business models for Mobility-as-a-Service. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 131, p. 149-162, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2019.09.035>

PROCHASKA, J. O., VELICER, W. F. The Transtheoretical model of health behavior change. *American Journal of Health Promotion*, v. 12, n. 1, p. 38-48, 1997. Disponível em: https://www.colleaga.org/sites/default/files/attachments/915aa556ec4ff962efe2a99295dd2e8bda89_0.pdf

QVISTRÖM, M.; LUKA, N.; DE BLOCK, G. Beyond circular thinking: geographies of transit-oriented development. *International Journal of Urban and Regional Research*, v. 43, n. 4, p. 786-793, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12798>

RENNE, J.L.; LISTOKIN, D. The opportunities and tensions of historic preservation and transit-oriented development (TOD). *Cities*, v. 90, n. January, p. 249-262, 2019. Disponível em: <https://static.tti.tamu.edu/swutc.tamu.edu/publications/technicalreports/600451-00116-1.pdf>

RICHARDSON, B.C. Toward a policy on a sustainable transportation system. *Journal of the Transportation Research Board*, v. 1670, n. 1, p. 27-34, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.3141/1670-05>

RIGGS, W; SETHI, S. A. Multimodal travel behaviour, walkability indices, and social mobility: how neighbourhood walkability, income and household characteristics guide walking, biking & transit decisions. *Local Environment*, v. 25, n. 1, p. 57-68, 2020. DOI:10.1080/13549839.2019.1698529

RODE, P. The politics and planning of urban compaction: the case of the London metropolitan region. *The economy of sustainable construction*. Ruby Press, Berlin, 2014. Disponível em: http://src.holcimfoundation.org/dnl/03eabb85-ba95-4f63-90d9-4526f89288ad/F13_GreenWS_Rode.pdf

RODRIGUES, G. K. Mobilidade em centros urbanos por rotas para caminhada utilizando indicadores ambientais, de segurança e de conforto: estudo de caso de campinas. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana) - PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS - PUC, Campinas, 2021. Disponível em: http://repositorio.sis.puc-campinas.edu.br/bitstream/handle/123456789/15155/ceatec_ppgsiu_me_Guilherme_KR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SAMPAIO, C.P. de; SANTOS, A.; LOPES, C.S.D.; TREIN, F.A.; CHAVES, L.I.; LIBRELOTTO, L.I.; FERROLI, P.C.M.; LEPRE, P.R.; ENGLER, R.C.; MARTINS, S.B.; NUNES, V.G.A. Design para a sustentabilidade: Dimensão Ambiental. 1. ed. Curitiba: Editora Insight, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Suzana-Martins-2/publication/328912650_Design_para_a_Sustentabilidade_Dimensao_Ambiental/links/5cbf9188299bf120977ac8db/Design-para-a-Sustentabilidade-Dimensao-Ambiental.pdf

SANTOS, G. Sustainability and shared mobility models. *Sustainability*, v. 10, n. 9, p. 3194, 2018. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3194/pdf>

SCHLÄPFER, M.; DONG, L.; O'KEEFFE, K.; SANTI, P.; SZELL, M.; SALAT, H.; ANKLESARIA, S.; VAZIFEH, M.; RATTI, C.; WEST, G.B. The universal visitation

law of human mobility. *Nature*, v. 593, p. 522-527, 2021. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41586-021-03480-9>

SCOTINI, R.; SKINNER, I.; RACIOPPI, R.; FUSÉ, V.; BERTUCCI, J. O.; TSUTSUMI, R. Supporting active mobility and green jobs through the promotion of cycling. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v.14, p.1603, 2017. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/2e14/96087844bf0e1301c2c4b4db0a09559d858e.pdf?_ga=2.46410727.170533838.1646881323-1375986621.1624067167

