

# Indicadores de saneamento básico: Uma aplicação da Análise Fatorial para os municípios das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí

Basic sanitation indicators: An application of Factorial Analysis for the municipalities of the Piracicaba, Capivari and Jundiáí River Watersheds

*Indicadores básicos de saneamiento: Una aplicación del Análisis Factorial para los municipios de las Cuencas de los Ríos Piracicaba, Capivari y Jundiáí*

Walef Pena Guedes<sup>1</sup>

Cibele Roberta Sugahara<sup>1</sup>

Denise Helena Lombardo Ferreira<sup>1</sup>

Bruna Angela Branchi<sup>1</sup>

Recebido em 12/05/2022; revisado e aprovado em: 24/11/2022; aceito em: 14/11/2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.20435/inter.v24i1.3722>

**Resumo:** A transdisciplinaridade acerca do saneamento básico e da sociedade nem sempre é apresentada de maneira clara. À vista disso, emergem inúmeras discussões a respeito da interdependência entre o desenvolvimento e o meio ambiente, endereçando tais incompreensões para os processos de planejamento na tomada de decisão, tendo como principal ator a administração pública. Dessa forma, a pesquisa objetiva analisar um conjunto de indicadores de saneamento básico para os municípios abarcados pelas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí, baseando-se no conceito de saneamento básico da Lei n. 14.026/20. Além disso, a escolha das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí se deu devido à região ser marcada por estruturas socioeconômicas e demográficas específicas. Para tanto, o método empregado se caracteriza como exploratório, com dados coletados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para o ano de 2019 e com a aplicação da técnica de Análise Fatorial. A aplicação da Análise Fatorial permitiu verificar a correlação das variáveis que integram as dimensões do saneamento básico nos municípios atendidos pelas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí. Os resultados revelam que as dimensões de cobertura de atendimento de água e esgotamento sanitário e de disponibilidade e consumo de água são as que capturam o maior número de informações na amostra, sendo responsáveis pelo maior percentual de explicação da variância total dos dados. Ademais, a partir da análise de *cluster*, é possível inferir que todos os municípios estão muito aquém do ideal no que tange às dimensões de cobertura de coleta de esgoto e disponibilidade e consumo de água.

**Palavras-chave:** saneamento básico; indicadores de saneamento; abastecimento de água; esgotamento sanitário; bacias hidrográficas.

**Abstract:** The transdisciplinarity about basic sanitation and society is not always presented clearly. In view of this, numerous discussions about the interdependence between development and the environment emerge, addressing such misunderstandings for the planning processes in decision making, with the public administration as the main actor. Thus, the research aims to analyze a set of basic sanitation indicators for the municipalities encompassed by the Piracicaba, Capivari and Jundiáí River watersheds, based on the basic sanitation concept of Law n. 14.026/20. In addition, the choice of the Piracicaba, Capivari, and Jundiáí River Watersheds was due to the region being marked by specific socioeconomic and demographic structures. To this end, the method used is characterized as exploratory, with data collected in the National Sanitation Information System for the year 2019, and with the application of the Factorial Analysis. The application of Factorial Analysis made it possible to verify the correlation of the variables that make up the dimensions of basic sanitation in the municipalities served by the Piracicaba, Capivari, and Jundiáí River Watersheds. The results reveal that the dimensions of coverage of water service and sanitary sewage and of availability and consumption of water are the ones that capture the largest amount of information in the sample, being responsible for the largest percentage of explanation of the total variance of the data. In addition, from the cluster analysis, it is possible to infer that all municipalities are far from ideal in terms of the dimensions of coverage of sewage collection and availability and consumption of water.

**Keywords:** basic sanitation; sanitation indicators; water supply; sanitary sewage; watersheds.

<sup>1</sup> Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC-Campinas), Campinas, São Paulo, Brasil.



**Resumen:** La transdisciplinariedad sobre saneamiento básico y sociedad no siempre se presenta con claridad. Ante ello, surgen numerosas discusiones sobre la interdependencia entre desarrollo y medio ambiente, abordando tales malentendidos para los procesos de planificación en la toma de decisiones, con la administración pública como actor principal. Así, la investigación tiene como objetivo analizar un conjunto de indicadores de saneamiento básico para los municipios comprendidos en las Cuencas de los Ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá, a partir del concepto de saneamiento básico de la Ley n. 14.026/20. Además, la elección de las Cuencas de los Ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá se debió a que la región estaba marcada por estructuras socioeconómicas y demográficas específicas. El método es exploratorio, con datos recolectados en el Sistema Nacional de Información Sanitaria del año 2019, y con la aplicación de la técnica de Análisis Factorial. La aplicación del Análisis Factorial permitió verificar la correlación de las variables que componen las dimensiones del saneamiento básico en los municipios atendidos por las Cuencas de los Ríos Piracicaba, Capivari y Jundiá. Los resultados revelan que las dimensiones de cobertura del servicio de agua y alcantarillado sanitario y de disponibilidad y consumo de agua son las que captan la mayor cantidad de información en la muestra, siendo las responsables del mayor porcentaje de explicación de la varianza total de los datos. Además, del análisis de conglomerados, es posible inferir que todos los municipios están lejos de ser ideales en cuanto a las dimensiones de cobertura de recolección de alcantarillado y disponibilidad y consumo de agua.

**Palabras clave:** saneamiento básico; indicadores de saneamiento; abastecimiento de agua; alcantarillado sanitario; cuencas hidrográficas.

---

## 1 INTRODUÇÃO

No cenário mundial, o saneamento básico é uma necessidade latente da sociedade e, diante desse cenário, em 2010, a Organização das Nações Unidas (ONU), por meio da Resolução A/RES/64/292, instituiu como direito humano o acesso à água potável e ao saneamento. Em 2015, esse direito foi fortalecido por meio do reconhecimento do esgotamento sanitário como direito humano, por meio da Resolução A/RES/70/169 (ONU, 2015a). Todavia, é recorrente a violação desse direito, dado que, no mundo, cerca de 673 milhões de pessoas não têm acesso ao banheiro, tendo como única alternativa a defecação a céu aberto (WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO]; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND [UNICEF], 2019). Portanto, essas decisões reforçam a necessidade de acesso universal e adequado aos serviços de saneamento.

Além disso, vale destacar que os direitos assegurados pela ONU (2015a) consideram apenas as dimensões de acesso à água e ao esgotamento sanitário, e no Brasil, além dessas dimensões, o conceito de saneamento, descrito na Lei n. 14.026/20, mostra-se bem mais amplo ao contemplar as dimensões de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e de drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

De acordo com o Instituto Trata Brasil (ITB), cerca de 16,3% milhões de brasileiros vivem sem água potável e 54,1% milhões não têm coleta de esgoto. Os dados correspondem a 35 milhões de habitantes sem acesso à água, em quantidade e qualidade, e quase 100 milhões sem serviço de coleta de esgoto (ITB, 2021a). Esse cenário expõe uma lacuna criada pela carência nos serviços de saneamento, a qual possibilita o aumento de vetores de transmissão e contaminação por doenças de veiculação hídrica, estando muito aquém do ideal.

Segundo o Atlas de Saneamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi registrado, entre os anos de 2008 e 2019, cerca de 0,9% de óbitos relacionados ao saneamento inadequado. No Brasil, dentre os óbitos ocorridos por doenças infecto-parasitárias, 21,7% correspondem a mortes por doenças relacionadas ao saneamento (IBGE, 2021). Esses dados dimensionam os impactos e revelam a necessidade de melhorias assertivas no setor de saneamento básico, tendo em vista a estreita relação entre saúde e bem-estar social.

Mundialmente, a Agenda 2030 insere, por meio do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 6, a importância de sustentar o direito humano à água e ao saneamento; reforça, ainda, que o acesso à água e ao saneamento estão intimamente ligados à minimização das disparidades sociais, e que a falta desses serviços impacta negativamente a saúde e o bem-estar social (ONU, 2015b).

Com relação aos ODS, a ONU (2020) destaca a importância de colocar em pauta a universalidade da realização progressiva das obrigações de direitos humanos. Tanto as obrigações quanto os objetivos vêm sendo criticados pela falta de planejamento, dificultando a prospecção de resultados, bem como a mensuração desses, visto que cada país tem autonomia quanto à tomada de decisão, ao definir suas próprias metas (ONU, 2020).

