

# ALGORITMOS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA GESTÃO DE CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS EM SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO

**Nome:** Claudio Zancan  
**ORCID:** 0000-0002-9150-4962

**E-mail:** [claudiozancan@usp.br](mailto:claudiozancan@usp.br)  
**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Nome:** João Luiz Passador  
**ORCID:** 0000-0002-0460-8852

**E-mail:** [jlpassador@usp.br](mailto:jlpassador@usp.br)  
**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Nome:** Cláudia Souza Passador  
**ORCID:** 0000-0002-9333-563X

**E-mail:** [cspassador@usp.br](mailto:cspassador@usp.br)  
**Instituição:** Universidade de São Paulo

**Editor Associado:** Anna Cecília Chaves Gomes

Artigo submetido em 18/10/2023, aceito em 24/11/2023 e publicado em 24/12/2024  
DOI: 10.15628/empiricabr.2024.16294

## RESUMO

Este artigo propõe o uso de algoritmos de inteligência artificial (IA) na gestão de consórcios intermunicipais brasileiros de água e esgoto, por meio da programação em Python, de forma coordenada e estratégica. A importância dessa abordagem reside principalmente na melhoria na tomada de decisões, oferecendo diretrizes que tornam a administração intermunicipal mais informada e precisa. Nesse sentido, os conceitos de consórcios intermunicipais e IA são explorados como pressupostos teóricos, delineando este estudo qualitativo com características descritivas e propositivas. Os resultados obtidos indicam que a utilização da IA na gestão de consórcios intermunicipais é considerada uma abordagem promissora e inovadora, capaz de otimizar processos, melhorar a eficiência operacional, reduzir custos e aumentar a qualidade dos serviços prestados à população. Para estudos futuros, são sugeridas pesquisas de viabilidade econômica, avaliação de impactos sociais e ambientais, aspectos éticos e legais, além da adoção de novas tecnologias, como computação em nuvem, Internet das Coisas (IoT) e *blockchain*, no uso de técnicas e abordagens de IA. Essas investigações têm o potencial de ampliar o entendimento e o aproveitamento dos benefícios proporcionados pela IA na gestão dos consórcios intermunicipais, possibilitando avanços significativos nesse campo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Consórcios Intermunicipais. Governo. Gestão Pública. Python. IA.

## ARTIFICIAL INTELLIGENCE ALGORITHMS IN THE MANAGEMENT OF INTER-MUNICIPAL CONSORTIA FOR WATER AND SEWAGE SERVICES

## ABSTRACT

This article proposes the use of artificial intelligence (AI) algorithms in the management of Brazilian inter-municipal water and sewage consortia, through coordinated and strategic

programming in Python. The importance of this approach lies primarily in improving decision-making, providing guidelines that make inter-municipal administration more informed and precise. In this regard, the concepts of inter-municipal consortia and AI are explored as theoretical assumptions, outlining this qualitative study with descriptive and propositional characteristics. The obtained results indicate that the use of AI in the management of inter-municipal consortia is considered a promising and innovative approach, capable of optimizing processes, improving operational efficiency, reducing costs, and increasing the quality of services provided to the population. For future studies, research on economic feasibility, evaluation of social and environmental impacts, ethical and legal aspects, as well as the adoption of new technologies such as cloud computing, Internet of Things (IoT), and blockchain, in the use of AI techniques and approaches, are suggested. These investigations have the potential to broaden the understanding and utilization of the benefits provided by AI in the management of intermunicipal consortia, enabling significant advances in this field.

**KEYWORDS:** Inter-municipal Consortia. Government. Public Management. Python. AI.

## 1 INTRODUÇÃO

A globalização econômica e cultural impulsiona a conectividade social, criando formas de cooperação e interdependência entre os indivíduos e sociedades em escala global. Nesse contexto, a gestão de uma sociedade conectada torna-se um desafio para o poder público, requerendo a implementação de políticas e ações que promovam a inclusão digital, garantam a segurança e privacidade dos cidadãos e permitam o acesso equitativo e democrático à informação.

A tecnologia desempenha um papel fundamental nesse processo de conectividade, permitindo a comunicação em tempo real e o compartilhamento instantâneo de informações e ideias. Para gerenciar eficientemente uma sociedade conectada, é essencial estabelecer marcos regulatórios atualizados que definam normas e diretrizes para o uso compartilhado da tecnologia entre as esferas do poder público. Além disso, investimentos em infraestrutura e políticas públicas voltadas para a inclusão digital e a redução das desigualdades de acesso às tecnologias de informação representam grandes desafios para os gestores públicos.

No contexto da gestão de serviços públicos municipais no Brasil, surgem os consórcios intermunicipais como forma de cooperação federativa descentralizada. Esses consórcios visam a gestão compartilhada de políticas públicas que fornecem serviços básicos aos cidadãos, superando as dificuldades enfrentadas pelos municípios isoladamente e abordando problemas que ultrapassam as fronteiras municipais. A formação e o funcionamento desses consórcios são regulamentados pela Constituição Federal de 1988 e pela Lei nº 11.107/2005, que estabelecem competências, responsabilidades e obrigações dos municípios participantes por meio de contratos de programa.

Os consórcios intermunicipais oferecem diversas vantagens, como a melhoria da qualidade dos serviços, a economia de recursos, o fortalecimento do poder público local, o acesso a recursos financeiros e técnicos, a flexibilidade na gestão e a redução de conflitos. No entanto, também apresentam desvantagens, como dificuldades na tomada de decisões, desigualdades entre os municípios, obstáculos na implementação de políticas públicas, custos administrativos e desafios no gerenciamento de conflitos.

Este artigo pressupõe que a gestão eficiente dos consórcios intermunicipais por meio da inteligência artificial (IA) pode superar essas desvantagens. A IA é capaz de processar grandes quantidades de dados, fornecendo diretrizes estratégicas para os gestores municipais enfrentarem os desafios na prestação de serviços básicos à população, como os serviços de água e esgoto. A aplicação da IA na gestão dos consórcios intermunicipais pode envolver a análise de dados para identificar padrões e tendências, a otimização de processos para uma gestão mais eficiente dos recursos, o auxílio na tomada de decisões estratégicas e o aprimoramento do atendimento ao cidadão.

Embora a IA seja de grande importância na gestão de consórcios intermunicipais, existem lacunas teóricas que precisam ser abordadas. Estudos são necessários para compreender como superar desafios de governança, melhorar a gestão financeira e esclarecer questões jurídicas complexas relacionadas aos consórcios intermunicipais. Essa discussão ganha importância devido à melhoria na tomada de decisões, redução de custos administrativos, estímulo à inovação e busca por soluções tecnológicas mais eficientes. Com o objetivo de promover *insights* de pesquisa, este artigo propõe o uso de algoritmos de IA na gestão de consórcios intermunicipais brasileiros, utilizando códigos de programação em Python. Essa abordagem coordenada e estratégica busca uma gestão eficiente dos serviços de água e esgoto. A utilização da IA pode proporcionar uma tomada de decisões mais informada e precisa, automação de processos, redução de custos e estímulo à inovação na gestão dos consórcios intermunicipais.

Na próxima seção, serão apresentados estudos teóricos sobre consórcios intermunicipais, modelos de gestão, inteligência artificial e suas associações com a gestão pública, incluindo exemplos de cooperação. Em seguida, será proposto um *framework* de IA na gestão de consórcios intermunicipais, com algoritmos específicos para gestão de serviços de água e esgoto. O artigo é finalizado com as principais conclusões e a lista de referências teóricas utilizadas nesta discussão.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Os estudos sobre consórcios intermunicipais têm uma história relativamente recente no Brasil. Os primeiros consórcios surgiram na década de 1970, porém foi somente a partir dos anos 1990 que houve um aumento significativo no número de consórcios intermunicipais em todo o país. A Constituição Federal de 1988 reconheceu a autonomia dos municípios e incentivou a cooperação entre eles, o que contribuiu para o surgimento de consórcios (VAZ, 1997).

Para Lui, Schabbach e Nora (2020) o primeiro consórcio intermunicipal de saúde foi criado em 1990 no estado de São Paulo, reunindo municípios que buscavam melhorar a qualidade dos serviços de saúde prestados à população. Ao longo das décadas seguintes, os consórcios intermunicipais se multiplicaram em diversas áreas, como transporte, saneamento básico, resíduos sólidos, educação, entre outras. A criação de consórcios passou a ser vista como uma forma de enfrentar os desafios comuns a vários municípios, principalmente em áreas metropolitanas ou regiões de desenvolvimento.

Em 2005, a Lei nº 11.107/2005 estabeleceu normas gerais para a criação de consórcios públicos, o que contribuiu para a regulamentação e consolidação desse tipo de parceria entre municípios. A lei definiu, por exemplo, que os consórcios públicos podem ser criados por dois ou mais entes da Federação, com personalidade jurídica de direito público ou privado, e com a finalidade de realizar atividades de interesse comum. Um dos principais desafios dessa Lei é

garantir que os consórcios públicos sejam estruturados e geridos de forma adequada e transparente, evitando problemas como a má gestão dos recursos públicos, a corrupção e a falta de prestação de contas. Além disso, é preciso garantir que os consórcios sejam capazes de promover efetiva melhoria dos serviços públicos prestados à população (OLIVEIRA; ALVES, 2018).

