Indicadores, Vulnerabilidades e Políticas Públicas na Pesquisa Interdisciplinar em Sustentabilidade

Indicators, Vulnerabilities, and Public Policies in Interdisciplinary Sustainability Research

Bruna Angela Branchi

https://doi.org/10.37497/alumni.inbooks.4.c30

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma síntese dos principais temas de pesquisa desenvolvidos no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da PUC-Campinas, desde o início das atividades do Mestrado em 2016. Ingressar como docente nesse momento significou enfrentar o desafio de construir uma abordagem interdisciplinar, que ultrapassasse a simples justaposição de disciplinas e permitisse articular diferentes dimensões da sustentabilidade em torno de problemas concretos de pesquisa.

Embora os objetos investigados tenham se transformado ao longo dos anos, a construção de indicadores e índices permaneceu como eixo estruturante da atividade de pesquisa e também da formação discente, especialmente por meio da disciplina Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. A busca por instrumentos

1 INTRODUCTION

This chapter synthesizes the main research themes developed within the Graduate Program in Sustainability at PUC-Campinas since the Master's program began in 2016. Joining the faculty at that time meant facing the challenge of building an interdisciplinary approach that went beyond merely juxtaposing disciplines and allowed the integration of different dimensions of sustainability around concrete research problems.

Although the objects of study have evolved over the years, the construction of indicators and indices has remained a central pillar of both research activities and student training - particularly through the course on Sustainable Development Indicators. The pursuit of quantitative tools that integrate the economic, social, and

quantitativos capazes de integrar as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade constituiu uma constante, sempre em diálogo com os desafios da formulação, do monitoramento e da avaliação de políticas públicas.

Outro elemento de continuidade foi a análise das vulnerabilidades, expressas tanto nas relações de trabalho quanto no acesso desigual a serviços essenciais, como água e saneamento. Essa perspectiva conferiu unidade a uma trajetória que se desdobrou em diferentes objetos de estudo, mas que manteve como preocupação comum a análise das desigualdades socioeconômicas e seus efeitos sobre a sustentabilidade e o bem-estar social.

Ao longo desses anos, as investigações se beneficiaram da participação e liderança no grupo de pesquisa "Desigualdades socioeconômicas e políticas públicas". Inicialmente, os estudos concentraram-se na dimensão social da sustentabilidade, com foco na precariedade ocupacional e na proposição de um índice de trabalho decente, para, em seguida, discutir a sustentabilidade de bacias hidrográficas. Nos anos mais recentes, esse percurso continuou com a incorporação do marco normativo dos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento (DHAeS) à construção de índices compostos voltados ao monitoramento da universalização dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

As contribuições específicas de cada uma dessas etapas, bem como seus desdobramentos na pesquisa, na orientação discente e na consolidação da identidade acadêmica do Programa são detalhadas nos itens a seguir.

environmental dimensions of sustainability has been a constant theme, always in dialogue with the challenges of formulating, monitoring, and evaluating public policies.

Another element of continuity was the analysis of vulnerabilities, manifested in both labor relations and unequal access to essential services, such as water and sanitation. This perspective lent coherence to a trajectory that branched into different objects of study while maintaining a shared focus on analyzing socioeconomic inequalities and their effects on sustainability and social well-being.

Over the years, the research has benefited from participation in and leadership of the "Socioeconomic Inequalities and Public Policies" research group. Initially, the studies focused on the social dimension of sustainability - specifically addressing precarious employment and proposing a decent work index - before moving on to discuss the sustainability of river basins. More recently, this trajectory has continued by incorporating the normative framework of the Human Rights to Water and Sanitation (HRWS) into the development of composite indices designed to monitor the universalization of water supply and sanitation services.

The following items detail each stage's specific contributions and their implications for research, student supervision, and consolidating the Program's academic identity.

1.1 A componente social do desenvolvimento sustentável: precariedade ocupacional e vulnerabilidade no Brasil

As transformações no mercado de trabalho brasileiro, intensificadas pela globalização econômica e pela adoção de políticas neoliberais a partir da década de 1990, manifestaram-se, sobretudo, na flexibilização das relações trabalhistas e na ampliação de formas de inserção ocupacional marcadas pela instabilidade e pela fragilização da proteção social.

Essa pesquisa insere-se no campo do desenvolvimento sustentável ao investigar a articulação entre crescimento econômico e equidade social, reconhecendo a centralidade do trabalho na reprodução da vida e na redução das desigualdades.

Como referencial analítico, adotou-se o conceito de trabalho decente, formulado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), entendido como trabalho produtivo e adequadamente remunerado, exercido em condições de liberdade, equidade e segurança, capaz de assegurar uma vida digna aos trabalhadores e suas famílias (Proni & Rocha, 2010). Essa abordagem permite analisar o trabalho como dimensão estruturante da cidadania social e da inclusão.

O objetivo da pesquisa consistiu em analisar as transformações do mercado de trabalho brasileiro desde os anos 1990, e identificar as múltiplas formas de precarização das relações laborais e seus efeitos sobre a vulnerabilidade socioeconômica dos trabalhadores. A expansão de vínculos como terceirização, subcontratação, contratos em tempo parcial e formas mais flexíveis de emprego delineou uma nova morfologia do trabalho e produziu novas formas

1.1 The social component of sustainable development: precarious employment and vulnerability in Brazil

Transformations in the Brazilian labor market - intensified by economic globalization and the adoption of neoliberal policies starting in the 1990s - manifested primarily in the flexibilization of labor relations and the expansion of forms of labor market participation characterized by instability and weakened social protection.

