**Bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis: uma proposta a partir do estudo de conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes**

**Emílio José Biasi**

Engenharia de Software

CEATEC

emilio.jb@puccampinas.edu.br

**Orandi Mina Falsarella**

Informação para Gestão e Inovação

CEA

orandi@puc-campinas.edu.br

**Resumo:** *Com as mudanças climáticas afetando a disponibilidade regular de água, novas possibilidades devem ser incorporadas à gestão dos recursos hídricos. Dado que as Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são capazes de contribuir em outros contextos para melhorar a qualidade de vida das pessoas, este trabalho busca* *estudar os conceitos e aplicações de cidades inteligentes para saber como eles podem subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos em bacias hidrográficas. O estudo é de caráter exploratório e qualitativo e, baseado em dados bibliográficos coletados em revisão de literatura descreve aplicações que podem tornar mais inteligente o processo de gestão da água nas bacias hidrográficas.*

**Palavras-chave:** *Gestão de recursos hídricos. Cidades inteligentes. Tecnologias da informação e comunicação. Bacias hidrográficas inteligentes.*

**Área do Conhecimento:** *6.00.00.00-7 Ciências Sociais Aplicadas; 6.02.00.00-6 Administração.*

1. **INTRODUÇÃO**

A interseção entre crescimento econômico sustentável e qualidade de vida em áreas urbanas é explorada através de tecnologias de cidades inteligentes. Lazzaretti et al (2019) ressaltam que investimentos em capital humano, infraestrutura moderna e sistemas integrados são cruciais para proporcionar serviços aprimorados aos cidadãos. Soluções inovadoras com Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) são recomendadas por Toppeta (2010) para enfrentar a complexidade urbana, enquanto Yigitcanlar et al (2018) enfatizam que a combinação de capital humano, social e TIC contribui para políticas públicas e desenvolvimento sustentável. Nesse contexto, a pesquisa de Lazzaretti et al (2019) destaca o uso de TIC para aprimorar a gestão urbana e a qualidade de vida, refletindo a importância da coleta, processamento e disseminação de dados. A complexidade das cidades e a busca por sustentabilidade são realçadas, e a escassez de recursos hídricos é um desafio global. A segurança hídrica é discutida por Gleick e Iceland (2018), ligando a garantia de água de qualidade à sobrevivência humana. Borsato e Martoni (2004) definem bacias hidrográficas como áreas delimitadas por divisores de água, conectando precipitações a cursos d'água. No entanto, os desafios de gestão de recursos hídricos e a influência dos conceitos de cidades inteligentes em bacias hidrográficas ainda são pouco explorados. Este estudo visa compreender como os conceitos de cidades inteligentes podem ser aplicados na gestão de recursos hídricos de bacias hidrográficas. A pesquisa analisa a adaptabilidade e utilidade desses conceitos para aprimorar a gestão de recursos hídricos, almejando contribuir para a melhoria da qualidade de vida e a convivência harmoniosa nas cidades, independentemente do tamanho ou densidade populacional. Portanto, o estudo explora o potencial de aplicar conceitos de cidades inteligentes na gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas, buscando contribuir para um ambiente mais sustentável e resiliente.

1. **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA** 
   1. **Cidades inteligentes, conceitos, tecnologias e aplicações**

Na década de 1990, a discussão sobre Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) nas áreas urbanas era centrada nas "cidades digitais", precursoras das cidades inteligentes. Isso visava fortalecer a infraestrutura digital para inovações, inclusão social e participação política (LEMOS, 2013). A disseminação de dispositivos eletrônicos para coleta, processamento e transmissão de dados é fundamental para a infraestrutura tecnológica inteligente (FARIAS et al, 2011). Porém, desafios como segurança de dados, escalabilidade populacional e integração de sistemas são complexos (Kon e Santana, 2016). Sensores integrados com sistemas de monitoramento em tempo real possibilitam interações entre governo, administração pública e comunidade, analisando a evolução da cidade com base em dados coletados, buscando eliminar ineficiências e desigualdades (CUNHA; BARACHO, 2019). Giffinger et al (2007) classificam dimensões que medem a inteligência de uma cidade. A Economia Inteligente avalia a qualidade das empresas e o ambiente empreendedor. A População Inteligente mensura o desenvolvimento dos cidadãos por educação, renda e inclusão digital. A Governança Inteligente avalia transparência e usabilidade dos órgãos públicos. A Mobilidade Inteligente verifica a facilidade de deslocamento na cidade. O Meio-Ambiente Inteligente avalia sustentabilidade com base na poluição e uso de recursos. A Vida Inteligente considera qualidade de vida com base em segurança, cultura e outros fatores. As TICs fundamentais para cidades inteligentes incluem IoT, Big Data, Computação em Nuvem e Inteligência Artificial. Esses conceitos compõem a infraestrutura avançada dessas cidades, transformando-as em ambientes eficientes, transparentes e sustentáveis, visando melhorar a convivência e qualidade de vida urbana.