Outro desafio importante é a garantia da participação da sociedade na gestão dos consórcios públicos, assegurando que a população tenha voz nas decisões que afetam diretamente sua vida e seus direitos. Isso requer transparência, mecanismos de controle social e a promoção de canais de diálogo entre os consórcios e a comunidade. Por fim, é preciso garantir que os consórcios públicos estejam alinhados com as políticas públicas e os objetivos de desenvolvimento sustentável, de modo a contribuir para a construção de um país mais justo e igualitário (GRIN, 2021).

Para Leão et al. (2022) os consórcios intermunicipais são vistos atualmente como importantes instrumentos de cooperação e integração entre os municípios para a prestação de serviços públicos de forma mais eficiente e econômica. Eles surgem como uma alternativa para superar as limitações financeiras, técnicas e administrativas dos municípios isolados. Por meio deste tipo de consórcio, os municípios podem unir esforços para planejar e executar projetos e programas em áreas como saúde, educação, transporte, saneamento básico, meio ambiente, cultura, entre outras. Além disso, os consórcios permitem a aquisição conjunta de bens e serviços, gerando economia de escala e redução de custos.

Entretanto, é importante ressaltar que os consórcios intermunicipais devem ser estruturados e geridos de forma adequada e transparente, para evitar problemas como a má gestão dos recursos públicos, a corrupção e a falta de prestação de contas. É fundamental que haja transparência e participação social nas decisões dos consórcios, garantindo a efetiva representatividade dos municípios envolvidos e o controle social sobre as ações realizadas. Ou seja, os consórcios intermunicipais podem ser percebidos como uma alternativa viável para a solução de problemas que afetam diversos municípios, além de ser uma forma de fortalecer o poder público local e promover o desenvolvimento regional (SPINELLI; MESQUITA, 2020).

Assim, um conceito que contempla a dimensão conceitual observada na atualidade está em definir os consórcios intermunicipais como parcerias formais entre dois ou mais municípios para a realização de atividades de interesse comum. Essas parcerias são regidas por um contrato ou convênio, no qual são estabelecidos os objetivos, as obrigações e os direitos dos municípios consorciados (FLEXA, 2019).

A partir desta definição, os consórcios intermunicipais podem assumir personalidade jurídica de direito público ou privado, dependendo das normas que regem a sua criação. Isso ocorre porque eles são criados, em sua maioria, com a finalidade de promover o desenvolvimento regional, fortalecer o poder público local e solucionar problemas que afetam vários municípios. Entre aquelas atividades que podem ser realizadas nos consórcios intermunicipais, destacam-se a prestação de serviços públicos, como saúde, educação,

transporte e saneamento básico, a compra de bens e serviços em conjunto, a elaboração de planos e projetos em conjunto e a captação de recursos financeiros e técnicos.

Para tanto, os consórcios intermunicipais podem ser formados por municípios de uma mesma região, com características e problemas semelhantes, ou por municípios de regiões diferentes que compartilham interesses específicos. A adesão aos consórcios é voluntária e depende da vontade dos municípios envolvidos. Em geral, os consórcios intermunicipais são geridos por uma estrutura colegiada, formada por representantes dos municípios consorciados. Essa estrutura tem o papel de definir as políticas e diretrizes do consórcio, além de acompanhar e avaliar as atividades realizadas (ENDLICH, 2018).

Assim, os consórcios intermunicipais são importantes para o desenvolvimento dos municípios brasileiros por várias razões. Em primeiro lugar, eles permitem que os municípios compartilhem recursos e conhecimentos, o que pode resultar em serviços mais eficientes e de melhor qualidade para a população. Isso é especialmente importante para municípios com recursos limitados, que podem não ter condições de oferecer todos os serviços necessários aos seus cidadãos.

Além disso, Vaz (1997) afirma que os consórcios intermunicipais fortalecem o poder público local, permitindo que os municípios se unam em torno de objetivos comuns e aumentem a capacidade de negociação com outros entes públicos e privados. Eles também podem facilitar o acesso a recursos financeiros e técnicos por meio de convênios com outros órgãos governamentais, instituições de crédito e empresas privadas. Outra vantagem dos consórcios intermunicipais é que eles podem reduzir conflitos entre municípios vizinhos, fornecendo um espaço de negociação e colaboração em vez de competição. Isso pode ser especialmente importante em regiões onde os recursos são escassos e as demandas são elevadas. Por fim, os consórcios intermunicipais podem contribuir para a promoção do desenvolvimento regional, ao incentivar a cooperação entre municípios e a busca por soluções conjuntas para problemas comuns. Isso pode resultar em uma maior integração econômica e social entre os municípios, beneficiando a população como um todo (FREITAS, 2015).

Embora os consórcios intermunicipais possuam diversas vantagens, também é importante considerar suas possíveis desvantagens. Como indicado por Flexa (2019), algumas dessas desvantagens podem incluir dificuldade de coordenação, dificuldade de financiamento, dificuldade de governança, dificuldade de sustentabilidade e dificuldade de adesão. Para esse mesmo autor, a coordenação entre os diferentes municípios envolvidos é um dos maiores desafios dos consórcios intermunicipais. Cada município possui suas próprias prioridades e necessidades, o que pode dificultar o alcance de um consenso sobre as ações a serem tomadas. Além disso, a formação de um consórcio intermunicipal pode exigir investimentos significativos em infraestrutura e recursos humanos, o que pode ser difícil de obter em regiões com recursos limitados.

A criação de um consórcio intermunicipal requer uma estrutura de governança adequada, o que pode ser difícil de estabelecer e manter. É necessário definir as regras de funcionamento do consórcio, estabelecer mecanismos de tomada de decisão e garantir a



transparência e a prestação de contas. Garantir a sustentabilidade financeira do consórcio intermunicipal a longo prazo é importante, porém difícil de alcançar. O financiamento pode ser afetado pela instabilidade política e econômica, tornando necessário garantir que o consórcio seja capaz de se manter independentemente das mudanças de governo e das condições econômicas. Além disso, a eficácia e a eficiência do consórcio podem ser prejudicadas pela dificuldade de adesão de todos os municípios. Nem todos os municípios podem estar dispostos a participar de um consórcio intermunicipal, o que pode comprometer os resultados e os objetivos do consórcio. Portanto, embora os consórcios intermunicipais apresentem vantagens consideráveis, é crucial estar ciente das dificuldades que podem surgir em relação à coordenação, financiamento, governança, sustentabilidade e adesão, como apontado por Flexa (2019).

Consórcios intermunicipais que conseguiram aproveitar essas vantagens, minimizando as dificuldades encontradas e que são considerados casos de sucesso neste tipo de cooperação pública, podem ser observados em algumas regiões brasileiras. Entre esses consórcios intermunicipais de sucesso, conforme observado em Nascimento et al. (2018), três exemplos estão relacionados a seguir, visto que a gestão de consórcios intermunicipais é uma prática que tem sido amplamente explorada em diferentes regiões do Brasil. Essa forma de cooperação entre municípios busca promover a integração de ações e recursos, visando oferecer melhores serviços e soluções para a população.

Um exemplo emblemático dessa abordagem é o CONSAB (Consórcio Intermunicipal de Saúde do Alto Tietê), fundado em 1999. Composto por nove municípios da região do Alto Tietê, em São Paulo, o CONSAB tem como objetivo primordial proporcionar serviços de saúde de qualidade para a população local. A organização presta serviços de média e alta complexidade, como exames especializados, consultas com especialistas, internações, cirurgias e serviços de apoio diagnóstico. Destaca-se também o investimento em tecnologia e inovação, com a implementação de sistemas informatizados de gestão, que contribuem para a melhoria do atendimento e a redução de custos. O CONSAB representa uma iniciativa importante no campo da saúde pública, promovendo a integração entre os municípios consorciados e proporcionando serviços de saúde de qualidade aos cidadãos.

Outro exemplo relevante é o CINCATARINA (Consórcio Intermunicipal Catarinense), estabelecido em 1996 como uma associação pública sem fins lucrativos. O CINCATARINA busca promover o desenvolvimento regional e a integração dos municípios catarinenses em diversas áreas, como educação, saúde, meio ambiente e desenvolvimento econômico. No setor da saúde, o consórcio tem como foco a organização, administração e gerenciamento dos serviços, com ênfase na atenção básica. Isso inclui a implantação de unidades de saúde, equipes multiprofissionais e programas de prevenção e promoção da saúde. Além disso, o CINCATARINA realiza compras conjuntas de medicamentos e equipamentos, visando a redução de custos e aprimoramento do atendimento.

