

IV-636 - AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS VELHAS/MG

Dawber Batista Ferreira ⁽¹⁾

Técnico em Controle Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestrando em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela UFMG.

Gabriela Rodrigues Barroso ⁽²⁾

Engenheira Ambiental e Sanitarista pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG). Mestre e Doutoranda em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Sílvia Corrêa Oliveira ⁽³⁾

Engenheira Eletricista, Mestre e Doutora em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Professora Associada do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA-UFMG).

Endereço ⁽¹⁾: Escola de Engenharia - UFMG, Avenida Presidente Antônio Carlos, 6627 - Bloco 1 – Sala 4617- Pampulha - Belo Horizonte - MG - CEP: 31270-901 - Brasil - Tel: (31) 99109-8861 – e-mail: dawberbatista123@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho por meio do uso de métodos estatísticos avaliou a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio das Velhas, em Minas Gerais, no período de 2008 a 2021. Foi identificada a tendência espaço-temporal dos principais parâmetros responsáveis pela degradação dos corpos hídricos considerando a bacia em sua integralidade e para cada estação de monitoramento do Programa Águas de Minas selecionada no estudo. De uma forma geral, na região fisiográfica do Alto Velhas, onde está inserida a Região Metropolitana de Belo Horizonte e o quadrilátero ferrífero os lançamentos de esgotos domésticos e os efluentes industriais, principalmente de atividades minerárias foram os principais responsáveis pela degradação da qualidade das águas superficiais. Por sua vez, no Médio Baixo e Baixo Velhas o principal fator de pressão sob os recursos hídricos foi a poluição difusa ocasionada pela agropecuária e área de pastagens. Por fim, no Médio Baixo Velhas, identificou-se como fatores de pressão tanto a poluição difusa de atividades agrossilvipastoris quanto a ocasionada por efluentes domésticos. Os parâmetros de indicador fecal e coliformes totais apresentam tendência significativa de redução em alto número de estações localizadas em áreas urbanizadas.

PALAVRAS-CHAVE: bacia do rio das Velhas, qualidade das águas, tendência espaço-temporal.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso de indubitável importância para a vida e o desenvolvimento socioeconômico, visto os seus usos de natureza múltipla associada as atividades humanas. A qualidade da água será a resultante de fenômenos naturais e antrópicos, sendo determinada em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica [1].

Nesse interim, os programas de monitoramento de qualidade de água superficiais são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos, uma vez que, por meio dos seus resultados é possível conhecer a condição do manancial e identificar alterações na qualidade da água superficial ao longo do tempo e do espaço [2,3]. Isto posto, a caracterização da situação da qualidade de água superficial e do banco de dados do programa monitoramento implementado em uma bacia permite a extração de informações de grande relevância para a gestão adequada da qualidade da água, dados esses que são subutilizados frequentemente [4].

Em relação a qualidade das águas superficiais, as bacias hidrográficas localizadas em regiões urbanizadas estão sujeitas a variadas pressões antrópicas em decorrência das diversas atividades econômicas e a mudança do uso e ocupação do solo [5]. No estado de Minas Gerais, uma das principais bacias hidrográficas localizadas em região urbanizada é a bacia do rio das Velhas. Apenas nessa bacia, estão presentes 24,7% da população do estado e, em relação à urbana, esse percentual sobe para 28,1% do total estadual [6].

OBJETIVOS

O presente trabalho possui como objetivo geral avaliar a qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio das Velhas, uma região de alta relevância socioeconômica e ambiental e com alto grau de urbanização, por meio da análise da tendência espaço-temporal dos parâmetros de qualidade de água superficial nas estações de monitoramento da área de estudo. Os resultados obtidos neste estudo poderão ser utilizados como subsídios técnicos para os tomadores de decisão na implementação de políticas de gerenciamento dos recursos hídricos na área abrangida

METODOLOGIA UTILIZADA

Área de estudo

Com uma área aproximada de 27.850 km², a bacia do Velhas corresponde a 11,88% do território mineiro da bacia do hidrográfica do rio São Francisco, englobando 51 municípios, sendo que, 44 possuem sede urbana nos limites da bacia [7]. A bacia abriga uma população de aproximadamente 4,8 milhões de habitantes, o que corresponde a 24,7% da população total de Minas Gerais [6]. Em razão da extensão e diversidade ambiental, a bacia hidrográfica é segmentada em outras quatro regiões fisiográficas com distintas densidades populacionais e atividades econômicas preponderantes: Baixo rio das Velhas, Médio Baixo, Médio Alto e Alto rio das Velhas. A Figura 1 apresenta as regiões fisiográficas da bacia do rio das Velhas.