No Brasil, além das metas elencadas no ODS 6 que visam à universalização do acesso à água potável e ao saneamento, tem-se as metas previstas pelo Plano de Saneamento Básico (PLANSAB), as quais objetivam a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico até 2033, tendo como alicerce a Lei n. 11.445, de 15 janeiro de 2007 – Política Nacional de Saneamento Básico (BRASIL, 2021), a qual foi atualizada pela Lei n. 14.020, de 15 de julho de 2020, que considera as quatro dimensões do saneamento e estipulam metas específicas para cada uma delas, mostrando-se como metas ambiciosas e desafiadoras para o setor. Para Carcará, Silva e Moita Neto (2019), apesar dos esforços do setor de saneamento, a universalização ainda é algo distante.

Ademais, é importante destacar que o entendimento de universalização “remete à possibilidade de toda a população poder alcançar uma ação ou serviço de que necessite, sem nenhuma barreira de acessibilidade, não importa se legal, econômica, física ou cultural” (CARCARÁ; SILVA; MOITA NETO, 2019, p. 494), isto é, acesso equânime a todos, sem nenhum tipo de distinção. Para tanto, é imprescindível o acompanhamento da situação dos serviços de saneamento básico, a fim de canalizar de forma assertiva os esforços e recursos.

Nesse sentido, para melhor compreensão e dimensionamento do setor de saneamento, é possível elucidar a situação dos serviços de saneamento por meio da utilização de indicadores, com o intuito de mensurá-los de forma concisa e eficaz – ferramentas que expressam crucialidade nos processos de tomada de decisão, capazes de indicar mudanças e condicionantes. Do ponto de vista da administração pública, os indicadores podem auxiliar no planejamento de ações e orientar políticas públicas.

Por essa razão, a presente pesquisa tem por objetivo analisar os indicadores de saneamento básico para os municípios inseridos nas Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (Bacias PCJ), tendo como base o conceito de saneamento básico da Lei n. 14.020, de 15 de julho de 2020, e as metas de universalização do acesso à água e ao saneamento descritas no ODS 6, a fim de contribuir para a gestão sustentável destas bacias e para a definição de políticas públicas.

## **2 INDICADORES DE SANEAMENTO BÁSICO**

O termo “indicador” tem sua origem no latim “*indicare*”, termo que significa apontar, anunciar, estimar. Para Van Bellen (2005), os indicadores desempenham o papel de informar ou comunicar o processo existente rumo à direção que se tem determinada. São utilizados como ferramenta para esclarecer (ou elucidar) fenômenos ou tendências que não são perceptíveis por dados isolados, apartados e/ou excluídos.

Por sua vez, a aplicabilidade dos indicadores se dá pela necessidade e importância de monitoramento e gerenciamento no processo de desenvolvimento da sociedade, atuando como ferramenta na tomada de decisões dos principais atores e compactuando para o fomento na elaboração de políticas públicas (VAN BELLEN, 2004).

Segundo Boulanger (2008), a busca por indicadores confiáveis e sensíveis às mudanças foi reconhecida na Conferência do Rio e reafirmada na Agenda 21, cujo capítulo 40 traz à luz a importância das informações na tomada de decisão e salienta a necessidade de desenvolver indicadores que consigam exprimir a realidade e sirvam como alicerce para a sustentabilidade autorregulada entre as esferas ambientais, sociais, econômicas, culturais, demográficas e políticas.

A tomada de decisão, especialmente nas diferentes esferas de governo, deve se fundamentar em indicadores apropriados para mensurar os impactos econômicos, sociais e ambientais das ações realizadas. A crescente disponibilidade de informações e, conseqüentemente, de indicadores pode dificultar o processo. Por isso, de acordo com Soligo (2012), fenômenos complexos se beneficiam do uso de índices compostos que conseguem sintetizar várias dimensões.

Reconhecendo as limitações dos indicadores puramente econômicos, as instituições multilaterais empreenderam esforços conceituais e metodológicos a fim de desenvolver ferramentas para medir o bem-estar social, bem como o processo de universalização dos serviços promotores de melhoramento na qualidade de vida (SOLIGO, 2012). Dessa maneira, dentre os ODS elencados na Agenda 2030, os serviços de saneamento básico descrito no ODS desempenham grande importância para a compreensão dos indicadores de saneamento.

No âmbito nacional, o processo de implantação de sistemas de indicadores de saneamento, principalmente no que concerne aos sistemas de indicadores de abastecimento de água e esgotamento sanitário, revelou um cenário desafiador. O Brasil demonstra ser um país com um panorama esmorecido e instável, mesmo após os marcos regulatórios. Já em âmbito internacional, cresce o uso de indicadores de desempenho para acompanhar e avaliar os serviços de saneamento. Na última década, foi possível identificar que organizações realizaram estudos para o desenvolvimento de indicadores de saneamento que pudessem contemplar diversos objetos e prioridades (VON SPERLING; VON SPERLING, 2013).

No Brasil, a Lei n. 11.445, de 2007, instituiu as diretrizes nacionais de saneamento básico, as quais foram atualizadas com a Lei n. 14.026 de 2020. O novo Marco Legal do Saneamento de 2020 define o saneamento básico como “sendo parte do conjunto de serviços, infraestrutura e instalações nos processos de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza de vias, drenagem, manejo de resíduos sólidos e de águas pluviais” (BRASIL, 2020a, s.p.).

Considerando-se o conceito desta lei, é salutar destacar que a complexidade dos serviços de saneamento básico, bem como as condições desses serviços, determina os desdobramentos diante das metas galgadas pelo Pacto Global da ONU, as quais objetivam, no ODS 6, a universalização do acesso a esses serviços. Nesse sentido, como forma de avaliar o comportamento do setor de saneamento, bem como a ausência e eficiência dos serviços prestados, a gestão de indicadores de saneamento pode dimensionar o quão próximo o Brasil está na universalização.

Nesse contexto, dentre os sistemas de indicadores de saneamento implantados no Brasil, pode-se citar o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA), criado pela Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007, em seu Art. 53, que tem os seguintes objetivos:

- I- coletar e sistematizar dados relativos às condições da prestação dos serviços públicos de saneamento básico; II- disponibilizar estatísticas, indicadores e outras informações relevantes

para a caracterização da demanda e da oferta de serviços públicos de saneamento básico; III- permitir e facilitar o monitoramento e avaliação da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços de saneamento básico. (BRASIL, 2007, s.p.).

O SINISA estava previsto na Política Nacional de Saneamento Básico (PNSB) visando oferecer informações públicas e de fácil acesso pela *internet* (BRASIL, 2007). Por conseguinte, o SINISA ainda deveria incluir indicadores de monitoramento de impacto e resultados integrantes da PNSB e de demais planos regionais.

Posteriormente, foi desenvolvido o sistema de indicadores de saneamento a partir do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS), que possui uma base de dados de saneamento com informações referentes aos serviços de água e esgoto, manejo de resíduos sólidos urbanos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2020b).

O SNIS dispõe de 185 categorias de informações, abastecidas pelas empresas prestadoras dos serviços via questionário, como: quantidade de ligações; extensão de rede de água e rede coletora de esgoto; população atendida; economias ativas; volume e consumo para abastecimento de água; empregos próprios; receitas e despesas, entre outras. O *site* disponibiliza informações para 84 indicadores e, por meio dessas informações, objetiva-se estabelecer um panorama conciso para o planejamento do setor, desenvolvimento de políticas públicas, direcionamento das atividades regulatórias, fiscalização, orientação e aprimoramento da gestão, assim como a comparação do desempenho do setor (BRASIL, 2020b).

Tendo em vista a variedade de indicadores de saneamento, há grande interesse por indicadores que consigam integrar os recursos hídricos com o setor de saneamento, para fornecer subsídio no processo de universalização do saneamento. Adicionalmente, Hamdan, Libânio e Costa (2019) sinalizam que o período de crise hídrica que o Brasil vivenciou em 2015 torna indispensável a universalização dos serviços de saneamento.

Ademais, é importante frisar a necessidade de ações promotoras de proteção ambiental, as quais exigem esforços entre o governo, a sociedade e as empresas, pois a ausência ou até mesmo a deficiência nessas ações podem acarretar efeitos adversos para o meio ambiente e reverberar na perda dos bens naturais (AYDOS; FIGUEIREDO NETO, 2019).