Por fim, tem-se o CONISUL (Consórcio Intermunicipal da Região Sul), que reúne 12 municípios da região sul do estado do Paraná. Fundado em 1999, o CONISUL tem como propósito a cooperação entre os municípios consorciados na busca por soluções conjuntas para

problemas regionais nas áreas de saúde, educação, desenvolvimento econômico e infraestrutura. Na área da saúde, o consórcio garante o acesso da população a serviços de qualidade, por meio de políticas e ações integradas, além da utilização de recursos compartilhados. Em relação à educação, o CONISUL atua na capacitação dos profissionais da rede municipal de ensino, oferecendo cursos de formação continuada e materiais didáticos. O consórcio também se envolve na melhoria da infraestrutura escolar e na oferta de atividades extracurriculares. Quanto ao desenvolvimento econômico, o CONISUL promove ações para estimular o crescimento regional, como a geração de emprego, atração de investimentos e busca por soluções conjuntas. Por fim, na área de infraestrutura, o consórcio se dedica à manutenção e melhoria de estradas, implantação de sistemas de abastecimento de água e tratamento de esgoto, gestão de resíduos sólidos e implementação de políticas de preservação ambiental.

Esses exemplos ilustram de forma empírica como a gestão de consórcios intermunicipais pode ser uma estratégia eficaz para otimizar recursos, fortalecer a cooperação entre os municípios e melhorar a qualidade dos serviços oferecidos à população. Portanto, para ampliar a discussão, o conceito de gestão de consórcios intermunicipais é explorado com mais detalhes no próximo tópico.

## 2.1 GESTÃO DE CONSÓRCIOS INTERMUNICIPAIS

A gestão municipal é o processo de planejar, organizar, dirigir e controlar as atividades e recursos de uma administração pública municipal, com o objetivo de atender às necessidades e demandas da população local (CALMON; COSTA, 2013). A gestão municipal abrange diversas áreas, entre elas: saúde, educação, transporte, segurança pública, meio ambiente, urbanismo, cultura e lazer. A gestão municipal é responsável por definir e implementar políticas públicas que visam melhorar a qualidade de vida da população, bem como, gerenciar e alocar recursos de forma eficiente e transparente. Uma boa gestão municipal é fundamental para garantir o desenvolvimento sustentável e o bem-estar da comunidade local.

Por sua vez, gerir um consórcio intermunicipal significa coordenar e administrar ações conjuntas entre municípios com o objetivo de solucionar problemas compartilhados e promover o desenvolvimento regional de forma cooperada. Isso envolve desde a definição das demandas e objetivos do consórcio, a gestão de recursos financeiros e humanos, até a implementação e avaliação das ações realizadas. O gestor do consórcio é responsável por liderar as discussões entre municípios membros, planejar e executar projetos em conjunto, além de garantir a transparência e a efetividade das ações realizadas. Por isso, Vaz (1997) argumenta que é importante que o gestor do consórcio tenha habilidades de negociação, liderança, gestão de conflitos e reconhecimento técnico sobre as áreas de atuação do consórcio.

Existem diferentes modelos de gestão de consórcios intermunicipais, que podem variar de acordo com a legislação de cada país ou região. Todos esses modelos são importantes porque permitem que municípios com recursos limitados possam cooperar e compartilhar serviços, infraestrutura e recursos, visando à eficiência, eficácia e economicidade das políticas públicas. Dessa forma, a gestão de consórcios intermunicipais pode contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população, uma vez que os municípios podem se unir para enfrentar



problemas comuns e desenvolver projetos de interesse coletivo, como a construção de aterros sanitários, a gestão de resíduos sólidos, a oferta de serviços de saúde, a criação de consórcios para a compra de medicamentos, a oferta de serviços de transporte coletivo, entre outros.

Além disso, a gestão de consórcios intermunicipais pode trazer benefícios financeiros para os municípios, uma vez que a cooperação e o compartilhamento de serviços e recursos podem reduzir custos e desperdícios, permitindo a utilização mais eficiente dos recursos disponíveis. Por isso, os mecanismos de gestão de consórcios intermunicipais são importantes instrumentos de gestão pública que podem ajudar a promover o desenvolvimento sustentável e o bem-estar da população.

Alguns dos modelos de gestão de consórcios intermunicipais mais comuns, incluem:

Quadro 1 – Modelos de gestão de consórcios intermunicipais

Tipo	Descrição
Gestão plena	Os municípios transferem para o consórcio a responsabilidade pela prestação de determinado serviço, seja na sua totalidade ou em parte. O consórcio assume a gestão do serviço, ficando responsável pela contratação de pessoal, aquisição de equipamentos e insumos, entre outras atividades. A gestão plena em um consórcio intermunicipal ocorre quando os municípios consorciados transferem integralmente a gestão de determinada área para o consórcio. Um exemplo disso é a gestão plena da saúde, na qual os municípios consorciados delegam ao consórcio a responsabilidade pela gestão e execução dos serviços de saúde em seu território. Nesse modelo de gestão, o consórcio passa a ter autonomia para gerir os recursos e serviços da área em questão, contratar profissionais, realizar investimentos e definir políticas públicas específicas para aquela área. Assim, os municípios consorciados conseguem garantir a oferta de serviços públicos de qualidade e eficientes para a população, reduzindo custos e compartilhando recursos.
Gestão compartilhada	A gestão compartilhada em um consórcio intermunicipal ocorre quando os municípios integrantes decidem dividir responsabilidades e recursos para a execução de determinadas políticas públicas. Um exemplo pode ser a gestão compartilhada de resíduos sólidos, em que os municípios se unem para gerenciar o tratamento e destino do lixo produzido em suas cidades. Nesse caso, cada município pode ser responsável por coletar o lixo em seu território e transportá-lo até o local de tratamento. Enquanto, o consórcio intermunicipal fica encarregado de gerenciar a operação e manutenção do aterro sanitário outra forma de tratamento escolhida. Com isso, existe uma divisão de tarefas e recursos entre os municípios e o consórcio, permitindo a otimização dos serviços e redução de custos.
Gestão associada	Os municípios que participam do consórcio mantêm sua autonomia, mas se associam para realizar serviços em conjunto, dividindo responsabilidades e recursos financeiros. Um exemplo de gestão associada em um consórcio intermunicipal pode ser a cooperação entre municípios para a construção e administração de um aterro sanitário compartilhado. Nesse caso, os municípios se unem em um consórcio para dividir custos de construção e manutenção do aterro que será utilizado por todos os municípios consorciados. O consórcio intermunicipal ficará responsável por gerenciar o aterro sanitário, incluindo a fiscalização do cumprimento das normas ambientais, a gestão de resíduos, a contratação de empresas especializadas para os serviços de operação e manutenção, entre outras atividades. A gestão associada, nesse caso, permite que os municípios compartilhem recursos e competências para alcançar uma solução comum e mais eficiente para o tratamento do lixo.

Gestão integrada	Nesse modelo, os municípios e outras entidades envolvidas na prestação do serviço trabalham de forma integrada, compartilhando informações e recursos financeiros, a fim de promover a eficiência na gestão do serviço. A gestão integrada envolve a união de diferentes áreas de atuação de municípios consorciados para a tomada de decisões conjuntas em prol de um objetivo comum. Um exemplo pode ser a criação de um consórcio intermunicipal voltado para o desenvolvimento econômico de uma região. Nessa situação, os municípios consorciados poderiam unir esforços para atrair investimentos para a região, promover o turismo local, criar projetos de incentivo a agricultura, entre outras iniciativas que contribuam para o desenvolvimento da área de forma integrada e coordenada. Para esse modelo de gestão, a tomada de decisões é compartilhada entre os municípios e as ações são planejadas e executadas de forma conjunta, visando o benefício de todos os envolvidos.
------------------	--

Fonte: Adaptado de Oliveira e Alves (2018)

É importante destacar que cada modelo de gestão pode apresentar características específicas, vantagens e desvantagens, dependendo do contexto em que é aplicado. A escolha do modelo adequado deve levar em consideração as características da região, o tipo de serviço a ser prestado, a legislação em vigor, entre outros fatores relevantes. As características de cada modelo de gestão de um consórcio intermunicipal estão baseadas na cooperação entre os municípios consorciados, unidos em torno de objetivos comuns. Por isso, a gestão do consórcio intermunicipal envolve, também, a descentralização de recursos e de poder, de forma que os municípios consorciados tenham autonomia para gerir suas políticas locais. Ainda, os municípios consorciados compartilham recursos, serviços e conhecimentos, visando obter vantagens que não conseguiriam isoladamente (OLIVEIRA; ALVES, 2018).

Para Leão et al. (2022), como outra característica, o modelo de gestão do consórcio intermunicipal busca a eficiência na prestação de serviços públicos, com a otimização dos recursos e a melhoria da qualidade dos serviços prestados, portanto a eficiência ganha destaque. Também, a gestão do consórcio intermunicipal deve ser transparente e baseada em princípios éticos, para garantir a confiança da população e dos órgãos fiscalizadores, por isso a transparência é fundamental. Por fim, os municípios consorciados devem participar ativamente da gestão do consórcio intermunicipal, para que as decisões tomadas reflitam as necessidades e interesses da população local, a participação ativa é uma característica importante. Associada a ela, tem-se que o modelo de gestão do consórcio intermunicipal deve ser flexível e adaptável às mudanças nas condições políticas, econômicas e sociais, para que possa continuar atendendo às necessidades dos municípios consorciados ao longo do tempo.