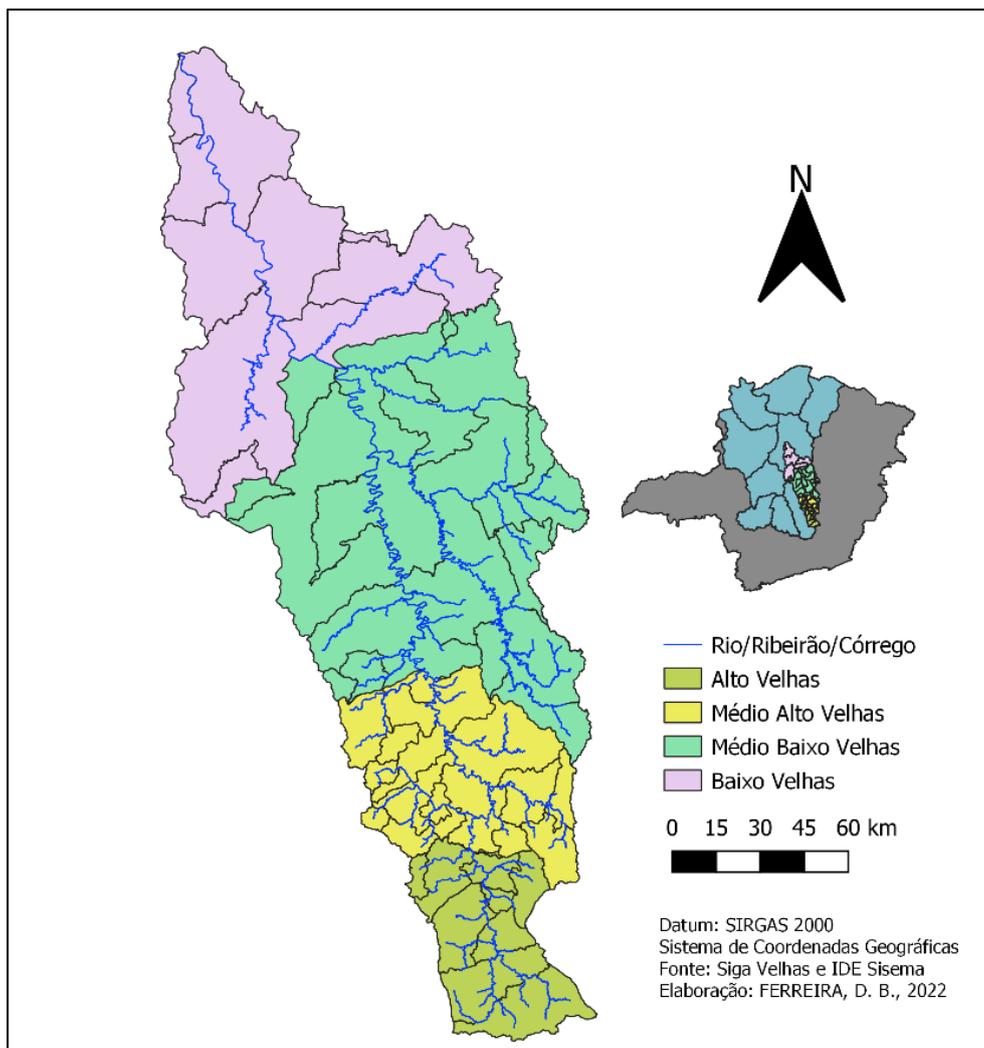


Figura 1: Área de estudo

Estruturação do banco de dados e seleção dos parâmetros para análise

Utilizou-se os dados de monitoramento disponibilizados pelo IGAM, no escopo do Programa Águas de Minas. Ao todo, foram avaliadas 60 estações de monitoramento da rede básica de monitoramento da qualidade das águas superficiais disponibilizados pelo IGAM, no escopo do Programa Águas de Minas, distribuídas nas quatro regiões fisiográficas da área de estudo, compreendendo o período histórico entre 2008 e 2021.

