

## **I-134 - UNIVERSALIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: UMA ANÁLISE PREDITIVA PARA A REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS**

### **Otávio Henrique Campos Hamdan<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Químico pela Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ). Especialista em Gestão Ambiental pela UnicSul. Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Doutorando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG. Servidor de carreira da Arsae-MG.

**Contato<sup>(1)</sup>:** Tel: (31) 99169-0122 - e-mail: camposhamdan@yahoo.com.br

### **Henrique Alves Santos<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pelo CEFET-MG. Mestrando em Saneamento no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (PPG-SMARH) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Analista de Regulação na Arsae-MG.

**Contato<sup>(2)</sup>:** Tel: (31) 225-9518 - e-mail: henriquess1313@gmail.com

### **Victor Hugo Augusto Cezário Morais de Oliveira<sup>(3)</sup>**

Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Estagiário de Informações Operacionais na Arsae-MG.

**Contato<sup>(3)</sup>:** Tel: (31) 92003-9441 - e-mail: victorhacmo@gmail.com

## **RESUMO**

O arcabouço normativo, posto ao setor de saneamento brasileiro, demonstra claramente o objetivo a ser alcançado: 99% da população com água potável e de 90% da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033. Considerando a meta posta para o abastecimento de água no país, este trabalho tenciona apresentar uma predição do percentual de atendimento na região Norte de Minas Gerais em 2033, com base na modelagem matemática dos dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS. Para tanto, seguiram-se três etapas: (a) seleção e tratamento de dados, (b) modelagem matemática e (c) análise dos resultados e encaminhamentos. A modelagem matemática considerou três cenários: otimista, pessimista e conservador. Para modelagem, foram utilizados os dados de população total, população atendida e índice de atendimento de água disponíveis no SNIS, para o período de 2007 a 2020. Como resultado, o cenário pessimista demonstrou que, dentre a amostra de 76 municípios, apenas dois alcançariam a meta de 99% de abastecimento de água em 2033. Em contrapartida, no cenário otimista, trinta e seis municípios atingiriam o percentual desejado. Para além dos números apresentados, este estudo ressalta a importância de investimentos na região e de entender os diversos contextos para provimento de soluções personalizadas, de modo a atender as necessidades locais.

**PALAVRAS-CHAVE:** Universalização, Abastecimento de água, Modelagem, Minas Gerais, SNIS.

## **INTRODUÇÃO**

A importância do serviço de abastecimento de água para a qualidade de vida da população é inquestionável. No entanto, estima-se que ainda há 2,2 bilhões de pessoas no mundo sem acesso à água potável, o que contribui para que cerca de 280 mil pessoas venham à óbito anualmente em decorrência de problemas que poderiam ser evitados com a prestação de um serviço de saneamento de qualidade (GUITERAS et al., 2015; WHO, 2019). Diante desse cenário, o Brasil tem avançado em instrumentos que vislumbram a universalização dos serviços de água e esgoto. Dentre esses instrumentos, destaca-se a Lei Federal nº 14.026/2020, que em seu artigo 11-B dispõe (BRASIL, 2020):

Os contratos de prestação dos serviços públicos de saneamento básico deverão definir metas de universalização que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033, assim como metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento.

O excerto da referida legislação deixa metas explícitas. No entanto, ainda há uma incógnita: considerando o avanço da cobertura desse serviço nos últimos anos, os municípios alcançarão o objetivo regulamentado? Com vistas a essa problemática, a análise preditiva pode fornecer perspectivas sobre o assunto, permitindo a criação de políticas públicas voltadas para as particularidades de cada município.

As possibilidades de predição são variadas, como a criação de modelos e a utilização do método de *machine learning*. Há relatos na literatura, por exemplo, da utilização de redes neurais para predição da qualidade da água (RIZAL, HAYDER e YUSOF, 2022) e da modelagem de regressão para predição da abundância de cianobactérias em reservatórios (HARRIS e GRAHAM, 2017). Conforme ressaltado por Silva *et al.* (2022), um dos benefícios da modelagem matemática é a análise de problemas reais que envolvem o crescimento populacional e a previsão de cenários hipotéticos.