This research falls within the field of sustainable development by investigating the interplay between economic growth and social equity, recognizing the central role of work in sustaining livelihoods and reducing inequalities.

The analytical framework adopted is the concept of decent work, formulated by the International Labor Organization (ILO), which is understood as productive and adequately remunerated work performed under conditions of freedom, equity, and security, capable of ensuring a dignified life for workers and their families (Proni & Rocha, 2010). This approach allows for the analysis of work as a structuring dimension of social citizenship and inclusion.

The research aimed to analyze transformations in the Brazilian labor market since the 1990s, identifying multiple forms of labor precarization and their effects on workers' socioeconomic vulnerability. The expansion of arrangements such as outsourcing, subcontracting, part-time contracts, and more flexible forms of employment has shaped a new morpholo-

de insegurança e vulnerabilidade (Antunes, 2014).

Um dos desdobramentos desta investigação foi a análise da contribuição do trabalho decente para o desenvolvimento sustentável à luz do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 8 (ODS 8), voltado à promoção do crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, do emprego pleno e produtivo e do trabalho decente para todos. A avaliação dos indicadores brasileiros disponíveis para o monitoramento desse objetivo revelou uma persistente insuficiência de dados oficiais atualizados, ao mesmo tempo em que evidenciou a permanência de desigualdades salariais por sexo e região, o aumento da taxa de desocupação entre 2012 e 2017 e a situação particularmente vulnerável dos jovens que não estudam nem trabalham. Esses fatores indicam limites importantes para o avanço em direção a padrões mais justos de inserção laboral e reforçam a centralidade da dimensão social na agenda da sustentabilidade (Lixandrão & Branchi, 2021).

1.2 A qualidade do trabalho como elemento fundamental para o desenvolvimento socialmente sustentável: revisão teórica e proposta de um índice sintético de trabalho decente

Dando continuidade às investigações iniciadas no período anterior, este projeto aprofundou a discussão sobre trabalho decente e sua relação com o ODS 8 da Agenda 2030 das Nações Unidas (UN, 2015). A pesquisa partiu do entendimento de que a qualidade do trabalho constitui uma dimensão central do desenvolvimento socialmente sustentável, uma vez

gy of work and generated new forms of insecurity and vulnerability (Antunes, 2014).

One outcome of this investigation was an analysis of decent work's contribution to sustainable development, viewed through the lens of Sustainable Development Goal 8 (SDG 8), which aims to promote sustained, inclusive, and sustainable economic growth, full and productive employment, and decent work for all. An assessment of the Brazilian indicators available for monitoring this goal revealed a persistent lack of up-to-date official data, while also highlighting enduring wage inequalities based on gender and region, a rise in the unemployment rate between 2012 and 2017, and the particularly vulnerable situation of young people who are neither studying nor working. These factors point to significant limitations in progressing toward fairer patterns of labor market integration and underscore the central importance of the social dimension within the sustainability agenda (Lixandrão & Branchi, 2021).

1.2 The quality of work as a fundamental element for socially sustainable development: a theoretical review and proposal for a synthetic index of decent work.

Building on the investigations initiated in the previous period, this project further examined decent work and its relationship with SDG 8 of the United Nations 2030 Agenda (UN, 2015). The research was grounded in the understanding that the quality of work constitutes a central dimension

que o crescimento econômico dissociado da ampliação das capacidades humanas tende a reproduzir desigualdades e aprofundar vulnerabilidades. Nesse sentido, o diálogo com a teoria das capacidades de Amartya Sen mostrou-se particularmente relevante ao compreender o desenvolvimento como expansão das liberdades substantivas dos indivíduos (Sen, 2010). Essa perspectiva oferece fundamentação ética e analítica para a defesa do trabalho digno, ao deslocar o foco da mera geração de emprego para a efetiva possibilidade de os indivíduos exercerem escolhas, participarem da vida social e alcançarem condições materiais compatíveis com uma vida digna. Esse referencial permitiu sustentar a natureza multidimensional do trabalho decente, abrangendo, além dos aspectos relacionados à renda e à ocupação, as dimensões associadas à segurança laboral, à proteção social, à conciliação entre trabalho e vida pessoal e às condições de justiça no mercado de trabalho (Lavagnini & Mennella, 2016).

Do ponto de vista metodológico, optou-se pela construção de um índice sintético inspirado na lógica do Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), em contraste com a opção tradicional da Organização Internacional do Trabalho (OIT) baseada em um conjunto (*dashboard*) de indicadores. A proposta buscou oferecer uma ferramenta de maior comunicabilidade e comparabilidade, capaz de sintetizar, em uma única medida, diferentes dimensões constitutivas do trabalho decente.

O índice composto foi estruturado a partir de quatro dimensões principais: oportunidade de trabalho, rendimento adequado, qualidade do trabalho e sua interação com a vida pessoal. Seu cálculo foi realizado para as Unidades da Fede-

of socially sustainable development, given that economic growth decoupled from the expansion of human capabilities tends to reproduce inequalities and exacerbate vulnerabilities. In this regard, the dialogue with Amartya Sen's capability approach proved particularly relevant for understanding development as the expansion of individuals' substantive freedoms (Sen, 2010). This perspective provides an ethical and analytical foundation for advocating decent work by shifting the focus from mere job creation to individuals' actual ability to make choices, participate in social life, and achieve material conditions consistent with a dignified life. This framework supported the multidimensional nature of decent work, encompassing - beyond income and employment - dimensions related to job security, social protection, work-life balance, and fair labor market conditions (Lavagnini & Mennella, 2016).