Para a seleção dos parâmetros para a análise de tendência espaço-temporal foram analisados os dados de 62 parâmetros que foram mensurados em, ao menos, algum período durante a série histórica analisada. Nesse contexto, no intuito de caracterizar os resultados do monitoramento na bacia e, conseqüentemente, identificar os parâmetros responsáveis pela maior degradação ambiental, em cada estação de monitoramento da bacia, os valores das campanhas de monitoramento foram classificados em quatro faixas, conforme indicado na Tabela 1: (i) até o percentil 25, (ii) entre o percentil 25 e percentil 50, (iii) entre o percentil 50 e percentil 75 e (iv) acima do percentil 75.

Tabela 1. Faixas de classificação dos resultados das amostragens

CLASSIFICAÇÃO	VALORES
Faixa bom	Valor mínimo $\leq X <$ Percentil 25
Faixa regular	Percentil 25 $\leq X <$ Percentil 50
Faixa ruim	Percentil 50 $\leq X <$ Percentil 75
Faixa muito ruim	Percentil 75 $\leq X \leq$ Valor Máximo

Em sequência, calculou-se por parâmetro e estação, o percentual de dados em cada uma das faixas de classificação. Aqueles parâmetros que apresentaram a maioria de suas amostragens, na denominada faixa “muito ruim”, foram considerados como críticos para caracterizar a qualidade da água naquela estação, logo, são os mais importantes em termos de degradação da qualidade da água, com exceção do Oxigênio Dissolvido, para o qual aplicou-se a lógica contrária.

Os parâmetros majoritariamente enquadrados na faixa “muito ruim”, em ao menos 30% das estações de monitoramento, foram selecionados para a realização da análise de tendência espaço-temporal.

Análise de tendência espaço-temporal

O procedimento de identificação da existência de tendência espaço-temporal se iniciou com a aplicação do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ao nível de significância de 5%, para cada parâmetro e estação de monitoramento, para a identificação da existência de sazonalidade entre os trimestres. Os resultados que apresentaram p-valor inferior a 0,05 indicaram a influência da sazonalidade sobre os dados [8].

Em seguida, aplicou-se o teste de Mann-Kendall (MK) ou teste Sazonal de Mann-Kendall (SMK), ordenado da coleta mais antiga para a mais recente. Quando houve indicativo de sazonalidade utilizou-se o teste SMK e, quando não identificado a influência da sazonalidade o teste MK. Tal como no teste de Kruskal-Wallis, quando o p-valor foi inferior a 0,05 interpreta-se a existência de tendência significativa nos dados avaliados e, em caso contrário, é indicado como ausência de tendência [9, 10]. O sinal do Tau de Kendall, calculado em ambos os testes indicou o sentido da tendência do parâmetro ao longo do tempo, de elevação ou de redução. Para a aplicação dos testes estatísticos foram consideradas as amostragens das coletas trimestrais de cada parâmetro por estação, tal como em outros estudos [8, 10, 11, 12].

No intuito de identificar a tendência espacial dos parâmetros os resultados do teste de tendência temporal foram plotados em mapas, considerando as quatro regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do rio das Velhas.

RESULTADOS OBTIDOS

Na Figura 2 é apresentada a localização das estações de monitoramento analisadas. A análise de tendência espaço-temporal foi realizada para 22 parâmetros de qualidade de água superficial relevantes para a bacia hidrográfica: Alcalinidade de bicarbonato (Alc_B), Alcalinidade total (Alc_T), Alumínio dissolvido (Al_{Diss}), Cálcio total (Ca_T), Coliformes totais (Coli totais), Condutividade elétrica in loco (CE), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Densidade de cianobactérias (Den Cian), Dureza de magnésio (Dur_{Mg}), Ferro total (Fer_T),

Fósforo total (P_T), Indicador fecal (Ind Fec), Magnésio total (Mg_T), Nitrato ($N-NO_3^-$), Nitrito ($N-NO_2^-$), Nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$), Nitrogênio orgânico (NOrg), pH, Potássio dissolvido (K_{Diss}), Sódio dissolvido (Na_{Diss}), Temperatura da água (TH_2O) e Turbidez (Turb), em cada uma das 60 estações de monitoramento.

