**PROGRAMA INTEGRADO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

PERÍODO DE SETEMBRO/2022 a AGOSTO/2023

**ATIVIDADES REALIZADAS**

**Bacias Hidrográficas Inteligentes: uma proposta, a partir do estudo dos conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes, para auxiliar a gestão dos recursos hídricos**

ALUNO DO CURSO DE ENGENHARIA DE SOFTWARE

Aluno: Emílio José Biasi

RA: 21006674

DOCENTE ORIENTADOR

Prof. Dr. Orandi Mina Falsarella

GRUPO DE PESQUISA

Informação para Gestão e Inovação

LINHA DE PESQUISA

Planejamento, Gestão e Indicadores de Sustentabilidade

MODALIDADE

PIBIC/CNPq

Campinas, agosto de 2023

**Atividades realizadas**

Sob orientação do professor o aluno iniciou o trabalho com a elaboração e apresentação do pôster, contendo a introdução, o objetivo, os resultados esperados e a metodologia a ser utilizada para elaboração do projeto de IC. Em sequência, deu-se início aos estudos bibliográficos sobre cidades inteligentes e suas aplicações, bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos. Posteriormente trabalhou na metodologia a ser utilizada e na contribuição científica onde foi proposto aplicações de tecnologias da informação e comunicação em cidades inteligentes que poderiam ser utilizadas no contexto da gestão de recursos hídricos.

O cronograma, a seguir, foi cumprido integralmente.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Atividade | setembro a outubro 2022 | Novembro 2022 a janeiro 2023 | Fevereiro a abril 2023 | Maio a agosto 2023 |
| Estudar e conceituar cidades inteligentes, bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos | **X** | **X** |  |  |
| Descrever as principais aplicações de cidades inteligentes | **X** | **X** |  |  |
| Verificar que conceitos e aplicações utilizados em cidades inteligentes podem ser utilizadas nas bacias hidrográficas e na gestão dos recursos hídricos |  |  | **X** | **X** |
| Elaborar artigo científico | **X** | **X** | **X** | **X** |
| Elaborar relatórios parcial e final |  | **X** |  | **X** |

O resultado do trabalho desenvolvido encontra-se no anexo 1.

**Produção Técnico-Científica Associada**

O trabalho desenvolvido a que se refere este relatório gerou também um artigo científico submetido para a Revista Brasileira de Iniciação Científica, Qualis A4, estando em processo de avaliação (vide comprovação no anexo 2).

**Participação em Sessões de Comunicação Oral e Painéis de Eventos Científicos**

A aluno participou da mostra de pôster do XXVII Encontro de Iniciação Científica e XII Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da PUC-Campinas em outubro de 2022.

**2.3. Demais produções técnico-científicas desenvolvidas**

Não há até o momento.

**Anexo 1 - Trabalho desenvolvido**

**TÍTULO**

**Bacias Hidrográficas Inteligentes e Sustentáveis: uma proposta a partir do estudo de conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes, para auxiliar a gestão dos recursos hídricos**

**RESUMO**

A Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) é utilizada e aplicada em várias áreas e proporciona, em várias situações, melhorias na qualidade de vida das pessoas. Um dos conceitos que comporta várias aplicações é o que chamamos de cidades inteligentes que, no contexto das cidades, podem trazer muitos benefícios para os cidadãos que vivem neste espaço. Atualmente, decorrente das mudanças climáticas e do aquecimento global, temos vivenciado em alguns lugares a existência de crises hídricas, pela diminuição das reservas de água nos espaços das bacias hidrográficas, exigindo dos órgãos governamentais necessidade de melhoria na gestão dos recursos hídricos, de modo, que este bem precioso, a água, esteja disponível em quantidade e qualidade adequada. Assim, esse projeto de pesquisa tem como objetivo estudar os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes e verificar como eles podem contribuir para a criação de aplicações úteis e que possam ser utilizadas nas bacias hidrográficas no sentido de contribuir para melhorar a gestão de recursos hídricos. O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, de caráter qualitativo, com abordagem prescritiva, uma vez que busca observar maneiras diferentes de avaliar como os conceitos envolvidos se integram e se complementam. Como resultado são apresentados conceitos e aplicações utilizados no contexto das cidades inteligentes que poderiam ser aplicados em bacias hidrográficas para tornar a gestão dos recursos hídricos mais inteligente.

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

1. **INTRODUÇÃO**

Quando o crescimento econômico é desenvolvido de modo sustentável proporcionando qualidade de vida às pessoas que vivem em determinado espaço, decorrente de investimentos em capital humano e social e com infraestrutura moderna, é possível relacionar essa situação com o conceito de cidade inteligente (CARAGLIU et al., 2011).

Nan e Pardo (2011) complementam ao afirmar que as cidades inteligentes devem possuir sistemas integrados com soluções inovadoras com a finalidade de proporcionar melhoria na qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos.

Toppeta (2010) afirma que as soluções inovadoras para gerenciar a complexidade das cidades devem utilizar facilidades das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para que possam ser implementadas. Yigitcanlar et al (2018) complementam ao afirmar que a combinação de capital humano, capital social e TIC contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas e desenvolvimento sustentável que permitem melhor convívio da sociedade reforçando o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis.

Lazzaretti et al (2019) apresentam, a partir das principais contribuições dos estudos brasileiros no avanço das pesquisas sobre cidades inteligentes, algumas tecnologias e/ou aplicações. São elas:

* Desenvolvimento de TICs para auxiliar na gestão das cidades;
* Desenvolvimento de solução, dispositivos ou sensores de monitoramento para problemas urbanos;
* Desenvolvimento de dispositivos para possibilitar a participação do cidadão na gestão dos municípios;
* Desenvolvimento de soluções para melhor gestão dos recursos naturais, como a energia, nas smart cities;
* Entre outras.

Nos conceitos encontrados na literatura sobre cidades inteligentes, como alguns que foram apresentados até agora, nota-se que para gerenciar a complexidade das cidades, proporcionar melhor qualidade de vida para as pessoas, se preocupar com ações que tragam responsabilidade social e sustentabilidade e melhorar os serviços prestados pelo poder público, é fundamental a utilização de TIC.

As TIC são responsáveis por coletar dados, processá-los e analisá-los e disseminar informações para auxiliar as atividades das pessoas físicas ou jurídicas sejam elas operacionais, táticas ou estratégicas.

Quando se pensa uma cidade, seja ela de que tamanho for o seu espaço físico ou número de habitantes, é uma entidade complexa, pois possui muitos atores que convivem e trabalham em um mesmo espaço produzindo riquezas, pagando seus impostos, recebendo serviços prestados pelo poder público e convivendo com seus pares preferencialmente em harmonia para o bem da coletividade.

Pensando neste espaço complexo, ao introduzir o conceito de cidades inteligentes com a utilização de TIC, espera-se que as aplicações decorrentes melhorem a convivência das pessoas.

Um dos grandes problemas das cidades é fornecer os insumos necessários que para as pessoas possam continuar vivendo no espaço adequadamente. Um dos insumos mais importantes e que tem afetado a gestão pública é a água, que em muitas situações é escassa, decorrente de crises hídricas causadas por mudanças climáticas.

Para Gleick e Iceland (2018) a segurança hídrica ocorre quando da perspectiva do espaço territorial trata-se de garantir que certa quantidade de água chegue ao conjunto de consumidores na qualidade, volume e com a continuidade adequada para a manutenção da vida.

No entanto a disponibilidade de água está em um espaço mais complexo do que uma cidade conhecida como bacia hidrográfica, pois além de possuir várias cidades com populações urbanas, ela contém a população rural e outros seres vivos que também dependem de água para a sua sobrevivência.

Borsato e Martoni (2004) definem bacias hidrográficas como uma área delimitada por divisores de água, que as separam de outras bacias e serve para captura natural de água através de precipitações de superfícies vertentes. Com uma rede de drenagem, formado pela junção dos cursos d’água, converge os escoamentos para a seção do exultório, sendo esse o ponto de saída.

Segundo Porto e Porto (2008) uma bacia hidrográfica engloba as áreas urbanas, industriais, agrícolas e de preservação e pode ser considerada um sistema que possui a precipitação da água da chuva como entrada e como saída a água que decorre do exutório no delineamento de bacias e sub-bacias interconectadas pelos sistemas hídricos.

Guerra e Guerra (1996) descrevem que as bacias hidrográficas são unidades de gestão e integração dos elementos naturais e sociais, ou seja, pode-se acompanhar as mudanças feitas pelo homem e as respectivas respostas da natureza.

Assim, diante da complexidade desta temática, será que os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes não poderiam ser úteis e adaptáveis no contexto de uma bacia hidrográfica para auxiliar na gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica? Seria possível a partir deste estudo criar o conceito de bacias hidrográficas inteligentes?

Assim esse projeto de pesquisa tem como objetivo estudar os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes e verificar como eles podem contribuir para a criação de aplicações úteis e que possam ser utilizadas nas bacias hidrográficas no sentido de contribuir para melhorar a gestão de recursos hídricos.

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

Durante a década de 90, o debate entre as novas tecnologias de informação e comunicação (TIC) e o espaço urbano estava sob o amparo do termo "cidades digitais", termo no qual foi desenvolvido o princípio do surgimento das cidades inteligentes.

Segundo Lemos (2013),

o objetivo era dotar esse espaço de uma infraestrutura digital eficiente, como forma de estímulo a processos inovadores nas estruturas de governo, nas empresas e no comércio. A intenção era reaquecer o ambiente público, ampliar os laços comunitários e a participação política. (LEMOS, 2013, p. 46)

Defronte da ideia proposta, com o acesso a equipamentos tecnológicos e redes digitais amplamente democratizados, a inclusão social seria atingida. Já em relação a esfera política, diversas ferramentas e softwares seriam um maior atrativo, uma vez que esses mecanismos visam garantir maior transparência, descentralizando assim, o poder, distribuindo-o aos cidadãos. (LEMOS, 2013)

A infraestrutura tecnológica inteligente, sendo uma das bases e fundamentos para projetos de uma cidade inteligente, é nada menos que a disseminação pelo espaço urbano de instrumentos eletrônicos para aquisição, tratamento e transmissão de dados. (FARIAS et al; 2011).

Ao se analisar o andamento mais atual de cidades inteligentes e suas aplicações, obtém-se que a criação de ambientes balanceados em espaços urbanos - de forma que as pessoas possam trabalhar e ter suas necessidades e desejos razoavelmente satisfeitos no tocante aos serviços oferecidos pela infraestrutura urbana - são indispensáveis. Mais do que nunca, o ambiente alvo deve possuir uma capacidade funcional sustentável. A tecnologia aplicada em uma cidade inteligente é utilizada para otimizar o uso de recursos diversos e para transformação de sua infraestrutura básica. (FARIAS et al; 2011)

A justificativa do avanço está em virtude da busca por soluções dos problemas econômicos, culturais e sociais enfrentados pelas cidades. Partindo de três bases de inteligência, sendo elas a humana, a coletiva e a artificial, as cidades inteligentes se tornam formas de apropriação do espaço urbano. (CURY, 2017)

Por meio de sensores integrados com sistemas de monitoramento em tempo real, é possível que o governo interaja diretamente com a infraestrutura da cidade e com sua comunidade, fazendo monitoramento do que acontece durante o dia a dia. As análises sobre a evolução da cidade, tendo como base a grande massa de dados diária coletadas, examinadas e disponibilizadas pelos equipamentos, são utilizadas como chave para eliminação de possíveis ineficiências dentre os espaços urbanos e a desigualdade. (CUNHA; BARACHO, 2019)

Com o passar dos anos, as críticas sobre cidades inteligentes são cada vez mais aparentes, temas como os estudos urbanos e a geografia econômica social são âmbitos notáveis dessa discussão. Segundo Tomás Donadio (2020), existem diversas representações sobre o tema por conta das diferentes linhas de pensamento:

* Os acadêmicos que se baseiam no determinismo tecnológico, fundamentados na neutralidade da tecnologia e na crença em seu “solucionismo”;
* Os estudiosos que defendem a utilização da tecnologia como uma ferramenta para políticas públicas centradas nos cidadãos;
* Os críticos que questionam as relações de poder, a comercialização do espaço público e o domínio tecnológico para criar uma ordem social neoliberal.

Cardullo, Di Feliciantonio, e Kitchin (2019) defendem em sua obra "*The Right to the Smart City*" a necessidade de ser repensada as cidades inteligentes de forma emancipatória, de modo que todos os cidadãos sejam beneficiados e não somente os mais privilegiados.

Para chegar-se na execução das ideias dentro de um determinado espaço urbano, serão enfrentadas algumas objeções. Segundo professor Kon e Santana (2016), garantir a segurança e privacidade dos cidadãos e dos próprios sistemas da cidade, o gerenciamento e processamento das grandes massas de dados, oferecer escala adaptativa que acompanhe o crescimento populacional local, lidar com a grande variedade de dispositivos como sensores e smartphones e permitir que os diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto de forma interativa na troca de informações de maneira eficaz e eficiente, são alguns dos maiores desafios.