Methodologically, the authors constructed a composite index inspired by the logic of the Human Development Index (HDI), rather than the International Labor Organization's (ILO) traditional approach based on a dashboard of indicators. The proposal aimed to provide a more interpretable and comparable tool, capable of synthesizing the various constituent dimensions of decent work into a single measure.

The composite index was structured around four main dimensions: job opportunities, adequate income, job quality, and the interaction between work and personal life. It was calculated for Brazilian federal units in 2004, 2009, and 2014, enabling both

ração brasileiras nos anos de 2004, 2009 e 2014, permitindo comparações intertemporais e espaciais. A decomposição de suas componentes possibilitou identificar mudanças na estrutura do mercado de trabalho e evidenciar desigualdades regionais persistentes (Branchi, 2017).

A principal contribuição da pesquisa consistiu em oferecer uma ferramenta sintética apta a monitorar os efeitos de políticas públicas voltadas à promoção do trabalho digno e à redução das desigualdades laborais. A possibilidade de decomposição do indicador, associada à comparabilidade geográfica e temporal, ampliou seu potencial analítico tanto para a identificação de déficits de trabalho decente quanto para a avaliação de avanços e retrocessos regionais. Ao articular os eixos econômico e social do desenvolvimento sustentável, a pesquisa reafirmou que a qualidade do trabalho é um elemento estruturante de processos de desenvolvimento socialmente justos e sustentáveis.

1.3 Indicadores de sustentabilidade: revisão teórica e proposta de um modelo para a gestão de recursos hídricos

A ampliação da agenda de pesquisa para a gestão de recursos hídricos ocorreu de forma natural a partir da preocupação já presente com desigualdades socioeconômicas e vulnerabilidades territoriais. A água, enquanto recurso essencial à reprodução da vida e ao desenvolvimento econômico, exige formas de gestão capazes de articular eficiência, equidade e sustentabilidade, tornando-se um campo particularmente fértil para a aplicação de indicadores multidimensionais.

Esse deslocamento temático dialoga diretamente com o ODS 6, voltado à

intertemporal and spatial comparisons. Decomposing its components made it possible to identify changes in the labor market structure and highlight persistent regional inequalities (Branchi, 2017).

The research's main contribution was a composite tool for monitoring the effects of public policies aimed at promoting decent work and reducing labor inequalities. The indicator's decomposability, combined with its geographic and temporal comparability, enhanced its analytical potential to identify decent work deficits and assess regional progress and setbacks. By linking the economic and social dimensions of sustainable development, the research reaffirmed that work quality is a fundamental element of socially just and sustainable development processes.

1.3 Sustainability indicators: theoretical review and proposal of a model for water resources management.

The expansion of the research agenda regarding water resource management emerged naturally from existing concerns about socioeconomic inequalities and territorial vulnerabilities. As a resource essential to life and economic development, water requires management approaches that balance efficiency, equity, and sustainability, making it a particularly fertile field for applying multidimensional indicators.

This thematic shift directly aligns with SDG 6, which aims to ensure the availability and sustainable management of water and sanitation for all.

garantia da disponibilidade e da gestão sustentável da água e do saneamento para todos. A complexidade desse desafio exige instrumentos analíticos capazes de integrar as dimensões ambientais, sociais e econômicas, permitindo o monitoramento das condições das bacias hidrográficas e oferecendo apoio à tomada de decisão pública.

Nesse contexto, a pesquisa teve como objetivo propor indicadores e índices de sustentabilidade aplicados às Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (Bacias PCJ). A seleção dos indicadores foi orientada por dois marcos conceituais complementares: o modelo Pressão–Estado–Resposta (PER) e o modelo *Hydrology for the Environment, Life and Policy* (HELP), proposto pela UNESCO. Conforme Chaves e Alipaz (2007), a aplicação conjunta desses referenciais permite uma leitura integrada dos meios físico, biótico e antrópico.

Com base nesses modelos, foi elaborado e aplicado o *Water Sustainability Index* (WSI), composto por quinze indicadores, às Bacias PCJ ao longo da década de 2010. Os resultados mostraram que a agregação por média simples, embora favoreça a comunicabilidade do índice, produz um efeito de compensação entre dimensões distintas, permitindo que bons resultados em determinados componentes ocultem fragilidades relevantes em outros. Essa limitação decorre da adoção implícita do conceito de sustentabilidade fraca, no qual diferentes formas de capital são tratadas como substituíveis (Branchi, 2022).

Em paralelo, investigou-se o modelo Força Motriz–Pressão–Estado–Impacto–Resposta (FPEIR), que amplia a estrutura analítica do PER ao incorporar as categorias de força motriz e impacto. Um levan-

The complexity of this challenge requires analytical tools that integrate environmental, social, and economic dimensions, enabling monitoring of watershed conditions and supporting public decision-making.

In this context, the research aimed to propose sustainability indicators and indices applied to the Piracicaba, Capivari, and Jundiaí river basins (PCJ basins). The indicator selection followed two complementary conceptual frameworks: the Pressure-State-Response (PSR) model and the Hydrology for the Environment, Life and Policy (HELP) model, proposed by UNESCO. According to Chaves and Alipaz (2007), applying these frameworks together enables an integrated assessment of the physical, biological, and human environments.

Based on these models, the Water Sustainability Index (WSI), comprising fifteen indicators, was developed and applied to the PCJ basins during the 2010s. The results showed that simple average aggregation, while improving the index's ease of communication and interpretation, produces a compensatory effect across dimensions, allowing strong performance in some components to mask significant weaknesses in others. This limitation stems from the implicit adoption of the weak sustainability concept, in which different forms of capital are treated as substitutable (Branchi, 2022).