* 1. **Internet of Things (IoT)**

A Internet das Coisas (IoT) é um termo que abrange a união dos conceitos "Internet" e "Coisas", representando uma infraestrutura global de dispositivos conectados por protocolos de comunicação (BASSI; HORN, 2008). O ecossistema da IoT conecta objetos físicos através de endereços de IP ou outras redes para trocar, armazenar e coletar dados por meio de software (Carrion e Quaresma, 2019). Essa tecnologia se torna cada vez mais relevante devido à conexão de objetos do cotidiano, permitindo a comunicação entre pessoas e objetos, e entre os próprios objetos. Na área das cidades inteligentes, a IoT desempenha um papel significativo com aplicações como monitoramento de tráfego, ocupação de estacionamentos, segurança, qualidade do ar e alterações climáticas (KRISHNAMACHARI et al, 2018). Ao combinar tecnologias de computação, protocolos de comunicação, redes de sensores sem fio, sensoriamento e dispositivos avançados, a IoT contribui para a integração e inteligência crescente do ambiente urbano (JOÃO; SOUZA; SERRALVO, 2020). A IoT representa a interconexão de objetos cotidianos por meio da Internet, permitindo a coleta e troca de dados para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos e otimizar o funcionamento das cidades inteligentes.

* 1. **Big Data**

Outra tecnologia essencial nas aplicações de cidades inteligentes é o Big Data. Segundo Ward e Barker (2013), o termo Big Data está associado ao armazenamento e análise de dados. Gandomi e Haider (2015) identificam três dimensões: Volume, referindo-se aos terabytes e petabytes de dados disponíveis; Variedade, abrangendo dados estruturados, semiestruturados e não estruturados; e Velocidade, relacionada à taxa de geração e análise dos dados. Duas dimensões adicionais incluídas são Veracidade, ligada à confiabilidade dos dados, e Valor, que destaca a extração de conhecimento para diferentes cenários (DEBATTISTA et al, 2015). O emprego do Big Data nas cidades permite o armazenamento e processamento eficiente de dados, gerando informações valiosas para a melhoria dos serviços urbanos. Essa tecnologia é aplicável em diversos setores, incluindo monitoramento do consumo de energia, coleta de dados na área da saúde, análise de tráfego para transporte e outras aplicações (COUTINHO, 2019). O Big Data atua como alicerce para análise e gerenciamento de informações, aprimorando a eficiência dos serviços urbanos e contribuindo para a tomada de decisões informadas.

**Tabela 1 - Parâmetros utilizados para a determinação de qualidade.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetro** | **Nomenclatura** | **Unidade** | **Peso wi** |
| Coli termotolerantes | Coli | NMP/100mL | 0,15 |
| pH | pH |  | 0,12 |
| DBO5 | DBO | mg/L | 0,10 |
| Nitrogênio total | NT | mgN/L | 0,10 |
| Fósforo total | PT | mgP/L | 0,10 |
| Temperatura | DifT | oC | 0,10 |
| Turbidez | Turb | NTU | 0,08 |
| Resíduos totais | ST | mg/L | 0,08 |
| Oxigênio Dissolvido | OD | % satur | 0,17 |