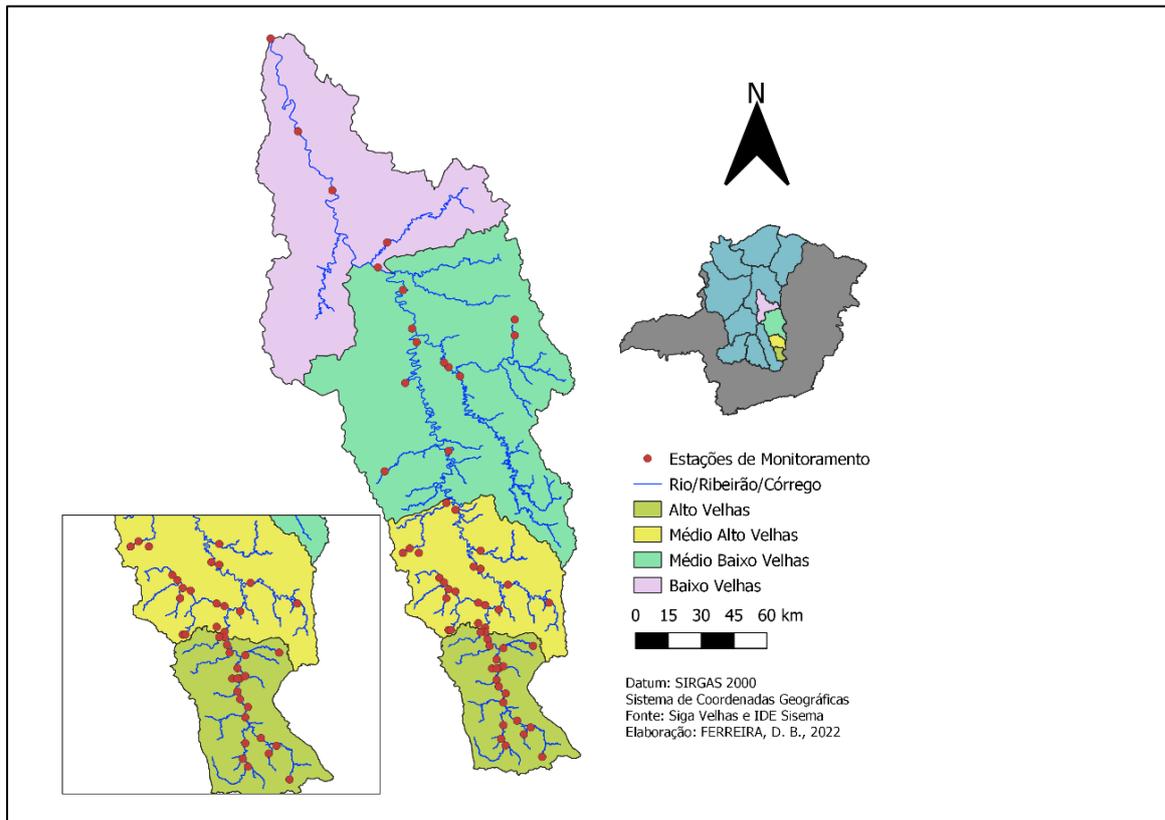


Figura 2: Localização das estações de monitoramento analisadas

Na Tabela 2 são apresentados os resultados do teste de tendência temporal para os parâmetros selecionados para a análise por estação de monitoramento. De uma forma geral, identificou-se em 57,6% dos casos a inexistência de tendência temporal, em 31,9% indicativo de tendência significativa de elevação e em 10,5% dos casos tendência significativa de redução.