In parallel, the Driving Force-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) model was investigated; this model expands upon the PSR analytical framework by incorporating the categories of driving force and impact. A

tamento realizado na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações identificou onze trabalhos aplicados a bacias hidrográficas brasileiras entre 2006 e 2019, predominantemente com abordagem qualitativa, destacando a flexibilidade desse modelo na seleção de indicadores e na orientação de políticas públicas (Branchi & Ferreira, 2020).

Essa pesquisa integrou um projeto interdisciplinar mais amplo, desenvolvido com outros pesquisadores do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, voltado à gestão do conhecimento e à proposição de ferramentas analíticas para recursos hídricos. Desse esforço coletivo resultou também a construção de um Índice Multidimensional de Desigualdade Socioespacial para as Unidades da Federação, utilizando Análise Fatorial para agregar treze indicadores distribuídos nas dimensões de infraestrutura e qualidade ambiental, escolaridade e qualidade de vida, e pobreza e desigualdade de renda (Guedes et al., 2024).

Em síntese, o trabalho reafirmou a importância de dispor de instrumentos de avaliação baseados em dados públicos, replicáveis e de fácil comunicabilidade, capazes de apoiar a gestão democrática dos recursos hídricos e de tornar mais visíveis as desigualdades socioambientais frequentemente ocultadas por análises excessivamente agregadas.

1.4 Os desafios da inclusão das vulnerabilidades socioeconômica e ambiental na gestão integrada dos recursos hídricos

A gestão sustentável dos recursos hídricos exige que a busca por eficiência na alocação e distribuição da água seja acompanhada pela equidade no acesso

survey of the Brazilian Digital Library of Theses and Dissertations identified eleven studies applied to Brazilian river basins between 2006 and 2019 - predominantly qualitative - highlighting the model's flexibility in indicator selection and its potential for public policy guidance (Branchi & Ferreira, 2020).

This research was part of a broader interdisciplinary project - developed alongside other researchers from the Graduate Program in Sustainability - focused on knowledge management and proposing analytical tools for water resources. This collective effort also produced a Multidimensional Socio-spatial Inequality Index for Brazil's federal units, using Factor Analysis to aggregate thirteen indicators across the dimensions of infrastructure and environmental quality, education and quality of life, and poverty and income inequality (Guedes et al., 2024).

In summary, the study reaffirmed the importance of assessment tools based on public data - replicable and easy to communicate - that support the democratic management of water resources and make visible the socio-environmental inequalities often obscured by overly aggregated analyses.

1.4 The challenges of including socioeconomic and environmental vulnerabilities in the integrated management of water resources.

Sustainable water resource management requires that the pursuit of efficiency in water allocation and distribution be accompanied by equity in

aos serviços. No Brasil, uma parcela expressiva da população ainda enfrenta restrições de acesso à água potável e ao esgotamento sanitário, especialmente em áreas periféricas, aglomerados subnormais e zonas rurais, revelando que a universalização desses serviços permanece como um desafio estrutural.

Nesse contexto, a pesquisa passou a incorporar o marco normativo dos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento (DHAeS), segundo o qual os Estados têm a responsabilidade de garantir o acesso universal à água em quantidade e qualidade adequadas, incluindo as dimensões de acessibilidade física e econômica (Heller, 2022). Essa perspectiva desloca a análise da simples cobertura dos serviços para a efetiva realização de direitos, exigindo que a gestão hídrica considere desigualdades territoriais, vulnerabilidades sociais e mecanismos de exclusão historicamente produzidos.

Um dos estudos derivados dessa pesquisa realizou uma revisão da literatura e classificou os principais obstáculos à universalização dos DHAeS em cinco categorias: social, econômica, ambiental, internacional e técnica. Os resultados evidenciaram a complexidade do tema e a necessidade de uma governança capaz de articular múltiplas escalas e diferentes dimensões institucionais, superando abordagens estritamente setoriais (Carvalho & Branchi, 2024).

Em outra frente, uma análise crítica dos indicadores brasileiros do ODS 6 sob a perspectiva dos DHAeS apontou avanços na cobertura dos serviços, mas revelou que as médias nacionais tendem a ocultar desigualdades regionais profundas, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. O estudo concluiu pela necessidade de maior desagregação terri-

access to services. In Brazil, a significant portion of the population still faces restrictions regarding access to potable water and sanitation - particularly in peripheral areas, informal settlements, and rural zones - revealing that achieving universal access to these services remains a structural challenge.

In this context, the research began to incorporate the normative framework of the Human Rights to Water and Sanitation (HRWS), under which States bear responsibility for ensuring universal access to water of adequate quantity and quality, including physical accessibility and affordability (Heller, 2022). This perspective shifts the analysis from mere service coverage to the actual realization of rights, requiring water management to consider territorial inequalities, social vulnerabilities, and historically entrenched mechanisms of exclusion.

One study stemming from this research conducted a literature review. It classified the main obstacles to the universal realization of the Human Rights to Water and Sanitation (HRWS) into five categories: social, economic, environmental, international, and technical. The results highlighted the subject's complexity and the need for a governance framework that can coordinate multiple scales and institutional dimensions, moving beyond strictly sectoral approaches (Carvalho & Branchi, 2024).

On another front, a critical analysis of Brazilian SDG 6 indicators from the perspective of the human rights to water and sanitation (HRWS) highlighted progress in service coverage. However, it found that national av-

torial e social das informações, condição indispensável para o monitoramento da equidade e da realização progressiva desses direitos (Bozon Penteado & Branchi, 2023).