Fonte: autores do trabalho

* 1. **Computação em Nuvem**

A complexidade na construção de infraestruturas de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), que inclui instalação, configuração e atualização de software pelo usuário, impulsionou a adoção da computação em nuvem como uma solução tecnológica (SOUSA; MOREIRA; MACHADO, 2009). Taurion (2009) define a computação em nuvem como um ambiente computacional que se baseia em uma rede de servidores, sejam virtuais ou físicos. Esse modelo representa uma abordagem inovadora, permitindo o acesso a serviços e aplicações de forma independente da localização do usuário, da plataforma de acesso e do local onde os dados serão armazenados. A infraestrutura e as aplicações são centralizadas em data centers e compartilhadas como serviços através da internet (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011). Um exemplo prático que ilustra o conceito da computação em nuvem é uma plataforma desenvolvida na Itália para aprimorar a experiência dos turistas. Essa plataforma utiliza as preferências de pontos de interesse selecionados por cada turista para otimizar a sequência de visitas aos locais turísticos, maximizando o número de lugares explorados durante a viagem. Além disso, oferece informações sobre horários de funcionamento e filas em estabelecimentos (KON; SANTANA, 2017). A computação em nuvem emerge como uma resposta eficiente aos desafios da criação e manutenção de infraestruturas de TIC, permitindo uma abordagem flexível e descentralizada na oferta de serviços e aplicativos. Isso amplia a acessibilidade e a disponibilidade de recursos, independentemente da localização física, promovendo uma experiência mais integrada e conveniente para os usuários.

* 1. **Inteligência Artificial**

A Inteligência Artificial (IA) é um campo que busca automatizar e sistematizar tarefas intelectuais, tendo aplicações potentes em várias esferas das atividades humanas (RUSSELL; NORVIG, 2004). O desenvolvimento da IA resultou em quatro abordagens para conceituá-la ao longo do tempo. A primeira relaciona-se a sistemas que imitam o pensamento humano; a segunda aborda sistemas que emulam comportamentos humanos; a terceira enfatiza sistemas que pensam de maneira racional; e a quarta linha se concentra em sistemas que agem de maneira racional (GOMES, 2010). Enquanto as duas primeiras linhas lidam com pensamento e comportamento humanos, as duas últimas enfatizam a racionalidade. A avaliação do sucesso varia entre a semelhança ao desempenho humano nas duas primeiras linhas e a medição da inteligência e racionalidade nas duas últimas (RUSSELL; NORVIG, 2004). Introduzindo a IA, Kaufman (2019), baseando-se em definições de Davi Geiger e John McCarthy, define a IA como a ciência e engenharia de criar máquinas capazes de desempenhar funções cerebrais humanas. Um exemplo prático da aplicação da IA em cidades é o projeto e-Noé, que monitora rios urbanos usando sensores sem fio. Com a IA, é possível prever enchentes através de sensores submersos em locais estratégicos, monitorando o leito dos rios e registrando alterações nos níveis de água. Na área de transporte, a IA é usada para estimar o tempo de conclusão das rotas de transporte público, considerando variáveis como velocidade média, tráfego, dia da semana e até informações climáticas (CRUZ; BARCELLOS; BERNARDINI, 2020). A IA oferece possibilidades variadas e abrangentes. Diversos conceitos de cidades inteligentes convergem em seus objetivos de sustentabilidade, eficiência econômica e melhoria dos serviços para cidadãos. Tais conceitos, unidos com Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), como demonstrado, têm como meta consolidar práticas sustentáveis que preservem o ambiente, promovam a economia e melhorem a qualidade de vida. O conjunto dessas abordagens sugere aplicativos promissores no contexto das bacias hidrográficas e da gestão de recursos hídricos (Tabela 1), ressaltando a capacidade das cidades inteligentes de abordar desafios complexos de maneira inovadora e colaborativa.