Tabela 2. Faixas de classificação dos resultados das amostragens

Estação	Alc _B	Alc _T	Al _{diss}	Ca _T	Ind. Fec	Coli. totais	CE	DBO	Den. Cian.	Dur.Mg	Fe _T
AV007	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	↑	↑
AV010	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	↑
AV020	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	-
AV060	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	↑	-
AV070	-	-	↓	-	-	↑	↑	-	*	-	↑
AV210	-	-	↓	↓	-	↓	↑	↑	-	-	↑
AV250	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	↓
AV300	-	-	↓	-	↓	↓	↑	-	*	-	↑
AV320	-	-	↓	↓	-	↓	↑	-	*	↑	↓
AV340	-	-	↓	↓	↓	↓	↑	-	*	-	↑
BV013	-	↑	↓	-	-	-	↑	-	-	↑	-
BV035	↑	↑	↓	-	↓	↓	↑	-	-	↑	↑
BV037	↑	↑	↓	-	-	↓	↑	-	-	↑	↑
BV062	-	↑	↓	-	↓	↓	↑	-	*	↑	↓
BV067	↑	↑	↓	-	-	↑	↑	↑	-	↑	↑
BV076	↑	↑	↓	-	↓	↓	↑	-	*	↑	*
BV083	-	-	↓	-	↓	↓	↑	-	-	↑	*
BV105	-	-	↓	-	↓	↓	↑	↑	↑	-	*
BV130	↑	↑	-	↑	-	↓	↑	↑	*	↑	*
BV133	↑	↑	↓	-	-	↓	↑	-	*	-	*
BV135	-	-	-	-	↑	-	↑	-	↑	-	*
BV136	-	-	↓	-	↓	-	↑	-	*	↑	*
BV137	-	-	↓	-	↓	↓	↑	-	-	↑	*
BV138	-	-	↓	-	-	↓	↑	-	-	-	*
BV139	↑	↑	↓	-	-	↓	↑	-	-	↑	↑
BV140	↑	↑	↓	↑	↑	-	↑	↑	*	↑	*
BV141	↑	↑	↓	-	-	-	↑	↑	↑	↑	*
BV142	-	-	↓	-	-	-	↑	↑	↑	↑	*
BV143	-	-	↓	-	-	-	-	-	*	-	*
BV144	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	*
BV146	-	-	↓	-	↑	-	↑	-	-	-	*
BV148	-	-	-	-	↓	-	↑	-	↑	↑	*
BV149	-	-	↓	-	↓	-	↑	-	-	-	*
BV150	-	-	↓	-	↑	-	↑	↑	-	↑	*
BV151	-	-	-	-	↑	-	↑	-	-	↑	*
BV152	-	-	↓	-	↑	-	↑	-	-	↑	*
BV154	-	-	-	-	↓	↓	↑	-	*	-	*
BV155	-	-	↓	↓	↓	↓	-	-	*	-	*
BV156	-	-	↓	↑	-	-	↑	-	↑	-	*
BV160	↑	↑	-	↑	↓	↓	↑	↑	*	↑	*
BV161	↑	↑	-	↑	-	-	↑	↑	*	↑	*
BV162	-	-	↓	-	-	-	-	-	*	↑	*
SC03	-	-	-	-	↓	↓	↑	-	*	↑	*
SC10	-	-	-	-	↓	↓	-	↑	*	-	*
SC12	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	*
SC13	-	-	↓	-	-	↓	↑	-	*	-	*
SC14	-	-	↓	-	↓	↓	-	-	*	-	*
SC16	-	-	-	↓	↓	↓	↑	-	-	-	*
SC17	-	-	-	-	-	↓	↑	↑	*	-	*
SC19	-	-	-	-	↓	↓	↑	-	*	-	*
SC21	↑	↑	-	↑	↓	↓	↑	↑	*	↑	*

Estação	Alc _B	Alc _T	Al _{diss}	Ca _T	Ind. Fec	Coli. totais	CE	DBO	Den. Cian.	Dur.Mg	Fer
SC22	-	-	↓	-	-	-	↑	-	*	-	*
SC23	-	-	↓	-	-	↓	↑	-	*	-	*
SC24	-	-	↓	-	↓	↓	↑	↑	*	↑	*
SC25	-	-	-	-	↓	↓	↑	-	*	-	*
SC26	-	-	-	-	↓	↓	-	-	*	-	*
SC27	-	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	*	-	*
SC28	-	-	↓	-	-	↑	↑	-	*	-	*
SC30	-	-	↓	-	-	-	-	-	*	-	*
SC33	-	-	↓	-	↑	-	-	-	*	-	*