SETO, E.Y.W.; HOLT, A.; RIVARD, T.; BHATIA, R. Spatial distribution of traffic induced noise exposures in a US city: An analytic tool for assessing the health impacts of urban planning decisions. *International Journal of Health Geographics*, v. 1, n. 24. 2007. Disponível em: <https://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/1476-072X-6-24.pdf>

SMITH, G.; HENSHER, D.A. Towards a framework for mobility-as-a-Service policies, *Transport Policy*, v. 89, p. 54-65, 2020. Disponível em: <https://ses.library.usyd.edu.au/bitstream/handle/2123/21881/ITLS-WP-20-04.pdf;jsessionid=A97946519EE5208BB2A86177D359CAA7?sequence=1>

SOCHOR, J.; SARASINI, S. More than the sum of its parts? The finnish public's perspectives on mobility as a service and ITS. In: EUROPEAN CONGRESS ON INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS, 12th Strasbourg: 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/315767766_More_Than_the_Sum_of_Its_Parts_The_Finnish_Public's_Perspectives_on_Mobility-as-a-Service_and_ITS

SSATP - AFRICA TRANSPORT POLICY PROGRAM. Policies for sustainable accessibility and mobility in urban areas of Africa. Working Paper n.106, Swiss Confederation, Federal Department of Economic Affairs, Education and Research, 2015. Disponível em: https://www.ssatp.org/sites/ssatp/files/publication/SSATPW106-Urban%20Mobility_IO_0.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

SU, S.; ZHANG, H.; WANG, M.; WENG, M.; KANG, M. Transit-oriented development (TOD) typologies around metro station areas in urban China: A comparative analysis of five typical megacities for planning implications, *Journal of Transport Geography*, v. 90, n. 129, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2020.102939>

THALER, R. H. *Misbehaving: The making of behavioral economics*. WW Norton & Co, 2015.

TRANSFORMATIVE URBAN MOBILITY INITIATIVE - TUMI. Sustainable urban transport: avoid- shift-Improve (A-S-I). Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), 2019. Disponível em: https://www.transformative-mobility.org/assets/publications/ASI_TUMI_SUTP_iNUA_No-9_April-2019.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

TUROŃ, K.; CZECH, P.; JUZEK, M. The concept of a walkable city as an alternative form of urban mobility. Sci J Silesian Univ Technol Ser Transp. v.95, p.223-230, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318251451_The_concept_of_a_walkable_city_as_an_alternative_form_of_urban_mobility/fulltext/595eed49458515a3578149fb/The-concept-of-a-walkable-city-as-an-alternative-form-of-urban-mobility.pdf

UNHABITAT - UNITED NATIONS HUMAN SETTLEMENT PROGRAMME. Mobility and transport. Disponível em: <https://unhabitat.org/topic/mobility-and-transport>. Acesso em: 20 jun. 2021.

UNITED NATION CLIMATE CHANGE - UNFCCC. The Paris agreement. Paris Climate Change Conference, 2015. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>. Acesso em: 20 jun. 2021.

VASQUES, R.A. Design, posse e uso compartilhado: reflexões e práticas. 332f. Tese (Doutorado em Design e Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16134/tde-08032016-165707/publico/rosanavasques.pdf>

VEEVER. Aplicativo. Disponível em: <https://veever.global>. Acesso em: 20 jun. 2021.

VICTOR, D.G.; ZHOU, D. Transport. AR5 climate change 2014: Mitigation of climate change; Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Technical Summary, Cambridge University Press, p.72-77, 2014. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

VICTORIA TRANSPORT POLICY INSTITUTE - VTPI. Transport model improvements: improving methods for evaluating the effects and value of transportation system changes. TDM Encyclopedia, 2019. Disponível em: <https://www.vtpi.org/tdm/tdm125.htm>

WAISELFSZ, J.J. Mapa da violência 2013: Acidentes de trânsito e motocicletas.