Giffinger et al. (2007) classifica algumas dimensões que servem de ferramenta para a verificação do quão inteligente uma cidade é. A primeira dimensão é a Economia inteligente, que, por meio de análises pautadas na qualidade das empresas instaladas e o ambiente para o empreendedorismo, é capaz de verificar o quão bem-preparada uma cidade está. A segunda dimensão é a População Inteligente, que, por fatores educacionais, renda, emprego, programas de educação científica e tecnológica e projetos de inclusão digital, é medido o desenvolvimento dos cidadãos. A terceira dimensão é a Governança Inteligente, a qual se mede qualidade e transparência dos órgãos públicos por meio da facilidade no uso de serviços públicos, sua transparência em relação aos dados, investimentos em tecnologia e a transparência no uso dos recursos. A quarta dimensão é a Mobilidade Inteligente, que diante dos meios dos diversos transportes possíveis, é capaz de medir a facilidade de mobilidade no espaço da cidade. A quinta dimensão é o Meio-Ambiente Inteligente, que ao analisar a poluição ambiental, eficiência no uso de recursos e a quantidade de lixo reciclado, é capaz de medir a sustentabilidade da área. A sexta e última dimensão é a Vida Inteligente, essa dimensão utiliza como parâmetros a taxa de homicídios, quantidade de áreas verdes, segurança, cultura, entretenimento, entre outros, com todos esses dados, é possível obter uma base para medir a qualidade de vida dos cidadãos.

Ao analisar-se os conceitos de cidades inteligentes, é possível notar algumas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) que aparecem com mais frequência, as quais compõem a infraestrutura de suas aplicações. Entre todos os recursos avançados, os vocábulos Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT), Big Data, Computação em Nuvem e Inteligência Artificial são indispensáveis.

1. Internet of Things (IoT)

Olhando para o termo Internet das Coisas (IoT), é possível explorar os conceitos das palavras "Internet" e "Coisas". Com a "Internet" obtém-se o protocolo de comunicação, já no sentido da palavra "Coisas", são apenas objetos não identificados com precisão. Com isso, semanticamente, o termo completo significa uma rede mundial de objetos interligados, com base em protocolos de comunicação. (BASSI e HORN, 2008)

Para Carrion e Quaresma (2019), em suma

a Internet das Coisas trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, através de um endereço de IP (*Internet Protocol*, ou Protocolo de Internet) ou outra rede, para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas através de uma aplicação de software. (CARRION; QUARESMA, 2019, p.53)

Olhando para essa possibilidade de conexão de praticamente todos os objetos de nosso cotidiano, a importância atual da IoT na sociedade fica muito mais aparente e relevante. Com a vasta diversidade de dispositivos conectados, que pode abranger desde simples aparelhos domésticos até ferramentas industriais mais sofisticadas, a IoT pode permitir a comunicação entre pessoas e objetos e entre os próprios objetos.

Com a combinação de aspectos de tecnologias da computação, redes de sensores sem fio, protocolos de comunicação da internet, tecnologias de sensoriamento, comunicação e dispositivos com tecnologias incorporadas, o IoT torna o ambiente cada vez mais integrado e inteligente (JOÃO, SOUZA e SERRALVO, 2020). Quando aplicado em cidades, gera-se uma grande potencial massa de dados sobre diversos sistemas diferentes, tendo assim, maior controle e capacidade para enfrentar possíveis adversidades.

Exemplos de aplicação de IoT no contexto das cidades inteligentes podem ser detecção de tráfego de veículos, ocupação e reservas de vagas de estacionamento, segurança e vigilância, monitoramento e qualidade do ar, alterações climáticas, entre diversos outros pontos impactantes na vida dos cidadãos. (KRISHNAMACHARI et al. 2018)

1. Big Data

Outra tecnologia que também é imprescindível em aplicações de cidades inteligentes é o Big Data. Ward e Barker (2013) descrevem que o termo Big Data está predominantemente associado a duas ideias: armazenamento de dados e análise de dados. Em 2001, Doug Laney levantou três dimensões quando são tratados o gerenciamento de dados, sendo Volume, Variedade e Velocidade.

O volume representa os múltiplos terabytes e petabytes disponíveis atualmente. As definições sempre são muito relativas quando se trata de volume, pois tudo depende do tempo e do tipo do dado. (GANDOMI; HAIDER, 2015).

Variedade*,* trata da diversidade dos tipos de conjuntos de dados possíveis e sua heterogeneidade. Entre esses tipos, são encontrados os dados estruturados, que são tabulados, possuem a menor escala de volume existente entre os outros e podem ser achados em bases de dados relacionais. Os semiestruturados, que por sua vez possuem capacidade de serem legíveis por máquinas e, por fim, os não-estruturados, como textos, imagens e vídeos. (GANDOMI; HAIDER, 2015)

O Velocidade se refere à taxa e velocidade de geração dos dados e seu tempo de análise. Diante do enorme avanço tecnológico contínuo dos dispositivos digitais, a criação de dados aumentou de forma imensurável, resultando cada vez mais na necessidade de processamento e da realização de análises dos dados em tempo real. (GANDOMI; HAIDER, 2015)

Duas novas dimensões foram incorporadas a Veracidade e o Valor. Veracidade está relacionada à confiabilidade dos dados, ou seja, lida com a incerteza dos dados que podem estar ligados a vários fatores, como por exemplo, inconsistência, incompletude, falsas percepções e enganos. Já o Valor trata da necessidade de enriquecer os dados brutos e não processados, extraindo conhecimento de nível superior para uso em diferentes cenários. (DEBATTISTA et al. 2015)

Com o Big Data presente nas cidades torna-se possível o armazenamento e processamento eficiente de dados, gerando assim, informações úteis que possuem o potencial de aprimorar os diversos serviços que a cidade disponibiliza. Servindo como base de dados e análise de informações, a tecnologia Big Data pode ser encontrada em vários setores, sendo ferramenta no âmbito de redes, analisando e gerenciando dados de consumo de energia dos cidadãos, gerando dados no setor da saúde, impactando no departamento de transporte com dados relacionados ao tráfego e também atuando no governo, aumentando a capacidade de governança inteligente através das análises de dados. (COUTINHO, 2019)

1. Computação em Nuvem

Com a necessidade de construir infraestruturas de TIC complexas, as quais envolvem operações de instalação, configuração e atualização de software por meio do usuário, surge a computação em nuvem. (SOUSA, MOREIRA e MACHADO. 2009)

Taurion (2009) afirma que a computação em nuvem é um termo que descreve um ambiente de computação com base em uma rede de servidores, tanto virtuais, quanto físicos.

Ao expor a ideia, Taurion (2009) resume:

"um conjunto de recursos como capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços disponibilizados na Internet." (TAURION, 2009, p.2)

A computação em nuvem seria um novo modelo de computação, no qual é capaz de fornecer liberdade no acesso de serviços e aplicações independentemente da localidade em que o usuário se situa, da sua plataforma de acesso e, principalmente, onde e em quais servidores os dados e as informações estão ou serão armazenados.

Para a execução deste modelo, todas as aplicações e os dados e informações são reunidos em *data centers*. A partir desta junção de dados no centro de armazenamento, a infraestrutura e as aplicações, por meio da internet, são compartilhadas em formato de serviços. (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011).

Uma aplicação que mostra o funcionamento da computação em nuvem na prática é a plataforma criada na Itália, para melhorar a experiência do turista. Com base na lista de pontos de interesse que cada turista monta, o aplicativo é capaz de retornar a melhor sequência de visita dos pontos turísticos, maximizando assim a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. Além disso, é possível visualizar os horários de funcionamento e tamanhos de filas em cada estabelecimento. (KON; SANTANA, 2017)

Sem dúvida alguma, o armazenamento em nuvem facilita a coleta, o armazenamento, a recuperação e a análise de dados de aplicações relacionadas às cidades inteligentes.

1. Inteligência artificial

A inteligência artificial (IA) é uma ciência que é capaz automatizar e sistematizar tarefas intelectuais de modo que suas aplicações passam a ter forte potencial nas mais diversas esferas das atividades humanas (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Ao decorrer do tempo, muitos estudos foram realizados sobre o assunto que resultaram em quatro linhas de pensamento para elaboração do conceito de IA. A primeira linha de pensamento está relacionada a sistemas que pensam como seres humanos, a segunda diz respeito a sistemas que atuam como seres humanos, a terceira a sistemas que pensam racionalmente e a quarta linha reforça sobre sistemas que atuam racionalmente. (GOMES, 2010)

A primeira e a terceira linha argumentam sobre o processo de pensamento e raciocínio, já a segunda e a quarta tocam o comportamento. Ademais, a medição do sucesso em termos de fidelidade ao desempenho humano é analisada pelas duas primeiras linhas, já a medição do sucesso em relação a inteligência e racionalidade são medidas pelas duas últimas linhas de pensamento. (RUSSELL; NORVIG, 2004)

Ao introduzir IA em seu livro "A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?" Kaufman (2019), partindo da junção de definições já fundamentadas por grandes nomes no assunto como Davi Geiger e John McCarthy, faz um fechamento muito interessante, ao afirmar que a inteligência artificial é a ciência e a engenharia de criar máquinas que possuam funções exercidas pelo cérebro dos animais racionais.

Para melhor visualização do funcionamento de Inteligências Artificiais nas cidades, a proposta de aplicação e-Noé é um ótimo exemplo, uma solução proposta de rede de sensores sem fio para monitorar rios e córregos urbanos. Com a IA, é possível que previsões de enchentes sejam feitas, uma vez que os sensores são instalados submersos em vários pontos de rios sujeitos a alagamentos, monitoram o leito do rio para registro e detecção de mudança do nível das águas. Pensando no setor de transporte, a IA consegue ser utilizada para calcular o tempo de conclusão da rota de transportes públicos levando em consideração velocidade média do veículo, congestionamento, dia da semana e até mesmo informações climáticas. De forma geral, a IA pode ser utilizada de diversas formas para uma infinidade de finalidades. (CRUZ, BARCELLOS e BERNARDINI, 2020)

Dentre os diversos conceitos existentes de cidades inteligentes, é possível notar a semelhança em seus fundamentos, objetivos e embasamentos, que trabalhando em conjunto, visam realizar aplicações a partir da utilização de TIC como as descritas anteriormente, juntamente das ideias sustentáveis, a ponto de oferecer melhores serviços a seus cidadãos.

A seguir são apresentadas na tabela 1, a partir da literatura consultada, algumas aplicações de cidades inteligentes que serão analisadas para avaliar se elas ou suas tecnologias podem ser utilizadas no contexto das bacias hidrográficas.

**Tabela 1 – Aplicações de cidades inteligentes**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Nome da Aplicação** | **Descrição** | **Citação** |
| Serviços Inteligentes para a Coleta de Lixo. | Implantação de rede de sensores que notificam quando as lixeiras da cidade estão cheias. (Barcelona - Espanha) | KON; SANTANA; ZAMBOM (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; ZAMBOM (2016) |
| Big & Open Data - CitySDK | Padrões abertos e incentivos ao compartilhamento de grandes massas de dados e abertura sobre a discussão do que deve ser protegido ou divulgado. CitySDK é um dos projetos criados que auxilia nessa área, a finalidade se destaca ao simplificar o desenvolvimento de aplicações e definir formatos e padrões para tornar os dados públicos. (Amsterdam - Holanda) | KAMIENSKI, et al. (2016) |
| WiFi Livre SP | Implantação de praças digitais entre as principais regiões da cidade, onde o acesso e uso da rede é irrestrito e gratuito por quaisquer dispositivos eletrônicos. Wifi Livre SP foi desenvolvido com o objetivo de tornar a internet mais acessível ao cidadão da cidade de São Paulo, Brasil. | KAMIENSKI, et al. (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 decisões e a 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 o posicionamento e deslocamento de 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, o monitoramento é realizado sobre a velocidade média de cada ônibus. A aplicação retorna para o cliente 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 e 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, e 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 alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade de alimentos e água, tensões regionais, e 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) |
| Melhora na Experiência do Turista | Plataforma que consiste em aprimorar a experiência do turista maximizando a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. Utilizando de TICs como IoT e Computação em Nuvem, o aplicativo é capaz de retornar a melhor sequência de visita dos pontos turísticos em que o turista possui interesse. Além disso, é apresentado todos os horários de funcionamento e tamanhos de filas em cada estabelecimento. Desse modo, valoriza-se o tempo do turista e auxilia na tomada de decisões. (Itália) | KON; SANTANA (2017) |
| e-Noé | Aplicação capaz de prever possíveis enchentes com a utilização de IA. Composta por uma rede de sensores sem fio instalados submersos em vários pontos de rios sujeitos a alagamentos, monitoram o leito do rio para registro e detecção de mudança do nível das águas. | CRUZ, BARCELLOS e BERNARDINI, (2020) |

Fonte: autores

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

Na literatura existem muitos estudos sobre bacias hidrográficas e a sua evolução acontece pela grande importância do termo que está fortemente relacionado a gestão dos recursos hídricos devido as mudanças climáticas e da possível escassez de água. Dentro da temática gestão hídrica, as bacias hidrográficas são base e referência de estudos, dessa forma, fica eminente a importância de gestores e pesquisadores obterem domínio do conhecimento sobre as bacias e suas subdivisões. (TEODORO et al; 2007)

Segundo Tucci (2001), a bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de precipitação que faz afluir o escoamento para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica compõe-se de um conjunto de superfícies vertentes, ou seja, superfícies as quais possuem certo nível de inclinação que possibilitam o escoamento de água; e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório, parte mais baixa do trecho do curso d`água principal.

