

DESENVOLVIMENTO DE CARTILHA DIGITAL PARA A DISSEMINAÇÃO DE TECNOLOGIAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL E SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA

Camila Brandão Nogueira Borges¹; José Rodolfo Scarati Martins²; Lais Ferrer Amorim de Oliveira³; Stephanie Caroline Machado Gonzaga⁴; Juliana Caroline de Alencar⁵; Renato Carlos Zambon⁶

RESUMO – A urbanização rápida e pouco planejada em municípios de médio e grande porte intensificou a impermeabilização do solo, resultando em inundações frequentes, erosão e transporte de poluição difusa — impactos severamente agravados pelas alterações climáticas. Para ampliar a resiliência hidrológica urbana, mostra-se promissor integrar o planejamento tradicional à adoção de estratégias sustentáveis como as Soluções Baseadas na Natureza (SBN). Contudo, a transição para esse modelo depende diretamente do apoio social e da mudança comportamental dos usuários do sistema. Sob a ótica da Economia Comportamental, este artigo apresenta a estrutura de uma Cartilha Digital de Drenagem Sustentável projetada para mitigar vieses cognitivos na adoção dessas tecnologias. Inicialmente desenvolvida para a realidade do município de São José dos Campos com base em seu Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais, a estrutura foi concebida de forma universalmente adaptável e replicável. Atuando como uma ferramenta viva de arquitetura de escolha (*nudge*), a cartilha democratiza o conhecimento técnico ao traduzir conceitos de engenharia hidráulica em conteúdos visuais, fortalecendo a governança da água e estimulando o engajamento da sociedade civil e do poder público.

Palavras-Chave – Sistema Urbano de Drenagem Sustentável, Soluções Baseadas na Natureza, Economia Comportamental

ABSTRACT– Rapid and unplanned urbanization in medium and large-sized municipalities has intensified soil impermeabilization, resulting in frequent flooding, erosion, and diffuse pollution transport — impacts severely worsened by climate change. To enhance urban hydrological resilience, it is fundamental to combine traditional planning with Nature-Based Solutions (NbS). However, the transition to this sustainable model directly depends on social support and behavioral change from water resource users. From a Behavioral Economics perspective, this article presents the structure of a Digital Guide for Sustainable Drainage designed to mitigate cognitive biases in the adoption of these technologies. Initially developed for the context of the municipality of São José dos Campos based on its Drainage Master Plan, the structure was conceived to be universally adaptable and replicable. Acting as a living choice architecture tool (*nudge*), the guide democratizes technical knowledge by translating hydraulic engineering concepts into visual content, strengthening water governance, and stimulating the engagement of civil society and public authorities.

Key-words – Sustainable Urban Drainage Systems, Nature-based Solutions, Behavioral Economics

1) Economista - FCTH, Mestre em Saúde Ambiental - FSPUSP, Doutora em Ciências – Energia - IEE-USP camilabnb@fcth.br

2) Professor Titular da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, scarati@fcth.br

3) Pesquisadora da, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, São Paulo, laisamorim@alumni.usp.br

4) Arquiteta - FCTH, Mestre em Arquitetura - FAU USP, stephanie.gonzaga@fcth.br

5) Engenheira Ambiental e Bióloga, Pesquisadora de Pós-doutoramento na Poli USP, julianaalencar@usp.br

6) Professor Associado Escola Politécnica da Universidade de São Paulo rzambon@usp.br

INTRODUÇÃO

A urbanização rápida e pouco planejada em municípios de médio e grande porte, levou a um aumento expressivo da impermeabilização do solo. Esse processo reduz a infiltração natural da água e intensifica o escoamento superficial, resultando em inundações mais frequentes, erosão e transporte de poluição difusa para corpos d'água (TUCCI et al., 1995) — fenômenos severamente acentuados pelo contexto atual das mudanças climáticas. É justamente nesses centros urbanos de maior porte que se concentram os impactos mais significativos decorrentes de tais processos, impondo a necessidade urgente de adoção de soluções inovadoras.

Para alcançar uma maior resiliência hidrológica, torna-se fundamental combinar o planejamento urbano com modelos que utilizem estratégias de controle na fonte, tais como as SBN (BALLARD et al., 2015), Infraestruturas verdes, Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SDUS) e a Gestão Sustentável de Águas Pluviais — que englobam estruturas como jardins de chuva, biorretenção, telhados verdes, pavimentos permeáveis, valas de infiltração e reservatórios de retenção — que são internacionalmente reconhecidas como alternativas eficientes e economicamente vantajosas (AGHLOO, ET AL, 2024).