Partindo do entendimento de que a escassez hídrica não decorre exclusivamente de fatores naturais, mas também da forma como a sociedade organiza o acesso, a distribuição e o controle dos recursos, a análise das desigualdades espaciais tornou-se elemento central da investigação. O local de residência, a infraestrutura disponível e a capacidade institucional influenciam diretamente a exposição das populações à pobreza hídrica. Para operacionalizar essa abordagem, adotou-se o *Water Poverty Index* (WPI), proposto por Sullivan (2002), um índice multidimensional que integra cinco componentes, sendo elas recursos, acesso, capacidade, uso e meio ambiente, e permite avaliar a pobreza hídrica conectando as dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade. Aplicado aos 76 municípios das Bacias PCJ, o WPI identificou que quase um terço dos municípios apresentava elevada vulnerabilidade na dimensão ambiental, diretamente associada à fragilidade da legislação municipal de proteção ambiental. Além disso, foi observada uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre o WPI e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), reforçando a hipótese de que pobreza hídrica e desenvolvimento humano não podem ser analisados de forma dissociada (Branchi et al., 2025). Os resultados confirmaram a relevância de uma abordagem holística, capaz de integrar justiça distributiva, gestão territorial e sustentabilidade hídrica.

erages often mask deep regional inequalities, particularly in the North and Northeast regions. The study concluded that greater territorial and social disaggregation of data is necessary—an essential condition for monitoring equity and the progressive realization of these rights (Bozon Penteado & Branchi, 2023).

Because water scarcity stems not only from natural factors but also from how society organizes access to, distribution of, and control over resources, the analysis of spatial inequalities became central to the investigation. Place of residence, available infrastructure, and institutional capacity directly influence populations' exposure to water poverty. To operationalize this approach, the Water Poverty Index (WPI) - proposed by Sullivan (2002) was adopted; this is a multidimensional index comprising five components (resources, access, capacity, use, and environment) that allows for the assessment of water poverty by linking the environmental, social, and economic dimensions of sustainability. When applied to the 76 municipalities of the PCJ Basins, the WPI revealed that nearly one-third of municipalities showed high vulnerability in the environmental dimension, directly linked to weak local environmental protection legislation. Furthermore, the study found a positive and statistically significant correlation between the WPI and the Human Development Index (HDI), reinforcing the hypothesis that water poverty and human development cannot be analyzed in isolation (Branchi et al., 2025). The results confirmed the importance of a holistic approach that integrates distributive

A principal contribuição desta etapa foi demonstrar que a gestão integrada dos recursos hídricos não pode ser reduzida à eficiência técnica ou à disponibilidade física da água. A incorporação das vulnerabilidades socioeconômicas e ambientais, articulada ao marco dos DHAeS, amplia a capacidade analítica dos indicadores e fortalece seu potencial como instrumentos de formulação de políticas públicas orientadas pela equidade.

1.5 Gestão sustentável dos serviços de água e saneamento: indicadores e desafios

Dando continuidade às investigações desenvolvidas no período anterior, o projeto em andamento visa incorporar o marco normativo dos DHAeS à construção de instrumentos de avaliação aplicados à gestão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário. O ponto de partida foi o reconhecimento de que a universalização não pode ser reduzida à ampliação da cobertura física dos serviços, exigindo também a consideração de critérios relacionados à equidade, à acessibilidade e à realização progressiva de direitos. Os DHAeS estabelecem cinco critérios fundamentais para a realização desses direitos: disponibilidade, qualidade e segurança, acessibilidade física, acessibilidade econômica e aceitabilidade (Heller, 2022). A esses se somam os princípios gerais dos direitos humanos: igualdade e não discriminação, participação, transparência, responsabilização, sustentabilidade e realização progressiva, que orientam a construção de indicadores estruturais, processuais e de resultado (Nahas, Carvalho, & Heller, 2023).

justice, territorial management, and water sustainability.

The main contribution of this stage was demonstrating that integrated water resources management cannot be reduced to technical efficiency or the physical availability of water. Incorporating socioeconomic and environmental vulnerabilities aligned with the framework of the human rights to water and sanitation expands the analytical capacity of the indicators and strengthens their potential as tools for formulating equity-oriented public policies.

1.5 Sustainable management of water and sanitation services: indicators and challenges.

Building on research from the previous period, the ongoing project aims to incorporate the normative framework of the human rights to water and sanitation (HRWS) into the development of assessment tools for managing water supply and sanitation services. The starting point was recognizing that achieving universal access cannot be reduced to expanding physical service coverage; it also requires considering criteria related to equity, accessibility, and the progressive realization of rights. The HRWS framework establishes five fundamental criteria for realizing these rights: availability, quality and safety, physical accessibility, affordability, and acceptability (Heller, 2022). Complementing these are general human rights principles - equality and non-discrimination, participation, transparency, accountability, sustainability, and progressive realization - which guide the

Na perspectiva da gestão baseada em evidências, a seleção de indicadores constitui uma etapa crítica do processo de avaliação, uma vez que a própria informação produzida influencia a formulação e a priorização de políticas públicas (Branchi, 2022). Os indicadores tradicionalmente utilizados para monitorar as metas 6.1 e 6.2 do ODS 6 concentram-se predominantemente em taxas de cobertura e acesso formal, sem captar adequadamente dimensões como desigualdade territorial, acessibilidade econômica, discriminação e progressividade.