Para Porto e Porto (2008), bacias hidrográficas são entes sistêmicos, uma vez que nelas são realizados processos de entrada de água, como a chuva, e processo de saída da água pelo exutório, formando assim bacias e sub-bacias interconectadas. Dentro do território de uma bacia hidrográfica realizam-se as atividades humanas, essa área de gestão abrange áreas urbanas, agrícolas, áreas de preservação e industriais, fornecendo água para todo esse espaço.

Diante das análises realizadas sobre as bacias hidrográficas existentes, pode-se observar a grande diversidade de formas de relevo, suas feições e modelos. A partir disso, estudos mostram e destacam por meio de medidas qualitativas e quantitativas os diferentes aspectos e características entre uma bacia e outra (TONELLO et al; 2006). Focando em alguns dos estudos quantitativos, estes exploram as interações entre os processos utilizando um método de análise morfométrica através dos seguintes parâmetros: densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e forma da bacia. (ALVES; CASTRO, 2003).

Com os dados hidrológicos e características físicas adquiridas dos métodos e parâmetros citados acima, tem-se uma capacidade de estabelecer relações e comparações entre os comportamentos hidrológicos das bacias estudadas, e indicar valores hidrológicos em locais que não possuem toda estrutura de captação de dados. (VILLELA; MATTOS, 1975).

Um bom exemplo de onde as informações podem ser obtidas é a partir do que Silva, Falsarella e Mariosa (2022) propuseram e chamaram de ciclo de vida da água composto de cinco etapas:

a geração por meio de ciclos hidrológicos naturais, a retenção e armazenamento para consumo em momentos de restrições, a captação e tratamento, a distribuição e consumo pelos diversos atores, sejam os consumidores pessoas físicas ou jurídicas, ou seres vivos de modo em geral e o tratamento para devolução para os cursos de água para posterior reuso (SILVA, FALSARELLA e MARIOSA, 2022, p. 48).

Tonello et al. (2006) afirmam em seus estudos sobre a Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG que, a junção de todos os índices, suas expressões quantitativas, as características de forma dos processos e de suas inter-relações são essenciais para desvendar a complexa dinâmica de uma bacia. Toda a quantificação da disponibilidade hídrica acaba servindo de base para projetos e planejamentos dos recursos hídricos.

Entre os montantes benefícios e demandas se tem de água, o fato de todos os seres vivos terem uma necessidade vital deste recurso é o que mais se destaca e eleva a importância do assunto. Os recursos hídricos são utilizados pela sociedade das mais diversas formas, sendo útil tanto para o individual do ser, como na higiene humana e no bem-estar humano, quanto como elemento decisivo para progressos econômicos e sociais, sendo útil em transportes hidroviários, agricultura e pesca, processos industriais, energia hidrelétrica, irrigação, recreação e em atividades relacionadas a lazeres. (YASSUDA, 1993)

Para que toda água seja disponível de modo que atenda a quantidade e qualidade requisitada, seja por qualquer atividade ou processo humano, uma boa gestão hídrica deve existir. Atualmente, o uso descontrolado da água em diversos setores prejudica fortemente a segurança hídrica de determinadas regiões. Tundisi (2003) alega que aproximadamente 2,5% da água existente no planeta é doce, porém apenas 0,5% das águas são disponíveis para consumo e fornecimento para necessidades humanas. Além da porcentagem assustadoramente baixa de água disponível, a grande desigualdade na distribuição de água ao redor do mundo aumenta a tensão e preocupação referente a execução de gestões hídricas adequadas, rígidas e eficazes.

Assim, o grande benefício que um bom processo de gestão de recursos hídricos pode trazer é ter dados e informações sobre como está a disponibilidade de água na bacia hidrográfica e o que pode afetar a segurança hídrica, o que pode ser obtido por meio das TIC.

O conceito de segurança hídrica surgiu na década de 90 e no Brasil tomou vida a partir da Lei Federal Nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Apesar do surgimento do conceito ser da década de 90, o assunto se tornou pauta nacional apenas 17 anos depois, por conta de uma forte crise hídrica nas principais regiões do estado de São Paulo. (JOHNSSON, 2018)

Na conhecida "Lei das Águas" de 97, quatro tópicos foram levantados e vistos como objetivos, sendo eles (BRASIL, 1997): colocar a referência no final

1. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
2. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
3. A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
4. Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Diante dos tópicos citados e das definições de segurança hídrica, o sentido da existência de uma gestão hídrica eficiente e eficaz fica mais compreensível e clara, uma vez que busca realizar os objetivos necessários para que a segurança hídrica seja atingida e, com isso, o espaço em que esta segurança abrange torna-se melhor habitável e disposto a avanços relacionados a questões hídricas.

Nesse sentido, utilizar TIC e propor aplicações que podem melhorar a gestão dos recursos hídricos no espaço territorial das bacias hidrográficas de modo a fornecer melhores serviços para a população que nele sobrevive e desenvolve suas atividades produtivas é fundamental. Portanto, da mesma forma que existe o conceito Cidades Inteligentes, propor o conceito Bacias Hidrográficas Inteligentes, não é mera pretensão, mas uma necessidade.

1. **METODOLOGIA**

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa exploratória, pois o “[...] tema escolhido é pouco explorado [...]” (Gil, 2008, p.43). Segundo Silveira e Córdova (2009), esse tipo de pesquisa também proporciona mais familiaridade com o tema, assim, faz torná-lo mais conhecido. Ele também se encaixa com estudos com os quais se pretende “(...) examinar um tema ou problema de investigação pouco estudado ou que não tenha sido abordado antes” (SAMPIERI, COLLADO e LUCIO, 1991, p. 59).

Os dados do estudo, de caráter qualitativo serão obtidos por meio de uma pesquisa bibliográfica sobre os conceitos e aplicações de cidades inteligentes, bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos. Essa abordagem é prescritiva, uma vez que busca observar maneiras diferentes de avaliar como os conceitos envolvidos se integram e se complementam.

No desenvolvimento do método, pretende-se: definir e caracterizar cidades inteligentes, principais tecnologias da informação e comunicação e suas aplicações; definir bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos; relacionar conceitos e aplicações de cidades inteligentes que sejam úteis para auxiliar na gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Após relacionar os conceitos e aplicações de cidades inteligentes sugerindo aplicações que sejam úteis para auxiliar na gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, para afastar a subjetividade, a análise da proposta da temática bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis, especialmente o viés do termo sustentáveis será feita por meio dos princípios de Gibson (2005). São eles:

1. Integridade do sistema socioecológico - o primeiro princípio enfatiza a importância de considerar as interações complexas e interdependências entre os sistemas sociais e ecológicos, reconhecendo que mudanças em um desses sistemas podem ter efeitos significativos e duradouros em todo o sistema. A integridade do sistema socioecológico, portanto, refere-se à necessidade de abordar e gerenciar esses sistemas de forma holística e integrada, a fim de garantir a sustentabilidade e a resiliência do sistema como um todo;
2. Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades – o segundo princípio enfatiza a importância de garantir que todos os membros da sociedade tenham acesso aos recursos necessários para satisfazer suas necessidades básicas, como alimentos, água potável, habitação adequada, cuidados de saúde e educação, além de ter acesso a oportunidades para melhorar suas vidas. O princípio reconhece que a desigualdade socioeconômica pode limitar o acesso a esses recursos e oportunidades, e, portanto, requer ações que abordem essas disparidades para garantir que todos os indivíduos tenham as condições necessárias para viver uma vida saudável e plena;
3. Equidade intrageracional – o terceiro princípio enfatiza a importância de garantir a equidade entre as pessoas que vivem atualmente, independentemente da idade, raça, gênero, classe socioeconômica ou outras características pessoais. Isso significa que todas as pessoas devem ter as mesmas oportunidades e acesso aos recursos necessários para viver uma vida saudável e plena. A equidade intrageracional reconhece que a desigualdade pode levar a diferenças significativas nos níveis de saúde, bem-estar e oportunidades entre as pessoas, o que pode ser prejudicial tanto para indivíduos como para a sociedade como um todo;
4. Equidade intergeracional – o quarto princípio enfatiza a importância de garantir a equidade entre as gerações presentes e futuras. Isso significa que as gerações atuais devem agir de forma responsável para preservar os recursos naturais e as condições ambientais para as gerações futuras, garantindo que elas também tenham a oportunidade de viver em um mundo saudável e sustentável. A equidade intergeracional reconhece que ações tomadas hoje podem ter consequências significativas e duradouras para as gerações futuras, e, portanto, exige que as gerações atuais considerem as implicações de suas ações para as gerações futuras e tomem medidas para proteger o bem-estar e os direitos dessas gerações;
5. Manutenção de recursos naturais e eficiência - o quinto princípio enfatiza a importância de utilizar os recursos naturais de forma sustentável, de modo a preservá-los para as gerações futuras, bem como a necessidade de maximizar a eficiência no uso desses recursos. Isso envolve a consideração cuidadosa dos impactos ambientais e sociais de diferentes formas de uso de recursos naturais e a busca por soluções que minimizem esses impactos, enquanto maximizam os benefícios para a sociedade. A manutenção de recursos naturais e eficiência requer uma abordagem integrada e holística para a gestão de recursos naturais, considerando a interdependência dos sistemas ecológicos, sociais e econômicos, e buscando soluções que promovam a sustentabilidade a longo prazo;
6. Civilidade socioambiental e governança democrática - o sexto princípio enfatiza a importância da governança democrática para garantir que as decisões relacionadas ao meio ambiente e à sociedade sejam tomadas de forma justa e equitativa, levando em consideração os diferentes interesses e perspectivas da população. Além disso, o princípio destaca a necessidade de promover uma cultura de civilidade socioambiental, na qual os indivíduos e instituições trabalhem juntos de forma colaborativa e respeitosa para abordar questões sociais e ambientais complexas. Isso requer o envolvimento ativo da sociedade civil, bem como uma abordagem holística e integrada para a governança ambiental, que considere a interdependência entre sistemas ecológicos, sociais e econômicos;
7. Precaução e adaptação – o sétimo princípio enfatiza a importância de tomar medidas preventivas para evitar riscos ambientais e sociais, mesmo em face de incertezas científicas ou técnicas. Isso significa que, quando há preocupações legítimas sobre os efeitos adversos de uma determinada atividade ou substância, deve-se tomar medidas para minimizar esses riscos, mesmo que a magnitude ou natureza dos riscos não estejam totalmente compreendidos. Ao mesmo tempo, o princípio destaca a importância da adaptação, ou seja, a capacidade de ajustar-se e responder a mudanças ambientais e sociais, de modo a garantir a sustentabilidade a longo prazo. Isso envolve a busca por soluções flexíveis e adaptáveis que possam ser ajustadas à medida que novas informações ou condições surgem, a fim de garantir que as decisões tomadas hoje não comprometam o bem-estar das gerações futuras;
8. Integração entre situação atual e de longo prazo – O oitavo princípio enfatiza a importância de considerar tanto as necessidades e desafios atuais quanto as implicações de longo prazo das decisões tomadas hoje em relação ao meio ambiente e à sociedade. Isso envolve uma abordagem de planejamento integrado, que considera as interdependências entre sistemas ecológicos, sociais e econômicos e busca soluções que promovam a sustentabilidade a longo prazo. A integração entre situação atual e de longo prazo requer a identificação de metas e objetivos claros e o desenvolvimento de estratégias para alcançá-los, considerando os desafios e incertezas associados à gestão de recursos naturais e à proteção do meio ambiente. Além disso, o princípio destaca a importância da avaliação contínua e do monitoramento de resultados, a fim de garantir que as soluções adotadas sejam eficazes e adequadas para as condições atuais e futuras.
9. **BACIAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS**

Ao estudar os conceitos de bacia hidrográfica, é perceptível que vários outros assuntos complexos se relacionam entre si formando uma base sólida de conhecimento referente aos recursos hídricos. A gestão e segurança hídrica acabam sendo tópicos fundamentais em uma sociedade, sendo conceitos que, quando executados na prática, impactam positivamente e diretamente na vida dos cidadãos.