Da mesma forma, as principais vantagens de um modelo de gestão de um consórcio intermunicipal incluem: redução de custos, melhoria da eficiência, ampliação de capacidade de prestação de serviços e resolução de desafios, fortalecimento do poder de negociação, melhoria da qualidade dos serviços, com o compartilhamento de recursos e conhecimentos, melhoria da gestão e da integração regional, pois o consórcio intermunicipal pode contribuir para a integração regional, fomentando o desenvolvimento socioeconômico da região e promovendo o fortalecimento de laços entre os municípios (VAZ, 1997; FLEXA, 2019).

Vaz (1997) e Flexa (2019) observam ainda desvantagens nestes modelos de gestão, entre as quais, destacam-se: a) Complexidade administrativa: um consórcio intermunicipal pode

ter várias cidades envolvidas, cada uma com suas próprias demandas e necessidades. Isso pode tornar a administração do consórcio mais complexa e difícil de gerenciar; b) Disputas políticas: disputas políticas entre as cidades membros do consórcio podem prejudicar o processo de tomada de decisões e a implementação de projetos; c) Dificuldades financeiras: financiar os projetos do consórcio pode ser um desafio, especialmente quando as cidades membros têm recursos financeiros limitados. O rateio dos custos também pode ser um ponto de conflito entre os membros; d) Dificuldades operacionais: Os membros do consórcio podem ter diferentes formas de operar e diferentes níveis de habilidade e experiência na gestão de projetos. Isso pode levar a atrasos e ineficiências na implementação de projetos; e) Dependência de recursos externos: Dependendo do modelo de gestão adotado, o consórcio pode depender de recursos externos, como financiamento do governo ou parcerias com empresas privadas, o que pode afetar sua independência e flexibilidade na tomada de decisões.

É importante lembrar que essas desvantagens podem ser gerenciadas e superadas com uma boa gestão do consórcio e a colaboração dos membros envolvidos. Uma das alternativas encontradas e verificadas neste artigo é por meio do uso da Inteligência Artificial, visto que essa ferramenta é útil para superar desafios e tornar a gestão mais eficiente e eficaz. Entre as maneiras por meio das quais a inteligência artificial pode ser usada melhorar a gestão de consórcios intermunicipais, estão as atividades para melhorar a comunicação entre os membros do consórcio. Por exemplo, *chatbots* e assistentes virtuais podem ser implementados para responder a perguntas frequentes e fornecer informações atualizadas em tempo real. Também a coordenação de atividades e processos entre os membros do consórcio podem ser usados, por exemplo, para determinar as melhores rotas de coleta de resíduos em diferentes municípios e horários, evitando o congestionamento e garantindo que todas as áreas sejam atendidas de forma eficiente. Por fim, a inteligência artificial pode ser usada para fornecer insights e análises que ajudam a orientar a tomada de decisões conjuntas. Por exemplo, algoritmos de análise de dados podem ser usados para identificar padrões e tendências em diferentes áreas, ajudando os membros do consórcio a tomar decisões informadas sobre questões como planejamento urbano, gestão de recursos hídricos e gestão de resíduos (ZHOU, 2021; WALCZAL, 2019).

Em resumo, a inteligência artificial pode ser usada para melhorar a comunicação, coordenação, tomada de decisão e padronização de processos em modelos de gestão de consórcios intermunicipais. Ao implementar essas tecnologias, os municípios membros do consórcio podem trabalhar de forma mais coordenada e eficiente, garantindo o sucesso do consórcio no longo prazo. Por essas razões, o conceito de inteligência artificial é aprofundado na próxima seção deste artigo.

## 2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Para Sichman (2021), a história da inteligência artificial (IA) remonta aos anos de 1950, quando pesquisadores começaram a explorar a ideia de criar máquinas capazes de imitar a inteligência humana. Um marco importante nesse campo foi a publicação do artigo *Computing Machinery and Intelligence*, de Alan Turing, em 1950, que propôs um teste para avaliar a capacidade de uma máquina de exibir comportamento inteligente equivalente ou indistinguível daquele de um ser humano. Nos anos seguintes, surgiram várias abordagens para a construção

de sistemas de IA, incluindo o aprendizado de máquina, que usa algoritmos para permitir que uma máquina aprenda a partir de dados; a lógica simbólica, que usa regras formais para representar o conhecimento; e as redes neurais artificiais, que são modelos matemáticos que imitam o funcionamento do cérebro humano.

A IA passou por várias fases de altos e baixos desde os anos 1950, com períodos de entusiasmo seguidos de desilusão. Durante a década de 1950 e 1960, muitos pesquisadores acreditavam que a IA poderia ser desenvolvida, rapidamente, sendo capaz de realizar tarefas complexas, como reconhecimento de fala e visão computacional, em pouco tempo (HAUGELAND, 1985). No entanto, na década de 1970, ficou evidente que as expectativas eram muito elevadas e que as capacidades da IA eram muito limitadas, na época. Além disso, houve uma redução significativa no financiamento para a pesquisa em IA, tanto no setor público quanto o privado. Isso agravou a situação de piora, caracterizando a expressão, conforme Maccarthy (2007), inverno da inteligência artificial. Esse período foi caracterizado por uma desilusão generalizada com a IA e uma falta de investimento em pesquisa e desenvolvimento nessa área.

Conforme relata Walczak (2019), neste período, a pesquisa em IA continuou, mas a taxa de progresso foi muito mais lenta do que o esperado, bem como, as expectativas de avanço no campo foram significativas reduzidas. No entanto, a partir dos anos 1990, com o surgimento da internet e o aumento do poder de processamento dos computadores, houve um renascimento da IA, no qual a pesquisa e o desenvolvimento voltaram a receber mais atenção e investimentos. Para Ludermir (2021), nestes últimos anos, a IA voltou a atrair grande interesse, impulsionado por avanços em áreas como o aprendizado profundo, que usa redes neurais artificiais para criar sistemas de IA mais sofisticados, capazes de realizar tarefas como reconhecimento de fala e imagem, tradução automática e diagnóstico médico. A IA também tem sido aplicada em uma ampla gama de campos, incluindo veículos autônomos, robótica, finanças, varejo e cuidados de saúde. Neste contexto, a IA é definida como um ramo da ciência da computação que busca criar sistemas capazes de executar tarefas que exigem inteligência humana, como raciocínio, aprendizado, percepção, compreensão de linguagem natural e tomada de decisão. A inteligência artificial é baseada em técnicas de processamento de informações, aprendizado automático, reconhecimento de padrões, lógica e algoritmos otimizadores (SICHMAN, 2021).

Entre as vantagens da Inteligência Artificial estão a automatização de tarefas repetitivas e cansativas, liberando os indivíduos para trabalhos mais criativos e estratégicos. Ainda, a IA pode executar tarefas com precisão e consistência, reduzindo erros humanos e aumentando a eficiência. Por sua vez, a velocidade que a inteligência artificial tem para processar grandes volumes de dados e executar tarefas complexas em uma fração do tempo, é considerado uma vantagem (SMITH, 2019). Também, inteligência artificial pode analisar grandes quantidades de dados e fornecer *insights* úteis para a tomada de decisões mais informadas, bem como, analisar dados de clientes e fornecer experiências personalizadas e relevantes, aumentando a satisfação do cliente e a lealdade à marca. Também, são percebidos ganhos com redução de custos, na automatização de tarefas e redução da necessidade de mão de obra humana, resultando em economia de custos para as empresas, além da possibilidade de analisar dados

históricos (e atuais) para prever tendências futuras, permitindo que as organizações se antecipem de possíveis problemas ou oportunidades, resultando na melhoria da segurança, visto que a IA pode ser usada para monitorar sistemas e detectar atividades suspeitas, melhorando a segurança cibernética e física (LUDERMIR, 2021).

Haugeland (1985) define que algumas desvantagens também são percebidas, entre elas questões de viés, uma vez que a IA pode ser treinada com dados tendenciosos e replicar esses vieses em suas decisões e análises, perpetuando desigualdades sociais e preconceitos. A IA depende de grandes quantidades de dados de alta qualidade para funcionar corretamente. Se os dados estiverem incompletos, desatualizados ou imprecisos, a IA pode produzir resultados equivocados, causando dependência de dados. Os custos: a implementação de soluções de IA pode ser cara, exigindo investimentos em hardware, software, treinamento e pessoal especializado. Ainda a falta de transparência pode existir visto que a IA pode ser complexa e difícil de entender, tornando difícil para os usuários entenderem como as decisões são tomadas. Isso pode ser especialmente preocupante em setores como saúde e justiça, onde as decisões podem ter consequências significativas para a vida das pessoas. Finalmente, a IA pode coletar e processar grandes quantidades de dados pessoais, levantando questões de privacidade e segurança de dados.