**Tabela 1 - Aplicações de cidades inteligentes.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome da aplicação** | **Descrição** | **Citação** |
| Serviços Inteligentes para a Coleta de Lixo. | Implementação de uma rede de sensores que emite notificações quando as lixeiras urbanas atingem sua capacidade máxima. (Barcelona - Espanha) | KON; SANTANA (2016) |
| Incentivo do Uso de Formas Sustentáveis de Transporte. | Instalação de pontos de recarga elétrica de carros pela cidade e projeto de bicicletas compartilhadas. (Barcelona - Espanha) | KON; SANTANA (2016) |
| Centro de Operações do Rio de Janeiro (COR) | Órgãos e agências que monitoram 24 horas por dia o cotidiano da cidade do Rio de Janeiro, Brasil. O objetivo é gerenciar e ter controle de possíveis crises que possam afetar os cidadãos e empresas, destacando os deslizamentos, as condições de tráfego, condições do mar, entre outros, que podem impactar a população que vive na cidade. O sistema possui captação de imagens através de mais de 500 câmeras instaladas e dados recebidos por sensores que também são estrategicamente instalados ao redor da cidade. Estes dados são completamente integrados para visualização, monitoramento e análise em uma sala de controle, permitindo, assim, que tomadas de decisão e solução dos problemas sejam realizadas em tempo real. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Centro Integrado de Comando (CEIC) | Câmeras interconectadas de alta capacidade na cidade de Porto Alegre, Brasil, com sensores de movimento por infravermelho, sensores de deslocamento e recursos de ampliação de imagens que auxiliam no monitoramento de praças, vias, prédios e monumentos públicos. O centro de comando possui monitoramento georreferenciado que acompanha a posição e os deslocamentos das viaturas e sensores pluviométricos para nivelamento de rios. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Sistema de Controle de Trânsito Adaptativo em Tempo Real | Laços indutivos instalados nas vias públicas da cidade de Porto Alegre, Brasil, que captam o fluxo de tráfego alternando o estado dos semáforos de forma automática, com o objetivo de reduzir a taxa de emissão de gases e acelerar o tempo de circulação dos veículos. | WEISS; BERNARDES; CONSONI (2013) |
| Monitoramento de ônibus inteligentes | Dispositivos GPS instalados nos ônibus da cidade do Recife, Brasil, são fonte de dados reais, em que o monitoramento é realizado sobre a velocidade média de cada ônibus. A aplicação retorna para o usuário o posicionamento de cada ônibus no mapa e, com o cálculo de velocidade média, um alerta é disparado sobre as condições de trânsito sempre que uma baixa velocidade é detectada. | BORJA; GAMA (2014) |
| National Education Network (NEdNet) | Sistema integrado que inclui serviços de informação sobre educação (SIA), infraestrutura de rede e serviços de aprendizagem na Tailândia, auxiliando, assim, o raciocínio de quem possui maior conhecimento e leciona, apoia a aprendizagem autodirigida e personalizada com base no estudante o apoio à decisão. | AL NUAIMI, et al. (2015) |
| Horizon Scanning Centre (HSC) - Recursos Naturais e Energia | Consiste em um projeto do Reino Unido que, através de análises aprofundadas sobre múltiplos canais de dados (Big Data), aborda sobre as mudanças climáticas e seu impacto na disponibilidade de alimentos e água, nas tensões regionais e na estabilidade e segurança nacional. | AL NUAIMI, et al. (2015) |
| Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS) - Segurança Pública | Atua no âmbito do Centro Nacional de Coordenação de Segurança, que recolhe e analisa conjuntos de dados em grande escala, gerenciando proativamente ameaças, como ataques terroristas, doenças infecciosas e crises financeiras. Uma aplicação que capacita a realização de projeções e possíveis cenários. | AL NUAIMI, et al. (2015) |

Fonte: Elaboração própria (2023)

* 1. **Bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos**

Nos últimos anos, os estudos sobre bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos têm crescido devido à crescente importância desses temas diante dos impactos das mudanças climáticas e da possível escassez de água. A necessidade de entender o comportamento das bacias hidrográficas e suas subdivisões se tornou evidente para gestores e pesquisadores (TEODORO et al., 2007). Uma bacia hidrográfica, delimitada territorialmente, é onde a água da precipitação é coletada e direcionada para um ponto de saída. Ela inclui superfícies vertentes com inclinação para o escoamento e uma rede de cursos d'água que se unem em um único canal de saída (TUCCI, 2001; PORTO; PORTO, 2008). Atividades humanas ocorrem nas bacias hidrográficas, destacando a necessidade de uma gestão eficaz dos recursos hídricos presentes. Superar desafios para garantir que a água esteja disponível para atender demandas é crucial. O uso desenfreado em certos setores prejudica a segurança hídrica de outros ou de regiões inteiras. Apenas 2,5% da água no planeta é doce, e somente 0,5% está disponível para consumo humano. A desigual distribuição global aumenta a tensão e a urgência da gestão hídrica adequada (TUNDISI, 2003). Uma boa gestão de recursos hídricos fornece dados sobre disponibilidade de água e riscos à segurança hídrica, algo facilitado pelas TIC. O conceito de segurança hídrica surgiu nos anos 1990, sendo discutido nacionalmente após a crise hídrica em São Paulo em 2018 (JOHNSSON, 2018). No Brasil, a Lei Federal Nº 9.433/97 instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, conhecida como "Lei das Águas", com quatro objetivos centrais, incluindo assegurar a disponibilidade de água e incentivar a captação de águas pluviais (BRASIL, 1997). Nesse contexto, a gestão hídrica eficaz nas bacias hidrográficas é fundamental. A aplicação de TIC pode melhorar essa gestão, proporcionando serviços melhores para a população local e suas atividades produtivas. O conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes, assim como o de Cidades Inteligentes, não é apenas uma aspiração, mas uma necessidade clara diante dos desafios hídricos e da busca por um uso sustentável dos recursos naturais. Portanto, a evolução dos estudos de bacias hidrográficas e gestão hídrica é motivada por preocupações globais como mudanças climáticas e escassez de água. A gestão eficaz é essencial para garantir a disponibilidade hídrica e assegurar a sustentabilidade das atividades humanas. A aplicação de TIC pode aprimorar essa gestão, e o conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes é uma necessidade premente para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados à água.