Assim como as TIC podem resultar em diversas vantagens aos que habitam em uma cidade inteligente e ao ambiente no qual estão instalados, aplicações já existentes e possíveis adaptações delas podem ser de grande utilidade na obtenção e análise de dados relacionados ao ciclo de vida da água nas bacias hidrográficas. Seguindo esta linha de raciocínio, o objetivo do estudo é aprimorar vários aspectos dentro de gestões e planejamentos hídricos, a fim de alcançar, por meio de TICs, formas mais eficazes e efetivas de se construir segurança hídrica em determinada região.

Com base em aplicações que já foram descritas no contexto das cidades inteligentes, observa-se que, a partir delas e dos recursos de TIC por elas usadas, algumas aplicações podem ser propostas e influenciar diretamente ou indiretamente na segurança e a gestão dos recursos hídricos da região em que uma bacia hidrográfica é abrangida. A seguir são apresentadas algumas sugestões de aplicações:

1. Serviços Inteligentes para a Coleta de Lixo

O Serviço Inteligente para a Coleta de Lixo implementado em Barcelona na Espanha consiste em uma rede de sensores instalados em lixeiras que são capazes de notificar quando as lixeiras já estão cheias, pode impedir de o lixo ser arrastado pelas chuvas tanto para mananciais quanto para o esgoto, evitando assim, a poluição dos rios e seus afluentes.

1. Centro Integrado de Comando (CEIC)

O CEIC situado na cidade de Porto Alegre no Brasil, consiste em um centro de monitoramento georreferenciado que possui controle de dezenas de câmeras interconectadas de alta capacidade 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. Apesar do centro abranger diversas tecnologias que em sua maioria são fortes componentes de uma cidade inteligente, uma de suas funções tem forte importância e potencial na contribuição da gestão dos recursos hídricos, que toca no quesito da captação e formação da base de dados relacionadas aos nivelamentos pluviométricos de água das chuvas. Portanto, de forma direta, o CEIC auxilia no conceito de bacias hidrográficas inteligentes por meio da capacidade de coletar e receber os dados dos sensores pluviométricos.

1. Horizon Scanning Centre (HSC) - Recursos Naturais e Energia

O HSC é um projeto aplicado no Reino Unido que consiste em análises aprofundadas sobre múltiplos canais de dados (Big Data) relacionados a alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade de alimentos e água, tensões regionais, e estabilidade e segurança nacional. O HSC pode auxiliar de forma direta o conceito de bacia hidrográfica inteligente ao realizar análise, monitoramento e também ser fonte de massas de dados relacionadas a alterações climáticas que tocam a região de uma bacia hidrográfica. Uma vez que as alterações climáticas estão fortemente conectadas ao comportamento do ciclo hidrológico de determinada região, toda informação, detalhamento e possíveis efeitos sobre o clima permitem que melhores planejamentos hídricos sejam realizados.

1. Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS) - Segurança Pública

O RAHS, programa que atua no âmbito do Centro Nacional de Coordenação de Segurança de Singapura, é um centro responsável por recolher e analisar dados em grande escala gerenciando proativamente ameaças, como ataques terroristas, doenças infecciosas e crises financeiras. Apesar de atuar na gerência de diversas crises diferentes, com a estrutura de análise e de gerenciamento de dados em grande escala oferecido pelo RAHS, é possível que essas funcionalidades sejam direcionadas para manejar questões hídricas. Desse modo contribuindo na parte de análise e auxiliando tomadas de decisões.

1. National Education Network (NEdNet)

O NEdNet é um sistema integrado na Tailândia que inclui serviços de informação relacionados a educação, infraestrutura de rede e serviços de aprendizagem. O sistema permite melhor raciocínio e visualização geral para os que lecionam conteúdos, apoia fortemente a aprendizagem autodirigida e personalizada com base no estudante e auxilia em tomadas de decisões. Este sistema, de forma direta, é capaz de influenciar tanto a dinâmica de aprendizagem, quanto a própria capacidade de aprender dos indivíduos. Diante desta grande capacidade de transmissão de informações e de agir como ferramenta para geração de conhecimento, o NEdNet, quando direcionado a questões ambientais, pode ser um eficiente meio para a educação ambiental, principalmente em questões hídricas. Sendo assim, o sistema educacional poderia ter aulas, conteúdos, atividades, eventos e palestras que criem visibilidade do assunto para a população e principalmente os para os estudantes, abordando temas como desperdício de água, bons hábitos que impactam positivamente o meio ambiente, funcionamento do ciclo hidrológico, poluição hídrica, entre diversos outros tópicos importantes.

1. e-Noé

O e-Noé é uma solução que, composto por uma rede de sensores sem fio, é capaz de monitorar rios e córregos urbanos. A partir do monitoramento realizado pelos sensores instalados submersamente nas águas, é possível que a captação e o registro de alterações no nível das águas sejam feitos. Utilizando-se destes dados, a IA é capaz de realizar previsões sobre possíveis enchentes no local. De modo geral, é possível visualizar nesta aplicação alguns aspectos que se relacionam com a gestão hídrica e seus objetivos, relações as quais impactam no conceito de bacias hidrográficas inteligentes. Os sensores, individualmente, são de grande utilidade para coleta de informações sobre o nivelamento dos rios, ao realizarmos a junção dos dados captados e o trabalho da IA, tem-se um forte apoio a decisão para melhor gerenciamento da água e possíveis soluções para a abundância ou escassez nos rios.

A partir dessas aplicações e outras que podem ser definidas poderia se pensar na criação de um Centro de Controle de Segurança Hídrica (CCSH), uma proposta que visa centralizar todas as temáticas relacionadas à segurança hídrica da região em que uma bacia hidrográfica se estende. Sendo um dos ramos da área de segurança, este centro pode exercer funções focadas na gestão dos recursos hídricos objetivando melhor aproveitamento e controle da água a partir da coleta, recebimento e análise das informações disponível no espaço territorial das bacias hidrográficas. Cada uma das aplicações e sistemas citados anteriormente possuem funções e funcionamentos diferentes, ainda que existam suas distinções, todas tendem para o mesmo objetivo e se interconectam por este ponto. Visto isso, o CCSH auxiliaria na conectividade de todos os serviços, facilitando toda a integração existente entre eles.

Com todo o controle de gestão sobre as aplicações, o centro trataria da formação de dados recebidos pelas aplicações por meio de sensores dos mais diversos tipos (pluviométricos, níveis de água e vazão dos rios, entre outros), além de dados relacionados a alterações climáticas, um outro exemplo. Com toda grande base de massa de dados captada e armazenada, várias análises poderiam ser feitas, gerando informações e subsídios para auxiliar o processo decisório.

Todas as etapas seriam realizadas com base em monitoramentos em tempo real, utilizando os recursos tecnológicos como IoT, Computação em Nuvem, Big Data e Inteligência Artificial presentes em cada uma das aplicações, para que assim, seja possível obter uma melhor eficiência de respostas relacionadas a gestão hídrica.

A seguir serão realizadas as análises a partir dos princípios de Gibson (2015). São elas:

Com relação ao primeiro princípio, “Integridade do sistema socioecológico”, de forma geral, as aplicações utilizadas como exemplos são aplicações reais que já foram inseridas na sociedade e não afetam ou interferem negativamente o sistema socioecológico do local. Não geram impactos negativos sociais e ambientais, pelo contrário, visam promover impactos ambientais positivos ao decorrer do tempo.

Com relação ao segundo princípio, “Recursos suficientes para subsistência e acesso a oportunidades”, as aplicações garantem que os membros da sociedade tenham acesso aos recursos necessários para satisfazer suas necessidades básicas, como alimentos, água potável, habitação adequada, cuidados de saúde e educação, além de ter acesso a oportunidades para melhorar suas vidas. Todas as TIC interconectadas são responsáveis por auxiliar na gestão hídrica e melhorar o aproveitamento da água, podendo gerar novas oportunidades de emprego, educação, saúde, entre outros benefícios sociais.

Com relação ao terceiro princípio “Equidade intrageracional” as aplicações não ferem questões de desnivelamento intrageracional, elas garantem a equidade entre as pessoas que vivem atualmente, independentemente da idade, raça, gênero, classe socioeconômica ou outras características pessoais. Cada uma das TICs, conforme foram aplicadas, visam uma melhor gestão hídrica para toda a população quando trabalhadas em conjunto.

Com relação ao quarto princípio, “Equidade intergeracional”, as aplicações não ferem questões de desnivelamento intergeracional, elas garantem a equidade entre as gerações presentes e futuras, preservam os recursos naturais e as condições ambientais não afetando negativamente o meio ambiente para as próximas gerações.

Com relação do quinto princípio, “Manutenção de recursos naturais e eficiência” as aplicações possuem apenas função de coleta e monitoramento de informações dos recursos naturais para melhor utilização dos mesmos, buscando soluções que promovam a sustentabilidade a longo prazo.

Já o sexto princípio, “Civilidade socioambiental e governança democrática” as aplicações garantem que as decisões relacionadas ao meio ambiente e à sociedade sejam tomadas de forma justa e equitativa, levando em consideração os diferentes interesses e perspectivas da população. As TIC possuem o objetivo de aprimorar a gestão hídrica e consequentemente a segurança hídrica de uma região, portanto as aplicações auxiliariam de modo geral, todos os cenários ambientais possíveis, buscando a democratização do acesso a qualidade e quantidade de água para todos por meio de melhores projeções, distribuições e planejamentos hídricos.

No sétimo princípio, “Precaução e adaptação” as aplicações possuem fácil adaptação e flexibilidade como prevenção de riscos ambientais e sociais garantindo a sustentabilidade a longo prazo. Se adequam facilmente a mudanças futuras, como mudanças climáticas ou mudanças na legislação.

Finalmente, o oitavo princípio, “Integração entre situação atual e de longo prazo”, as aplicações são responsáveis no auxílio do estudo e indicações de ações a serem tomadas pela sociedade, podendo assim ter-se ligações entre situações hídricas atuais e possíveis situações hídricas futuras projetadas com antecedência. Portanto, as TIC garantem uma avaliação contínua e do monitoramento de resultados, a fim de garantir que as soluções adotadas sejam eficazes e adequadas para as condições atuais e projeções futuras.

1. **CONCLUSÕES**

Com base no estudo de conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes, fica eminente a importância das TICs para o avanço e melhora na qualidade de vida dos cidadãos. Ao longo deste artigo científico, foi possível explorar o uso dessas TICs para a também formação do conceito de bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis.

Partindo das aplicações apresentadas no estudo, muitas delas utilizam IoT para gerenciar informações. A IoT permite a coleta de dados em tempo real por meio de sensores e dispositivos conectados à internet, o que possibilita a criação de sistemas de monitoramento e gestão mais eficientes e precisos.

Outra tecnologia muito utilizada em aplicações e que pode ser aplicada na gestão de bacias hidrográficas é a computação em nuvem. O armazenamento de dados em nuvem permite o acesso remoto e em tempo real às informações coletadas, além de permitir a análise e processamento desses dados de forma mais eficiente e segura.

Para a geração de massa de dados, o uso de big data pode permitir a identificação de padrões e tendências, que podem ser utilizados para aprimorar a gestão de recursos hídricos e prever situações de risco.

Assim como nas cidades inteligentes, a utilização de inteligências artificiais também pode ser uma ferramenta valiosa na gestão de bacias. Algoritmos de *machine learning* e redes neurais podem ser treinados para identificar padrões em dados coletados, fornecendo ideias e percepções valiosas para a tomada de decisão.

Em suma, não há dúvidas que tecnologias e aplicações presentes em cidades inteligentes possam também ser utilizadas para construção do conceito de bacias hidrográficas inteligentes.

Nesse sentido, como há dependência de água para a sobrevivência dos seres vivos e para a realização das atividades produtivas, a necessidade de toda essa estrutura de informações que a tecnologia pode entregar é fundamental para que os gestores de recursos hídricos possam combater melhor todas as adversidades hídricas trazidas pelas alterações climáticas, uma vez que poderão ter informações em tempo real para auxiliar na tomada de decisão.

Posto isso, a criação do Centro de Controle de Segurança Hídrica toma valor, uma vez que nele tudo será executado e colocado em prática. Baseado no estudo de outros centros da área de segurança, o CCSH será o local onde todas as temáticas hídricas serão abordadas, exercendo funções focadas na gestão dos recursos hídricos com a utilização de todas as aplicações e TICs conectadas entre si.

Diante das tecnologias citadas para contribuição do conceito de bacias hidrográficas inteligentes, fundamentadas nos princípios de Gibson, de forma alguma contribuiriam negativamente ao meio ambiente e a sociedade. Contrariamente, o conjunto de aplicações e centros possuem total objetivo e capacidade de impactar positivamente tanto no âmbito social, quanto no âmbito ambiental, buscando uma melhor utilização da água de forma sustentável.