Rio de Janeiro: CEBELA - Centro Brasileiro de Estudos Latino-Americanos; FLACSO-Brasil, 2013. Disponível em: http://www.mapadaviolencia.org.br/pdf2013/mapa2013_transito.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD. Methodology and indicator calculation method for Sustainable Urban Mobility. SMP2.0 - Sustainable Mobility Project 2.0, Indicators Work Stream, Ed.2, 2020. Disponível em: https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/smp2.0_sustainable-mobility-indicators_2ndedition.pdf. Acesso em: 20 jun. 2021.

WEISER, P.; SCHEIDER, S.; BUCHER, D.; KIEFER, P.; RAUBAL, M. Towards sustainable mobility behavior: research challenges for location-aware information and communication technology. *Geoinformatica*, v. 20, p. 213-239, 2016. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10707-015-0242-x>

WENDEL, Stephen. *Designing for behavior change: Applying psychology and behavioral economics*. O' Reilly Media, Inc., 2014.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. Burden of disease from environmental noise: quantification of healthy life years lost in Europe. Regional Office for Europe, 2011. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/326424>. Acesso em: 20 jun. 2021.

WONG, Y.z.; HENSHER, D.A.; MULLEY, C. Mobility as a service (MaaS): Charting a future context, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 131, p. 5-19, 2020. Disponível em: <https://imoveaustralia.com/wp-content/uploads/2021/04/David-Hensher-iMOVE-MaaS-Trial-slide-deck-April-2021.pdf>

YAP, J.B.H.; GOH, S.V. Determining the potential and requirements of transit-oriented development (TOD): The case of Malaysia. *Property Management*, v. 35, n. 4, p. 394-413, 2017.

YILDIRIM, Y.; AREFI, M. How does mixed-use urbanization affect noise? Empirical research on transit-oriented developments (TODs), *Habitat International*, v. 107, n. jan., 2021.

ZAWIESKA J.; PIERIEGUD, J. Smart city as a tool for sustainable mobility and transport decarbonisation. *Transp Policy*, v. 63, p. 39-50, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.11.004>

zEELO. Plataforma. Disponível em: <https://zeelo.co>. Acesso em: 20 jun. 2021.

SbN

BHAMRA, Tracy; LILLEY, Debra; TANG, Tang. Design for sustainable behaviour: Using products to change consumer behaviour. *The Design Journal*, v. 14, n. 4, p. 427-445, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Debra-Lilley/publication/233620661_Design_for_Sustainable_Behaviour_Using_Products_to_Change_Consumer_Behaviour/links/5adf0d420f7e9b285943ae55/Design-for-Sustainable-Behaviour-Using-Products-to-Change-Consumer-Behaviour.pdf

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CXLIX, n. 202, 18 outubro 2012. Seção 1, p.1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12727.htm

BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.026 de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/lei-n-14.026-de-15-de-julho-de-2020-267035421>

BRIDGEWATER, P. Whose nature? What solutions? Linking ecohydrology to nature-based solutions. *Ecohydrology and Hydrobiology*, v. 18, n. 4, p. 311-316, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2018.11.006>

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO – CBGDP, 8., Porto Alegre, 2011. Trabalho apresentado... Porto Alegre, 2011. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/2205710/mod_resource/content/1/Roteiro%20para%20revis%C3%A3o%20bibliogr%C3%A1fica%20sistem%C3%A1tica.pdf

DAVIES, C.; LAFORTEZZA, R. Transitional path to the adoption of nature-based solutions. *Land Use Policy*, v. 80, n. June, p. 406-409, 2019. Elsevier. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.09.020>.