No entanto, o apoio social é fator determinante para a implementação bem-sucedida dessas soluções. A transição para um modelo de manejo sustentável das águas urbanas depende diretamente da mudança comportamental dos usuários. É nesse ponto que a economia comportamental converge com a engenharia urbana, desafiando a premissa da racionalidade perfeita do *Homo economicus* e sustentando que as decisões humanas e a aceitação pública de novas tecnologias são profundamente influenciadas por fatores psicológicos e vieses cognitivos (THALER E SUNSTEIN, 2019).

Para que os cidadãos apoiem e adotem práticas sustentáveis de drenagem, é preciso entender as barreiras cognitivas que impedem essa transição. A implementação de soluções sustentáveis frequentemente esbarra em vieses cognitivos e erros sistemáticos de pensamento.

O *viés do presente* (a preferência por recompensas imediatas em detrimento de benefícios futuros) e o *viés do status quo* (a tendência de manter a situação atual por comodismo) tornam-se barreiras, já que a adoção de Soluções Baseadas na Natureza muitas vezes exige investimentos ou mudanças de hábito iniciais para que os benefícios sejam vistos a longo prazo (RIBEIRO, et al, 2020).

Para contornar esses obstáculos, a comunicação e as políticas públicas podem explorar a *aversão à perda* — a constatação psicológica de que a dor de uma perda é mais forte que o prazer de um ganho equivalente. Assim, em vez de focar apenas nos benefícios abstratos futuros, as estratégias

de engajamento devem enfatizar as perdas imediatas evitadas (como prejuízos com inundações e desvalorização imobiliária) pela adoção das SBN (ARONSON E ARONSON, 2023).

Nesse cenário, os *nudges* (pequeno empurrão) surgem como intervenções sutis na arquitetura da escolha. Eles direcionam o comportamento dos usuários das águas urbanas para opções desejáveis sem proibir outras alternativas ou alterar significativamente os incentivos econômicos. No contexto da gestão dos recursos hídricos, os *nudges* estruturam a forma como a informação é apresentada, facilitando a adoção de práticas sustentáveis ao torná-la a escolha mais simples e natural (POCH ET AL., 2023).

O comportamento humano é fortemente moldado pelas normas sociais. Nesse sentido, a comparação social funciona como um poderoso gatilho de engajamento: ao demonstrar à população que seus próprios vizinhos ou empresas parceiras adotam técnicas de drenagem sustentável, estimula-se um efeito de rede. Essa dinâmica incentiva o coletivo a replicar as boas práticas para se adequar ao comportamento do grupo (ARONSON E ARONSON, 2023).

Para garantir que a população adquira conhecimento e que os gatilhos comportamentais sejam acionados de forma eficaz, a estratégia de interação entre a sociedade e as SBN deve ser robusta e altamente visual, dividindo-se em duas frentes principais:

- **Atividades de engajamento:** Realização de workshops e minicursos com participação popular, criando espaços de discussão e cocriação que quebram o viés do *status quo* por meio da experimentação prática.
- **Produção de conteúdo:** Elaboração de material explicativo com alto conteúdo ilustrativo e facilidade de compreensão, como cartilhas, manuais, entre outros.

O material digital desempenha um papel crucial na democratização de conceitos técnicos complexos. Ao traduzir termos como DBI ou SDUS para uma linguagem acessível, promove a formação de gestores, técnicos e da população em geral, garantindo uma compreensão uniforme. Sob a ótica da economia comportamental, reduzir a complexidade técnica diminui a "fricção cognitiva", tornando a adoção dessas práticas pelas esferas públicas e privadas um processo muito mais simples e assertivo (BAHIA, 2021).

O principal objetivo deste artigo é apresentar a estrutura de uma Cartilha Digital de Drenagem Sustentável. Inicialmente desenvolvida para a realidade do município de São José dos Campos, essa estrutura foi projetada para ser universalmente adaptável e replicável por qualquer município do mundo que enfrente desafios análogos de crescimento urbano e pressões climáticas.

A característica inovadora desta Cartilha reside na forma como ela democratiza a informação técnica. Ao transformar conceitos de engenharia hidráulica em conteúdos visuais, práticos e

intuitivos, o guia funciona como uma ferramenta viva de arquitetura de escolha (*nudge*). Ela foi desenhada especificamente para mitigar os vieses cognitivos da população, demonstrando de forma simples e direta os principais conceitos sobre drenagem, as principais leis municipais, estaduais e federais sobre o assunto, além de apontar as técnicas mais assertivas para a realidade do município que busca o caminho para uma gestão de águas urbanas mais resiliente, sustentável e participativa.