1. **METODOLOGIA**

O estudo subjacente a este artigo é uma pesquisa exploratória devido à novidade do tema (GIL, 2008). Esse tipo de pesquisa facilita a compreensão e divulgação do assunto (Silveira e Córdova, 2009) e é apropriado para investigar temas pouco explorados (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 1991). Dados qualitativos foram obtidos por pesquisa documental e bibliográfica, analisando conceitos e aplicações de cidades inteligentes, bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos. Essa abordagem é prescritiva, explorando formas de avaliar integração de conceitos. A pesquisa define termos, tecnologias de informação, conceitos de bacias e gestão hídrica, destacando relação entre cidades inteligentes e gestão hídrica em bacias.

1. **BACIAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS**

Tendo como objetivo relacionar alguns indicadores que podem ser úteis para a gestão de recursos hídricos e apresentar como eles podem ser calculados com a utilização de TIC como IoT e Big Data, a seguir será exemplificado como pode ser feito o cálculo do Índice de Qualidade da Água (IQA) no contexto de uma bacia hidrográfica.

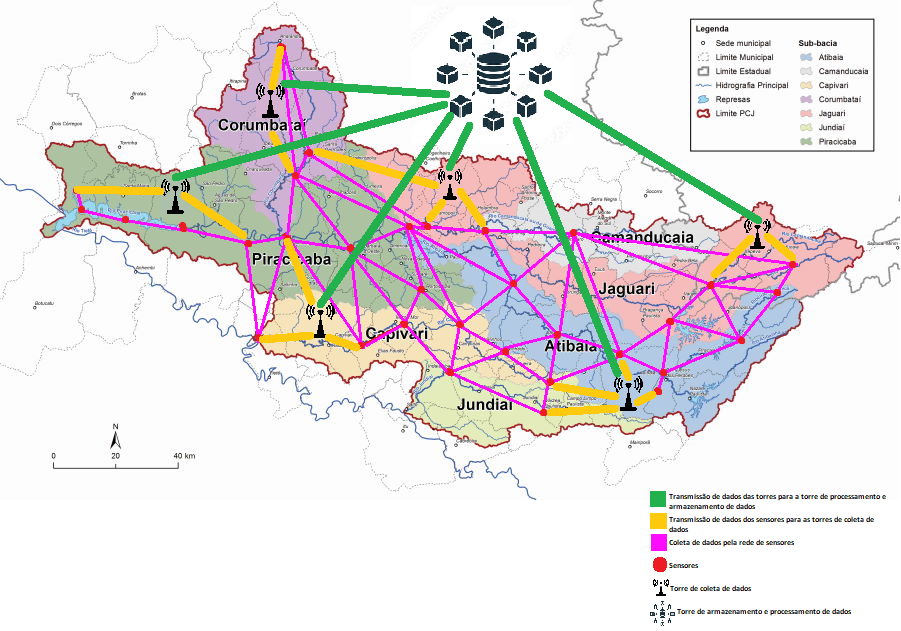
Utilizando-se de IoT, é possível criar um sistema de coleta de informações sobre os parâmetros de qualidade da água a partir de uma Rede de Sensores Sem Fio (RSSF), espalhados no espaço de uma bacia hidrográfica, conforme exemplificado pela Figura 1, que representa o espaço das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí que tem uma área aproximada de 15.377 km², sendo 92,45% no Estado de São Paulo e 7,55% no Estado de Minas Gerais.

Neste exemplo, uma grande quantidade de sensores, cada um com sua finalidade, seria distribuída em locais estratégicos dentro da área das bacias hidrográficas para coletar as informações necessárias em tempo real e transmiti-las por meio de torres de transmissão para uma central de armazenamento e processamento de informação.