DORST, H.; VAN DER JAGT, A.; RUNHAAR, H.; RAVEN, R. Structural conditions for the wider uptake of urban nature-based solutions – A conceptual framework. *Cities*, Elsevier, v. 116, p. 103283, June 2021. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Alexander-Van-Der-Jagt/publication/352281718_Structural_conditions_for_the_wider_uptake_of_urban_nature-based_solutions_-_A_conceptual_framework/links/60c1d75b92851ca6f8d6e1bd/Structural-conditions-for-the-wider-uptake-of-urban-nature-based-solutions-A-conceptual-framework.pdf

DUDLEY, N.; STOLTON, S.; BELOKUROV, A.; KRUEGER, L.; LOPOUKHINE, N.; MACKINNON, K.; SANDWITH, T.; SEKHRAN, N. Natural solutions: Protected areas helping people cope with climate change. Gland – Switzerland, Washington DC and New York – USA: IUCN/WWF, TNC, UNDP, WCS, The World Bank, WWF, 2010. Disponível em: https://www.iucn.org/downloads/natural_solutions.pdf

EUROPEAN COMMISSION – EC. Towards an EU research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities: Final Report of the Horizon 2020. Bruxelas, Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities, 2015. Disponível em: <https://ec.europa.eu/research/environment/pdf/renaturing/nbs.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021

EUROPEAN COMMISSION – EC. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of The Regions Next Steps for a Sustainable European future – European Action for Sustainability. 2016. COM/2016/0739

EGGERMONT, H.; BALIAN, E.; AZEVEDO, J. M. N.; BEUMER, V.; BRODIN, T.; CLAUDET, J. Nature-based solutions: new influence for environmental management and research in Europe. GAIA – Ecological Perspectives for Science and Society, n. 24, p. 243-248, 2015.

ESCOBEDO, F. J.; GIANNICO, V.; JIM, C. Y.; SANESI, G.; LAFORTEZZA, R. Urban forests, ecosystem services, green infrastructure and nature-based solutions: Nexus or evolving metaphors? Urban Forestry and Urban Greening, v. 37, p. 3-12, jan. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.02.011>

ENGSTRÖM et al., Multi-functionality of nature-based and other urban sustainability solutions: New York City study. Land Degradation and Development, v. 29, n. 10, p. 3653-3662, 2018. <https://doi.org/10.1002/ldr.3113>

FAIVRE, N.; FRITZ, M.; FREITAS, T.; DE BOISSEZON, B.; VANDEWOESTIJNE, S. Nature-based solutions in the EU: Innovating with nature to address social, economic and

environmental challenges. *Environmental Research*, v. 159, n. dec. 2016, p. 509-518, 2017. Disponível em: <https://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/96155.pdf>

FINK, H. S. Human-nature for climate action: Nature-based solutions for urban sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, v. 8, n. 3, 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/3/254/pdf>

GLASER, B. The constant comparative method of qualitative analysis. *Society for the Study of Social Problems*, Oxford University Press, v. 12, n.4, p.436-445, 1965. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/David_Morgan19/post/Has_anyone_used_the_constant_comparative_method_Any_tips/attachment/59d6259779197b8077983e71/AS:318237135310850@1452885054267/download/Glaser+65+Constant+Comparative+Analysis.pdf

GLASER, B.; STRAUSS, A.L. *Discovery of grounded theory: Strategies for qualitative research*. Routledge, 1967. Disponível em: http://www.sxf.uevora.pt/wp-content/uploads/2013/03/Glaser_1967.pdf

HANSEN, R.; RALL, E.; CHAPMAN, E.; ROLF, W., PAULEIT, S. Urban green infrastructure planning guide. *Green Surge*, n. June, p. 4-106, 2017. Disponível em: https://ign.ku.dk/english/green-surge/rapporter/D5_3_Urban_GIP_-_A_guide_for_practitioners.pdf

HERZOG, C. P.; ROZADO, C. A.; FREITAS, T. Diálogo Setorial UE-Brasil sobre soluções baseadas na natureza: contribuição para um roteiro brasileiro de soluções baseadas na natureza para cidades resilientes. Bélgica: Comissão Europeia, 2019. Disponível em: <https://oppla.eu/sites/default/files/docs/Portuguese-EU-Brazil-NBS-dialogue-low.pdf>. Acesso em: 31 out. 2021

HOLTON, J. A. Grounded theory as a general research methodology. *Grounded Theory Review: An International Journal*. v. 7, n. 2, June 2008. Disponível em: <http://groundedtheoryreview.com/2008/06/30/grounded-theory-as-a-general-research-methodology/>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate change 2021: the physical science basis*. Contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Ciclo de Avaliação (AR6), 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/> Acesso em: 24 out. 2021.