CONTINUIDADE DA TABELA PARA OS DEMAIS PARÂMETROS

Estação	P _T	Mg _T	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _{Org}	pH	K _{diss}	N _{adiss}	T _{H2O}	Turb
AV007	-	-	↑	-	-	-	↑	-	-	↑	-
AV010	-	-	↑	-	-	-	-	-	↓	↑	↓
AV020	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	↓
AV060	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
AV070	-	-	↑	-	-	-	-	-	↑	↑	-
AV210	↑	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	-
AV250	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	↓
AV300	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	↓
AV320	↑	-	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-
AV340	↑	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	↓
BV013	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	↑	-
BV035	-	↑	↑	-	↑	-	-	-	↑	-	-
BV037	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	-
BV062	-	↑	↑	↑	↑	-	-	↑	↑	-	-
BV067	-	↑	↑	↑	↑	-	-	↑	↑	↑	↓
BV076	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	-	↑	-
BV083	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↓
BV105	-	-	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-
BV130	-	-	↑	↑	↑	-	↑	↑	-	-	-
BV133	-	-	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	↓
BV135	-	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↑	↓
BV136	↑	↑	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-
BV137	-	↑	↑	-	↑	-	↑	-	-	↑	↓
BV138	↑	-	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-
BV139	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	↑	↑	-	-
BV140	-	↑	↑	-	↑	-	↑	-	-	↑	↓
BV141	-	↑	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	-
BV142	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	-
BV143	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
BV144	-	↑	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-
BV146	-	-	↑	-	-	-	↑	-	-	-	-
BV148	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	-	-	-
BV149	↑	-	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-
BV150	-	↑	↑	-	-	-	↑	-	-	↑	-
BV151	↑	-	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-
BV152	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
BV154	-	-	↑	-	↑	-	-	-	-	-	↓
BV155	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	-	↓
BV156	-	-	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	↓
BV160	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	↓
BV161	↑	↑	↑	↑	↑	-	↑	-	-	↑	-

Estação	P _T	Mg _T	N-NO ₃ ⁻	N-NO ₂ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N _{Org}	pH	K _{diss}	Na _{diss}	T _{H2O}	Turb
BV162	↑	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
SC03	-	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↑	↓
SC10	-	-	↑	↑	-	-	-	-	-	-	↓
SC12	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
SC13	-	-	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-
SC14	-	-	↑	-	-	↑	-	↓	-	↑	↓
SC16	↑	-	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	↓
SC17	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	-	-	-	-
SC19	↑	-	↑	↑	↑	-	↑	-	-	-	-
SC21	-	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	↓
SC22	-	-	↑	-	-	-	-	-	-	↑	-
SC23	↑	-	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	-
SC24	↑	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	↑
SC25	↑	-	↑	-	-	-	↑	-	-	-	-
SC26	-	-	↑	-	↑	-	-	-	-	↑	-
SC27	↑	-	-	↓	↑	-	↑	-	-	↑	-
SC28	↑	-	↑	-	-	-	↑	-	-	↑	-
SC30	-	-	↑	↑	-	-	-	-	-	↑	↓
SC33	↑	-	↑	-	-	-	-	-	-	-	-

Obs: ↑: Tendência significativa de Elevação; ↓: Tendência significativa de Redução; - Sem Tendência significativa; * Parâmetro não monitorado na estação

Na Figura 3 é apresentado o mapa de tendência espaço-temporal para o parâmetro de indicador fecal.