Diante da coleta de informações de cada um dos sensores e do volume de informações coletadas, seria necessária uma base de dados para armazenar os parâmetros recebidos, e então enviá-los até a aplicação Big Data que realizaria a análise e o cálculo do IQA com base na fórmula de cálculo deste indicador.

Procurando exemplificar como IoT e Big Data podem contribuir com a determinação do indicador de qualidade da água, serão utilizados os parâmetros descritos na Tabela 1.

**Figura 1 – Rede de Sensores Sem Fio para coleta de parâmetros de qualidade da água**



Fonte: autores, adaptado de Agência das Bacias PCJ [1].

Com base no indicador de PH é possível identificar o valor através da utilização de um transmissor de PH que mede a acidez ou alcalinidade de um líquido. O PH é calculado através de uma escala logarítmica com intervalo de 0 à 14, na qual o valor 7 corresponde à água pura, e que os valores abaixo de 7 demonstram a acidez da água, enquanto valores acima correspondem a uma água básica (alcalina).

Uma opção de baixo custo de sensor IoT para a obtenção dos valores de PH da água, utilizando um sensor que funciona com fonte de alimentação de 5V e interface com arduino [6].

Outro parâmetro necessário para a determinação do IQA é a temperatura, que é possível ser obtida por meio de um sensor IoT, para posterior identificação se o valor está de acordo com a Resolução CONAMA N° 357/05 [3] que afirma que a temperatura média da água para lançamento de efluentes deve ser inferior a 40ºC, enquanto a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3ºC.

É exemplificado que a coleta de temperatura pode ser realizada através de um sensor composto por resistência que utiliza metais com alto grau de linearidade de resistência na faixa de temperatura para a qual foi feito, termistor que são semicondutores e que a resistência elétrica varia de acordo com a temperatura ou termopar que são mais robustos e suportam até altas temperaturas [11].

O processamento e a análise de dados seriam baseados em aplicações Big Data, uma vez que oferece uma solução flexível para permitir o processamento de dados provenientes da rede de sensores, mas também de bancos de dados externos e informações armazenadas em históricos. Com o Big Data é possível realizar o cálculo do IQA com a utilização das variáveis recebidas, em tempo real ou offline

Com estas funcionalidades, é possível criar um sistema de análise dos dados recebidos de cada ponto onde estarão alocados os sensores, diferenciar as áreas, realizar o cálculo de qualidade da água e então oferecer recomendações aos gestores, como subsídio de apoio à decisão no campo de gestão dos recursos hídricos. Também é possível a partir da aplicação de Big Data criar um *Dashboard* para fornecer os gestores indicadores detalhados e consolidados, como por exemplo o IQA em um local específico de coleta, em uma região da bacia hidrográfica, ao longo de um curso de água e em toda a sua extensão, ao longo de uma cidade ou de forma mais consolidada o IQA da bacia hidrográfica como um todo.

Desta forma, com o apoio dos dados coletados em tempo real, e a análise feita pela plataforma do Big Data, é possível subsidiar e facilitar o processo de tomada de decisão de forma mais assertiva, e garantir o cuidado mais efetivo com o meio ambiente.

1. **CONCLUSÕES**

O estudo se propôs a explorar o uso de TICs para desenvolver o conceito de bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis. Baseando-se em conceitos e aplicações de cidades inteligentes, enfatizou-se a importância das TICs para a melhoria da qualidade de vida. A criação de um Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC) foi proposta para centralizar informações relacionadas à segurança hídrica da região da bacia hidrográfica. Esse centro automatizado utilizaria recursos como sensores e dados climáticos para melhorar a gestão dos recursos hídricos, permitindo análises e subsídios para tomadas de decisões eficazes em tempo real. A combinação de IoT, Computação em Nuvem, Big Data e Inteligência Artificial seria utilizada para alcançar eficiência na gestão hídrica. Os autores destacam que as soluções tecnológicas são exploratórias, fundamentadas na literatura, e sugerem a continuidade dos estudos e a implementação prática das soluções propostas para aprofundar o conceito de bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis.

# AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à Pontifícia Universidade Católica de Campinas pela oportunidade e incentivo de desenvolver pesquisa no país e pela bolsa PIBIC recebida.