KABISCH, N. et al. Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas: Perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers,

and opportunities for action. *Ecology and Society*, v. 21, n. 2, 2016. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol21/iss2/art39/>

KABISCH, N.; VAN DEN BOSCH, M.; LAFORTEZZA, R. The health benefits of nature-based solutions to urbanization challenges for children and the elderly – a systematic review.

Environmental Research, v. 159, n. July, p. 362-373, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nadja-Kabisch/publication/319310915_The_health_benefits_of_nature-based_solutions_to_urbanization_challenges_for_children_and_the_elderly_-_A_systematic_review/links/59e06dd60f7e9bc51265408f/The-health-benefits-of-nature-based-solutions-to-urbanization-challenges-for-children-and-the-elderly-A-systematic-review.pdf

Environmental Research, v. 159, n. July, p. 362-373, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Nadja-Kabisch/publication/319310915_The_health_benefits_of_nature-based_solutions_to_urbanization_challenges_for_children_and_the_elderly_-_A_systematic_review/links/59e06dd60f7e9bc51265408f/The-health-benefits-of-nature-based-solutions-to-urbanization-challenges-for-children-and-the-elderly-A-systematic-review.pdf

KOOIJMAN, E. D.; MCQUAID, S.; RHODES, M. L.; COLLIER, M. J.; PILLA, F. Innovating with nature:

From nature-based solutions to nature-based enterprises. Switzerland: *Sustainability*, v. 13, n. 3, p. 1-17, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su13031263>

KRAUZE, K.; WAGNER, I. From classical water-ecosystem theories to nature-based solutions — Contextualizing nature-based solutions for sustainable city. *Science of the Total Environment*, Elsevier B.V., v. 655, p. 697-706, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.187>

LAFORTEZZA, R.; CHEN, J.; VAN DEN BOSCH, C. K.; RANDRUP, T.B. Nature-based solutions for resilient landscapes and cities. *Environmental Research*, v. 165, p. 431-441, ago. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.038>

LILLEY, D. Design for sustainable behaviour: strategies and perceptions. *Design Studies*, v. 30, n. 6, p.704-720, 2009. Disponível em: https://repository.lboro.ac.uk/articles/journal_contribution/Design_for_sustainable_behaviour_strategies_and_perceptions/9346976/1/files/16956029.pdf

MAES, J.; JACOBS, S. Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters*, v. 10, n. 1, p. 121-124, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/conl.12216>

MARKEVYCH, I. et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance. *Environmental Research*, v. 158, n. February, p. 301-317, 2017. Elsevier Inc. Disponível em:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.06.028>.

MERK, O.; SAUSSIÉ, S.; STAROPOLI, C.; SLACK, E.; KIM, J. Financing green urban infrastructure. OECD Regional Development Working Papers, v. 10, p. 65, 2012. Disponível em: <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5k92p0c6j6r0-en.pdf?expires=1647050942&id=id&accname=guest&checksum=2D84D25ABFCB04B621D8820CFDA95E9B>

MOUSTAKAS, C. E. Heuristic Research: Design, Methodology, and Applications. Newbury Park CA: Sage Publications, 1990.