No Brasil, a regulamentação sobre inteligência artificial ainda é incipiente, embora existam algumas iniciativas em andamento. Algumas das principais regulamentações e iniciativas sobre o tema incluem o marco civil da internet, a Lei nº 12.965/2014, que estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil. Embora não seja específica para IA, essa lei é importante para a regulação da tecnologia, pois estabelece a neutralidade da rede, a proteção à privacidade e a liberdade de expressão. Também, a Lei nº 13.709/2018, conhecida como Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD), regulamenta o tratamento de dados pessoais no Brasil, incluindo aqueles que são coletados e processados por meio de sistemas de IA. A lei estabelece regras sobre a coleta, o armazenamento, o tratamento e o compartilhamento de dados pessoais, bem como sobre o consentimento dos titulares desses dados (SICHMAN, 2021).

A Estratégia Brasileira de Inteligência Artificial (EBIA), lançada em 2019, é uma iniciativa do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) para fomentar o desenvolvimento da IA no Brasil. A estratégia tem como objetivo promover a pesquisa, a inovação e a difusão da IA no país, além de estimular o uso da tecnologia em setores estratégicos, como saúde, educação e segurança pública. Por fim, em tramitação na Câmara dos Deputados, o PL 21/2020 propõe a criação de uma lei específica para regulamentar o uso da IA no Brasil. O projeto estabelece regras para a responsabilidade dos desenvolvedores e usuários da tecnologia, bem como para a transparência e a explicabilidade dos sistemas de IA. É importante destacar que essas regulamentações e iniciativas ainda estão em processo de implementação e aprimoramento, e que a regulação da IA é um tema em constante evolução no Brasil e no mundo.

No que se refere aos aspectos éticos, Fjeld et al. (2020) relaciona à inteligência artificial, aos principais, quer sejam: a) Transparência e explicabilidade: as decisões tomadas por sistemas



de IA podem ser complexas e difíceis de compreender. Por isso, é importante garantir que essas decisões sejam transparentes e explicáveis, de modo que os usuários possam entender como a tecnologia está sendo utilizada e como as decisões estão sendo tomadas; b) Viés e discriminação: os sistemas de IA podem reproduzir e amplificar preconceitos e discriminações existentes na sociedade, especialmente se forem treinados com dados históricos enviesados. Por isso, é importante garantir que a tecnologia seja desenvolvida de forma a minimizar o viés e a discriminação; c) Privacidade e proteção de dados: Os sistemas de IA podem coletar, processar e armazenar grandes quantidades de dados pessoais, o que pode representar uma ameaça à privacidade dos usuários. É importante garantir que os dados sejam coletados e utilizados de forma ética e que os usuários tenham controle sobre suas informações pessoais; d) Responsabilidade: os sistemas de IA podem tomar decisões que afetam diretamente as pessoas e as organizações. Por isso, é importante garantir que os desenvolvedores e usuários da tecnologia sejam responsáveis pelas decisões tomadas pelos sistemas de IA e que haja mecanismos para avaliar e corrigir eventuais erros ou problemas; d) Segurança: os sistemas de IA podem ser vulneráveis a ataques e manipulações, especialmente se forem utilizados em setores críticos, como saúde e segurança pública. É importante garantir que a tecnologia seja desenvolvida e utilizada de forma segura, para minimizar os riscos de danos físicos, materiais e imateriais (FJELD et al. 2020).

Esses são apenas alguns dos principais aspectos éticos relacionados à IA. É importante destacar que essa discussão está em constante evolução e que novos desafios podem surgir à medida que a IA seja mais presente. É importante destacar que a adoção dessas tecnologias deve ser feita de forma responsável, respeitando a privacidade dos cidadãos e buscando sempre o benefício da população. Portanto, com base nessas tendências de uso da IA na gestão de consórcios municipais são sugeridas algumas possibilidades estratégicas de uso da IA para a gestão de serviços de água e esgoto capazes de ser coordenados por consórcios intermunicipais.

### 3 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados neste artigo classificam o mesmo como uma pesquisa qualitativa, com características descritivas e propositivas. Portanto, essa discussão propositiva elegeu como objetivo propor a discussão do uso de modelos de IA para a gestão de consórcios intermunicipais no Brasil, com implementação de ferramentas tecnológicas que permitem, de forma coordenada e estratégica, a gestão eficiente dos serviços de água e esgoto, com características tangíveis e passíveis de mensuração.

Para tanto, esta pesquisa foi conduzida por meio das seguintes etapas.



Quadro 2 – Etapas metodológicas adotadas

<b>Etapas</b>	<b>Descrição</b>
Pergunta de pesquisa	Como a inteligência artificial pode ser utilizada na gestão de consórcios intermunicipais na prestação de serviços de água e esgoto?
Fontes de pesquisa	As bases de dados utilizadas na busca foram Scopus, Web of Science e Google Scholar. Além disso, foi realizada uma busca manual em periódicos especializados em gestão de consórcios intermunicipais e inteligência artificial.
Critérios de inclusão e exclusão de estudos	Os critérios de inclusão foram: a) artigos e livros publicados em inglês e português, entre os anos de 1983 e 2023; b) artigos que abordavam a utilização da inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais, c) artigos que apresentavam casos reais ou experimentais de uso de IA; d) artigos que apresentavam soluções tecnológicas baseadas em IA, e) artigos que possuísem revisão por pares. Os critérios de exclusão foram: a) artigos que não apresentam a utilização da inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais; b) artigos que abordam outras áreas além da gestão de redes, e; c) artigos que são de natureza especulativa ou jornalística.
Realização da busca	A busca foi realizada em abril de 2023, utilizando os seguintes termos de busca: "consórcios intermunicipais", "inteligência artificial", "gestão de consórcios", "consórcios intermunicipais", "visão computacional". A busca inicial identificou 142 artigos.
Seleção dos estudos	Após a triagem inicial dos títulos e resumos, 53 artigos foram selecionados para leitura completa. Desses, 29 foram incluídos nesta abordagem.
Avaliação da qualidade dos estudos	A qualidade dos estudos foi avaliada utilizando a escala de avaliação de qualidade de estudos denominada Critical Appraisal Skills Programme (CASP) que compreende um instrumento de avaliação crítica desenvolvido no Reino Unido e amplamente utilizado por estudos teóricos na área de gestão de saúde. Essa escala é projetada para avaliar qualidade metodológica de estudos qualitativos, quantitativos e mistos. O objetivo do CASP é ajudar os usuários a avaliar criticamente a qualidade dos estudos para determinar a confiabilidade e validade dos resultados. Neste artigo, o CASP foi usado para revisão sistemática da literatura, incluindo perguntas relacionadas com questões que verificaram: adequação da estratégia de busca, seleção dos estudos incluídos, avaliação da qualidade dos textos e síntese dos resultados (LONG; FRENCH; BROOKS, 2020)
Análise e síntese dos dados	Os dados foram analisados utilizando uma síntese narrativa dos resultados dos estudos incluídos. Os resultados foram agrupados em categorias temáticas com base nos principais tópicos abordados pelos estudos, divididos nos seguintes serviços: Água & Esgoto.

Fonte: elaborado pelos autores

Apresentados as principais etapas metodológicas adotadas neste estudo, na próxima seção deste artigo são apresentados os modelos propostos para implementação.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os procedimentos metodológicos descritos permitiram uma revisão sistemática e abrangente da literatura sobre o uso da inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais, fornecendo uma base teórica confiável para a proposição de modelos de IA, propostos e descritos na sequência deste texto. Essa discussão compreende uma visão preliminar sobre o assunto, porém, abrange várias possibilidades conceituais e tecnológicas sobre aplicação da IA na gestão dos consórcios intermunicipais na prestação de serviços públicos de água e esgoto, capazes de tornar a gestão pública municipal uma atividade cada vez mais profissional e precisa (HBR, 2021).

A programação de algoritmos de inteligência artificial pode ser utilizada de diferentes maneiras para a gestão dos serviços públicos de água e esgoto. Aqui estão algumas possibilidades, conforme modelos teóricos e literatura verificada neste artigo:

#### 4.1. ANÁLISE DE DADOS DE CONSUMO

A inteligência artificial pode ser programada para analisar grandes conjuntos de dados relacionados ao uso de água e esgoto em uma determinada região. Isso pode ajudar a identificar padrões e tendências, o que pode ser usado para melhorar a gestão dos serviços. A IA pode ser utilizada para analisar grandes volumes de dados relacionados aos serviços de água e esgoto, a fim de identificar padrões e *insights* que ajudem a melhorar a eficiência e a qualidade desses serviços. Por exemplo, a IA pode ser usada para analisar dados de consumo de água e esgoto em diferentes regiões da cidade, identificando onde ocorrem desperdícios e vazamentos e quais as principais causas desses problemas.

Com essas informações, as equipes responsáveis pelo serviço podem atuar de forma mais eficiente na correção de falhas e na melhoria do sistema de distribuição. Além disso, a IA também pode ser utilizada para prever o consumo de água e esgoto em diferentes períodos do ano, levando em conta fatores como o clima, a densidade populacional e a atividade econômica. Com base nessas previsões, as equipes responsáveis podem planejar melhor a distribuição de recursos, evitando desperdícios e garantindo que o serviço seja prestado de forma eficiente.