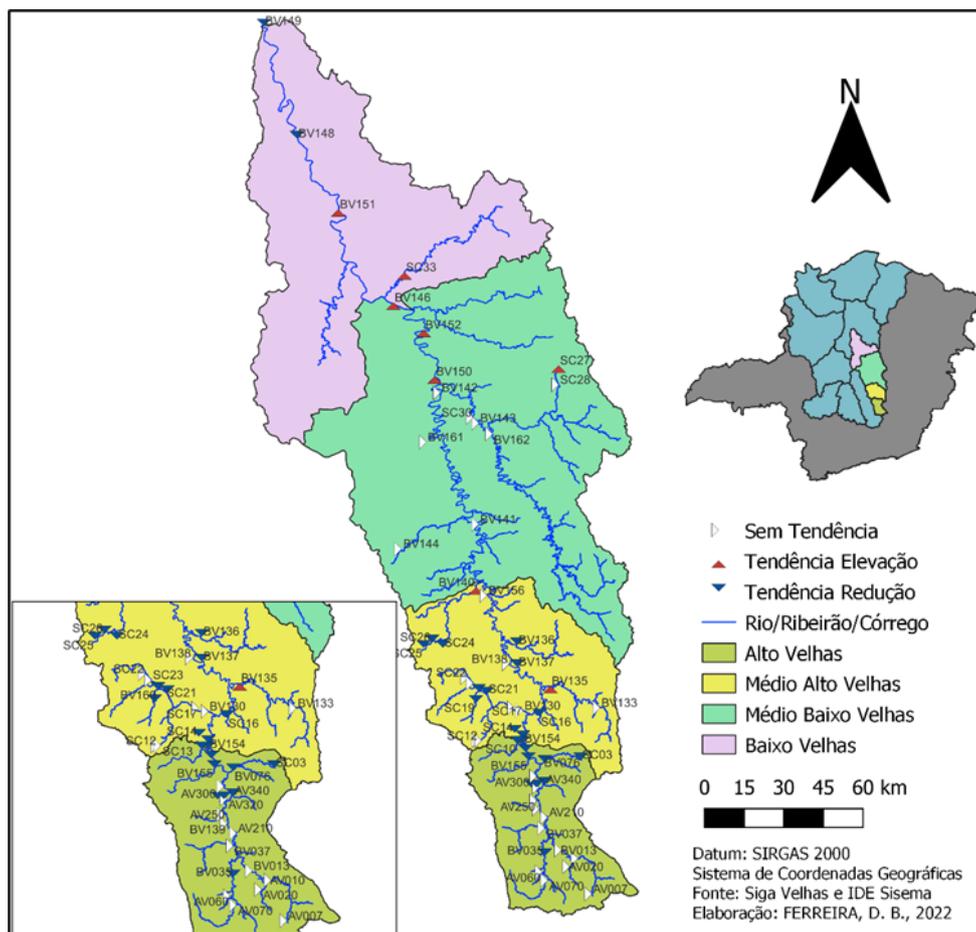


Figura 3: Tendência espaço-temporal do parâmetro de Indicador Fecal

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Na região do Alto Velhas, os parâmetros de dureza de magnésio e magnésio apresentaram tendência significativa de elevação, conjuntamente, em 8 das 22 estações da região. Também, há tendência de elevação em todas as 22 estações do Alto Velhas do parâmetro nitrato, em 11 (50%) estações para o nitrogênio amoniacal e em 10 (45%) estações para o nitrito, resultados os quais, podem ser relacionados com a pressão antrópica da região ocasionada pelo descarte de efluentes domésticos. Por outro lado, o indicador fecal apresentou tendência de redução em 10 (45%) estações da região, localizadas, principalmente em áreas urbanizadas, onde o crescimento urbano junto ao descarte de efluentes domésticos é um dos principais responsáveis pela má qualidade de água [13], sendo que, apesar da tendência de redução, o indicador fecal ainda ocorre em concentrações elevadas [9, 14].

A região do Médio Alto Velhas, possui significativa tendência de elevação em relação aos parâmetros da série de nitrogênio, identificada em 22 (100%) das estações para o nitrato, 17 (77%) para o nitrogênio amoniacal e em 9 (41%) das estações para o nitrito. A ocorrência desses resultados está relacionada principalmente com esgotos sanitários e o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados em áreas agrícolas [15]. Ademais, devido à pressão sob a qualidade das águas ocasionada pela agropecuária na região, têm-se a tendência de elevação em 9 (41%) estações de monitoramento da região para fósforo total. Noutro giro, se destaca a tendência de redução dos parâmetros relacionados a contaminação fecal, do coliformes totais em 16 (73%) estações de monitoramento e do indicador fecal em 11 (50%) estações, localizadas na calha principal e nos afluentes do rio das Velhas.

No Médio Baixo Velhas, foi predominante a tendência de elevação para parâmetros que podem estar relacionados com a atividade agropecuária, ocasionado, por exemplo, devido o escoamento das águas pluviais e erodibilidade de solos fertilizados. Assim, têm-se a tendência de elevação para o nitrato em 10 (91%) estações de monitoramento, para o fósforo total em 7 (64%) estações, em 5 (45%) estações para o nitrogênio amoniacal e em 4 (36%) estações para o nitrito.