### **3 CARACTERIZAÇÃO DAS BACIAS PCJ**

As Bacias PCJ estão localizadas geograficamente entre os meridianos 46° e 49° Oeste e latitudes 22° e 23,5° Sul, têm cerca de 300 km de extensão sentido Leste-Oeste e cerca de 100 km sentido Norte-Sul. Nesta área, as Bacias PCJ abarcam 76 municípios, sendo 71 pertencentes ao Estado de São Paulo e 5 ao Estado de Minas Gerais – os dados correspondem a 92,45% e 7,55%, respectivamente (AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ, 2019).

Desse modo, as Bacias PCJ têm uma área de drenagem de cerca 15.377 km<sup>2</sup>. Esta área corresponde ao Rio Piracicaba (12.655 km<sup>2</sup>), Rio Capivari (1.568 km<sup>2</sup>) e ao Rio Jundiá (1.154 km<sup>2</sup>). Além disso, a região está subdividida em sete sub-bacias, sendo elas: Capivari e Jundiá, dos respectivos rios; e as sub-bacias Atibaia, Piracicaba, Camanducaia, Corumbataí e Jaguari, do Rio Piracicaba (COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIÁ [COMITÊS PCJ], 2020).

A região apresenta a preponderância nas atividades agropecuárias e de produção industrial. Podem-se destacar as seguintes atividades: no município de Paulínia, o polo petroquímico; em

Americana, Nova Odessa e Santa Bárbara d'Oeste, sobressaem-se o parque têxtil; em Campinas e Hortolândia, o polo científico e tecnológico; em Rio Claro, as indústrias sucroalcooleiras; em Piracicaba, destacam-se as indústrias sucroalcooleiras e o setor metal-mecânico; em Jundiaí, as atividades industriais; em Limeira, destaca-se a produção de folheados; e, em Santa Gertrudes e Cordeirópolis, a produção de cerâmica (COMITÊ PCJ, 2021).

Segundo o Comitê PCJ (2020), a população estimada para as Bacias PCJ, em 2020, foi de 5.792.141. As condições de moradia nos municípios das Bacias PCJ são boas. Conforme os dados censitários do IBGE (2010), em áreas urbanas, cerca de 99% dos domicílios são atendidos com energia elétrica, 94% são atendidos com abastecimento de água e 88% com esgotamento sanitário. No tocante às áreas rurais, 99% dispõem de energia elétrica, a forma de abastecimento de água dominante é feita por poços e nascentes, e o esgotamento sanitário se restringe às fossas sépticas e rudimentares.

A boa condição de vida da região das Bacias PCJ se reflete no Índice de Desenvolvimento Humano (IDH): 90% dos municípios são enquadrados na faixa de alto desenvolvimento, e apenas 10%, como médio desenvolvimento humano (COMITÊ PCJ, 2021). Ao estabelecer um cenário comparativo entre os municípios das Bacias PCJ com o Estado de São Paulo, percebe-se que cerca de 67,1% dos municípios apresentam crescimento semelhante ou superior ao do Estado de São Paulo, que possui o IDH de 0,783 (COMITÊ PCJ, 2020).

## 4 MÉTODO

O método de pesquisa deste estudo é de natureza aplicada e abordagem exploratória e qualitativa. Para Gil (2019), a pesquisa exploratória visa entender determinado objeto e suas especificidades. A pesquisa exploratória consiste na análise de indicadores de saneamento básico para os municípios das Bacias PCJ.

É uma pesquisa documental, cujas principais fontes de dados são o Relatório de Situação dos Recursos Hídricos, publicado em 2021, pelo Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, tendo como ano-base 2019; e o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, 2020 a 2035, do consócio dos Comitês PCJ. Além disso, foram selecionados artigos e livros científicos para sustentar a discussão proposta na pesquisa.

Nesta pesquisa, foi utilizado um conjunto de dados, os quais foram obtidos no sítio da Série Histórica do SNIS para os indicadores dispostos nas seções de Água e Esgoto e Resíduos Sólidos, e para a drenagem urbana foram coletados dados no Diagnóstico Temático de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas, dos municípios atendidos pelas Bacias PCJ, para o ano de 2019.

Assim sendo, foram selecionados os indicadores disponíveis no SNIS e que melhor expressavam o cenário de cobertura para as quatro dimensões do saneamento, ou seja, os indicadores mais próximos dos objetivos desta pesquisa. A análise dos indicadores de saneamento básico foi realizada por meio da aplicação da técnica multivariada de Análise Fatorial, feita com rotinas computacionais mediante o *Software Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versão 20.

### 4.1 Tratamento dos Dados

Neste estudo, optou-se pela abordagem estatística de análise multivariada para verificar a correlação e possíveis associações entre indicadores (variáveis) relacionadas ao saneamento básico das Bacias PCJ.

Hair *et al.* (2009) sinalizam que, para iniciar o procedimento de análise multivariada, é necessário possuir uma matriz sem dados faltantes, pois, para Figueiredo (2012), a ausência de dados pode levar a resultados imprecisos. Contudo, há ações que podem corrigir esses dados, para minimizar os efeitos da falta de dados; no entanto, é importante ressaltar que a menor interferência possível é a melhor opção para evitar tendências de resultados.

Na presente pesquisa, as variáveis sem informação foram consideradas omissas, sendo removidas porque não foi possível determinar qual era a causa da falta dessa coleta de dados e qual poderia ter sido o motivo da impossibilidade de consulta.

## 4.2 Análise fatorial por componentes principais

A Análise Fatorial é uma técnica que visa identificar um pequeno número de fatores que consigam representar o comportamento de um conjunto de variáveis originais (HAIR *et al.*, 2009). Esta técnica possibilita alterar linearmente um conjunto de variáveis originais, a princípio correlacionadas entre si, em um conjunto menor de variáveis, as quais não são correlacionadas. Neste sentido, “a análise fatorial utiliza coeficientes de correlação para agrupar variáveis e gerar fatores” (FÁVERO; BELFIORE, 2017, p. 379). Essa técnica está diretamente ligada à minimização da massa de dados, sem perdas significativas de informações.

A Análise Fatorial tem por objetivo determinar os componentes pela maximização da variância dos dados originais (FÁVERO; BELFIORE, 2017). Nesse sentido, seguindo a proposta de planejamento de Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010), a pesquisa percorreu os seguintes estágios: i) verificação e mensuração das variáveis selecionadas para todos os municípios das Bacias PCJ; ii) técnica de extração por Componentes Principais; e iii) rotação ortogonal Varimax.

No processo de realização e interpretação dos resultados da Análise Fatorial, Hair *et al.* (2009), Fávero e Belfiore (2017) e Hongyu (2018) recomendam seguir as etapas: a) verificação dos pressupostos da Análise Fatorial (tamanho da amostra e correlações); b) cálculo da matriz de correlação e aplicação do teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e do teste de esfericidade de Bartlett; c) extração dos fatores; d) rotação dos fatores; e e) interpretação dos fatores.

A definição do tamanho da amostra depende do número de variáveis selecionadas. Nesta pesquisa, foi seguida a proposta de Hair *et al.* (2009) de manter no mínimo a proporção de 5 observações para cada variável. Além disso, os autores afirmam que os coeficientes da matriz de correlação devem ser superiores a 0,30, em valor absoluto.

O cálculo da matriz de correlações permite realizar o teste de KMO. Esta estatística mede a proporção de variância das variáveis que os fatores podem explicar, variando entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1, mais os dados são apropriados para aplicar a Análise Fatorial (HAIR *et al.*, 2009; MATOS; ROGRIGUES, 2019). Visando avaliar a aplicabilidade desta técnica, pode ser empregado o teste de Bartlett também. A hipótese nula do teste é que a matriz de correlações é uma matriz identidade, ou seja, as correlações entre as variáveis da amostra são estatisticamente nulas (HAIR *et al.*, 2009; FÁVERO; BELFIORE, 2017; HONGYU, 2018).