Uma sugestão de algoritmos de programação em Python capazes de fazer este controle de análise de dados, podem ser percebidos na figura a seguir.

Figura 1 – Código-fonte do algoritmo para análise de dados de consumo em Python

```
# Importar as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression

# Carregar os dados de consumo de água e esgoto em um dataframe
dados = pd.read_csv('dados_consumo_agua_esgoto.csv')

# Realizar análise exploratória dos dados
# ... (inserir código para analisar os dados, identificar falhas, vazamentos, etc.)

# Treinar um modelo de regressão linear para prever o consumo de água e esgoto
X = dados[['clima', 'densidade_populacional', 'atividade_economica']]
y = dados['consumo']
modelo = LinearRegression()
modelo.fit(X, y)

# Fazer previsões do consumo de água e esgoto em diferentes períodos do ano
# ... (inserir código para obter dados do clima, densidade populacional, atividade econômica)
dados_prev = pd.DataFrame({'clima': [25], 'densidade_populacional': [1500], 'atividade_economica': [3]})
previsao = modelo.predict(dados_prev)
# Apresentar resultados e insights
print("Previsão de consumo de água e esgoto:")
print(previsao)
```

```
# ... (inserir código para fornecer outros insights e sugestões de melhoria com base nos dados analisados)
```

Fonte: proposta dos autores

Este é apenas um exemplo básico de como um algoritmo de análise de dados de consumo de água e esgoto em Python pode ser estruturado para a gestão de consórcios intermunicipais. Programar em Python é importante devido à sua sintaxe simples e legível, vasta comunidade de desenvolvedores, abundância de bibliotecas e módulos, versatilidade em várias indústrias e natureza de código aberto. A depender da complexidade dos dados e dos *insights* desejados, este algoritmo proposto pode ser ajustado e aprimorado para atender às necessidades específicas de diferentes projetos de gestão. É importante ressaltar que a análise de dados de consumo de água e esgoto deve ser realizada por profissionais qualificados e em conformidade com as regulamentações políticas aplicáveis para garantir a privacidade e segurança dos dados, bem como a precisão e a confiabilidade das análises obtidas.

#### 4.2 MONITORAMENTO DE VAZAMENTOS

A IA pode ser utilizada para monitorar o sistema de tubulação de água e esgoto em tempo real, identificando vazamentos e outros problemas. Isso pode ajudar a minimizar as perdas de água e a reduzir os custos de manutenção. A Inteligência Artificial pode monitorar dados de vazamentos em serviços de água e esgoto a partir de análises de dados em tempo real. Por exemplo, sensores instalados na rede de distribuição de água podem captar informações como pressão da água, vazão e nível de reservatórios. Esses dados são então transmitidos para um sistema de IA que utiliza algoritmos para detectar possíveis vazamentos ou problemas na rede. Com base nesses dados, o sistema de IA pode tomar decisões como acionar uma equipe de manutenção para resolver o problema antes que se torne mais grave ou para priorizar a manutenção em determinadas áreas.

Dessa forma, é possível reduzir os custos com perdas de água e garantir uma melhor gestão do serviço de água e esgoto. Uma sugestão de programação em Python com algoritmos capazes de fazer este controle, podem ser percebidos na figura a seguir:

Figura 2 – Código-fonte do algoritmo para monitoramento de vazamentos em Python

```
# Importação de bibliotecas necessárias
# Função para simular a captura de dados dos sensores de água
def capturar_dados sensores():
    # Simulação de captura de dados dos sensores de água
    pressao_agua = random.uniform(40, 80) # Pressão da água em PSI
    vazao_agua = random.uniform(1, 10) # Vazão da água em litros por segundo
    nivel_reservatorio = random.uniform(0, 100) # Nível do reservatório em porcentagem
    return pressao_agua, vazao_agua, nivel_reservatorio

# Função para detecção de vazamentos usando algoritmos de IA
def detectar_vazamentos(pressao_agua, vazao_agua, nivel_reservatorio):
    # Simulação de algoritmo de IA para detecção de vazamentos
    if pressao_agua > 70 or vazao_agua > 8 or nivel_reservatorio < 20:
```

```

return True
else:
    return False

# Função para acionar equipe de manutenção
def acionar_equipe_manutencao(vazamento_detectado):
    if vazamento_detectado:
        print("Vazamento detectado! Acionando equipe de manutenção...")
        # Código para acionar equipe de manutenção na vida real

# Loop de monitoramento em tempo real
while True:
    pressao_agua, vazao_agua, nivel_reservatorio = capturar_dados_sensores()
    vazamento_detectado = detectar_vazamentos(pressao_agua, vazao_agua, nivel_reservatorio)
    acionar_equipe_manutencao(vazamento_detectado)
    # Pausa de 1 minuto para simular monitoramento em tempo real
    time.sleep(60)

```

Fonte: proposta dos autores

Nesse exemplo apresentado foram inseridas funções para simular a captura de dados dos sensores de água, a detecção de vazamentos usando algoritmos de IA e o acionamento de uma equipe de manutenção em caso de vazamento detectado. O *loop* de monitoramento em tempo real é simulado com um intervalo de um minuto entre as interações. É importante ressaltar que essa é apenas uma simulação e que em um sistema real, é necessário considerar questões de segurança, integração com outros sistemas e adequações específicas ao ambiente de implantação.

### 4.3 CONTROLE DE QUALIDADE DA ÁGUA

A IA pode ser programada para monitorar a qualidade da água em tempo real, identificando potenciais problemas, como a presença de contaminantes. Isso pode ajudar a melhorar a saúde pública e a evitar surtos de doenças relacionadas à água. Uma possibilidade de como a IA pode controlar a qualidade da água é por meio da análise de dados em tempo real. Sensores instalados em pontos de coleta de água podem medir diversas variáveis, como pH, nível de cloro, temperatura, turbidez, entre outras. Esses dados são coletados e enviados para uma plataforma que utiliza algoritmos de IA para processar e analisar as informações. A figura a seguir apresenta um exemplo de um algoritmo em Python que pode ser utilizado para monitorar a qualidade da água em tempo real, usando a inteligência artificial.

Figura 3 – Código-fonte do algoritmo para qualidade da água em Python

```

# Importação das bibliotecas necessárias
import random

# Definição das variáveis e constantes
LIMITE_CONTAMINANTE = 0.1 # Limite máximo permitido de contaminantes na água
SENSORES = ['pH', 'cloro', 'temperatura', 'turbidez'] # Lista de sensores utilizados
VALORES_BASE = {'pH': 7.0, 'cloro': 0.5, 'temperatura': 25, 'turbidez': 10} # Valores base para cada sensor
ALERTA_CONTAMINACAO = "ALERTA: Contaminação de água detectada!" # Mensagem de alerta de

```

```
contaminação
# Função para simular a leitura dos sensores de forma aleatória
def ler_sensores():
    leituras = {}
    for sensor in SENSORES:
        leitura = VALORES_BASE[sensor] + random.uniform(-1, 1) # Gera um valor aleatório próximo ao
valor base
        leituras[sensor] = leitura
    return leituras
# Função para verificar a qualidade da água
def verificar_qualidade_agua():
    leituras = ler_sensores() # Lê os valores dos sensores
    print("Valores de leitura dos sensores:", leituras)
    for sensor, valor in leituras.items():
        if valor > LIMITE_CONTAMINANTE:
            print(ALERTA_CONTAMINACAO)
    return
    print("A qualidade da água está dentro dos limites permitidos.")
# Execução do algoritmo
print("Iniciando o monitoramento da qualidade da água...")
while True:
    verificar_qualidade_agua()
    # Aguarda um intervalo de tempo para realizar nova verificação (pode ser configurado de acordo com a
necessidade)
    input("Pressione Enter para realizar uma nova verificação...")
```

Fonte: proposta dos autores

Com base neste algoritmo proposto, a IA pode detectar anomalias e padrões que indicam problemas na qualidade da água, como a presença de contaminantes, e enviar alertas para as equipes responsáveis pela gestão do sistema de tratamento de água. Além disso, a IA também pode ser utilizada para prever possíveis problemas e sugerir soluções para melhorar a qualidade da água, contribuindo para a melhoria da saúde pública.

Ainda, esse algoritmo simula a leitura dos sensores de qualidade de água e verifica se os valores estão dentro de limites permitidos. Caso algum valor ultrapasse o limite de contaminantes estabelecido (LIMITE\_CONTAMINANTE), uma mensagem de alerta é exibida. O algoritmo continua a verificar a qualidade da água em um *loop* infinito, com um intervalo de tempo que pode ser configurado entre as verificações.