1. **REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS**

AL NUAIMI, Eiman; AL NEYADI, Hind; MOHAMED, Nader; AL-JAROODI, Jameela. Applications of big data to smart cities. Journal of Internet Services and Applications, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2015.

ALVES, Júlia Maria de Paula; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. 2003.

BASSI, Alessandro; HORN, Geir. Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. European Commission: Information Society and Media, v. 22, p. 97-114, 2008.

BORJA, Rafael; GAMA, Kiev. Middleware para cidades inteligentes baseado em um barramento de serviços. In: Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. SBC, 2014. p. 584-590.

BORSATO, F.; MARTONI, A. M., Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná, Acta Scientiarum Human and Social Science, 2008, DOI: 10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. . Smart Cities in Europe. Journal of Urban Technology, 2011. Vol. 2, n. 18, p. 65-82. DOI http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117.

CARDULLO, Paolo; DI FELICIANTONIO, Cesare; KITCHIN, Rob (Ed.). The right to the smart city. Emerald Group Publishing, 2019.

CARRION, Patrícia; QUARESMA, Manuela. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. Human Factors in Design, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019.

COUTINHO, Pedro Caldas. Big Data em cidades inteligentes: um mapeamento sistemático. 2019.

CRUZ, Matheus; BARCELLOS, Raissa; BERNARDINI, Flavia. Inteligência Artificial no Governo Eletrônico em Cidades Inteligentes: Possibilidades e Desafios. Computação Brasil, n. 43, p. 27-30, 2020.

CUNHA, Izabella Bauer de Assis; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Dados Abertos e suas aplicações em Cidades Inteligentes. Liinc em Revista, v. 15, n. 2, 2019.

CURY, Mauro José Ferreira; MARQUES, Josiel Alan Leite Fernandes. A cidade Inteligente: uma reterritorialização, Programa de Pós-Graduação Desenvolvimento Regional Mestrado e Doutorado, Redes - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, janeiro-abril, 2017.

DEBATTISTA, Jeremy; LANGE, Christoph; SCERRI, Simon; AUER, Sören. Linked'Big'Data: towards a manifold increase in big data value and veracity. In: 2015 IEEE/ACM 2nd International Symposium on Big Data Computing (BDC). IEEE, 2015. p. 92-98.

DONADIO, Tomás. Repensar a cidade inteligente ou voltar ao “antigo normal”?. Finisterra–Revista Portuguesa de Geografia, v. 115, n. LV, 2020.

FALSARELLA, Orandi; DA SILVA, Maria Luiza Ramos; MARIOSA, Duarcides Ferreira. O processo de decisão na gestão de recursos hídricos: a contribuição da Internet das Coisas (IOT) e Big Data. Journal on Innovation and Sustainability RISUS, v. 13, n. 2, p. 45-58, 2022.

FARIAS, José Ewerton P. de; ALENCAR, Marcelo S.; LIMA, Ísis A.; ALENCAR, Raphael T. Cidades Inteligentes e Comunicações. Revista de tecnologia da informação e comunicação n.1, 2011.

GANDOMI, Amir; HAIDER, Murtaza. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. International journal of information management, v. 35, n. 2, p. 137-144, 2015.

GIBSON, Robert B.; HOLTZ, Susan; TANSEY, James; WHITELAW, Graham; HASSAN, Selma. Sustainability Assessment: Criteria, Processes and Applications. London: Earthscan, 254 p, 2005.

GIFFINGER, Rudolf; FERTNER, Christian; KRAMAR, Hans; KALASEK, Robert; PICHLER-MILANOVIC, Nataša; MEIJERS, Evert. Smart cities-ranking of european medium-sized cities. Technical report, Vienna University of Technology, 2007.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GLEICK, P.; ICELAND, C. Water, Security, and Conflict. Issue Brief. World Resource Institute and Pacific Institute., p. 1–16, ago. 2018.

GOMES, D. dos S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. Olhar Científico. v1, n. 2, p. 234-246, 2010.

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. Orgs. Cunha, S. B. & Guerra, A. J. T. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996.

JOÃO, Belmiro do Nascimento; SOUZA, Crisomar Lobo de; SERRALVO, Francisco Antonio. Revisão sistemática de cidades inteligentes e internet das coisas como tópico de pesquisa. Cadernos Ebape. br, v. 17, p. 1115-1130, 2020.

JOHNSSON, Rosa Maria Formiga; MELO, Marilia Carvalho de. O conceito emergente de segurança hídrica. Sustentare, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018.

KAMIENSKI, Carlos; BIONDI, Gabriela Oliveira; BORELLI, Fabrizio Ferreira; HEIDEKER, Alexandre; RATUSZNEI, Juliano; KLEINSCHMIDT, João Henrique. Computação urbana: Tecnologias e aplicaçoes para cidades inteligentes. Minicursos SBRC, p. 26, 2016.

KAUFMAN, Dora. A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?. ESTAÇÃO DAS LETRAS E CORES EDI, 2019.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Cidades Inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios. Jornadas de atualização em informática, v. 17, 2016.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Computação aplicada a Cidades Inteligentes: Como dados, serviços e aplicações podem melhorar a qualidade de vida nas cidades. CSBC 2017. JAI 4. São Paulo, SP, p. 2536, 2017.

KRISHNAMACHARI, Bhaskar; POWER, Jerry; KIM, Seon Ho; SHAHABI, Cyrus. I3: An IoT marketplace for smart communities. In: Proceedings of the 16th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services. 2018. p. 498-499.

LANEY, Doug. 3D data management: Controlling data volume, velocity and variety. META group research note, v. 6, n. 70, p. 1, 2001.

LAZZARETTI, Kellen; SEHNEM, Simone; BENCKE, Fernando Fantoni; MACHADO, Hilka Pelizza. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras, Revista Brasileira de Gestão Urbana, 2019. DOI https://doi.org/10.1590/2175- 3369.011.e20190118

LEMOS, André; De que forma as novas tecnologias - como a computação em nuvem, o Big Data e a internet Das coisas - podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?. Revista GV-EXECUTIVO - Fundação Getúlio Vargas, v. 12 n. 2, 2013.

NAM, T.; PARDO, T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL, 2011.

PEDROSA, Paulo HC; NOGUEIRA, Tiago. Computação em nuvem. Acesso em, v. 6, 2011.

PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. Estudos avançados, v. 22, p. 43-63, 2008.

RUSSEL, Stuart; NORVIG, Peter. Inteligência Artificial. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernadez; LUCIO, Pilar Batista Otros Metodología de la Investigación, v. 3, 1991.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: GERHARDDT, T. E. e SILVEIRA, D. T. (org.). Métodos de Pesquisa. Porto Alegre: Editora de UFRGS, P. 31-42, 2009.

SOUSA, Flávio RC; MOREIRA, Leonardo O.; MACHADO, Javam C. Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI), p. 150-175, 2009.

TAURION, Cezar. Cloud computing-computação em nuvem. Brasport, 2009.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. Revista Brasileira Multidisciplinar, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007.

TONELLO, Kelly Cristina; DIAS, Herly Carlos Teixeira; SOUZA, Agostinho Lopes de; RIBEIRO, Carlos Antonio Alvares Soares; LEITE, Fernando Palha. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães-MG. Revista Árvore, v. 30, p. 849-857, 2006.

TOPPETA, D. The smart city vision: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities. The Innovation Knowledge Foundation, 2010.

TUCCI, Carlos EM. Hidrologia: ciência e aplicação.; 2. reimpr. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUNDISI, José Galizia. Água no século XXI: enfrentando a escassez. 2003.

VILLELA, Swami Marcondes; MATTOS, Arthur. Hidrologia aplicada. Editora McGraw-Hill do Brasil, 1975.

WARD, Jonathan Stuart; BARKER, Adam. Undefined by data: a survey of big data definitions. arXiv preprint arXiv:1309.5821, 2013.

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos; CONSONI, Flavia Luciane. Cidades inteligentes: a aplicação das tecnologias de informação e comunicação para a gestão de centros urbanos. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 9, n. 18, 2013.

YASSUDA, Eduardo Riomey. Gestão de recursos hídricos: fundamentos e aspectos institucionais. Revista de Administração pública, v. 27, n. 2, p. 5 a 18-5 a 18, 1993.

YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M.; BUYS, L.; IOPPOLO, G.; SABATINI-MARQUes, J., da Costa, M.; YUN, J. J. Understanding ‘smart cities’: Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. Cities, v. 81, p. 145-160, 2018.

**Anexo 2 - Artigo Submetido e comprovante**

**Artigo Submetido**

**BACIAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES E SUSTENTÁVEIS: UMA PROPOSTA A PARTIR DO ESTUDO DE CONCEITOS E APLICAÇÕES SOBRE CIDADES INTELIGENTES**

**SMART WATERSHEDS SUSTAINABLE: A PROPOSAL BASED ON THE STUDY OF CONCEPTS AND APPLICATIONS ABOUT SMART CITIES**

**CUENCAS HIDROGRÁFICAS INTELIGENTES Y SOSTENIBLE: UNA PROPUESTA BASADA EN EL ESTUDIO DE CONCEPTOS Y APLICACIONES SOBRE LAS CIUDADES INTELIGENTES**

**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.

**Abstract:** With climate change affecting the regular availability of water, new possibilities must be incorporated into managing water resources. Given that Information and Communication Technologies (ICT) can contribute in other contexts to improving people's quality of life, this work seeks to study the concepts and applications of smart cities to find out how they can support the sustainable management of water resources in watersheds. The study is exploratory and qualitative and, based on bibliographic data collected in a literature review, it describes applications that can make water management in hydrographic basins more intelligent.

**Keywords:** Water resources management. Smart cities. Information and communication technologies. Smart watersheds.

**Resumen:** Con el cambio climático afectando la disponibilidad regular de agua, se deben incorporar nuevas posibilidades en la gestión de los recursos hídricos. Dado que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) pueden contribuir en otros contextos a mejorar la calidad de vida de las personas, este trabajo busca estudiar los conceptos y aplicaciones de las ciudades inteligentes para conocer cómo pueden apoyar la gestión sostenible de los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas. El estudio es exploratorio y cualitativo y, basado en datos bibliográficos recogidos en una revisión de literatura, describe aplicaciones que pueden hacer más inteligente la gestión del agua en cuencas hidrográficas.

**Palabras-clave:** Gestión de los recursos hídricos. Ciudades inteligentes. Tecnologías de la información y la comunicación. Cuencas hidrográficas inteligentes.

**Submetido XX/XX/2022 Aceito XX/XX/202 Publicado XX/XX/2023**

**Introdução**

Quando o crescimento econômico ocorre de modo sustentável torna-se capaz de proporcionar qualidade de vida às pessoas que vivem no espaço em que este crescimento se realiza. Decorrente de investimentos em capital humano e social, e com a utilização de infraestrutura moderna, é possível relacionar essa situação com o conceito de cidades inteligentes (CARAGLIU et al, 2011). Nam e Pardo (2011) caracterizam as cidades inteligentes como possuidoras de sistemas integrados, calcados em soluções inovadoras com a finalidade de proporcionar melhoria na qualidade dos serviços oferecidos aos cidadãos.

Toppeta (2010) sugere que as soluções inovadoras para gerenciar a complexidade das cidades devem, necessariamente, utilizar facilidades das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) para que possam ser implementadas. Yigitcanlar et al (2018) complementam ao afirmar que a combinação de capital humano, capital social e TIC contribuem para o incremento de políticas públicas, desenvolvimento sustentável e que permitem melhor convívio da sociedade, o que reforça o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis.

Com base nas principais contribuições de estudos brasileiros sobre o desenvolvimento de cidades inteligentes, Lazzaretti et al (2019) sugerem o uso de algumas tecnologias e/ou aplicações. As áreas mais exploradas seriam aquelas que incluem o aprimoramento das TICs para facilitar a gestão urbana, a criação de soluções, dispositivos ou sensores para monitorar questões urbanas, a implementação de dispositivos para promover a participação cidadã na administração municipal e o desenvolvimento de soluções para uma gestão mais eficiente dos recursos naturais e energia em cidades inteligentes.

Observa-se, portanto, que para gerenciar a complexidade das cidades, proporcionando melhor qualidade de vida para as pessoas, com ações que tragam responsabilidade social e sustentabilidade e melhorar os serviços prestados pelo poder público, é fundamental a utilização de TIC, pois que estas soluções são responsáveis por coletar dados, processá-los e analisá-los e, assim, disseminar informações que auxiliam as atividades das pessoas físicas e de organizações públicas e privadas, sejam elas operacionais, táticas ou estratégicas.