Após a verificação da adequabilidade da Análise Fatorial, inicia-se o estágio de extração dos fatores. Neste estudo, optou-se pelo método de extração a partir dos Componentes Principais, pois é o método mais utilizado para esse tipo de estudo. Para Figueiredo Filho *et al.* (2014, p. 191), a Análise Fatorial por Componentes Principais “é utilizada como padrão em diferentes algoritmos computacionais. Ela utiliza toda a variância observada entre as variáveis e produz componentes

que representam a variância das variáveis observadas”. Hair *et al.* (2009, p. 114) sugerem usar o teste de *scree* “para identificar o número ótimo de fatores que podem ser extraídos antes que a quantidade de variância única comece a dominar a estrutura de variância comum”.

Na fase de extração dos fatores, são calculadas as cargas fatoriais, que correspondem às correlações de Pearson entre os fatores extraídos e as variáveis originais (HAIR *et al.* 2009). Por exemplo, se a carga fatorial for positiva, significa haver uma correlação positiva entre a variável e o fator.

Elevando ao quadrado as cargas fatoriais, sabe-se “qual percentual da variância em uma variável original é explicado por um fator” (HAIR *et al.* 2009, p. 116). Alinhado a isso, a soma dos quadrados das cargas fatoriais é denominada comunalidades, que corresponde à variância total que uma variável original compartilha com os fatores extraídos (HAIR *et al.* 2009; FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010).

Definido o método das cargas fatoriais, a próxima etapa refere-se à escolha do método de rotação de fatores. Para Hongyu (2018), a rotação de fatores consiste em facilitar a interpretação por meio de novos fatores.

Em suma, a rotação de fatores objetiva tornar os resultados empíricos encontrados passíveis de interpretação, preservando as características estatísticas (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2010; MATOS; RODRIGUES, 2019). Nesse caso, optou-se pelo método ortogonal de fatores Varimax, comumente utilizado e de fácil interpretação.

### **4.3 Análise de Cluster**

O *cluster* tem a finalidade de agrupar os objetos em subgrupos que apresentam certa similaridade. Conforme Ghosh e Acharya (2011), os conjuntos de cluster combinam vários agrupamentos de um conjunto de objetos em um único agrupamento consolidado. Para Valli (2012), a aplicação de cluster consiste em obter grupos com variação pequena dentro do próprio cluster, para obter o inter-relacionamento que existe entre as variáveis.

Neste estudo, optou-se pelo método de *Ward* e distância euclidiana quadrada – agrupamento baseado na perda de informação decorrente do agrupamento de indivíduos, medida pela soma das diferenças ao quadrado de todos os elementos do grupo ao qual o indivíduo pertence. A regra de associação é maximizar a soma quadrada do erro controlado por cada possível par de combinação de agrupamentos (VALLI, 2012).

## **5 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1 Aplicação da Análise Fatorial**

Inicialmente, para a aplicação da técnica Análise Fatorial, foi selecionado um conjunto de indicadores (variáveis). Foram selecionadas as variáveis que atendem ao conceito de saneamento básico definido na Lei n. 14.026/20, segundo as dimensões: a) abastecimento de água, b) esgotamento sanitário; c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Nesse sentido, chegou-se ao conjunto de 15 variáveis adequadas à aplicação da Análise Fatorial, cada variável contém informação para os 76 municípios das Bacias PCJ. As variáveis selecionadas estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Variáveis Seleccionadas<sup>2</sup>

Dimensão	Variável	Descrição	Código no SNIS
Abastecimento de água	A1	Proporção da população atendida com abastecimento de água	AG001
	A2	Volume de água produzido	AG006
	A3	Volume de água consumido	AG010
	A4	Volume de água faturado	AG011
	A5	Consumo médio per capita de água	IN022_AE
	A6	Índice de atendimento urbano de água	IN023_AE
Esgotamento sanitário	E1	Índice de coleta de esgoto	IN015_AE
	E2	Índice de atendimento urbano de esgoto referido aos municípios atendidos com esgoto	IN047_AE
	E3	Índice de atendimento total de esgoto referido aos municípios atendidos com água	IN056_AE
	E4	Proporção da população atendida com esgotamento sanitário	ES001
Limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	R1	Quantidade total de Resíduos Domésticos (RDO) coletada por todos os agentes	CO111
	R2	Quantidade de Resíduos Públicos (RPU) coletada pelos agentes públicos e privados	CO112 CO113
	R3	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município	IN015_RS
	R4	Taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana	IN016_RS
Drenagem e manejo das águas pluviais urbanas	D1	Parcela de domicílios em situação de risco de inundação	IN040

Fonte: Elaboração própria.

No tocante ao tamanho da amostra, seguiu-se o critério de Hair *et al.* (2009), que consideram adequado ter cinco vezes mais observações do que variáveis, sendo a proporção aceitável de 5:1. Nesta pesquisa, a amostra é composta por 76 observações (municípios das Bacias PCJ) e 15 variáveis (indicadores), proporcional à razão 5:1.

Para a avaliação da aplicabilidade desta técnica à amostra selecionada, foram utilizados os testes de KMO e o teste esfericidade de Bartlett para o conjunto de dados selecionados (HAIR *et al.*, 2009). A estatística KMO apresentou índice igual a 0,729, revelando uma adequação para a extração de fatores. O resultado do teste de Bartlett (p-valor de significância < 0,000) apresenta o nível de significância próximo a zero, o que possibilita rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlações tem valores fora da diagonal principal estatisticamente iguais a zero. Em síntese, os testes aplicados à matriz de dados mostraram correlações adequadas no conjunto de dados, possibilitando a aplicação da Análise Fatorial.

Posteriormente, seguiu-se para a análise das comunalidades. Hair *et al.* (2009) sugerem que apenas as variáveis com comunalidade acima de 0,5 permaneçam na amostra. Figueiredo *et al.*

<sup>2</sup> Nas variáveis A1, A2, A3, A4 e E4, foram feitas as proporções considerando a variável POP\_TOT: População total do município. Na variável R1, foi realizada a proporção considerando a variável CO164: População total atendida no município, e na variável R2 foram agrupadas as variáveis CO112 e CO113 e feita a proporção considerando a variável CO164: População total atendida no município.

(2014, p. 196) reforçam que “quanto maior a correlação, maior é o nível de contribuição de uma determinada variável na criação do fator/componente”. Nesse caso, todas as variáveis expuseram comunalidades superiores ao patamar de 0,5, reforçando que a solução é tecnicamente adequada e que os componentes (Fatores) foram corretamente extraídos.

Além disso, foram identificados cinco Componentes Principais (Fatores) que atendem ao critério de Kaiser, ou seja, de selecionar os fatores cujo autovalor é  $> 1$ . Desse modo, pode-se supor que os cinco componentes extraídos são suficientes para a interpretação dos fatores.

A Tabela 1 apresenta os componentes que podem ser extraídos, assim como o percentual de explicação de cada componente.

Tabela 1 – Variância Total Explicada

Componente	Autovalores iniciais			Somadas de extração de carregamentos ao quadrado			Somadas de rotação de carregamentos ao quadrado		
	Total	Variância %	Cumulativa %	Total	Variância %	Cumulativa %	Total	Variância %	Cumulativa %
1	5,969	39,796	39,796	5,969	39,796	39,796	4,309	28,729	28,729
2	2,377	15,846	55,643	2,377	15,846	55,643	3,332	22,216	50,945
3	1,816	12,108	67,751	1,816	12,108	67,751	2,459	16,396	67,341
4	1,147	7,650	75,401	1,147	7,650	75,401	1,166	7,775	75,116
5	1,038	6,918	82,319	1,038	6,918	82,319	1,080	7,203	82,319

Fonte: Elaborada a partir do SPSS.

Na aplicação por Componentes Principais, o primeiro fator explica o maior percentual de variância dos dados, o segundo fator explica o segundo maior percentual de variância e assim por diante. A Tabela 1 mostra que o primeiro componente tem o autovalor de 5,969 e explica 39,8% da variância total dos dados; o segundo, com autovalor de 2,377, carrega 15,9% da variância das variáveis. Cumulativamente, as cinco primeiras Componentes conseguem explicar 82,3% da variância total da amostra (Tabela 1, coluna 6). Objetivando melhorar as cargas fatoriais, foi aplicada a rotação Varimax, e os resultados são apresentados na última coluna da Tabela 1 e na Tabela 2.