1) O CARTILHA DIGITAL COMO FERRAMENTA DE GOVERNANÇA

A Cartilha Digital do Estudo Para o Desenvolvimento de Tecnologias Aplicadas à Drenagem Sustentável para o Município de São José dos Campos constitui uma ferramenta estratégica para o aprimoramento do manejo de recursos hídricos no município. Concebida com base nos resultados obtidos na Fase 2 do Plano Diretor de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais (PDDMAP) (FCTH, 2024), a publicação tem como propósito apresentar à sociedade civil os conceitos-chave da gestão sustentável e as diferentes técnicas de drenagem aplicáveis ao município (FCTH, 2024).

Para além de seu caráter técnico, a estruturação da Cartilha foi fundamentada em princípios da Economia Comportamental, configurando-se como uma intervenção de arquitetura de escolha (*nudge*). Considerando que a simples exposição a informações complexas pode gerar fricção cognitiva — entendida como obstáculos mentais, informacionais ou operacionais que dificultam a tomada de decisão e a adoção de determinadas ações por indivíduos e organizações —, o guia foi concebido para reduzir barreiras à compreensão e ao engajamento do cidadão (THALER E SUNSTEIN, 2019).

Nesse contexto, buscou-se mitigar vieses comportamentais, como o viés do *status quo*, associado à tendência de indivíduos e instituições em manter práticas já estabelecidas, e o viés do presente, caracterizado pela supervalorização de benefícios imediatos em detrimento de ganhos futuros. Para isso, adotaram-se estratégias como a simplificação da linguagem, o uso intensivo de recursos visuais e a contextualização dos benefícios de longo prazo das Soluções Baseadas na Natureza (SBN). Dessa forma, a adoção de práticas sustentáveis passa a ser percebida como uma alternativa mais intuitiva, acessível e socialmente desejável para o usuário.

A estrutura foi cuidadosamente projetada para atender tanto às expectativas de profissionais e técnicos que atuam na área quanto às demandas da comunidade local. Ao alinhar a engenharia urbana aos gatilhos de tomada de decisão humana, a cartilha cumpre um papel fundamental na democratização do conhecimento. Ele promove a capacitação de gestores, especialistas e cidadãos, fomentando uma compreensão uniforme das diretrizes e ativando normas sociais que incentivam a adoção efetiva dessas práticas em obras públicas e privadas (BRASIL, 2020).

A estrutura detalhada que fundamenta a Cartilha e reflete essa abordagem integrada é apresentada a seguir, na Tabela 1.

Tabela 1 O Conteúdo Estrutural da Cartilha

Secção	Título	Conteúdo Principal
Introdução (p. 13)	Introdução	Explica a alteração no balanço hídrico entre os períodos pré e pós-urbanização, em que se verificam menor infiltração e maior escoamento superficial após a ocupação urbana (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).
Capítulo 1 (p. 17)	Drenagem e gestão de águas pluviais no município de São José dos Campos	Apresenta o contexto hídrico e o quadro jurídico do município, destacando a legislação municipal, como o Plano Diretor e a Lei de Zoneamento.
Capítulo 2 (p. 27)	Drenagem sustentável	Detalha os conceitos de microdrenagem e macrodrenagem e as diferentes escalas de projeto para a implementação da SBN: lote, bairro, vale-várzea e bacia hidrográfica (BALLARD et al., 2015).
Capítulo 3 (p. 49)	Conclusão	Reforça que a adoção de práticas sustentáveis é crucial para enfrentar os desafios da urbanização e das alterações climáticas (JOHNSON; GEISENDORF, 2019).

2. TÉCNICAS DETALHADAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Com o objetivo de facilitar a compreensão das técnicas de Soluções Baseadas na Natureza (SBN), a Cartilha dedica uma seção específica à apresentação e à ilustração dos principais dispositivos, contemplando esquemas construtivos, secções transversais e critérios técnicos para implantação.

As soluções foram organizadas conforme a escala de atuação, abrangendo intervenções de microdrenagem e macrodrenagem.

A. Microdrenagem (escala de lote e rua)

- Biorretenção fechada e valas de drenagem (BALLARD et al., 2015);
- Telhado verde (ABNT, 2008);
- Pavimentos permeáveis, incluindo blocos intertravados drenantes (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995);
- Valetas de infiltração e reservatórios de retenção em lote (FCTH, 2024).

B. Macrodrenagem (escala de bacia hidrográfica)

- Bacias de retenção vegetadas e impermeáveis (JOHNSON; GEISENDORF, 2019);
- Canais sustentáveis (BALLARD et al., 2015);
- Parques lineares integrando drenagem urbana e infraestrutura verde;
- Reservatórios multifuncionais (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

A aplicação destas técnicas promove a infiltração, reduz o escoamento superficial e melhora a qualidade da água, contribuindo diretamente para mitigar os impactos das superfícies impermeáveis e reforçar a resiliência climática urbana (BALLARD et al., 2015 e FCTH, 2024).