#### 4.4 PREVISÃO DE DEMANDA

A IA pode ser utilizada para prever a demanda futura de água e esgoto em uma determinada região. Isso pode ajudar a garantir que haja água suficiente para as necessidades da população e evitar desperdícios. A inteligência artificial pode fazer a previsão de demanda nos serviços de água e esgoto por meio de algoritmos de *machine learning* que analisam dados históricos de consumo, levando em consideração fatores como a sazonalidade, variação climática e eventos específicos que podem afetar a demanda, como feriados e eventos na região. A figura a seguir apresenta um exemplo de um algoritmo em Python que utiliza a biblioteca

*scikit-learn* para implementar um modelo de regressão para prever a demanda futura de água e esgoto, com base em dados históricos de consumo.

Figura 4 – Código-fonte do algoritmo para previsão de demanda em Python

```
# Importando as bibliotecas necessárias
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.metrics import mean_squared_error
# Carregando os dados históricos de consumo
dados = pd.read_csv('dados_consumo.csv')
# Dividindo os dados em variáveis de entrada (X) e saída (y)
X = dados.drop('demanda_futura', axis=1)
y = dados['demanda_futura']
# Dividindo os dados em conjunto de treinamento e teste
X_treino, X_teste, y_treino, y_teste = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)
# Criando o modelo de regressão linear
modelo = LinearRegression()
# Treinando o modelo com os dados de treinamento
modelo.fit(X_treino, y_treino)
# Fazendo previsões com o modelo treinado
previsoes = modelo.predict(X_teste)
# Calculando o erro médio quadrático (RMSE) das previsões
rmse = mean_squared_error(y_teste, previsoes, squared=False)
print('RMSE:', rmse)
# Exemplo de uso do modelo treinado para fazer previsões de demanda futura
novo_dado = pd.DataFrame({'consumo_anterior': [1000], 'variacao_climatica': [0.05], 'sazonalidade': [0.1],
'eventos_especificos': [0.02]})
demanda_futura = modelo.predict(novo_dado)
print('Demanda Futura:', demanda_futura)
```

Fonte: proposta dos autores

Neste exemplo, assume-se que os dados históricos de consumo estão em um arquivo CSV, chamado 'dados\_consumo.csv' com as seguintes colunas: 'consumo\_anterior', 'variação\_climatica', 'sazonalidade', 'eventos\_especificos' e 'demanda\_futura'. O código carrega os dados, divide-os em variáveis de entrada (X) e saída (y), divide-os em conjunto de treinamento e teste, cria um modelo de regressão linear, treina o modelo com os dados de treinamento e teste, faz previsões com o modelo treinado, calcula o erro médio quadrático (RMSE) das previsões e, finalmente, faz uma previsão de demanda futura com base em um novo dado, utilizando o modelo treinado.

Com base neste algoritmo, a IA pode prever qual será a demanda futura de água e esgoto, permitindo que as empresas responsáveis pelo serviço ajustem a produção e distribuição de água, além de otimizar o processo de tratamento de esgoto, evitando desperdícios e garantindo um uso mais eficiente dos recursos disponíveis. Além disso, essa previsão de demanda pode contribuir para o planejamento e gestão mais eficiente dos recursos financeiros, humanos e materiais envolvidos na prestação desses serviços.



Porém, é importante ressaltar que este é apenas um exemplo simplificado e que a escolha do modelo de regressão e dos atributos a serem considerados na previsão poderão variar, dependendo dos dados disponíveis e de características exclusivas encontradas quando da implementação deste modelo.

#### 4.5 MONITORAMENTO DO CONSUMO

A inteligência artificial (IA) pode ser programada para monitorar o consumo de água e esgoto em tempo real usando várias abordagens. No entanto, nesta pesquisa foram selecionadas algumas possíveis etapas para implementar tal sistema que parecer transversais e utilizadas em diferentes consórcios:

- **Coleta de dados:** Para monitorar o consumo de água e esgoto em tempo real, é necessário coletar dados de medidores de água e sistemas de tratamento de esgoto. Isso pode ser feito usando sensores instalados em locais estratégicos, como medidores de água residenciais, medidores de vazão em estações de tratamento de água e estações de tratamento de esgoto.
- **Transmissão de dados:** Os dados coletados pelos sensores precisam ser transmitidos para um sistema centralizado de processamento de dados. Isso pode ser feito usando redes de comunicação, como redes de sensores sem fio (WSN), redes de internet das coisas (IoT) ou outras tecnologias de transmissão de dados.
- **Processamento de dados:** Os dados coletados precisam ser processados para identificar e extrair as informações relevantes, como o consumo de água e esgoto em tempo real. Isso pode ser feito usando técnicas de processamento de dados, como análise de dados em tempo real, aprendizado de máquina e algoritmos de IA.
- **Modelagem e previsão:** Com base nos dados coletados e processados, os modelos de IA podem ser treinados para identificar padrões de consumo de água e esgoto e fazer previsões sobre o consumo futuro. Isso pode ajudar a identificar anomalias e alertar sobre possíveis vazamentos, desperdícios ou outros problemas relacionados ao consumo de água e esgoto em tempo real.
- **Tomada de decisões e ações:** Com as informações geradas pelos modelos de IA, é possível tomar decisões informadas sobre a gestão do consumo de água e esgoto em tempo real. Por exemplo, é possível ajustar a oferta de água com base na demanda real, identificar áreas de alto consumo e implementar medidas de conservação de água, ou acionar alertas para a manutenção de sistemas de esgoto.
- **Interação com os usuários:** É possível implementar sistemas de IA que interajam com os usuários, como enviar notificações de consumo de água e esgoto, fornecer dicas de economia de água, ou permitir que os usuários monitorem seu próprio consumo em tempo real através de aplicativos ou interfaces de usuário.
- **Monitoramento contínuo e atualização:** Um sistema de monitoramento de consumo de água e esgoto em tempo real usando IA deve ser continuamente atualizado e aprimorado com base nos dados coletados e no feedback dos usuários. Isso pode

envolver aprimoramento dos modelos de IA, atualização dos sensores, ou ajustes nas estratégias de tomada de decisões.

É importante destacar que a implementação de um sistema de monitoramento de consumo de água e esgoto em tempo real usando IA envolve considerações de privacidade e segurança dos dados, além de cumprir regulamentações e leis locais relacionadas à coleta, armazenamento e processamento de dados. É essencial garantir que o sistema seja projetado e implementado de forma ética e segura, levando em consideração os interesses dos usuários e a proteção dos dados sensíveis. A figura a seguir propõe algoritmos para fazer este controle por meio da IA:

Figura 5 – Código-fonte do algoritmo para monitoramento do consumo em Python

```
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LinearRegression
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.metrics import mean_squared_error

# Carregar os dados históricos de consumo de água e esgoto
dados = pd.read_csv('dados_consumo.csv')

# Separar os dados em variáveis de entrada (X) e variável de saída (y)
X = dados.drop('demanda_futura', axis=1)
y = dados['demanda_futura']

# Dividir os dados em conjunto de treinamento e conjunto de teste
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Criar e treinar o modelo de regressão linear
modelo = LinearRegression()
modelo.fit(X_train, y_train)

# Fazer previsões no conjunto de teste
y_pred = modelo.predict(X_test)

# Calcular o erro médio quadrático (RMSE)
rmse = mean_squared_error(y_test, y_pred) ** 0.5

print(f'RMSE: {rmse:.2f}')
```

Fonte: proposta dos autores

Neste exemplo é assumido que os dados históricos de consumo de água e esgoto estão em um arquivo CSV, chamado neste exemplo de 'dados\_consumo.csv', onde a coluna 'demanda\_futura' representa a variável de saída que será prevista, bem como as outras colunas representam as variáveis de entrada que serão utilizadas pelo modelo para fazer as previsões. O algoritmo utiliza a regressão linear como modelo de aprendizado de máquina, que é uma abordagem simples para a previsão de demanda com base em dados históricos. Ele divide os dados em conjunto de treinamento e conjunto de teste usando a função *train\_test\_split* da biblioteca scikit-learn, treinando o modelo de regressão linear com o conjunto de treinamento com a função *fit*. Ainda faz previsões no conjunto de teste usando a função *predict*, e cálculo o

erro médio quadrático (RMSE) entre as previsões e os valores reais usando a função *mean\_squared\_error* da biblioteca *scikit-learn*.

É importante ressaltar que a implementação de um sistema de monitoramento de consumo de água e esgoto em tempo real envolve muitos outros passos além da modelagem e predição, como a coleta de dados em tempo real, a transmissão de dados, o processamento de dados em tempo real, a tomada de decisões e ações, a interação com os usuários e o monitoramento contínuo e atualização do sistema. Além disso, é fundamental considerar questões de privacidade e segurança dos dados, bem como cumprir regulamentações e leis locais relacionadas à coleta, armazenamento e processamento de dados, como mencionado nas informações fornecidas.

## 5 CONCLUSÃO

Este artigo trouxe como objetivo principal propor o uso de algoritmos de inteligência artificial (IA) na gestão de consórcios intermunicipais brasileiros, com códigos de programação em Python, capazes de proporcionar, de forma coordenada e estratégica, a gestão eficiente de serviços de água e esgoto administrados via consórcios. Com isso, concluiu-se que a utilização da IA na gestão de consórcios de serviços intermunicipais apresenta-se como uma abordagem promissora e inovadora. Os *frameworks* propostos têm o potencial de transformar significativamente a forma como esses serviços são gerenciados, otimizando processos, melhorando a eficiência operacional, reduzindo custos e aumentando qualidade dos serviços oferecidos à população (CAMPOS; FIGUEIREDO, 2022).