Diante dessas limitações, o objetivo geral da pesquisa consiste em identificar indicadores e práticas de avaliação capazes de contribuir para a formulação de políticas públicas voltadas à universalização dos serviços de água e esgotamento sanitário em consonância com os DHAeS e com a Agenda 2030.

Metodologicamente, o projeto prevê articular revisão sistemática da literatura, análise bibliométrica e proposição de um índice composto alinhado ao monitoramento da realização progressiva desses direitos. A revisão sistemática da literatura sobre indicadores de DHAeS aplicados ao Brasil identificou que o critério de disponibilidade está presente em todos os trabalhos selecionados, sendo o mais recorrente, seguido pela acessibilidade econômica, qualidade e igualdade e não discriminação. Em contraste, dimensões como aceitabilidade, participação, transparência e responsabilização mostraram-se praticamente ausentes, revelando lacunas importantes na incorporação integral dos DHAeS aos sistemas nacionais de monitoramento (Andrade, Carvalho, & Branchi, 2025). Esse resultado reforça que a mensuração da universalização não pode se restringir a indicadores de cobertura, mas deve incorporar dimensões de qualidade, acessibilidade econômica e não discriminação, em consonância com os DHAeS.

development of structural, process, and outcome indicators (Nahas, Carvalho, & Heller, 2023).

From an evidence-based management perspective, indicator selection is a critical stage in the evaluation process, since the information produced influences the formulation and prioritization of public policies (Branchi, 2022). Indicators traditionally used to monitor SDG 6 targets 6.1 and 6.2 focus mainly on coverage rates and formal access, and fail to capture dimensions such as territorial inequality, affordability, discrimination, and progressivity.

Given these limitations, the research aims to identify indicators and assessment practices that can inform public policies to achieve universal access to water and sanitation services, aligned with the human rights to water and sanitation (HRWS) and the 2030 Agenda.

Methodologically, the project plans to combine a systematic literature review, bibliometric analysis, and the proposal of a composite index aligned with monitoring the progressive realization of these rights. The systematic literature review on HRWS indicators applied in Brazil found that the availability criterion appears in all selected studies - making it the most frequently cited - followed by affordability, quality, equality, and non-discrimination. In contrast, dimensions such as acceptability, participation, transparency, and accountability were virtually absent, revealing significant gaps in fully integrating the HRWS framework into national monitoring systems (Andrade, Carvalho, & Branchi, 2025). This result reinforces that measuring

versalização ainda permanece excessivamente centrada em cobertura, com baixa capacidade de capturar desigualdades estruturais.

Paralelamente, a pesquisa avançou na discussão sobre eficiência e resiliência da gestão hídrica em contextos marcados por mudanças climáticas e riscos crescentes. Nesse contexto, foi desenvolvido o *Water Efficiency, Risk and Resilience Index* (WE2RI), um modelo integrado que combina Análise Fatorial Exploratória e Análise Envoltória de Dados (DEA) para medir a eficiência municipal na gestão do saneamento e dos riscos hídricos. Aplicado aos 56 municípios da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos 5 (UGRHI-5), que integra as Bacias PCJ, o WE2RI permitiu classificar os municípios segundo níveis de eficiência, identificar *benchmarks* e apontar trajetórias potenciais de melhoria. Os resultados mostraram que as dimensões como capacidade financeira e gestão de riscos associados a eventos extremos concentram as principais fragilidades, mesmo em uma região economicamente desenvolvida como aquela estudada (Guedes, Ferreira, & Branchi, 2025).

A principal contribuição, até o momento, dessa pesquisa foi demonstrar que a incorporação do marco normativo dos DHAeS à construção de índices compostos amplia significativamente a capacidade analítica dos instrumentos de avaliação. O WE2RI, ao integrar eficiência, risco e resiliência em uma única estrutura metodológica, oferece uma ferramenta inovadora para a gestão municipal, capaz de apoiar a definição de metas de desempenho, orientar a alocação de recursos e fortalecer processos decisórios baseados em evidências.

universalization remains overly focused on coverage, with limited ability to capture structural inequalities.

In parallel, research has advanced discussion regarding the efficiency and resilience of water management in contexts characterized by climate change and escalating risks. Against this backdrop, the Water Efficiency, Risk and Resilience Index (WE2RI) was developed - an integrated model combining Exploratory Factor Analysis and Data Envelopment Analysis (DEA) to measure municipal efficiency in sanitation and water-related risk management. Applied to the 56 municipalities within Water Resources Management Unit 5 (UGRHI-5) - part of the PCJ Basins - the WE2RI enabled classification by efficiency levels, benchmark identification, and identification of potential pathways for improvement. The results revealed that dimensions such as financial capacity and the management of risks associated with extreme events harbor the primary vulnerabilities, even in an economically developed region like the one studied (Guedes, Ferreira, & Branchi, 2025).

This research has shown that incorporating the normative framework of the Human Rights to Water and Sanitation (HRWS) into the construction of composite indices significantly enhances the analytical capacity of assessment tools. By integrating efficiency, risk, and resilience into a single methodological framework, the WE2RI offers an innovative tool for municipal management - one that can support performance targets, guide resource allocation, and strengthen evidence-based decision-making.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto das pesquisas desenvolvidas no âmbito do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade ao longo de sua primeira década de existência revela uma trajetória marcada simultaneamente pela ampliação temática dos objetos investigados e pelo aprofundamento metodológico das estratégias de análise. Partindo da dimensão social do desenvolvimento sustentável, com foco inicial na precariedade ocupacional e no trabalho decente, a agenda de pesquisa avançou em direção à sustentabilidade de bacias hidrográficas e, posteriormente, à gestão dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário, sempre preservando como eixo estruturante a construção de indicadores e índices multidimensionais.