Cidades, sejam elas grandes ou pequenas, com muitos ou poucos habitantes, é uma entidade complexa, pois possui muitos atores que convivem e trabalham em um mesmo espaço físico, produzindo riquezas, pagando seus impostos, recebendo serviços prestados pelo poder público e convivendo com seus pares, nem sempre em harmonia ou para o bem da coletividade. Refletindo sobre este espaço complexo, mostrando a relevância que teria o conceito de cidades inteligentes com a utilização de TIC, espera-se que as aplicações decorrentes de seu uso possam contribuir para melhor a qualidade de vida e a convivência entre as pessoas.

Um dos grandes problemas das cidades é como garantir o acesso aos insumos necessários para que as pessoas possam continuar vivendo no espaço adequadamente. Um dos insumos mais importantes e preocupantes para a gestão pública é a água, que em muitas situações é escassa, de difícil tratamento e distribuição e submetida a crises hídricas recorrentes, causadas pelos efeitos das mudanças climáticas. Dessa forma, segundo Gleick e Iceland (2018), a segurança hídrica é alcançada somente quando, em termos territoriais, há a garantia de que uma quantidade adequada de água seja fornecida aos consumidores com a qualidade, volume e continuidade necessários para sustentar a vida. Todavia, em se tratando de circulação hídrica, os limites físicos da bacia hidrográfica não são os mesmos limites da cidade. A disponibilidade de água se realiza em um espaço muito mais amplo e complexo, compreende várias cidades, populações urbanas e situadas em área rurais e se estende a outros seres vivos que também dependem de água para a sua sobrevivência.

Na definição de Borsato e Martoni (2004), bacias hidrográficas são áreas que possuem limites estabelecidos por divisores de água, os quais as separam de outras bacias e permitem a captação natural de água proveniente de precipitações nas superfícies inclinadas. Por meio de uma rede de drenagem formada pela união dos cursos d'água, os fluxos convergem para a seção de exutório, que corresponde ao ponto de saída.

Diante da complexidade que esta temática se apresenta, questiona-se neste estudo se os conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes não poderiam ser úteis e adaptáveis no contexto de uma bacia hidrográfica para auxiliar na gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica.

Para responder e melhor compreender essa questão, o trabalho tem como objetivo estudar os conceitos e aplicações de cidades inteligentes para saber como eles podem subsidiar a gestão sustentável dos recursos hídricos em bacias hidrográficas e, dessa forma, contribuir para a criação de aplicações úteis, que utilizadas nas bacias hidrográficas contribuiriam para melhorar a gestão de recursos hídricos.

**Cidades inteligentes, conceitos, tecnologias e aplicações**

Durante a década de 1990, a discussão por especialistas envolvendo as novas Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) e seu impacto nas áreas urbanas ocorria sob o conceito de "cidades digitais", termo do qual deriva o princípio conceitual que rege as cidades inteligentes.

Conforme citado por Lemos (2013, p. 46), “o objetivo era dotar esse espaço de uma infraestrutura digital eficiente, como forma de estímulo a processos inovadores nas estruturas de governo, nas empresas e no comércio. A intenção era reaquecer o ambiente público, ampliar os laços comunitários e a participação política”. Com o acesso a equipamentos tecnológicos e redes digitais amplamente democratizadas, a inclusão social seria atingida. Já em relação à esfera política, diversas ferramentas e softwares seriam um maior atrativo, uma vez que esses mecanismos visam garantir maior transparência, descentralizando assim, o poder e distribuindo-o aos cidadãos, continua o autor (LEMOS, 2013). Já a infraestrutura tecnológica inteligente, sendo uma das bases e fundamentos para projetos de uma cidade inteligente, é nada menos que a disseminação pelo ambiente urbano de dispositivos eletrônicos para coleta, processamento e transmissão de dados (FARIAS et al, 2011).

Para Kon e Santana (2016), garantir a segurança e privacidade dos cidadãos e dos próprios sistemas da cidade, o gerenciamento e processamento de grandes massas de dados, oferecer escala adaptativa que acompanhe o crescimento populacional local, lidar com a grande variedade de dispositivos como sensores e smartphones e permitir que os diversos sistemas e organizações trabalharem em conjunto de forma interativa na troca de informações de maneira eficaz e eficiente, são alguns dos maiores desafios.

Por meio de sensores integrados com sistemas de monitoramento em tempo real é possível que órgãos de governo e da administração pública interajam diretamente com a infraestrutura da cidade e com sua comunidade, monitorando o que acontece durante o dia a dia. As análises sobre a evolução da cidade, tendo como base a grande massa de dados diária coletadas, examinadas e disponibilizadas pelos equipamentos, são como chaves para a eliminação de possíveis ineficiências e a desigualdade existentes entre e nos espaços urbanos (CUNHA; BARACHO, 2019).

Giffinger et al (2007) classifica algumas dimensões que servem de ferramenta para a verificação do quão inteligente uma cidade é. A primeira dimensão é a Economia inteligente, que, por meio de análises pautadas na qualidade das empresas instaladas e o ambiente para o empreendedorismo, é capaz de avaliar o nível de preparação de uma cidade. A segunda dimensão é a População Inteligente, que, por fatores educacionais, renda, emprego, programas de educação científica e tecnológica e projetos de inclusão digital, é mensurado o nível de desenvolvimento dos cidadãos. A terceira dimensão é a Governança Inteligente, com a qual se avalia a qualidade e transparência dos órgãos públicos, envolvendo a usabilidade de serviços públicos, sua transparência em relação aos dados, investimentos em tecnologia e a gestão transparente dos recursos. A quarta dimensão é a Mobilidade Inteligente, que diante dos meios dos diversos transportes possíveis, é capaz de aferir a facilidade de mobilidade no espaço da cidade. A quinta dimensão é o Meio-Ambiente Inteligente, que ao analisar a poluição ambiental, quantidade de lixo reciclado e a eficiência no uso de recursos, é capaz de estimar a sustentabilidade da área. A sexta e última dimensão é a Vida Inteligente, essa dimensão utiliza como parâmetro dados referentes à taxa de homicídios, quantidade de áreas verdes, segurança, cultura, entretenimento, entre outros, dados, e assim obter uma base para ponderar a qualidade de vida dos cidadãos.

Ao analisar os conceitos de cidades inteligentes aqui expostas, verifica-se q algumas TICs que aparecem com mais frequência, as quais compõem a infraestrutura de suas aplicações. Entre todos os recursos avançados, os vocábulos Internet das Coisas, do inglês Internet of Things (IoT), Big Data, Computação em Nuvem e Inteligência Artificial são indispensáveis.

**Internet of Things (IoT)**

Em relação ao termo Internet das Coisas (IoT), é possível explorar os conceitos das palavras "Internet" e "Coisas". Com "Internet" obtém-se o protocolo de comunicação, já no sentido da palavra "Coisas", são apenas objetos não identificados com precisão. Com isso, semanticamente, o termo completo representa uma infraestrutura global de dispositivos conectados, utilizando protocolos de comunicação (BASSI; HORN, 2008).

Para Carrion e Quaresma (2019, p. 53), em suma, “Internet das Coisas trata-se de um ecossistema que conecta objetos físicos, através de um endereço de IP (Internet Protocol, ou Protocolo de Internet) ou outra rede, para trocar, armazenar e coletar dados para consumidores e empresas através de uma aplicação de software”. Em virtude da possibilidade de conexão de praticamente todos os objetos de nosso cotidiano, a importância atual da IoT na sociedade fica, assim, muito mais aparente e relevante. Tendo uma vasta diversidade de dispositivos conectados, que pode abranger desde simples aparelhos domésticos até ferramentas industriais mais sofisticadas, a IoT pode permitir a comunicação entre pessoas e objetos e entre os próprios objetos.

Exemplos de aplicação de IoT no contexto das cidades inteligentes podem ser o monitoramento do fluxo de veículos, ocupação e reservas de espaços de estacionamento, segurança e vigilância, bem como a avaliação e controle da qualidade do ar, alterações climáticas, entre diversos outros pontos impactantes na vida dos cidadãos (KRISHNAMACHARI et al, 2018). Logo, com a combinação de aspectos de tecnologias da computação, protocolos de comunicação da internet, redes de sensores sem fio, tecnologias de sensoriamento e comunicação juntamente com dispositivos equipados com tecnologias avançadas, o IoT torna o ambiente cada vez mais integrado e inteligente (JOÃO; SOUZA; SERRALVO, 2020).

**Big Data**

Uma outra tecnologia que também é imprescindível em aplicações de cidades inteligentes é o Big Data. Ward e Barker (2013) descrevem que o termo Big Data está predominantemente associado a duas ideias: armazenamento de dados e análise de dados. Gandomi e Haider (2015) apresentam três dimensões: O Volume que representa os múltiplos terabytes e petabytes disponíveis atualmente; a Variedade que trata da diversidade dos tipos de conjuntos de dados possíveis e sua heterogeneidade, podendo ser dados estruturados que são tabulados e armazenados em bases de dados relacionais; os semiestruturados, que por sua vez possuem capacidade de serem legíveis por máquinas e, por fim, os não-estruturados, como textos, imagens e vídeos; e a Velocidade se refere à taxa e velocidade de geração dos dados e seu tempo de análise.

Duas novas dimensões foram incorporadas a Veracidade, que está relacionada à confiabilidade dos dados, e Valor, que trata da necessidade de enriquecer os dados brutos e não processados, extraindo conhecimento de nível superior para uso em diferentes cenários (DEBATTISTA et al, 2015).

Com o Big Data presente nas cidades torna-se possível o armazenamento e processamento eficiente de dados, gerando, assim, informações úteis com o potencial de aprimorar os diversos serviços que a cidade disponibiliza. Servindo como base de dados e análise de informações, a tecnologia Big Data pode ser encontrada em vários setores, como na análise e gerenciamento dados de consumo de energia, gerando dados no setor da saúde, fornecendo dados ao departamento de transporte, relacionados ao tráfego de veículos, entre outras aplicações (COUTINHO, 2019).

**Computação em Nuvem**

Com a necessidade de construir infraestruturas de TIC complexas, as quais envolvem operações de instalação, configuração e atualização de software por meio do usuário, consolida-se como solução tecnológica a computação em nuvem (SOUSA; MOREIRA; MACHADO, 2009). Taurion (2009) afirma que a computação em nuvem é uma expressão que descreve um ambiente de computação com base em uma rede de servidores, tanto virtuais, quanto físicos.

A computação em nuvem seria, assim, um novo modelo de computação, com a qual se é capaz de fornecer liberdade no acesso de serviços e aplicações, independentemente da localidade em que o usuário se situa, da sua plataforma de acesso e, principalmente, onde e em quais servidores os dados e as informações estão ou serão armazenados. Para a execução deste modelo, todas as aplicações, dados e informações são reunidos em data centers. A partir desta junção de dados no centro de armazenamento, a infraestrutura e as aplicações, por meio da internet, são compartilhadas em formato de serviços (PEDROSA; NOGUEIRA, 2011).

Uma aplicação que mostra o funcionamento da computação em nuvem na prática é a plataforma criada na Itália para melhorar a experiência do turista. Com base na lista de pontos de interesse que cada turista monta, o aplicativo é capaz de retornar a melhor sequência de visita dos pontos turísticos, maximizando assim a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. Além disso, é possível visualizar os horários de funcionamento e o tamanho das filas em cada estabelecimento (KON; SANTANA, 2017).

**Inteligência artificial**

A inteligência artificial (IA) é um campo de estudo que se dedica a automatizar e sistematizar tarefas intelectuais, de modo que suas aplicações passam a ter forte potencial nas mais diversas esferas das atividades humanas (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Ao longo do tempo, os muitos estudos que foram realizados sobre o assunto resultaram em quatro linhas de pensamento para elaboração do conceito de IA. A primeira linha está relacionada a sistemas que pensam como humanos; a segunda diz respeito a sistemas que atuam como humanos; a terceira a sistemas que pensam racionalmente; e a quarta linha reforça a pesquisa sobre sistemas que atuam racionalmente (GOMES, 2010). Na primeira e terceira linhas argumenta-se sobre o processo de pensamento e raciocínio; já a segunda e quarta o foco é o comportamento. Complementarmente, enquanto a avaliação do sucesso com base na semelhança ao desempenho humano é examinada nas duas primeiras linhas, a medição do sucesso em relação à inteligência e racionalidade são medidas pelas duas últimas linhas de pensamento (RUSSELL; NORVIG, 2004).

Ao introduzir IA, Kaufman (2019), partindo da junção de definições já fundamentadas em estudos de Davi Geiger e John McCarthy, faz um fechamento muito interessante, ao afirmar que a inteligência artificial é a ciência e a engenharia da criação de máquinas que possuam funções exercidas pelo cérebro dos humanos.