Diante do exposto, este trabalho surge como uma conexão entre a meta posta pela Lei Federal nº 14.026 para o acesso ao serviço de abastecimento de água e a potencialidade da modelagem matemática para predição de cenários.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste estudo pode ser resumida em três etapas, sendo elas:

1. Seleção e tratamento de dados
2. Modelagem matemática
3. Análise dos resultados e encaminhamentos

Para a primeira etapa, utilizou-se informações de 2007 a 2020, disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). São elas:

- a. População total do município do ano de referência
- b. População total atendida com abastecimento de água (AG001)
- c. Índice de atendimento total de água (IN055)

Foram coletados dados dos 89 municípios situados na região Norte de Minas Gerais. De posse desses dados, utilizou-se o Índice de Dados Analisáveis (IDA) como critério de seleção do município (HAMDAN, COSTA e LIBÂNIO, 2019). Como resultado dessa etapa, 76 municípios foram selecionados para o estudo – os quais foram considerados na construção da estatística descritiva dos dados.

Na etapa subsequente de modelagem matemática, analisou-se a progressão anual de cada município em termos de população total atendida com abastecimento de água. Foram avaliados três cenários:

1. Cenário otimista: projeção para 2033 considerando a melhor taxa anual de crescimento da população atendida com serviço de abastecimento de água entre 2007 e 2020.
2. Cenário conservador: projeção para 2033 considerando a taxa anual mediana de crescimento da população atendida com serviço de abastecimento de água entre 2007 e 2020.
3. Cenário pessimista: projeção para 2033 considerando a pior taxa anual de crescimento da população atendida com serviço de abastecimento de água entre 2007 e 2020.

Para tanto, calculou-se a taxa anual de crescimento de um ano em relação ao ano seguinte e, antes de selecionar as taxas para cada cenário, removeu-se os *outliers* de crescimento com base na Amplitude Interquartil (AI). Foram desconsideradas as taxas de crescimento superiores ao valor da soma do terceiro quartil com 1,5 vezes a amplitude interquartil.

De posse das taxas, aplicou-se a modelagem matemática para cada município, conforme apresentado na Equação 1.

$$AG001_{2033} = AG001_{2020} * (1 + i)^{13} \quad (1)$$

Em que:

AG001<sub>2033</sub> – População atendida com o serviço de água em 2033

AG001<sub>2020</sub> – População atendida com o serviço de água em 2020

i – Taxa de crescimento para o cenário considerado.

A projeção para 2033 da população total atendida com abastecimento de água para cada município foi, portanto, comparada com a população total do município. Para o cálculo da população total no município em 2033, utilizou-se a projeção populacional por Método Geográfico, baseado na taxa de crescimento da população entre 2019 e 2020.

Com os dados de população atendida e população total no município, analisou-se, para os três cenários, se o percentual de atendimento com abastecimento de água atendida à meta posta pela Lei 14.026/2000 (índice de 99% até 2033). Por fim, os resultados foram analisados à luz da literatura.

## RESULTADOS OBTIDOS

A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva do Índice de atendimento total de água (IN055) da amostra de 76 municípios avaliados, considerando os dados de 2007 a 2020.

Tabela 1: Estatística descritiva do Índice de atendimento total de água (IN055) da amostra de municípios.