Esse percurso expressa a permanência de uma preocupação analítica comum aos temas distintos que foram investigados: compreender como as desigualdades socioeconômicas e as vulnerabilidades territoriais se manifestam em diferentes escalas e como podem ser incorporadas à formulação e à avaliação de políticas públicas. A construção de instrumentos quantitativos capazes de tornar visíveis essas assimetrias constituiu, desde o início, o principal elemento de continuidade da trajetória.

Nesse processo, a incorporação do marco normativo dos DHAeS representou uma inflexão relevante, ao conferir às ferramentas de mensuração uma orientação expressamente voltada à equidade e à realização progressiva de direitos. As pesquisas desenvolvidas evidenciam tanto o potencial quanto os limites dos indicadores sintéticos como instrumentos de gestão baseada em evidências. Quando

2 CONCLUDING REMARKS

The body of research conducted within the Graduate Program in Sustainability during its first decade reveals a trajectory marked by both thematic expansion and deeper methodological analysis. Starting with the social dimension of sustainable development - initially focusing on precarious employment and decent work, the research agenda progressed toward watershed sustainability and, subsequently, the management of water supply and sanitation services, while consistently developing multidimensional indicators and indices as a core structuring element.

This trajectory reflects an enduring analytical concern shared across the themes investigated: understanding how socioeconomic inequalities and territorial vulnerabilities manifest at different scales and how to incorporate them into the formulation and evaluation of public policies. From the outset, developing quantitative tools that make these asymmetries visible has been the primary element of continuity in this trajectory.

In this process, incorporating the normative framework of the Human Rights to Water and Sanitation (HRWS) marked a significant turning point by orienting measurement tools explicitly toward equity and the progressive realization of rights. Research highlights both the potential and the limitations of composite indicators as instruments for evidence-based management. When grounded in robust conceptual frameworks and linked to replicable public data, these tools enable the classification of territories,

ancorados em marcos conceituais sólidos e articulados a dados públicos replicáveis, esses instrumentos permitem classificar territórios, identificar vulnerabilidades, revelar desigualdades frequentemente ocultadas por médias agregadas e apoiar a formulação de políticas públicas mais territorialmente sensíveis. Ao mesmo tempo, também exige constante reflexão crítica sobre seus pressupostos normativos, critérios de agregação e riscos de simplificação excessiva.

A participação em projetos interdisciplinares, envolvendo pesquisadores do Programa e instituições parceiras, reforçou a importância do diálogo entre diferentes áreas do conhecimento para enfrentar problemas complexos, especialmente aqueles relacionados à universalização do acesso à água e ao saneamento. No plano da formação, a pesquisa esteve permanentemente articulada à orientação de estudantes de graduação e pós-graduação e ao desenvolvimento da disciplina Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, consolidando a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e formação crítica.

As perspectivas futuras concentram-se no aprofundamento da agenda de indicadores alinhados ao marco dos DHAeS, com especial ênfase no monitoramento da realização progressiva desses direitos e na construção de instrumentos capazes de captar desigualdades intraterritoriais ainda pouco visíveis nos sistemas tradicionais de informação. Também se destaca o fortalecimento da colaboração com os Comitês de Bacias Hidrográficas, em particular com aqueles das Bacias PCJ, e a continuidade da participação em projetos interinstitucionais que articulem sustentabilidade, direitos humanos e governança hídrica.

the identification of vulnerabilities, the exposure of inequalities often masked by aggregate averages, and support for the formulation of public policies that are more sensitive to territorial contexts. At the same time, this approach demands constant critical reflection regarding normative assumptions, aggregation criteria, and the risks of oversimplification.

Participation in interdisciplinary projects involving researchers from the Program and partner institutions reinforced the importance of dialogue across different fields of knowledge to address complex problems - particularly those related to universal access to water and sanitation. Regarding academic training, research activities were consistently integrated with the supervision of undergraduate and graduate students and the development of the "Sustainable Development Indicators" course, thereby consolidating the inseparability of teaching, research, and critical training.

Prospects focus on deepening the indicator agenda aligned with the framework of the human rights to water and sanitation (HRWS), with particular emphasis on monitoring the progressive realization of these rights and developing tools that capture intra-territorial inequalities that remain largely invisible in traditional information systems. The report also highlighted strengthening collaboration with River Basin Committees, particularly those of the PCJ basin, and continued participation in inter-institutional projects that integrate sustainability, human rights, and water governance.

Permanece o desafio de construir instrumentos de avaliação capazes de contribuir efetivamente para processos decisórios mais justos, transparentes e orientados pela equidade e pela realização progressiva de direitos. Nesse horizonte, a pesquisa visa fortalecer a produção de conhecimento socialmente relevante e consolidar o PPGS como espaço de reflexão crítica e de formulação de respostas aos desafios contemporâneos da sustentabilidade.

The challenge remains to develop assessment tools that effectively contribute to decision-making processes that are fairer, more transparent, and guided by equity and the progressive realization of rights. In this context, the research aims to strengthen the production of socially relevant knowledge and consolidate the PPGS as a space for critical reflection and for formulating responses to contemporary sustainability challenges.