Para melhor visualização do funcionamento de IA nas cidades, a proposta de aplicação e-Noé é um outro exemplo. Trata-se de uma proposta de solução para monitoramento de rios e córregos urbanos usando uma rede de sensores sem fio. Com a IA, é possível que previsões de enchentes sejam feitas, uma vez que diversos sensores submersos são instalados em pontos estratégicos ao longo dos rios propensos a alagamentos, com o objetivo de monitorar o leito do rio e registrar qualquer alteração no nível da água. No setor de transporte, a IA consegue ser utilizada para calcular o tempo de conclusão da rota de transportes públicos, levando em consideração velocidade média do veículo, congestionamentos, dia da semana e até mesmo informações climáticas. De forma geral, a IA pode ser utilizada de diversas formas e para uma infinidade de escopos (CRUZ; BARCELLOS; BERNARDINI, 2020).

Dentre os diversos conceitos de cidades inteligentes aqui expostos, é possível destacar a semelhança em seus fundamentos, objetivos e embasamentos que, trabalhando em conjunto, visam realizar aplicações a partir da utilização de TIC como as descritas anteriormente, consolidando ideias e práticas sustentáveis, à medida que auxilia na preservação do ambiente físico, da efetividade econômica e oferecendo melhores serviços a seus cidadãos.

A seguir são apresentadas, na Tabela 1, algumas aplicações de cidades inteligentes que, a partir da literatura consultada sugere-se que podem ser utilizadas no contexto das bacias hidrográficas e na gestão dos recursos hídricos.

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) |
| Melhora na Experiência do Turista | Plataforma que consiste em aprimorar a experiência do turista maximizando a quantidade de lugares visitados durante o tempo de viagem. | KON; SANTANA (2017) |
| e-Noé | Aplicação capaz de prever possíveis enchentes com a utilização de IA. Composta por uma malha de sensores sem fio submersos em diversos locais de rios propensos a enchentes, essa rede monitora o leito do rio para registrar e identificar alterações no nível da água. | CRUZ; BARCELLOS;BERNARDINI (2020) |

**Fonte:** Elaboração própria (2023).

**Bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos**

Estudos sobre bacias hidrográficas e gestão dos recursos hídricos têm-se avolumado em anos recentes. Essa evolução decorre da grande importância que tais temas adquiriram em razão dos efeitos da mudança climática e de uma provável escassez de água. Com isso, fica evidente a necessidade de gestores e pesquisadores alcançarem o domínio do conhecimento sobre o comportamento das bacias hidrográficas e suas subdivisões (TEODORO et al, 2007).

A bacia hidrográfica é, conforme Tucci (2001), a delimitação territorial ou região em que ocorre a coleta natural da água proveniente da precipitação, direcionando o fluxo para um único ponto de saída. A bacia hidrográfica é formada por um conjunto de superfícies vertentes, ou seja, superfícies as quais possuem certo nível de inclinação que possibilitam o escoamento de água; e de uma rede de escoamento composta por cursos d'água que se unem até formar um único canal em seu exutório, parte mais baixa do trecho do curso d'água principal. Porto e Porto (2008) observam que as bacias hidrográficas são entes sistêmicos, uma vez que nelas são realizados processos de entrada de água, como a chuva, e processo de saída da água pelo exutório, formando assim bacias e sub-bacias interconectadas. É dentro do território de uma bacia hidrográfica que as atividades humanas são realizadas e que, em vista disso, se faz necessária a gestão adequada dos recursos hídricos nela contidos.

Para que toda água esteja disponível, de modo a atender a demanda por volumes na qualidade requisitada, alguns desafios precisam ser superados. Atualmente, o uso descontrolado da água em alguns setores prejudica fortemente a segurança hídrica de outros consumidores ou de determinadas regiões. Tundisi (2003) lembra que tão somente 2,5% da água existente no planeta é doce e, mais grave ainda, apenas 0,5% das águas são disponíveis para consumo e fornecimento para necessidades humanas. Além da porcentagem assustadoramente baixa de água disponível, a grande desigualdade na distribuição de água ao redor do mundo aumenta a tensão e preocupação para que a gestão hídrica seja adequada, rígida e eficaz em todos os lugares.

O grande benefício que um bom processo de gestão de recursos hídricos pode trazer é, portanto, ter dados e informações sobre como está a disponibilidade de água na bacia hidrográfica e o que riscos ou ameaças podem afetar a segurança hídrica. O que pode ser obtido por meio das TIC.

O conceito de segurança hídrica aparece na literatura somente a partir da década de 1990. Contudo, o assunto se tornou pauta nacional quase duas décadas depois, por conta da forte crise hídrica que assolou as principais regiões do estado de São Paulo (JOHNSSON, 2018).

No Brasil, especificamente, foi institucionalizado na Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que criou a política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1977). Na conhecida "Lei das Águas" 19de 97, quatro tópicos foram levantados e vistos como objetivos, sendo eles (BRASIL, 1997):

1. Assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
2. A utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
3. A prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais;
4. Incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

Isto posto, o sentido da existência de uma gestão hídrica hábil, diligente e eficaz fica mais compreensível e clara. Para tanto, utilizar TIC e propor aplicações que podem melhorar a gestão dos recursos hídricos no espaço territorial das bacias hidrográficas, de modo a fornecer melhores serviços para a população que nele sobrevive e desenvolve suas atividades produtivas é fundamental.

Os autores sugerem, finalmente, que da mesma forma que existe o conceito de Cidades Inteligentes, utilizar o conceito de Bacias Hidrográficas Inteligentes não é uma questão de mera vontade, mas de necessidade.

**Metodologia**

O estudo em que se baseou o presente artigo, enquadra-se como sendo uma pesquisa de caráter exploratório, pois o “[...] tema escolhido é pouco explorado [...]” (GIL, 2008, p.43). Segundo Silveira e Córdova (2009), essa modalidade de pesquisa também promove maior familiarização com o assunto, contribuindo para sua divulgação e reconhecimento. Ele também é adequado para estudos nos quais se almeja “(...) examinar um tema ou problema de investigação pouco estudado ou que não tenha sido abordado antes” (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 1991, p. 59).

Os dados do estudo, de caráter qualitativo, foram obtidos em pesquisa documental e bibliográfica, descrevendo e analisando os conceitos e aplicações de cidades inteligentes, bacias hidrográficas e gestão de recursos hídricos. Esse tipo de abordagem possui, ainda, uma natureza prescritiva, pois tem como objetivo explorar diferentes formas de avaliar a integração e complementaridade dos conceitos envolvidos.

Com o desenvolvimento da pesquisa, conforme a abordagem metodológica aqui descrita, buscou-se definir e caracterizar conceitualmente o termo cidades inteligentes, as principais tecnologias da informação e comunicação e suas aplicações; o conceito de bacias hidrográficas e de gestão dos recursos hídricos. O exercício analítico consistiu em apresentar a relação dos conceitos e aplicações de cidades inteligentes que podem ser úteis para auxiliar na gestão dos recursos hídricos em bacias hidrográficas, caracterizando-a como bacias hidrográficas inteligentes.

**Bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis**

Ao estudar detidamente o conceito de bacias hidrográficas, é perceptível que vários outros assuntos complexos a elas se relacionam, exigindo uma base sólida e multidisciplinar do conhecimento que envolve a gestão dos recursos hídricos. Dado que a água é não apenas necessária, mas insubstituível, a gestão e segurança hídrica acabam sendo tópicos fundamentais em uma sociedade, que quando bem executados na prática diária, impactam positivamente e diretamente na vida dos cidadãos.

Assim como as TIC podem contribuir com as pessoas que residem em uma cidade inteligente, aplicações já existentes e possíveis adaptações podem ser de grande utilidade na obtenção e análise de dados nas bacias hidrográficas. Seguindo esta linha de raciocínio, vários aspectos dentro da gestão, planejamento e destinação dos recursos hídricos podem ser alcançados por meio de TICs e, com isso, garantir formas mais eficazes e efetivas de se garantir a segurança hídrica em determinada região.

Tomando por base as aplicações que já foram descritas no contexto das cidades inteligentes, observa-se que, a partir delas e dos recursos de TIC por elas usadas, algumas podem influenciar diretamente nos mecanismos utilizados como suporte à tomada de decisão na gestão dos recursos hídricos. Com este propósito, a seguir são apresentadas algumas sugestões destas aplicações.

O Serviço Inteligente para a coleta de Lixo implementado em Barcelona, na Espanha, consiste em uma rede de sensores instalados em lixeiras que são capazes de notificar quando as lixeiras já estão cheias (KON; SANTANA, 2016). Esses sensores, que são aplicações de IoT, podem enviar informações para um centro de controle avisando quando é necessário fazer a coleta, de modo a impedir que o lixo seja arrastado pelas chuvas, tanto para mananciais quanto para o esgoto, evitando, assim, a poluição dos rios e seus afluentes.

O Centro Integrado de Comando (CEIC), situado na cidade de Porto Alegre no Brasil, consiste em um centro de monitoramento georreferenciado, que possui controle de dezenas de câmeras interconectadas de alta capacidade, equipadas 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 (WEISS; BERNARDES; CONSONI, 2013). Apesar de abranger diversas tecnologias que em sua maioria são fortes componentes de uma cidade inteligente, uma de suas funções teria forte importância e potencial na contribuição da gestão dos recursos hídricos, pois que toca no quesito da captação e formação da base de dados relacionadas aos nivelamentos pluviométricos da água das chuvas.

De forma direta, o CEIC corrobora o conceito de bacias hidrográficas inteligentes, em razão da capacidade de coletar e receber os dados dos sensores pluviométricos, que são também aplicações IoT. Assim, expandindo esse conceito, seria interessante a criação de um Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC), cujo propósito seria o de receber informações coletadas dos espaços territoriais das bacias hidrográficas (aplicações de IoT) e processá-las, gerando subsídios para facilitar o processo de tomada de decisão da gestão dos recursos hídricos (aplicações de Big Data e Inteligência Artificial).

O Horizon Scanning Centre (HSC) é um projeto aplicado no Reino Unido. Consiste em análises aprofundadas sobre múltiplos canais de dados (Big Data) relacionados às alterações climáticas e seus efeitos na disponibilidade de alimentos e água, tensões regionais, e estabilidade e segurança nacional (AL NUAIMI et al, 2015). O HSC pode, assim, auxiliar de forma direta na configuração do conceito de bacia hidrográfica inteligente, realizando a análise, monitoramento e vindo a ser fonte das massas de dados relacionadas às alterações e intercorrências climáticas e de demanda que afetam região de uma bacia hidrográfica. Uma vez que estas alterações estão fortemente conectadas ao comportamento do ciclo hidrológico visto em determinada região, toda informação, detalhamento e possíveis efeitos sobre o clima permitem que um melhor planejamento hídrico seja realizado. Essa é mais uma aplicação que pode ser incorporada ao Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC).

O Risk Assessment and Horizon Scanning (RAHS), programa que atua no âmbito do Centro Nacional de Coordenação de Segurança de Singapura, é um centro responsável por recolher e analisar dados em grande escala, gerenciando proativamente ameaças, como ataques terroristas, doenças infecciosas e crises financeiras (AL NUAIMI et al, 2015). Apesar de atuar na gerência de diversas crises diferentes, com a estrutura de análise e de gerenciamento de dados em grande escala oferecido pelo RAHS, é possível que essas funcionalidades sejam direcionadas para tratar de questões envolvendo recursos hídricos, contribuindo na parte de análise e auxiliando nas tomadas de decisão. Com o RAHS reforça-se a necessidade de criação do CIMRC.

O National Education Network (NEdNet) é um sistema integrado na Tailândia que inclui serviços de informação relacionados à educação, infraestrutura de rede e serviços de aprendizagem. O sistema permite melhor entendimento e visualização geral para os que lecionam conteúdos didáticos, apoia fortemente a aprendizagem autodirigida e personalizada com base no estudante e auxilia nas tomadas de decisão gerenciais (AL NUAIMI et al, 2015). Este sistema, de forma direta, é capaz, segundo os autores, de influenciar tanto a dinâmica de aprendizagem, quanto a própria capacidade de aprender dos indivíduos.

Diante da grande capacidade de transmissão de informações e de atuar como ferramenta para a geração de conhecimento, o NEdNet, quando direcionado a questões ambientais, pode ser um eficiente recurso para a educação ambiental, principalmente em questões hídricas. Com o NEdNet, o sistema educacional poderia ter aulas, conteúdos, atividades, eventos e palestras que criam visibilidade do assunto para a população e, sobretudo, para os estudantes, abordando temas tais como o desperdício de água, hábitos que impactam positivamente no meio ambiente, funcionamento do ciclo hidrológico, poluição hídrica, entre diversos outros tópicos também importantes. Esse ambiente de educação ambiental poderia estar integrado ao CIMRC, fornecendo informações e orientando sobre a segurança hídrica em tempo real.