CONCLUSÃO

A gestão sustentável das águas pluviais em municípios de médio e grande porte exige técnicas avançadas de engenharia hidráulica, combinadas ao engajamento da sociedade civil e do poder público. Diante do avanço da impermeabilização do solo e do agravamento das alterações climáticas, a integração de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) — articuladas entre a micro e a macrodrenagem — consolida-se como o caminho fundamental para a construção de cidades hidrológicamente resilientes.

Contudo, a viabilidade de engenharia dessas infraestruturas sustentáveis é inócua sem o devido apoio e engajamento da sociedade civil e dos gestores públicos. É nesse horizonte que a Economia Comportamental atua como o elo decisivo para a governança dos recursos hídricos. Ao reconhecer os limites da racionalidade humana e mapear as barreiras geradas pelos vieses do presente e do *status quo*, este artigo demonstrou que o sucesso de políticas socioambientais depende de intervenções desenhadas estrategicamente para os usuários das águas urbanas.

A Cartilha Digital desenvolvida materializa essa abordagem integrada ao se posicionar não apenas como um guia informativo, mas como uma ferramenta viva de arquitetura de escolha (*nudge*). Ao reduzir a fricção cognitiva por meio da simplificação da linguagem e do uso de recursos visuais intuitivos, o material facilita o entendimento de conceitos complexos (como SBN e SUDS) e aciona gatilhos baseados em normas sociais e na aversão à perda.

Dessa forma, conclui-se que o modelo estrutural proposto cumpre seu objetivo de ser universalmente adaptável e replicável. Ao alinhar a precisão das técnicas de drenagem à sensibilidade dos fatores comportamentais humanos, a Cartilha pavimenta o caminho para que municípios globais democratizem o conhecimento técnico, estimulem a coparticipação em obras públicas e privadas e transformem os cidadãos em agentes ativos na construção de um ecossistema urbano sustentável, seguro e resiliente.

AGRADECIMENTOS à Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH.

REFERENCIAS

a) Livro

ARONSON, E.; ARONSON, J. *O Animal Social*. 1 edição ed. São Paulo: Editora Goys, 2023. v. I

BAHIA, L. O. *Guia referencial para construção e análise de indicadores Fundação Escola Nacional de Administração Pública - ENAP*, 2021. Disponível em:
<<https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/6154/1/GR%20Construindo%20e%20Analisando%20Indicadores%20-%20Final.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2024

THALER, R. H.; SUNSTEIN, C. R. *Nudge - Como tomar melhores decisões*. Ampliada ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2019. v. I

TUCCI, C.; PORTO, R.; BARROS, M. *Drenagem urbana*. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1995.

b) Artigo em revista

AGHALOO, Kamaledin et al. *How nature-based solutions can enhance urban resilience to flooding and climate change and provide other co-benefits: A systematic review and taxonomy*. *Urban Forestry & Urban Greening*, [Amsterdã], v. 95, 128320, maio 2024. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128320>. Acesso em: 8 maio. 2026.

JOHNSON, D.; GEISENDORF, S. *Vale a pena implementar SUDS ao nível do bairro? Uma avaliação do valor económico de cenários de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável utilizando análises custo-benefício*. *Ecological Economics*, v. 158, p. 194-205, 2019.

POCH, M. et al. *Increasing resilience through nudges in the urban water cycle: An integrative conceptual framework to support policy decision-making*. *Chemosphere*, v. 317, 1 mar. 2023.

c) Normas técnicas e Manuais

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9574: execução de impermeabilização*. ABNT: Rio de Janeiro, 2008.

BALLARD, B. et al. *The SUDS Manual*. Londres: CIRIA, 2015.

FUNDAÇÃO CENTRO DE TECNOLOGIA HIDRÁULICA - FCTH; SÃO JOSÉ DOS CAMPOS (Município). *Manual de Drenagem Sustentável de São José dos Campos: Câmara Municipal de São José dos Campos*, 2024. Disponível em: https://www.sjc.sp.gov.br/media/ou0n35pr/cartilha-digital_final_18dez2024-1.pdf. Acedido em: 4 de dezembro de 2024.

d) Legislação

BRASIL. Lei n.º 14.026, de 15 de julho de 2020. *Atualiza o marco legal do saneamento básico*. Diário Oficial: Brasília, DF, 16 de julho de 2020.