Tabela 2 – Análise Fatorial do Saneamento Básico das Bacias PCJ

Variável	Fatores					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
A1	0,837	0,250	0,094	-0,028	-0,036	0,774
A6	0,667	0,083	0,167	0,064	0,258	0,550
E2	0,826	0,101	0,108	-0,393	-0,005	0,859
E3	0,896	0,184	0,168	0,141	-0,080	0,891
E4	0,931	0,194	0,123	-0,032	-0,080	0,928
A2	0,467	0,783	0,055	-0,051	0,004	0,837
A3	0,394	0,898	0,095	-0,034	0,000	0,972
A4	0,404	0,884	0,069	-0,070	-0,003	0,955
A5	-0,206	0,943	0,002	-0,028	0,006	0,933
R1	0,020	0,092	-0,844	-0,004	0,125	0,737
R3	0,292	0,181	0,878	0,067	0,114	0,906

Variável	Fatores					Comunalidades
	1	2	3	4	5	
R4	0,270	0,116	0,906	0,031	0,089	0,915
E1	-0,071	-0,107	0,095	0,926	0,010	0,928
D1	-0,212	-0,123	0,164	-0,266	0,724	0,526
R2	0,160	0,092	-0,106	0,206	0,662	0,682

Fonte: Elaborada a partir do SPSS.

Após a aplicação da rotação Varimax e a extração por Componentes Principais, o próximo passo na Análise Fatorial é analisar as características de cada fator e o que eles representam. A Tabela 2 fornece as cargas fatoriais, ou seja, a correlação de cada fator com cada variável, nesse caso, quanto maior a carga fatorial, maior a correlação da variável para com seu fator correspondente. As cargas fatoriais com valor superior a 0,5 foram destacadas e agrupadas.

O Fator 1 congrega as variáveis A1; A6; E2; E3 e E4, diretamente relacionadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, conseguindo explicar o maior percentual de variância da amostra (28,7%). Dentre as variáveis elencadas no Fator 1, as variáveis E3, E4 e A1 são as que possuem maior correlação com o Fator 1, 0,931; 0,896 e 0,837, respectivamente. Observa-se que as cinco variáveis estão todas correlacionadas positivamente com o Fator 1; além disso, pela categoria das variáveis, pode-se inferir que o Fator 1 é o fator de cobertura de atendimento de água e esgotamento sanitário.

O Fator 2 mostra a dominância das variáveis da dimensão de abastecimento de água, sendo elas A2; A3; A4 e A5. Este fator explica 22,2% da variância total dos dados. As variáveis apresentadas nesse fator são fortemente relacionadas com a disponibilidade e o consumo de água.

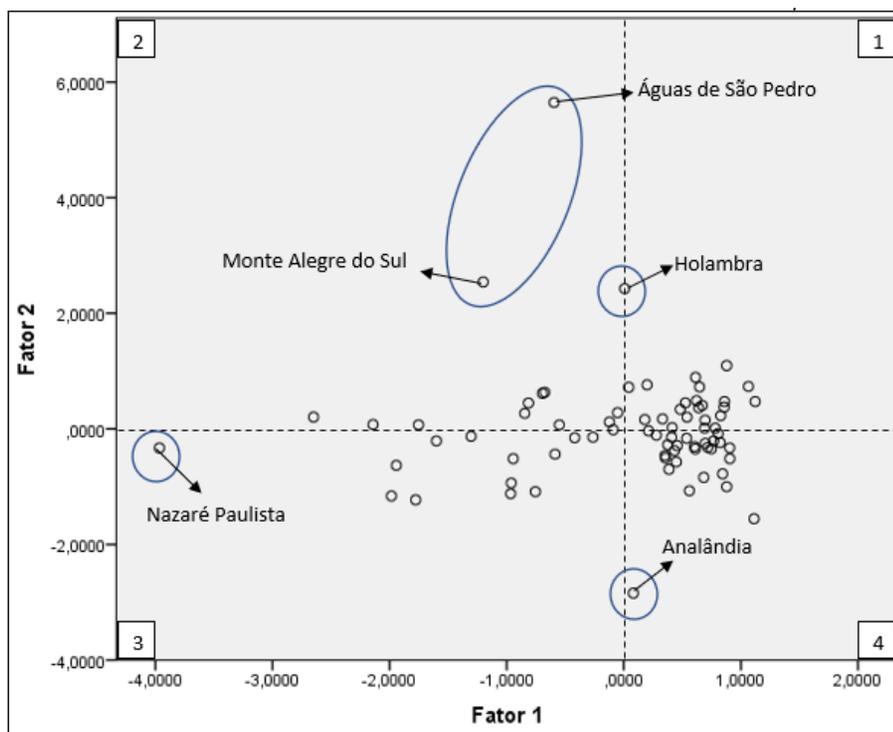
Por sua vez, o Fator 3 explica 16,4% da variância total e congrega especificamente a dimensão de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, relacionada a três variáveis: R1 (quantidade total de RDO coletada por todos os agentes); R3 (taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população total do município); e R4 (taxa de cobertura regular do serviço de coleta de RDO em relação à população urbana). Em relação à variável R1, os dados revelam haver uma correlação inversa entre esta variável e o terceiro fator (-0,884). Este resultado pode ser explicado como um indicativo para o atendimento da população em relação ao serviço, considerando que o índice é bastante baixo, o que está possivelmente relacionado com a cobertura do serviço de coleta de RDO em relação à população rural.

No Fator 4, a variável E1 (0,926) dominou a estrutura deste fator, sendo capaz de explicar sozinha 7,80% da variância total. A predominância da variável e a forte correlação torna esse fator de eficiência de coleta de esgoto.

Por fim, as variáveis R2 e D1 estão correlacionadas com o Fator 5; elas caracterizam aspectos distintos e, juntas, explicam cerca de 7,2% da variância total dos dados, além de ambas as variáveis terem carga fatorial positiva. A carga positiva dessas variáveis sinaliza que este fator se eleva à medida que aumenta a quantidade de RPU coletada pelos agentes públicos e privados, bem como aumenta o número de domicílios em situação de risco.

No Gráfico 1, é ilustrada a distribuição dos municípios das Bacias PCJ a partir da interação entre os Fatores 1 e 2.

Gráfico 1 – Diagrama de dispersão dos Fatores 1 e 2



Fonte: Elaborado a partir do SPSS.

Para a interpretação do Gráfico 1 seguiu-se a orientação de Figueiredo Filho e Silva Júnior (2010, p. 180), os autores enfatizam que “os valores são padronizados de tal forma que a média é zero e a distância entre os escores é medida em termos de desvio padrão”. Ademais, observar-se no Gráfico 1 a presença de quatro *outliers* (marcação azul).

No primeiro quadrante (superior-direita), estão localizados os municípios das Bacias PCJ que apresentam valores acima da média para ambos os Fatores. O município de Holambra aparece no ponto de intersecção entre os quadrantes 1 e 2. No segundo quadrante (superior-esquerda), estão localizados os municípios acima da média, e, com elevado grau de desenvolvimento do Fator 2, destaca-se nesse quadrante o comportamento dos municípios de Águas de São Pedro e Monte Alegre do Sul.

Já no terceiro quadrante (inferior-esquerda) estão localizados os municípios que estão abaixo da média, com contribuição negativa; neste caso, existem poucos municípios, os quais estão dispersos em ambos os fatores. Esse comportamento se sobressai no município de Nazaré Paulista.

Por fim, no quarto quadrante (inferior-direita), percebe-se uma concentração maior dos municípios, o Fator 1 está acima da média, enquanto o Fator 2 está abaixo da média, com destaque para o município de Analândia. A maioria dos municípios tem comportamento próximo ao valor médio do Fator 2, com exceção de Águas de São Pedro, Monte Alegre do Sul e Holambra (acima do eixo horizontal), e Analândia e Nazaré Paulista (abaixo do eixo horizontal).

A partir do nível de associação das variáveis com seus respectivos fatores, foi possível definir novas dimensões de saneamento básico para os municípios abrangidos pelas Bacias PCJ, conforme as especificidades de cada fator. No Quadro 2, constam as novas dimensões de saneamento básico.