Por meio da análise de dados em tempo real, aprendizado de máquina e algoritmos avançados, os modelos de inteligência artificial podem fornecer *insights* valiosos para a tomada de decisões estratégicas, permitindo uma gestão mais proativa e baseada em dados. Por exemplo, a previsão de demanda de água e esgoto, a identificação de pontos críticos de segurança e a otimização de rotas de transporte público podem ser aprimoradas por meio do uso de técnicas de inteligência artificial, resultando em serviços mais eficientes e econômicos. Além disso, a utilização da inteligência artificial pode contribuir para a tomada de decisões mais informadas e embasadas, considerando uma ampla gama de variáveis e cenários complexos, o que pode levar a uma gestão mais estratégica e sustentável dos consórcios de serviços intermunicipais. A adoção de modelos de inteligência artificial pode ajudar a antecipar problemas, identificar oportunidades de melhoria e promover a inovação na gestão desses serviços, gerando benefícios para as comunidades envolvidas. No entanto, é importante ressaltar que a implementação de modelos de inteligência artificial na gestão de consórcios de serviços intermunicipais requer uma abordagem cuidadosa, considerando aspectos éticos, legais, sociais e de privacidade dos dados. É fundamental garantir a transparência, a responsabilidade e a equidade no uso da inteligência artificial, bem como assegurar a proteção dos dados sensíveis e o respeito aos direitos dos cidadãos.

Como sugestões para estudos futuros, tendo por base as propostas de utilização de *frameworks* inteligência artificial sugeridas na gestão de consórcios de serviços intermunicipais de água e esgoto, segurança e transporte público, alguns *insights* podem ser considerados em novas pesquisas:

- Estudos de viabilidade econômica: é importante realizar estudos de viabilidade econômica para avaliar os custos e benefícios da implementação de modelos de inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais. Isso pode envolver a análise de custos de implantação, manutenção e atualização dos sistemas de inteligência artificial, bem como a estimativa dos benefícios financeiros gerados na otimização;
- Avaliação de impactos sociais e ambientais: estudos podem ser conduzidos para avaliar os impactos sociais e ambientais da utilização da inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais. Isso pode incluir a análise dos efeitos na qualidade de vida dos cidadãos, na equidade de acesso aos serviços e na sustentabilidade ambiental;
- Aspectos éticos e legais: é fundamental aprofundar a análise dos aspectos éticos e legais relacionados à utilização da inteligência artificial na gestão de consórcios intermunicipais, como a privacidade dos dados, a transparência, a responsabilidade e a equidade. Estudos podem ser conduzidos para identificar possíveis desafios éticos e legais e propor soluções para mitigá-los, e;
- Adoção de novas tecnologias: a evolução tecnológica é constante, e novas tecnologias podem surgir no campo da inteligência artificial. Estudos futuros podem explorar o uso de novas técnicas e abordagens de inteligência artificial, como a computação em nuvem, a internet das coisas (IoT) e a *blockchain*, no planejamento estratégico municipal.

Essas são algumas indicações de estudos futuros que podem contribuir para a compreensão mais aprofundada da utilização da inteligência artificial na gestão de consórcios de serviços intermunicipais de água e esgoto, proporcionando o desenvolvimento de práticas mais eficazes e sustentáveis nesse contexto.

## REFERÊNCIAS

- AHUJA, G.; SODA, G.; ZAHEER, A. The genesis and dynamics of organizational networks. **Organization science**, v. 23, n. 2, p. 434-448, 2012.
- BALESTRIN, A.; VERSCHOORE, J. **Redes de Cooperação Empresarial: Estratégias de Gestão na Nova Economia**. Bookman editora, 2016.

CALMON, P.; COSTA, A. T. M. Redes e governança das políticas públicas. **Revista de Pesquisa em Políticas Públicas**, v. 1, p. 1-29, 2013.

CAMPOS, S.; FIGUEIREDO, J. Aplicação de Inteligência Artificial no Ciclo de Políticas Públicas. **Cadernos de Prospecção**, v.15, p.196-214, 2022.

DE MORAIS, R. et al. Vantagens e Desafios dos Consórcios Intermunicipais de Saúde: um ensaio teórico. **Revista de Desenvolvimento Econômico**, v.2, n. 49, 2021.

OLIVEIRA, S. S.; ALVES, M. F. A reforma da gestão das redes estaduais de Goiás e do Rio de Janeiro sob a égide da Nova Gestão Pública. **Revista online de Política e Gestão Educacional**, v. 22, n. 1, p. 177-192, 2018.

NASCIMENTO, O. S.; NUNES, A.; DE AVILA, M. L. O Neoinstitucionalismo e os consórcios federativos no Brasil. **Caderno Profissional de Administração da UNIMEP**, v. 8, n. 2, p. 128-139, 2018.

ENDLICH, A. M. Cooperações intermunicipais em áreas não metropolitanas. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 23, n. 3, p. 95-116, 2018.

FJELD, J.; NELE A.; HANNAH, H.; NAGY, A.; SRIKUMAR, M. **Principled Artificial Intelligence: Mapping Consensus in Ethical and Rights-based Approaches to Principles for AI**. Berkman Klein Center for Internet & Society, 2020

FERNANDES, A. S. A. et al. An analysis of intermunicipal consortia to provide waste services based on institutional collective action. **Revista de Administração Pública**, v. 54, p. 501-523, 2020.

FLEXA, R. G. C.; BARBASTEFANO, R. G. Consórcios públicos de saúde: uma revisão da literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 25, p. 325-338, 2019.

FREITAS, B. R.; OLIVEIRA, A. R de. Avaliação dos consórcios intermunicipais de saúde da zona da mata mineira: uma análise sob a ótica dos gestores de saúde. **HOLOS**, v. 3, p. 338-353, 2015.

GRIN, E. J. et al. Together it is possible to go further: Brazilian health inter-municipal consortium as a collaborative and innovative governance to fight COVID-19. **International Research Society for Public Management**, 2021.

HAUGELAND, J.. **Artificial Intelligence: The Very Idea**. Massachusetts: The MIT Press, 1985.

HBR - HARVARD BUSINESS REVIEW. **Artificial Intelligence**. HBR Press, 2021.

LEÃO, L.; ANDRADE BASTOS, S. Q.; RIBEIRO, H. M. D. Relação entre consórcios públicos e desenvolvimento municipal: uma análise a partir do tamanho e diversidade das redes intermunicipais em Minas Gerais. **Gestão & Regionalidade**, v. 39, n. 116, 2022.

LONG, H.; FRENCH, D. P.; BROOKS, J. M. Optimising the value of the critical appraisal skills programme (CASP) tool for quality appraisal in qualitative evidence synthesis. **Research Methods in Medicine & Health Sciences**, v. 1, n. 1, p. 31-42, 2020.

LUI, L.; SCHABBACH, L. M.; NORA, C. R. D. Regionalização da saúde e cooperação federativa no Brasil: o papel dos consórcios intermunicipais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.25, p. 5065-5074, 2020.

LUDERMIR, T. B. **Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina**: estado atual e tendências. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 85-94, 2021.

MCCARTHY, J. **What is artificial intelligence?** Stanford: 2007.

MONTEZANO, L.; ISIDRO, A. Proposta de modelo multinível de competências para gestão pública inovadora. **Future Studies Research Journal: trends and strategies**, v. 12, n. 2, p. 355-378, 2020.

NOHRIA, N. **Is a network perspective a useful way of studying organizations?** In: NOHRIA, Nitin; ECCLES, Rober G. **Networks and organizations: structure, form, and action**. Boston; Massachusetts: Harvard Business School Press, 1992.

SICHMAN, J. S. Inteligência Artificial e sociedade: avanços e riscos. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.35, n. 101, p. 37-50, 2021.

SILVA, F. A.; MARTINS, T. C. P. M.; CKAGNAZAROFF, I. B. Redes organizacionais no contexto da governança pública: a experiência dos Tribunais de Contas do Brasil com o grupo de planejamento organizacional, **Revista do Serviço Público**, v.64, n.2, p.249-271, 2013.

SMITH, B. C. **The promise of artificial intelligence**: reckoning and judgment. Mit Press, 2019.

SPINELLI, J.; MESQUITA, L. P. **Policentrismo e cooperações intermunicipais**: um estudo em regiões de baixa densidade demográfica no norte do Rio Grande do Sul/Brasil. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v.25, n. 3, p. 989-1008, 2020.

VAZ, J. C. **Consórcios intermunicipais**. 1997.

ZHOU, Z. **Machine learning**. Springer Nature, 2021.

WALCZAK, S. **Artificial neural networks**. In: **Advanced methodologies and technologies in artificial intelligence, computer simulation, and human-computer interaction**. IGI global, 2019.