Anos	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
2007	56,7	58,0	21,8	19,2	100,0
2008	57,8	59,4	21,7	19,7	100,0
2009	59,1	60,0	22,0	20,4	100,0
2010	55,3	54,8	19,4	20,3	98,2
2011	55,6	55,1	19,9	20,2	97,7
2012	56,3	55,9	19,8	20,2	98,2
2013	56,9	56,0	20,1	20,2	99,7
2014	56,3	55,3	19,9	20,2	98,2
2015	52,3	51,6	19,1	18,5	98,8
2016	50,8	51,5	17,6	18,5	98,2
2017	51,4	51,3	18,7	17,6	98,2
2018	50,2	51,2	17,5	17,4	98,2
2019	51,1	50,9	17,5	17,2	98,2
2020	51,8	51,9	17,9	17,3	95,4

Após a modelagem matemática, e de maneira consolidada, percebe-se que no cenário pessimista, apenas dois municípios alcançariam um percentual de atendimento com serviço de água superior a 99% em 2033. São eles: Mato Verde (100%) e Salinas (100%).

No cenário conservador, o número de municípios que alcançariam a meta passa para 10, sendo eles: Botumirim (100%), Curral de Dentro (100%), Ibiracatu (100%), Janaúba (100%), Lagoa dos Patos (99%), Mato Verde (100%), Monte Azul (100%), Rubelita (100%), Salinas (100%), Santa Cruz de Salinas (100%).

Por fim, no cenário otimista, 47% da amostra alcançaria a meta estabelecida, totalizando 36 municípios: Águas Vermelhas (100%), Bocaiúva (100%), Botumirim (100%), Capitão Enéas (100%), Chapada Gaúcha (100%), Claro dos Poções (99,1%), Cônego Marinho (100%), Curral de Dentro (100%), Divisa Alegre (100%), Engenheiro Navarro (100%), Francisco Dumont (100%), Ibiaí (99,2%), Ibiracatu (100%), Icarai de Minas (100%), Itacambira (99,9%), Itacarambi (100%), Janaúba (100%), Januária (100%), Japonvar (100%), Josenópolis (100%), Juramento (100%), Juvenília (100%), Lagoa dos Patos (100%), Manga (100%), Mato Verde (100%), Montalvânia (100%), Monte Azul (100%), Montes Claros (100%), Pirapora (100%), Ponto Chique (100%), Riachinho (100%), Rubelita (100%), Salinas (100%), Santa Cruz de Salinas (100%), Várzea da Palma (100%) e Verdelândia (100%).

## DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Previamente à análise dos principais resultados, vale apresentar percepções metodológicas que podem influenciar nas conclusões deste artigo. Ao analisar os dados dos municípios deste estudo, percebeu-se comportamentos anômalos nos dados de população disponibilizados no SNIS. Algumas variações improváveis entre um ano e outro, nos fez concluir que em alguns municípios ainda não se tem dados confiáveis quanto à população abastecida. Para que os resultados obtidos neste estudo fossem analisáveis, os devidos tratamentos estatísticos foram realizados. Muito embora, ainda restaram alguns pontos de atenção, principalmente no cenário otimista. Observou-se taxas de crescimento anual irrealistas, como em Botumirim (46,3%), Ibiracatu (30,0%), Rubelita (88,4%) e Santa Cruz de Salinas (87,0%). Para esses municípios, além do cuidado nas conclusões acerca da universalização, destacam-se dois fatores que justificam o fenômeno: (i) flutuações recorrentes nos dados – o que impediu que o tratamento estatístico excluísse todas as anomalias e (ii) populações residentes pequenas (menores que 6 mil habitantes) – implica no fato de que pequenos aumentos no atendimento incorreram em grandes taxas de crescimento ano a ano.

Partindo para a análise dos resultados, o cenário pessimista revela um cenário preocupante: apenas 4,2% da amostra alcançaria a meta de atendimento com serviço de água em 2033. Infelizmente, o cenário pessimista pode não ser tão distante do que realmente ocorrerá até 2033. Observando a estatística descritiva, a média e mediana entre 2007 e 2020 (exatamente os mesmos 13 anos compreendidos entre 2020 e 2033) diminuíram, indicando uma piora no nível de atendimento geral no norte do estado. Ademais, o índice máximo de atendimento também diminuiu ao longo dos anos observados, alcançando seu pior índice em 2020, cujo melhor desempenho foi em Pirapora (95,4%). De certo modo, essa piora indica que a expansão com atendimento de serviço de água não acompanha o aumento populacional nos municípios. Essa constatação reforça a necessidade de instrumentos que impulsionem a universalização do saneamento, como disposto pela Lei 14.026/2020 e decretos complementares.