Quadro 2 – Dimensões do saneamento básico das Bacias PCJ

Fator	Dimensão	Descrição
1	Cobertura de atendimento de água e esgotamento sanitário	Refere-se ao atendimento da população residente nos municípios das Bacias PCJ com relação ao abastecimento de água e esgotamento sanitário.
2	Disponibilidade e consumo de água	Refere-se à proporção dos volumes de água produzidos, faturados e consumidos, bem como consumo per capita dos municípios das Bacias PCJ.
3	Cobertura do serviço de coleta de RDO	Refere-se à quantidade anual de RDO e cobertura regular do serviço de RDO da população total e da população urbana dos municípios das Bacias PCJ.
4	Cobertura de coleta de esgoto	Refere-se ao volume de esgoto tratado dos municípios das Bacias PCJ.
5	Domicílios em situação de risco e RPU coletada por todos os agentes	Refere-se à quantidade anual de RPU coletada por serviço e a quantidade de domicílios urbanos sujeitos a riscos de inundação em relação à quantidade total de domicílios urbanos dos municípios nas Bacias PCJ.

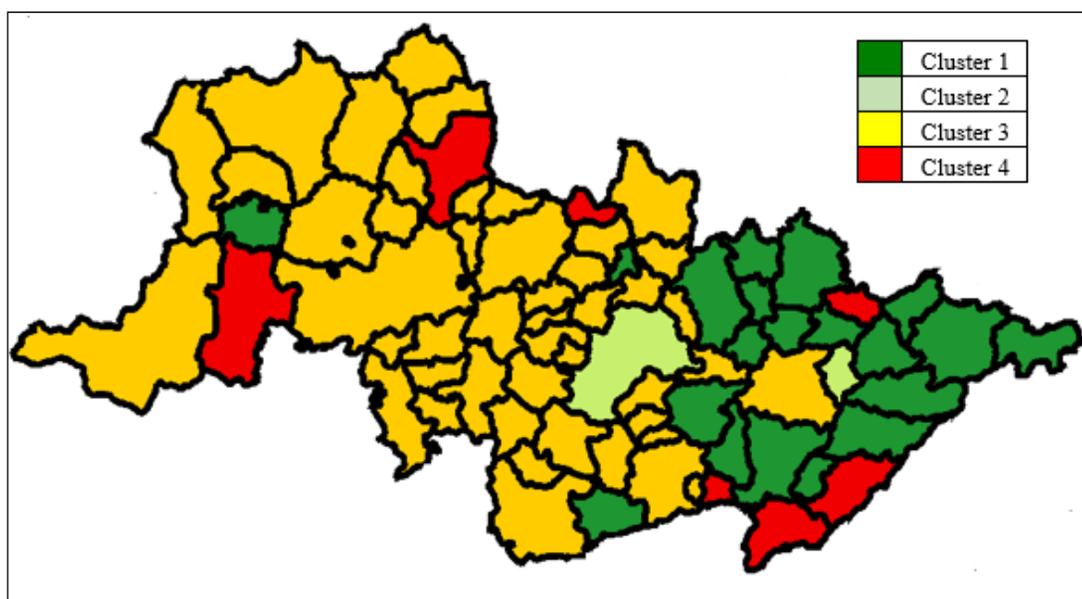
Fonte: Elaborado pelos autores.

Em síntese, o conjunto de variáveis que compõem cada nova dimensão de saneamento básico permite a avaliação e o monitoramento de fenômenos que não podem ser observados separadamente.

## 5.2 Clusters dos municípios das Bacias PCJ

A partir das dimensões de saneamento básico apontadas no Quadro 2, os municípios das Bacias PCJ foram agrupados por meio da análise de *cluster*, aplicando o método de *Ward* e distância euclidiana quadrada (HAIR *et al.*, 2009). Os quatro *clusters* identificados (Figura 1) facilitam a análise do saneamento básico e dos desafios ainda presentes (Gráfico 2).

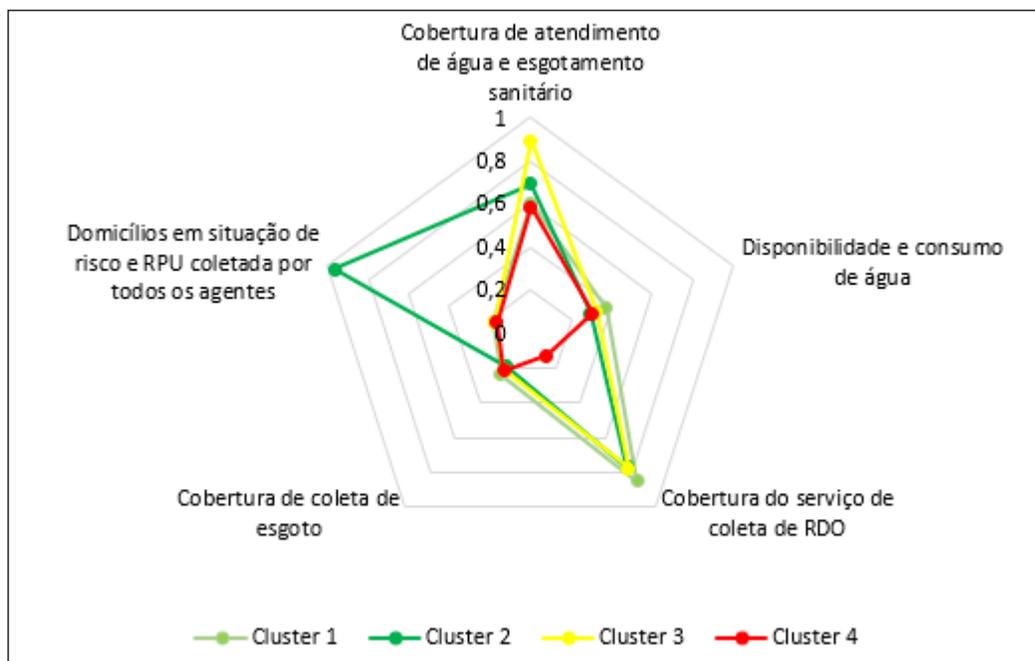
Figura 1 – Classificação por *cluster* de acordo com as dimensões e os municípios das Bacias PCJ



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os municípios espacializados (Figura 1) foram representados graficamente (Gráfico 2), permitindo, assim, identificar as dimensões mais fortes e fracas de cada *cluster*.

Gráfico 2 – *Cluster* das dimensões do saneamento básico das Bacias PCJ



Fonte: Elaborado pelos autores.

O primeiro *cluster* (verde-escuro) é formado por 21 municípios; nesse grupo, estão os municípios que apresentam melhor cobertura do serviço de coleta de RDO. E, em parte dos municípios, a responsabilidade pelo serviço é da Secretaria de Obras e Serviços Urbanos. A tomar como exemplo o município de Águas de São Pedro, que apresenta 97% de coleta, e, desse total, 100% recebem tratamento adequado (COMITÊS PCJ, 2020).

O segundo *cluster* (verde-claro) é formado pelos municípios de Campinas e Vargem. Esses municípios são os que apresentam melhores condições para a dimensão domicílios em situação de risco e RPU coletada por todos os agentes. Em Campinas, aproximadamente 57,7% da população é atendida com drenagem, representando cerca de 29,03% acima da média do Estado de São Paulo e apenas 2,4% dos municípios estão sujeitos a inundações. Com relação ao município de Vargem, não há domicílios sujeitos a inundações. Acrescido a isso, Campinas e Vargem apresentam atendimento pleno para coleta de lixo (INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO [IAS], 2022).

O terceiro *cluster* (amarelo) é formado por 46 municípios; esse grupo apresenta as melhores condições na cobertura de atendimento de água e esgotamento sanitário. Entretanto, percebe-se que existem municípios inseridos na sub-bacia Atibaia que dispõem de menor cobertura de rede de abastecimento de água, representada por 94,2%, segundo o Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ (COMITÊS PCJ, 2020).

O quarto *cluster* (vermelho) é formado por sete municípios: Anhembi, Campo Limpo Paulista, Engenheiro Coelho, Mairiporã, Nazaré Paulista, Rio Claro e Toledo. Dentre os *clusters* analisados, é possível inferir que este é o que merece mais atenção quanto a todas as dimensões

do saneamento básico das Bacias PCJ. Dentre os municípios desse *cluster*, Nazaré Paulista é o que apresenta a pior situação.