O e-Noé é uma solução que composta por uma rede de sensores sem fio é capaz de monitorar rios e córregos urbanos (CRUZ, BARCELLOS e BERNARDINI, 2020). A partir dos dados capturados pelos sensores instalados submersos nas águas, é possível que o registro das alterações no nível das águas seja feito. Utilizando-se destes dados, as aplicações de Inteligência Artificial seriam apropriadas para a realização de previsões sobre prováveis enchentes no local. De modo geral, é plausível visualizar nesta aplicação alguns aspectos que se relacionam com a gestão hídrica e as bacias hidrográficas inteligentes. Estes sensores poderiam estar dispostos nos vários rios e cursos de água que compõem a bacia hidrográfica, coletando informações sobre o nivelamento e, a partir de aplicações de IA e Big Data, seria oportuno fornecer subsídios para auxiliar com o processo decisório em momento de cheia ou de escassez hídrica. Essa é mais uma aplicação que poderia fazer parte do CIMRC.

Diante do volume de dados que o CIMRC pode receber e processar, o conceito de computação em nuvem pode ser aqui aposto, uma vez que todas as aplicações, dados e informações ficam reunidos em data centers e são acessados por meio da internet. Cada uma das aplicações e sistemas citados neste estudo possuem, obviamente, funções e funcionamentos distintos, ainda assim, todas tendem para o mesmo objetivo e se interconectam por este ponto. Aceito isso, sugere-se que o CIMRC auxiliaria na conectividade de todos os serviços, facilitando toda a integração existente entre eles.

**Conclusões**

A proposta deste estudo foi, particularmente, explorar o uso de TICs para a formação e teorização do conceito de bacias hidrográficas inteligentes e sustentáveis. Tendo como base e ponto de referência o estudo de conceitos e aplicações sobre cidades inteligentes, defendeu-se a grande importância das TICs para o avanço e melhoria da qualidade de vida dos cidadãos.

A partir das aplicações das TIC’s sugeridas e aqui apresentadas, bem como de outras que possam vir a ser incorporadas, a criação de um Centro Integrado de Monitoramento de Recursos Hídricos (CIMRC) teria por principal finalidade centralizar todas as informações relacionadas à segurança hídrica da região em que a bacia hidrográfica avaliada se estende. Esta base automatizada exerceria funções focada na gestão dos recursos hídricos, objetivando melhorar o aproveitamento e controle do fluxo da água a partir da coleta, recebimento e análise das informações disponíveis no espaço territorial.

Centralizando o controle da gestão sobre as aplicações, o CIMRC receberia informações por meio de sensores dos mais diversos tipos (pluviométricos, níveis de água e vazão dos rios, entre outros), além de dados relacionados aos efeitos das alterações climáticas. Com a base de dados captada e armazenada, várias análises poderiam ser feitas, gerando informações e subsídios para auxiliar com o processo de tomada de decisões.

Todas as etapas poderiam ser realizadas com base no monitoramento em tempo real, utilizando recursos tecnológicos, tais como IoT, Computação em Nuvem, Big Data e Inteligência Artificial presentes em cada uma das aplicações, para que assim seja possível alcançar uma melhor eficiência nas respostas relacionadas à gestão hídrica.

Em suma, para os autores não há dúvidas que as tecnologias de informação e comunicação e suas aplicações presentes em cidades inteligentes possam também ser utilizadas para a construção de soluções tecnológicas baseadas no conceito de bacias hidrográficas inteligentes. Nesse sentido, como há dependência de água para a sobrevivência dos seres vivos e para a realização das atividades produtivas, postula-se a necessidade de toda essa estrutura de informações que a tecnologia pode entregar. De outra forma, esta seria uma ferramenta fundamental para que os gestores de recursos hídricos possam enfrentar as adversidades hídricas e das consequências advindas das alterações climáticas, uma vez que poderão ter informações em tempo real para auxiliar na tomada de decisão.

Finalmente, os autores advertem que os resultados, teorizações e propostas aqui delineadas são de caráter exploratório e fundamentadas no referencial bibliográfico e documental utilizado. Sugere-se, portanto, a continuidade dos estudos e a verificação em situações reais das soluções tecnológicas, visando o aprofundamento do conceito de bacas 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**

AL NUAIMI, Eiman; AL NEYADI, Hind; MOHAMED, Nader; AL-JAROODI, Jameela. Applications of big data to smart cities. **Journal of Internet Services and Applications**, v. 6, n. 1, p. 1-15, 2015. Disponível em: <<https://jisajournal.springeropen.com/articles/10.1186/s13174-015-0041-5>> . Acesso em: 07 jan. 2023.

BASSI, Alessandro; HORN, Geir. Internet of Things in 2020: A Roadmap for the Future. **European Commission: Information Society and Media**, v. 22, p. 97-114, 2008.

BRASIL. **Política Nacional de Recursos Hídricos**, 1997. Disponível em <https://www.planalto.gov.br/ccivil\_03/leis/l9433.htm>. Acesso em: 05 set. 2023.

BORJA, Rafael; GAMA, Kiev. Middleware para cidades inteligentes baseado em um barramento de serviços. In: **Anais do X Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação**. SBC, 2014. p. 584-590. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/6147>. Acesso em: 10 fev. 2023

BORSATO, F.; MARTONI, A. M., Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná, **Acta Scientiarum Human and Social Science**, 2008, DOI: 10.4025/actascihumansoc.v26i2.1391.

CARAGLIU, A.; DEL BO, C.; NIJKAMP, P. . Smart Cities in Europe**. Journal of Urban Technology**, 2011. Vol. 2, n. 18, p. 65-82. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>>. Acesso em: 20 out. 2022.

CARRION, Patrícia; QUARESMA, Manuela. Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais. **Human Factors in Design**, v. 8, n. 15, p. 049-066, 2019. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049>. Acesso em: 20 dez. 2022.

COUTINHO, Pedro Caldas. **Big Data em cidades inteligentes: um mapeamento sistemático**. 2019.

Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/handle/11422/6440>. Acesso em: 03 fev. 2023.

CRUZ, Matheus; BARCELLOS, Raissa; BERNARDINI, Flavia. Inteligência Artificial no Governo Eletrônico em Cidades Inteligentes: Possibilidades e Desafios. **Computação Brasil**, n. 43, p. 27-30, 2020. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/comp-br/article/view/1793>. Acesso em: 07 mar. 2023.

CUNHA, Izabella Bauer de Assis; BARACHO, Renata Maria Abrantes. Dados Abertos e suas aplicações em Cidades Inteligentes. **Liinc em Revista**, v. 15, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.18617/liinc.v15i2.4767>>. Acesso em: 16 jan. 2023.

DEBATTISTA, Jeremy; LANGE, Christoph; SCERRI, Simon; AUER, Sören.Linked'Big'Data: towards a manifold increase in big data value and veracity. **In: 2015 IEEE/ACM 2nd International Symposium on Big Data Computing (BDC)**. IEEE, 2015. p. 92-98. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/BDC.2015.34>. Acesso em: 21 mar. 2023.

FARIAS, José Ewerton P. de; ALENCAR, Marcelo S.; LIMA, Ísis A.; ALENCAR, Raphael T. Cidades Inteligentes e Comunicações. **Revista de tecnologia da informação e comunicação**, n.1, 2011.

GANDOMI, Amir; HAIDER, Murtaza. Beyond the hype: Big data concepts, methods, and analytics. **International journal of information management**, v. 35, n. 2, p. 137-144, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2014.10.007>. Acesso em: 02 abr. 2023.

GIFFINGER, Rudolf; FERTNER, Christian; KRAMAR, Hans; KALASEK, Robert; PICHLER-MILANOVIC, Nataša; MEIJERS, Evert. **Smart cities-ranking of european medium-sized cities. Final report**, Vienna University of Technology, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.34726/3565>. Acesso em: 02 nov. 2022.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, n. 61, p. 16-17, 2002.

GLEICK, P.; ICELAND, C. Water, Security, and Conflict. Issue Brief. **World Resource Institute and Pacific Institute**, p. 1–16, ago. 2018.

GOMES, D. dos S. Inteligência Artificial: conceitos e aplicações. **Olhar Científico**. v1, n. 2, p. 234-246, 2010.

JOÃO, Belmiro do Nascimento; SOUZA, Crisomar Lobo de; SERRALVO, Francisco Antonio. Revisão sistemática de cidades inteligentes e internet das coisas como tópico de pesquisa. **Cadernos Ebape**. br, v. 17, p. 1115-1130, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1679-395174442>. Acesso em: 13 mai. 2023.

JOHNSSON, Rosa Maria Formiga; MELO, Marilia Carvalho de.O conceito emergente de segurança hídrica. **Sustentare**, v. 1, n. 1, p. 72-92, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5892/st.v1i1.4325>. Acesso em: 10 set. 2022.

KAUFMAN, Dora. **A inteligência artificial irá suplantar a inteligência humana?** ESTAÇÃO DAS LETRAS E CORES EDI, 2019.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Cidades Inteligentes: Conceitos, plataformas e desafios. **Jornadas de atualização em informática**, v. 17, 2016.

KON, Fabio; SANTANA, Eduardo Felipe Zambom. Computação aplicada a Cidades Inteligentes: Como dados, serviços e aplicações podem melhorar a qualidade de vida nas cidades. **CSBC 2017. JAI 4. São Paulo, SP**, p. 2536, 2017.

KRISHNAMACHARI, Bhaskar; POWER, Jerry; KIM, Seon Ho; SHAHABI, Cyrus.I3: An IoT marketplace for smart communities. In: **Proceedings of the 16th Annual International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services**. 2018. p. 498-499. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3210240.3223573>. Acesso em: 01 mar. 2023.

LAZZARETTI, Kellen; SEHNEM, Simone; BENCKE, Fernando Fantoni; MACHADO, Hilka Pelizza. Cidades inteligentes: insights e contribuições das pesquisas brasileiras, **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.001.e20190118>. Acesso em: 21 set. 2022.

LEMOS, André; De que forma as novas tecnologias - como a computação em nuvem, o Big Data e a internet Das coisas - podem melhorar a condição de vida nos espaços urbanos?. **Revista GV-EXECUTIVO - Fundação Getúlio Vargas**, v. 12 n. 2, 2013.

NAM, T.; PARDO, T.A. Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people and institutions. In: **ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON DIGITAL**, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2037556.2037602>. Acesso em: 21 set. 2022.

PEDROSA, Paulo HC; NOGUEIRA, Tiago. **Computação em nuvem**. Acesso em, v. 6, 2011. Disponível em: <https://www.ic.unicamp.br/~ducatte/mo401/1s2011/T2/Artigos/G04-095352-120531-t2.pdf>. Acesso em: 22 set. 2022.

PORTO, Monica FA; PORTO, Rubem La Laina. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, v. 22, p. 43-63, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200004>. Acesso em: 09 set. 2022.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Inteligência Artificial**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Campos, 2004.

SAMPIERI, Roberto Hernandez; COLLADO, Carlos Fernadez; LUCIO, Pilar Batista Otros **Metodología de la Investigación**, v. 3, 1991.

SILVEIRA, D. T.; CÓRDOVA, F. P. A pesquisa científica. In: **GERHARDDT, T. E. e SILVEIRA, D. T. (org.). Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, P. 31-42, 2009.

SOUSA, Flávio RC; MOREIRA, Leonardo O.; MACHADO, Javam C. Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. **II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)**, p. 150-175, 2009.

TAURION, Cezar. **Cloud computing-computação em nuvem**. Brasport, 2009.

TEODORO, Valter Luiz Iost; TEIXEIRA, Denilson; COSTA, Daniel Jadyr Leite; FULLER, Beatriz Buda. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137-156, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.25061/2527-2675/ReBraM/2007.v11i1.236>. Acesso em: 12 jan. 2023.

TOPPETA, D. The smart city vision: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities. **The Innovation Knowledge Foundation**, 2010.

TUCCI, Carlos EM. Hidrologia: ciência e aplicação.; 2. reimpr. **Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH**, 2001.

TUNDISI, José Galizia. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. 2003. Disponível em: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-383410>. Acesso em: 06 out. 2022.

WARD, Jonathan Stuart; BARKER, Adam. Undefined by data: a survey of big data definitions. **arXiv preprint arXiv:1309.5821**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1309.5821>. Acesso em: 29 abr. 2023.

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos; CONSONI, Flavia Luciane. Cidades inteligentes: a aplicação das tecnologias de informação e comunicação para a gestão de centros urbanos. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 9, n. 18, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3895/rts.v9n18.2634>. Acesso em: 29 abr. 2023.

YIGITCANLAR, T.; KAMRUZZAMAN, M.; BUYS, L.; IOPPOLO, G.; SABATINI-MARQUes, J., da Costa, M.; YUN, J. J. Understanding ‘smart cities’: Intertwining development drivers with desired outcomes in a multidimensional framework. **Cities**, v. 81, p. 145-160, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.04.003>. Acesso em: 15 mar. 2023.