Referências/*References*

Andrade, M. M. M., Carvalho, L. M., & Branchi, B. A. (2025). Desafios da elaboração de indicadores dos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento para o ODS 6. *Revista Brasileira de Iniciação Científica, 12*, 1–26. https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/2435

Antunes, R. (2014). Desenhando a nova morfologia do trabalho no Brasil. *Estudos Avançados, 28*(81), 39–53. https://doi.org/10.1590/S0103-40142014000200004

Bozon Penteado, T., & Branchi, B. A. (2023). Água e saneamento básico: Os direitos humanos para o desenvolvimento sustentável. *Interfaces Científicas - Humanas e Sociais, 10*(1), 414–427. https://doi.org/10.17564/2316-3801.2023v10n1p414-427

Branchi, B. A. (2017). Qualidade do trabalho: Uma proposta de índice de trabalho decente e sua aplicação às Unidades da Federação brasileira. *Espacio Abierto, 26*(4), 131–160. https://www.redalyc.org/journal/122/12264368008/html/

Branchi, B. A. (2022). Watershed sustainability and composite index: Application and challenges. *Sociedade & Natureza, 34*(1), e63868. https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-63868

Branchi, B. A., Brambila, L., Falsarella, O. M., & Mariosa, D. F. (2025). Water as the key link between economic development and sustainability. In M. Czerny (Ed.), *Sustainability versus reality: The regional and urban dilemma of development* (pp. 97–111). University of Warsaw Press. https://doi.org/10.31338/uw.9788323568179

Branchi, B. A., & Ferreira, D. H. L. (2020). A contribuição do modelo FPEIR nos estudos das bacias hidrográficas brasileiras. *Fórum Ambiental da Alta Paulista, 16*(4), 76–86. https://doi.org/10.17271/1980082716420202442

Carvalho, L. M., & Branchi, B. A. (2024). Desafios e propostas para a universalização dos Direitos Humanos à Água e ao Saneamento. *Revista Brasileira de Iniciação Científica, 11*, 1–20. https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rbic/article/view/1265

Chaves, H. M. L., & Alipaz, S. (2007). An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: The watershed sustainability index. *Water Resources Management, 21*(5), 883–895. https://doi.org/10.1007/s11269-006-9107-2

Guedes, W. P., Branchi, B. A., Ferreira, D. H. L., & Sugahara, C. R. (2024). Desigualdade socioespacial e desenvolvimento territorial no Brasil: Indicadores e índices. *Caminhos de Geografia, 25*(99), 257–278. https://doi.org/10.14393/RCG259970664

Guedes, W. P., Ferreira, D. H. L., & Branchi, B. A. (2025). Proposal for an integrated model to assess municipal efficiency in managing sanitation and water risks. *Environment, Development and Sustainability, 27*(1). https://doi.org/10.1007/s10668-025-06704-4

Heller, L. (2022). *Os direitos humanos à água e ao saneamento*. Editora Fiocruz.

Lavagnini, M., & Mennella, A. (2016). Decent work in Italy: The basic-relations-fairness proposal. *Forum for Social Economics, 45*(2-3), 193–212. https://doi.org/10.1080/07360932.2014.995198

Lixandrão, L., & Branchi, B. A. (2021). O trabalho decente entre crescimento econômico e desenvolvimento sustentável. *Revista Hipótese, 7*, 112–132. https://doi.org/10.47519/eiaerh.v7.2021.ID27

Nahas, M. I. P., Carvalho, R. C., & Heller, L. (2023). A framework to assess and monitor human rights to water and sanitation at the municipal scale:

A study case in the Belo Horizonte Metropolitan Region. *Social Indicators Research, 168*, 645–665. https://doi.org/10.1007/s11205-023-03149-y

Proni, M. W., & Rocha, T. T. (2010). A OIT e a promoção do trabalho decente no Brasil. *Revista da ABET, 9*(1), 11–31. https://periodicos.ufpb.br/index.php/abet/article/view/15486

Sen, A. (2010). *Desenvolvimento como liberdade*. Companhia das Letras.

Sullivan, C. (2002). Calculating a water poverty index. *World Development, 30*(7), 1195–1210. https://doi.org/10.1016/S0305-750X(02)00035-9

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://docs.un.org/en/A/RES/70/1



BRUNA ANGELA BRANCHI

E-mail: bruna.branchi@puc-campinas.edu.br | ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5312-286X

Doutora em Economia Política (Università degli Studi di Pavia - Itália), mestre em Economia (University of Wisconsin-Madison EUA) e graduada em Economia e Commercio (Università degli Studi Bergamo - Itália). Atualmente é professora e pesquisadora da Escola de Economia e Negócios e do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade, onde atuou como coordenadora do programa stricto sensu no período de fevereiro de 2022 a janeiro de 2026. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq e exerce a função de gerente de pesquisa e pós-graduação stricto sensu. Líder do grupo de pesquisa Desigualdades Socioeconômicas e Políticas Públicas. Tem experiência nas áreas de Economia e Sustentabilidade, com ênfase em: indicadores de desenvolvimento sustentável, modelos estatísticos, desigualdades socioeconômicas, gestão de recursos hídricos e direitos humanos à água e saneamento.

PhD in Political Economy (Università degli Studi di Pavia, Italy), Master's in Economics (University of Wisconsin–Madison, USA), and Bachelor's degree in Economics and Commerce (Università degli Studi di Bergamo, Italy). She is currently a professor and researcher at the School of Economics and Business and the Graduate Program in Sustainability, where she served as coordinator of the stricto sensu program from February 2022 to January 2026. She is a CNPq Research Productivity Fellow and serves as manager of research and stricto sensu graduate studies. Leader of the research group Socioeconomic Inequalities and Public Policies. She has experience in economics and Sustainability, with an emphasis on sustainable development indicators, statistical models, socioeconomic inequalities, water resources management, and human rights to water and sanitation.