NESSHÖVER, C. et al. The science, policy and practice of nature-based solutions: An interdisciplinary perspective. Science of the Total Environment, v. 579, p. 1215-1227, 2017. Disponível em: https://www.academia.edu/attachments/53382135/download_file?st=MTY0NzA1MDQxNywxODkuNi4zNS42Nw%3D%3D&s=swp-splash-paper-cover

NEVENS, F.; FRANTZESKAKI, N.; GORISSEN, L.; LOORBACH, D. Urban Transition Labs: co-creating transformative action for sustainable cities. Journal of Cleaner Production, Elsevier, v. 50, p. 111-122, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Niki-Frantzeskaki/publication/260137056_Nevens_F_Frantzeskaki_N_Loorbach_D_Gorissen_L_Urban_Transition_Labs_co-creating_transformative_action_for_sustainable_cities_Journal_of_Cleaner_Production_50_111-122/links/55b75e5508ae9289a08be294/Nevens-F-Frantzeskaki-N-Loorbach-D-Gorissen-L-Urban-Transition-Labs-co-creating-transformative-action-for-sustainable-cities-Journal-of-Cleaner-Production-50-111-122.pdf

OBSERVATÓRIO DE INOVAÇÃO PARA CIDADES SUSTENTÁVEIS – OICS. Soluções e casos. Disponível em: <https://oics.cgee.org.br/solucoes-e-casos/solucoes>. Acesso em: 31 out. 2021.

ROOK, G. A. Regulation of the immune system by biodiversity from the natural environment: an ecosystem service essential to health. Proc. Natl. Acad. Sci., 110, 18360-18367, 2013. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Regulation-of-the-immune-system-by-biodiversity-the-Rook/52325b9cf48a2194f6fe7910e213d89555329e0f>

SOMARAKIS, G.; STAGAKIS, S.; CHRYSOULAKIS, N. ThinkNature nature-based solutions handbook. ThinkNature project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement n. 730338, 2019. Disponível em:

https://platform.think-nature.eu/system/files/thinknature_handbook_final_print_0.pdf

THORSLUND, J. et al. Wetlands as large-scale nature-based solutions: Status and challenges for research, engineering and management. *Ecological Engineering*, v. 108, p. 489-497, 2017. <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/90633.pdf>

VAN DEN BOSCH, M.; ODE SANG, Å. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health – a systematic review of reviews. *Environmental Research*, v. 158, n. May, p. 373-384, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>

VAN DER JAGT, A. P. N.; SZARAZ, L. R.; DELSHAMMAR, T.; CVEJIĆ, R.; SANTOS, A.; GOODNESS, J.; BUIJS, A. Cultivating nature-based solutions: The governance of communal urban gardens in the European Union. *Environmental Research*, v. 159, n. May, p. 264-275, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.08.013>

WILD, T. C.; HENNEBERRY, J.; GILL, L. Comprehending the multiple 'values' of green infrastructure– Valuing nature-based solutions for urban water management from multiple perspectives. *Environmental Research*, Elsevier, v. 158, p. 179-187, 2017. Disponível em: https://eprints.whiterose.ac.uk/117195/14/Wild_et_al_2016_Comprehending_the_Multiple_Values_of_Green_Infrastructure_-_Valuing_Nature_Based_Solutions_-_AFC.pdf

WORLD BANK. Biodiversity, climate change and adaptation nature-based solutions from the world bank portfolio, 2008. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6216/467260WP0REPLA1sity1Sept020081final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

XING, Y.; JONES, P.; DONNISON, I. Characterisation of nature-based solutions for the built environment. *Switzerland: Sustainability*, v. 9, n. 1, p. 1-20, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/1/149/pdf>

ZWIERZCHOWSKA, I.; FAGIEWICZ, K.; PONIŻY, L.; LUPA, P.; MIZGAJSKI, A. Introducing nature-based solutions into urban policy – facts and gaps. Case study of Poznań. *Land Use Policy*, v.85, n. April, p.161-175, 2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lidia-Ponizy/publication/332291316_Introducing_nature-based_solutions_into_urban_policy_-_facts_and_

[gaps_Case_study_of_Poznan/links/5cad2d13299bf193bc2d9eb0/Introducing-nature-based-solutions-into-urban-policy-facts-and-gaps-Case-study-of-Poznan.pdf](#)