Para além desse cenário, vale comparar o desempenho em 2020 de Minas Gerais e da região Norte do estado. Enquanto o estado, como um todo, apresenta 82,7% de atendimento de água, a Região Norte amarga 65,4% no mesmo índice (BRASIL, 2021). Nesse sentido, deve-se refletir sobre as políticas públicas e privilégios de uma região em detrimento a outras. Ainda, indo além do preconizado pela legislação avaliada nesse estudo, há de se lembrar do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável nº 6 (ODS6), que coloca como objetivo principal o alcance do acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos, até 2033 (ODS, 2022). As informações apresentadas nesse artigo são alguns dos indícios que a equitatividade não se reflete nos números quando se trata da Região Norte de Minas Gerais.

A diversidade sociodemográfica dos municípios avaliados torna a universalização do saneamento básico um desafio complexo e multifacetado. Dito isso, uma abordagem aderente às necessidades do município é uma via promissora para alcançar a universalização em seu mais amplo conceito. Nesse caminho, a participação popular se torna essencial para que as expectativas e demandas locais sejam contempladas. Essa perspectiva é fácil de ser compreendida ao comparar o processo de universalização em municípios majoritariamente urbanos com municípios que dispõem de áreas rurais, comunidades tradicionais e povos originários - as necessidades dessas populações, em termos de abastecimento de água, são as mesmas? Claramente, não. Reforçando esse fato, o Decreto nº 11.467/2023 prevê, em seu artigo 7, § 13, que “a estrutura de governança, quando a

prestação regionalizada envolver as populações rurais, originárias e tradicionais, abarcarão outras instâncias de governança existentes criadas para a gestão do saneamento nessas áreas, com direito a voto, comprovado por meio do instrumento legal de criação da referida estrutura” (BRASIL, 2023). Esse recente excerto traz o protagonismo para áreas historicamente negligenciadas pelos instrumentos de governança, como a própria região norte do estado de Minas Gerais – região claramente rica pela pluralidade e pela presença de populações tradicionais e povos originários (SILVA, FONSECA e FONSECA, 2018).

Diante dessa reflexão, reforça-se o afastamento das soluções padronizadas e a priorização de abordagens personalizadas, que levem em consideração as características locais e as necessidades da população, como instrumento gerador de soluções mais eficazes, viáveis e adequadas à realidade das regiões. Enseja-se que essa abordagem seja colaborativa, com participação dos representantes do município, organizações da sociedade civil, prestadora de serviços de saneamento e comunidades locais.

Além de considerar o aspecto social e participativo, há de se destacar a importância de investimentos no setor. É através de investimentos que projetos de infraestrutura de saneamento são facilitados. A maior prestadora de serviços na região Norte de Minas Gerais – Copasa, prevê um investimento de R\$ 8,1 bilhões para o saneamento no estado, com o intuito de atender as metas de universalização (AGÊNCIA MINAS, 2022). A combinação de investimento e atendimento às necessidades locais parece ser um bom dueto para o alcance das metas postas pela Lei Federal nº 14.026/2020.

Vale ainda ressaltar, a importância de investimentos destinados a programas de educação e sensibilização sobre saneamento básico, a fim de promover boas práticas e a mobilização da população para que possam demandar por serviços de abastecimento de água de qualidade.