# REFERÊNCIAS

1. AB-PCJ, Agência das Bacias PCJ, localização, disponível em: https://agencia.baciaspcj.org.br/bacias-pcj/localizacao/.
2. ALMEIDA, M.B. e SCHWARZBOLD, A Avaliação sazonal da qualidade das águas do Arroi da Cria Montenegro, RS com aplicação de um índice de qualidade de água (IQA). Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 8: 81-97, 2003.
3. CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n.º 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, Ministério do Meio Ambiente, 2005.
4. CHAFFIN, B. C. et al. Transformative environmental governance. Annual Review of Environment and Resources, v. 41, 2016.
5. CALDAS, Max Silva; SILVA, Emanoel Costa Claudino. Fundamentos e aplicação do Big Data: como tratar informações em uma sociedade de yottabytes. 2016.
6. DAIGAVANE, Vaishnavi V.; GAIKWAD, M. A. Water quality monitoring system based on IoT. Advances in wireless and mobile communications, v. 10, n. 5, p. 1107-1116, 2017.
7. DIAS, Isabel Cristina Lopes. Indicadores de sustentabilidade de bacia hidrográfica e hidroquímica de poços no estado do Maranhão: Subsídios ao gerenciamento e conservação dos recursos hídricos. 2018. 151 f. Tese de doutorado
8. FERNANDES, Vera Maria Cartana. Padrões para reuso de águas residuárias em ambientes urbanos. II simpósio nacional sobre o uso da água na agricultura, Passo Fundo, 2006.
9. GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.
10. GLORIA, Lucivania Pereira; HORN, Bruna Carolina; HILGEMANN, Maurício. Avaliação da qualidade da água de bacias hidrográficas através da ferramenta do índice de qualidade da água-IQA. Revista Caderno Pedagógico, 2017.
11. LIMA, Ellen Lima et al. Módulo de sensores para monitoramento da qualidade da água com transmissão sem fio utilizando plataforma de prototipagem. 2018.
12. LOPES, Frederico Wagner de Azevedo; JÚNIOR, Antônio Pereira Magalhães. Influência das condições naturais de pH sobre o índice de qualidade das águas (IQA) na bacia do Ribeirão de Carrancas. Revista Geografias, 2010.
13. MCAFEE, Andrew; BRYNJOLFSSON, Erik, Big data: the management revolution, Harvard Business Review, October, 2012
14. MIRANDA, Graziele Muniz. Indicadores do potencial de gestão municipal de recursos hídricos. 2012.
15. MIZUTANI, Meriellen Nuvolari Pereira; CONTI, Diego de Mello. Indicadores De Sustentabilidade Como Ferramenta De Gestão No Planejamento Urbano: Um Estudo Sobre A Cidade De Barueri. Humanidades & Inovação, 2021.
16. DE MORAES, Luiza Alice Ferreira; DE SOUZA FILHO, Edvard Elias. Indicadores ambientais e desenvolvimento sustentado. Acta Scientiarum. Technology, v. 22, p. 1405-1412, 2000.
17. NETO, Jorge Mattar, KRÜGER, Cláudio Marchand e DZIEDZIC, Maurício. Análise de indicadores ambientais no reservatório do Passaúna. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2009, v. 14, n. 2 [Acessado 17 Novembro 2021] , pp. 205-213.
18. NEVES, Mateus Aparecido Tonin. Internet das coisas (IOT): introdução e visão geral de aplicações. 2021
19. PORTO, Monica, F. A.; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados, v. 22, n. 63, 2008
20. SANTIN, Janaína Rigo e GOELLNER, Emanuelle. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. Sequência (Florianópolis) [online]. 2013.
21. SOARES, A. B.; SILVA FILHO, J. C. L.; ABREU, M. C. S.; SOARES, F. A. Revisando a estruturação do modelo dpsir como base para um sistema de apoio à decisão para a sustentabilidade de bacias hidrográficas. Revista em Agronegócios e Meio Ambiente, 2011.
22. SUGAHARA, C. R.; MARTINS, A. M; BUENO, J. O. A.; WATANABE, A. M; GONÇALVES, D. A. G., JUCÁ, L. B. Q. e & MARIOSA, D. F. Avaliação da sustentabilidade das bacias PCJ a partir de indicadores de disponibilidade e demandas hídricas. II Sustentare – Seminário de Sustentabilidade da PUC-Campinas. 2020
23. TAURION, Cezar. Big data. Brasport, 2013.
24. ZABADAL, Bernardo Moreira; DE CASTRO, Bianca Francinny Lisboa Murta. IoT e seus principais desafios. Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação, v. 3, n. 1, 2017.