Na região do Baixo Velhas destacam-se os parâmetros de nitrato com tendência de elevação em 5 (100%) estações de monitoramento, e o fósforo total e condutividade elétrica com tendência de elevação em 4 (80%) estações cada.

CONCLUSÃO

Por fim, a partir da análise de tendência espaço-temporal identificou-se o comportamento de cada parâmetro analisado de forma discretizada em cada estação. Por meio desses testes, constatou-se que para a maioria dos parâmetros avaliados houve prevalência da ausência de tendência temporal nas estações, entretanto, nesse rol de parâmetros há casos como do indicador fecal que há a estabilização em concentrações elevadas, indicando condição preocupante e necessidade de adoção de medidas que reduzam o aporte deste contaminante nos cursos d'água. Os resultados deste trabalho apontam a necessidade de investimentos em saneamento básico, melhoria na eficiência do tratamento dos efluentes domésticos e industrial, manejo adequado do solo e a preservação da vegetação para a melhoria da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio das Velhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: DESA/UFMG, 2011
2. CALAZANS, G. M. *Avaliação e proposta de adequação da rede de monitoramento da qualidade das águas superficiais das sub-bacias do rio das Velhas e do rio Paraopeba utilizando técnicas estatísticas multivariadas*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. 196f.
3. SOARES, A. L. C. *Identificação dos corpos d'água mais impactados das bacias dos rios Piracicaba e Paraopeba e cálculo do risco relativo de violação aos limites preconizados pela legislação ambiental*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. 152f.
4. TRINDADE, A. L. C. *Aplicação de técnicas estatísticas para avaliação de dados de monitoramento de qualidade das águas superficiais da porção mineira da bacia do rio São Francisco*. Dissertação (Mestrado

- em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.181f
5. SOARES, A. L. C. Bacia hidrográfica do Rio Paraopeba: Análise Integrada dos Diferentes Impactos Antrópicos. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - EE/UFMG, Belo Horizonte, 2021. 381f
 6. IGAM. Conheça a Bacia. 2022. Disponível em: <https://comites.igam.mg.gov.br/conheca-a-bacia-sf5>. Acesso em: 10 abr. 2022
 7. CBH VELHAS. Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas: Volume 1| Diagnóstico. Belo Horizonte: CBH Rio das Velhas/IGAM/SEMAD/ AGB Peixe Vivo, 2015. 319p
 8. IGAM. Análise de Tendência da Qualidade das Águas na Bacia do rio das Velhas no período de 2000 a 2013. Belo Horizonte: SEMAD/IGAM, 2014. 72p
 9. TRINDADE, A. L. C.; ALMEIDA, K. C. de B.; BARBOSA, P. E.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da sub-bacia do Rio das Velhas, estado de Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 22, n. 1, p. 13–24, 2016
 10. FERREIRA, D. B.; BARROSO, G. R.; DANTAS, M. S.; OLIVEIRA, K. L. de; CHRISTOFARO, C.; OLIVEIRA, S. C. Pluviometric patterns in the São Francisco River basin in Minas Gerais, Brazil. RBRH, v. 26, n. 27, p. 13, 2021
 11. PEREIRA, A. C.; RESENDE, A. A. P.; BRAGA, G. B.; ODA, T. Y. R. Tendências temporais e espaciais da qualidade das águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Piranga, Minas Gerais. Revista Mineira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 20, 2021
 12. CHRISTOFARO, C.; LEÃO, M. Caracterização temporal do arsênio nos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio das Velhas, MG, Brasil, ao longo de uma década (1998 - 2007). Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v. 4, n. 3, p. 54–66, 2009
 13. CORDOVA, J. E. Análise integrada da influência das alterações do uso e ocupação do solo na qualidade das águas superficiais das bacias dos rios Pará e das Velhas – MG. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - EE/UFMG, Belo Horizonte, 2020. 271f
 14. COSTA, E. P.; PINTO, C. C.; SOARES, A. L. C.; MELO, L. D. V.; OLIVEIRA, S. M. A. C. Evaluation of violations in water quality standards in the monitoring network of São Francisco River basin, the third largest in Brazil. Environmental Monitoring and Assessment, v. 189, n. 11, p. 590, 2017
 15. CETESB. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. Apêndice E: Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade. 57p. 2017