## **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Diante do estudo realizado, destacam-se as seguintes conclusões:

1. Os dados de população apresentados no SNIS dispõem de variações ano a ano que dificultam uma análise consistente de todos os municípios avaliados.
2. Em um cenário pessimista, dentre 76 municípios do Norte de Minas, apenas dois alcançariam a meta de 99% de abastecimento de água em 2033. No cenário otimista, o número de municípios que alcançariam a meta sobe para trinta e seis;
3. O cenário pessimista pode refletir a realidade, caso investimentos não sejam realizados na região, tendo em vista que ao considerar a estatística descritiva percebe-se que nos 13 anos que antecedem 2020 houve piora nos índices gerais de atendimento de água no Norte de Minas. Se esse cenário se repete nos 13 anos subsequentes a 2020, o cenário será ainda pior que o apresentado neste estudo em 2033.

Como recomendações, sobrelevam-se:

1. A importância do fortalecimento de ferramentas de confiabilidade dos dados do SNIS, de modo que os dados possam ser utilizados efetivamente como suporte a políticas públicas e para tomada de decisão.
2. A necessidade de avaliação aprofundada da situação de cada município, de modo a identificar as deficiências no atendimento e as estratégias necessárias para que a meta estabelecida pela Lei Federal 14.026/2020 seja alcançada.
3. A urgência de políticas públicas aderentes às carências da região Norte de Minas Gerais, cujos dados revelam que estão à margem dos investimentos e muito aquém do cenário observado no estado. Nesse caminho, vale reenfatar a premissa de equidade do abastecimento de água como chave para o cumprimento do ODS6.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. AGÊNCIA MINAS. Plano de investimentos da Copasa prevê R\$ 8,1 bilhões para saneamento em Minas. Disponível em: <https://www.agenciaminas.mg.gov.br/noticia/plano-de-investimentos-da-copasa-preve-r-8-1-bilhoes-para-saneamento-em-minas>. Acesso em 07 de abril de 2023.
2. BRASIL. Diagnóstico Temático – Serviços de Água e Esgoto, 2021. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em 28 de outubro de 2022.

3. BRASIL. Decreto nº 11.467, de 05 de abril de 2023. Dispõe sobre a prestação regionalizada dos serviços públicos de saneamento básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2023.
4. BRASIL. Lei Federal nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Altera o Marco Legal do Saneamento Básico. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília-DF, 2020.
5. GUITERAS, R., LEVINSOHN, J., MOBARAK, A. M. Encouraging sanitation investment in the developing world: A cluster-randomized trial. *Science*, n. 348, p. 903-906, 2015.
6. HAMDAN, O. H. C., LIBÂNIO, M., COSTA, V. A. F. Avaliação de indicadores aplicados a sistemas de abastecimento de água de pequeno porte. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 24, n. 6, 2019.
7. ODS. Objetivo 6 – Água Potável e Saneamento. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br/objetivo/objetivo?n=6>. Acesso em 28 de outubro de 2022.
8. RIZAL, N. N. M., HAYDER, G., YUSOF, K. A. Water Quality Predictive Analytics Using an Artificial Neural Network with a Graphical User Interface. *Water*, v. 14, 2022.
9. SILVA, C. A., FONSECA, M. A., FONSECA, A. I. A. Populações tradicionais do Norte de Minas Gerais: suas relações, pluralidades socioespaciais no campo, saberes e fazeres. *Geografia – VI Encontro REA*, 2018.
10. SILVA, F. L., FUSHITA, A. T., CUNHA-SANTINO, M. B., BIANCHINI JÚNIOR, I. Advantages, disadvantages and methods of applying mathematical models to evaluate water quality in reservoirs: a systematic review. *Revista Ambiente e Água*, v. 17, n. 2, 2022.
11. WHO. World Health Organization, 2019. 1 in 3 people globally do not have access to safe drinking water. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/18-06-2019-1-in-3-people-globally-do-not-have-access-to-safe-drinking-water-unicef-who>. Acesso em 29 de setembro de 2022.