Segundo os Comitês PCJ (2021), o índice de atendimento de água para o Nazaré Paulista é de 46,2%. No tocante ao esgotamento sanitário, os dados revelam um cenário ainda pior, sendo apenas 13% do esgoto coletado e 13% tratados. Acrescido a isso, a eficiência do sistema de esgotamento é de apenas 11,6%, e o índice de perdas é elevado, maior que 40%. Ressaltam-se também as perdas de água nos sistemas de distribuição, os quais, apesar dos intensos investimentos do setor, ainda estão muito abaixo das metas estabelecidas do Plano de Bacias.

Acrescenta-se que todos os municípios das Bacias PCJ devem promover ações para melhorar as dimensões de cobertura de coleta de esgoto e disponibilidade e consumo de água. Supõe-se que o ponto fraco da dimensão cobertura de coleta de esgoto esteja associado ao fato de a infraestrutura de esgotamento sanitário não acompanhar o ritmo do crescimento populacional (BEGA *et al.*, 2021). E, com relação à dimensão de disponibilidade e consumo de água, o ponto negativo deve-se à situação de estresse hídrico que as Bacias PCJ enfrentam, ou seja, a demanda é superior à disponibilidade (inferior a 1.000 m<sup>3</sup>/hab. ano). Além disso, estão previstos estudos para ampliação e melhorias dos sistemas de coleta de esgotos dos municípios atendidos pelas Bacias PCJ, com alta prioridade para essa ação, além de medidas para a redução das perdas de água (COMITÊS PCJ, 2020).

Nesse sentido, como evidenciado por Sugahara *et al.* (2020), é necessário colocar em prática ações para a redução do consumo de água e promover debates sobre as questões que impactam o balanço hídrico com a mobilização de agentes da sociedade civil e de agências reguladoras.

No âmbito do Plano de Ação dos Comitês PCJ, foram formulados eixos temáticos com programas e ações para a gestão dos recursos hídricos das Bacias PCJ. Em relação ao aumento da disponibilidade hídrica dos municípios no Programa “Garantia de Suprimento Hídrico e Drenagem” e Eixo Temático “Apoio aos municípios das Bacias PCJ”, foram consideradas alternativas de aumento de disponibilidade hídrica em sistemas isolados para os anos de 2022 e 2023, com alta prioridade (COMITÊS PCJ, 2020). Em suma, boa parte dos municípios das Bacias PCJ possui boas condições de saneamento básico, e, como reflexo desse cenário, cinco municípios integram o *Ranking* de Saneamento das cem maiores cidades brasileiras: Limeira, Piracicaba, Campinas, Jundiá e Sumaré (ITB, 2021b).

A análise realizada demonstra que uma forma eficiente de avaliar os serviços de saneamento básico consiste na aplicação de indicadores, pois eles podem ser usados para monitorar e implementar novas políticas públicas. Além disso, os indicadores são desenvolvidos para entender uma realidade específica e podem ser usados para sintetizar um conjunto de dados complexo. À vista disso, estimular a cooperação entre os setores de saneamento e recursos hídricos é essencial para minimizar os danos e potenciais danos ambientais decorrentes da gestão pública e ambiental ineficiente (BEGA *et al.*, 2021).

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento desta pesquisa possibilitou identificar um conjunto de indicadores para apontar a condição do saneamento básico dos municípios das Bacias PCJ, conforme o conceito de saneamento básico definido pela Lei n. 14.026/20. Os resultados deste estudo podem contribuir para fomentar discussões das ações de política pública de saneamento básico.

O estudo permitiu diagnosticar, a partir de dados de indicadores de saneamento básico dos municípios das Bacias PCJ, as cargas fatoriais e a correlação das variáveis com o fator correspondente. Somado a isso, a aplicação da Análise Fatorial permitiu observar as quatro dimensões do saneamento básico dos municípios: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Ao analisar as características de cada fator, foi possível agrupá-los em novas dimensões: Fator 1 – Cobertura de atendimento de água e esgotamento sanitário; Fator 2 – Disponibilidade e consumo de água; Fator 3 – Cobertura do serviço de coleta de RDO; Fator 4 – Eficiência da coleta de esgoto; e Fator 5 – Domicílios em situação de risco e RPU coletada por todos os agentes.

A partir da análise de *cluster*, é possível inferir que os municípios do *cluster* 4 (Anhembi, Campo Limpo Paulista, Engenheiro Coelho, Mairiporã, Nazaré Paulista, Rio Claro e Toledo) merecem atenção especial com relação a todas as dimensões. Acrescido a isso, a maioria dos municípios das Bacias PCJ pode melhorar a prestação de serviços de saneamento básico relacionados às dimensões: Cobertura de coleta de esgoto e Disponibilidade e consumo de água.

Acredita-se que a metodologia empregada neste estudo para a análise do saneamento básico fornece elementos para a sua replicabilidade em outros contextos de Bacias Hidrográficas, de modo a fomentar a discussão sobre a utilização de indicadores no processo de tomada de decisão e mensurar os resultados rumo à universalização, o que pode favorecer o cumprimento dos prazos estabelecidos para alcançar as metas do Pacto Global da ONU – Agenda 2030, bem como as metas do PLANSAB.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA DAS BACIAS PCJ. *Localização*. Piracicaba, SP, 2019. Disponível em: <https://agencia.baciaspcj.org.br/bacias-pcj/localizacao/>. Acesso em: 21 dez. 2021.

AYDOS, Leonardo Recena; FIGUEIREDO NETO, Leonardo Francisco. Índice bruto de sustentabilidade dos municípios de Mato Grosso do Sul. *Interações*, Campo Grande, MS, v. 20, n. 1, p. 35–49, jan./mar. 2019. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v0i0.1681>

BEGA, João Miguel Mercês; BORGES, André do Vale; LAGO, César Ambrogi Ferreira; MENDES, Jakeline Pertile; AZEVEDO, Paulo de Tarso; SANTOS, Welington José Rocha; MARIOSA, Duarcides Ferreira. Avaliação da Sustentabilidade dos Indicadores de Saneamento do Plano das Bacias PCJ 2020-2035. *Ambiente & Sociedade*, São Paulo, SP, v. 24, p. 1–19, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20200247vu2021L4DE>

BOULANGER, Paul-Marie. Sustainable development indicators: a scientific challenge, a democratic issue. *Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society*, Aubervilliers, França, v. 1, n. 1, p. 59–73, jun. 2008. DOI: <https://doi.org/10.5194/sapiens-1-59-2008>

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional [MDR]. Secretaria Nacional de Saneamento [SNS]. Plano Nacional de Saneamento Básico [Plansab]. *Relatório de avaliação anual – 2019*. Brasília, DF, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Nota\\_tecnica\\_\\_\\_Relatorio\\_](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/plansab/Nota_tecnica___Relatorio_)

de\_Avaliacao\_Anual\_do\_Plansab\_\_\_2019.pdf?msckid=0d85c741d15411ec8fd9fbc27114b29a. Acesso em: 11 maio 2022.

BRASIL. Lei n. 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei n. 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF, 2020a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm#view](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/L14026.htm#view). Acesso em: 10 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional [MDR]. Secretaria Nacional de Saneamento [SNS]. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25ª Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019. Brasília: SNS/MDR, 2020b. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico%20SNIS%20AE\\_2019\\_Republicacao\\_04022021.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico%20SNIS%20AE_2019_Republicacao_04022021.pdf). Acesso em: 15 mar. 2021.

BRASIL. Lei n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. *Diário Oficial da União*, Brasília, 5 de janeiro de 2007. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm). Acesso em: 05 mai. 2021.

CARCARÁ, Maria do Socorro Monteiro; SILVA, Elaine Aparecida da; MOITA NETO, José Machado. Saneamento básico como dignidade humana: entre o mínimo existencial e a reserva do possível. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 493-500, maio/jun. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019183905>

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ [COMITÊ PCJ]. *Relatório de situação dos recursos hídricos: versão simplificada; ano base 2019*. Piracicaba: Fundação Agência das Bacias PCJ, 2021. Disponível em: [https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=980%3arelatorio-de-situacao-2020&msckid=80d92c04d15511ec88d48ff4e963a341](https://www.comitespcj.org.br/index.php?option=com_content&view=article&id=980%3arelatorio-de-situacao-2020&msckid=80d92c04d15511ec88d48ff4e963a341). Acesso em: 11 maio 2022.

COMITÊS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS PIRACICABA, CAPIVARI E JUNDIAÍ [COMITÊ PCJ]. *Relatório Síntese: Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá, 2020 a 2035*. Porto Alegre: Consórcio Profill-Rhama PCJ, 2020. Disponível em: <https://plano.agencia.baciaspcj.org.br/o-plano/documentos/relat%C3%B3rio-final?msckid=5b0bda62d15311ec85db1f966924e9fa>. Acesso em: 11 maio 2022.

FÁVERO, Luis Paulo; BELFIORE, Patrícia. *Manual de análise de dados: Estatística e modelagem multivariada com Excel, SPSS e Stata*. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.

FIGUEIREDO, Sérgio Batista de. *Avaliação da qualidade da água da sub-bacia do Rio Cuiabá-MT aplicando análise multivariada*. 2012. 141f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012. Disponível em: [https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1319/1/DISS\\_2012\\_Sergio%20Batista%20de%20Figueiredo.pdf](https://ri.ufmt.br/bitstream/1/1319/1/DISS_2012_Sergio%20Batista%20de%20Figueiredo.pdf). Acesso em: 24 nov. 2021.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JÚNIOR, José Alexandre. Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opinião Pública*, Campinas, v. 16, n. 1, p. 160–185, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; ROCHA, Enivaldo Carvalho; PARANHOS, Ranulfo; SILVA, Anderson Henrique; SILVA JÚNIOR, José Alexandre; SILVA, Lucas; ALVES, Dáfni Priscila. Análise Fatorial garantida ou o seu dinheiro de volta: uma introdução à redução de dados. *Revista Eletrônica de Ciência Política*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 185–211, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/recp.v5i2.40368>

GIL, Antônio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GHOSH, Joydeep; ACHARYA, Ayan. Cluster ensembles. *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery*, [s.l.], v. 1, n. 4, p. 305-315, 2011. <https://doi.org/10.1002/widm.32>

HAMDAM, Otávio Henrique Campos; LIBÂNIO, Marcelo; COSTA, Veber Afonso Figueiredo. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 24, n. 6, p. 1183–1194, nov./dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522019185444>

HAIR, Joseph F., BLACK, William; BABIN, Barry; ANDERSON, Rolph; TATHAM, Ronald. *Análise multivariada de dados*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HONGYU, Kuang. Análise Fatorial Exploratória: resumo teórico, aplicação e interpretação. *Engineering and Science*, Cuiabá, v. 4, n. 7, p. 88–103, out./dez. 2018. DOI: <https://doi.org/10.18607/ES201877599>

INSTITUTO ÁGUA E SANEAMENTO [IAS]. *Municípios e Saneamento*. 2022. Disponível em: <https://www.aguaesaneamento.org.br/municipios-e-saneamento/>. Acesso em: 3 dez. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. *Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Coordenação de Geografia e Coordenação de Recursos Naturais e Meio Ambiente. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. Disponível em: [https://www.ibge.gov.br/apps/atlas\\_saneamento/#/home](https://www.ibge.gov.br/apps/atlas_saneamento/#/home). Acesso em 25 fev. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. Censo 2010. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 4 nov. 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 4 dez. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL [ITB]. *Saneamento e doenças de veiculação hídrica DATASUS e SNIS 2019*. São Paulo: Ex Ante, 2021a. Disponível em: [https://tratabrasil.org.br/images/estudos/saneamento-e-saude/Sum%C3%A1rio\\_Executivo\\_-\\_Saneamento\\_e\\_Sa%C3%BAde\\_2021\\_\\_2.pdf](https://tratabrasil.org.br/images/estudos/saneamento-e-saude/Sum%C3%A1rio_Executivo_-_Saneamento_e_Sa%C3%BAde_2021__2.pdf). Acesso em: 23 dez. 2021.

INSTITUTO TRATA BRASIL [ITB]. *Ranking do saneamento Instituto Trata Brasil 2021 (SNIS 2019): 100 maiores cidades do Brasil*. São Paulo: GO Associados, 2021b.

MATOS, Daniel Abud Seabra; RODRIGUES, Erica Castilho. *Análise Fatorial*. Brasília: Enap, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU]. General Assembly of the United Nations. *Resolution adopted by the General Assembly on 17 December 2015*. Genebra: ONU, 2015a. Disponível em: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/442/72/PDF/N1544272.pdf?OpenElement>. Acesso em: 17 mar. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU]. *A Agenda 2030*. Brasília, DF: ONU, 2015b. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 11 mar. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU]. Assembleia Geral. *Realização progressiva dos direitos humanos à água e ao esgotamento sanitário*. 2020. Disponível em: <https://ondasbrasil.org/wp-content/uploads/2020/11/D%C3%89CIMO-SEGUNDO-Relat%C3%B3rio-%E2%80%93-Direitos-humanos-%C3%A0-%C3%A1gua-pot%C3%A1vel-e-ao-esgotamento-sanit%C3%A1rio.pdf#:~:text=O%20ano%20de%202020%20marca%2010%20anos%20desde,anos%20para%20atingir%20os%20Objetivos%20de%20Desenvolvimento%20Sustent%C3%A1vel>. Acesso em: 17 mar. 2022.

SOLIGO, Valdecir. Indicadores: conceito e complexidade do mensurar em estudos de fenômenos sociais. *Estudos em Avaliação Educacional*, São Paulo, SP, v. 23, n. 52, p. 12–25, 2012. DOI: <https://doi.org/10.18222/ea235220121926>

SUGAHARA, Cibele Roberta; MARTINS, Audrey Moretti; JUCÁ, Lorena Braga Quintella; MARIOSA, Duarcides Ferreira. Avaliação da sustentabilidade do Plano das Bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2020-2035: análise dos indicadores de disponibilidade e demandas hídricas. *Gestão & Regionalidade*, São Caetano

do Sul, SP, v. 37, n. 112, p. 301–318, set./dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.13037/gr.vol37n112.7505>  
VALLI, Márcio. Análise de Cluster. *Augusto Guzzo – Revista Acadêmica*, São Paulo, SP, n. 4, p. 77–87, ago. 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.22287/ag.v0i4.107>

VAN BELLEN, Hans Michael. Indicadores de sustentabilidade – um levantamento dos principais sistemas de avaliação. *Cadernos EBAPE.BR*, Rio de Janeiro, RJ, v. 2, n. 1, p. 1–14, mar. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1679-39512004000100002>

VAN BELLEN, Hans Michael. *Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa*. 1. ed. Rio de Janeiro: FGV, 2005.

VON SPERLING, Tiago Lages; VON SPERLING, Marcos. Proposição de um sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade dos serviços de esgotamento sanitário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, RJ, v. 18, n. 4, p. 313–322, out./dez. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400003>

WORLD HEALTH ORGANIZATION [WHO]; UNITED NATIONS CHILDREN'S FUND [UNICEF]. *Joint Monitoring Programme: For Water Supply and Sanitation*. Genebra: Joint Monitoring Programme [JMP], 2019. Disponível em: <https://washdata.org/reports>. Acesso em: 1º dez. 2021.

#### **Sobre os autores:**

**Walef Pena Guedes:** Mestre em Sustentabilidade pela Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas). **E-mail:** [walef.pg@puccampinas.edu.br](mailto:walef.pg@puccampinas.edu.br), **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-0541-593X>

**Cibele Roberta Sugahara:** Doutora em Ciência da Informação pela Universidade de São Paulo (USP). Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e da Faculdade de Administração da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas). **E-mail:** [cibelesu@puc-campinas.edu.br](mailto:cibelesu@puc-campinas.edu.br), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0002-3481-8914>

**Denise Helena Lombardo Ferreira:** Doutora em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas). **E-mail:** [lombardo@puc-campinas.edu.br](mailto:lombardo@puc-campinas.edu.br), **Orcid:** <http://orcid.org/0000-0002-3138-2406>

**Bruna Angela Branchi:** Doutora em Economia Política pela Università Degli Studi Di Pavia, Itália. Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e da Faculdade de Economia da Pontifícia Universidade Católica de Campinas (PUC Campinas). **E-mail:** [bruna.branchi@puc-campinas.edu.br](mailto:bruna.branchi@puc-campinas.edu.br), **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5312-286X>

