

# ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA EVOLUÇÃO DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA SUB-BACIA DO RIO PARÁ - MG.

Braido, F.L. <sup>1</sup>; Mendes I.A.S. <sup>2</sup>; Rodrigues W.F. <sup>3</sup>; Oliveira, D.A. <sup>4</sup>; Ribeiro, E.V <sup>5</sup>;

1 Fernanda Loebel Braido, Geologia, UNESP Campus Rio Claro, Rio Claro – SP; fernanda.braido@unesp.br

2 Izabela Aparecida da Silva Mendes, Geografia, UFMG Campus Pampulha, Belo Horizonte - MG

3 William Fortes Rodrigues, Geografia, IFMG- campus Ibirité, Ibirité - MG

4 Orientador: Diego Alves de Oliveira, Campus Ouro Preto; diego.oliveira@ifmg.edu.br

5 Orientadora: Elizene Veloso Ribeiro, Campus Ouro Preto; elizene.ribeiro@ifmg.edu.br

## 1. RESUMO

O risco iminente de uma escassez hídrica atualmente gera uma grande necessidade de cuidar e preservar este bem mineral, controlando seu uso e acompanhando as emissões de poluentes nas bacias hidrográficas do país. O IGAM, em 1997, iniciou o projeto “Águas de Minas”, com objetivo de monitorar trimestralmente a qualidade das águas superficiais das bacias hidrográficas mineiras. Este trabalho utilizou os dados disponíveis no Repositório Institucional do IGAM para analisar a evolução da densidade amostral dos pontos de coleta de dados para o monitoramento da qualidade das águas da UPGRH (Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos) SF-2, a Sub-Bacia do Rio Pará, afluente da Bacia do Rio São Francisco. Foram, portanto, selecionados os anos de 1998, 2008 e 2018 para tal análise, que permitiu acompanhar a evolução das amostragens nas últimas décadas os dados obtidos no repositório institucional geraram grandes tabelas, que puderam ser refinadas com ferramentas automáticas do Software Microsoft Office Excel, e que por fim, permitiram a análise temporal-espacial dos pontos. No ano de 1998 o monitoramento contava com 10 pontos de coleta, em 2008 este número chegou a 25 pontos, e em 2018 foram 29 pontos amostrais. Nota-se que o aumento significativo no primeiro intervalo de 10 anos, reflete diretamente no processo de refinamento da malha amostral do projeto realizado pelo IGAM, visto que, no segundo intervalo de 10 anos, o crescimento da malha de pontos foi consideravelmente menor. O aumento na densidade da malha do monitoramento reflete a necessidade de novas informações com o passar dos anos, devido ao aumento do uso e ocupação no entorno da bacia hidrográfica, onde predominam grandes indústrias, extrações de minérios (não metálicos), zonas urbanas e zonas rurais agropecuárias. O aumento da poluição nas águas também justifica a criação de novos pontos, para investigação de sua origem, por exemplo. A manutenção de um monitoramento ambiental assim como a disponibilização e divulgação destes dados para a população no geral, também é de suma importância, para que a população possa criar consciência da situação de sua região e assim, possibilitar a tomada de decisões a respeito da preservação da Gestão dos Recursos Hídricos cobrando diálogo entre órgãos públicos, órgãos ambientais, empresas privadas. A postura afirmativa dos habitantes de um município é indispensável para o cuidado e gestão do espaço e dos recursos naturais. A informação se torna uma ferramenta indispensável para a preservação da água e manutenção da vida no planeta.

**Palavras-chave:** Monitoramento, IGAM, Sub-Bacia do Rio Pará, UPGRHs, Rio São Francisco.

## 1. INTRODUÇÃO

As civilizações se desenvolveram próximas aos corpos d'água, dependendo diretamente deles para suas atividades diárias, como a pesca, a agricultura, para lazer, higiene, cozinhar alimentos, etc. “Os recursos hídricos são qualquer água superficial ou subterrânea que pode ser obtida e disponível para o uso humano, como os rios, lagos, arroios, lençóis freáticos etc” (COSTA, 2012). O uso irregular, imprudente e irresponsável deste recurso vem causando danos irreversíveis para as populações no mundo todo, contribuindo para a perda da qualidade destes recursos, podendo até impedir o seu uso e consumo humano. Atualmente, a qualidade de um corpo hídrico, ou seja, a concentração de poluentes nas águas, se relaciona diretamente com a possibilidade (ou não) de ser utilizada para certas atividades, tais como consumo humano, uso sanitário, agropecuário ou industrial.

Uma boa gestão sobre o uso, e um monitoramento adequado da qualidade dos recursos hídricos, presentes em território nacional, tem contribuído para evitar o agravamento da hídrica. O monitoramento, para ser considerado adequado, envolve as características físicas químicas e biológicas nas águas que fluem pelos rios próximos a centros urbanos, rurais e principalmente industriais (VON SPERLING, 1996). O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) publicou em 17/03/2005 a Resolução 357, que “dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências” (CONAMA, 2005). O enquadramento é baseado de acordo com o uso e com a qualidade do corpo hídrico, visando principalmente suprir as necessidades da população, compreendendo seu uso prioritário. A classificação tem como meta estabelecer um equilíbrio entre a emissão de poluentes nos rios, com o meio ambiente local, a qualidade de vida, saúde humana e das demais formas de vida, que não devem ser afetadas pela poluição (ASSEITUNO, 2016).

O IQA da National Sanitation Foundation (NSF), desenvolvido por Brown et al. (1970), é um dos índices padronizados de qualidade de água mais utilizados no mundo. Ele utiliza uma média ponderada de 09 parâmetros, fornecendo um único valor (0-100) como resultado, que representa o nível de qualidade da água (IGAM, 2009). O IQA é utilizado pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), e também pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), em parceria com a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), para o monitoramento das águas do estado, com o projeto “Águas de Minas”.

Os dados utilizados neste trabalho foram gerados pelo IGAM, órgão do Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA), ligado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), cuja finalidade é a promoção do gerenciamento das águas de Minas Gerais de acordo com as ações previstas na legislação (IGAM, 2009). O projeto “Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado Minas Gerais - Águas de Minas”, gerido pelo IGAM, em 1997 publicou seu primeiro relatório técnico. Tal documento apresenta os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas, realizadas nas campanhas de amostragem para o monitoramento da qualidade das águas superficiais do estado de Minas Gerais, abrangendo as nove maiores bacias hidrográficas do estado (IGAM, 1998).

Atualmente as campanhas ocorrem trimestralmente, com uma malha de pontos superior a 600 estações de amostragem, distribuídas pelo estado (IGAM, 2020). A ampliação desta malha é algo recorrente, conforme a necessidade de cada região. Os resultados deste monitoramento são de acesso público, disponíveis em plataformas virtuais, e apresentam-se como importante fonte de dados para uma gestão mais eficientes das águas.

### 1.1. Objetivos e Motivações

O objetivo desta pesquisa é analisar a evolução espacial e temporal do monitoramento da qualidade das águas do estado de Minas Gerais, realizado pelo IGAM entre os anos de 1998 e 2018, compreendendo a implementação dos novos pontos de coleta de dados no intervalo de tempo definido, na sub-Bacia do Rio Pará.

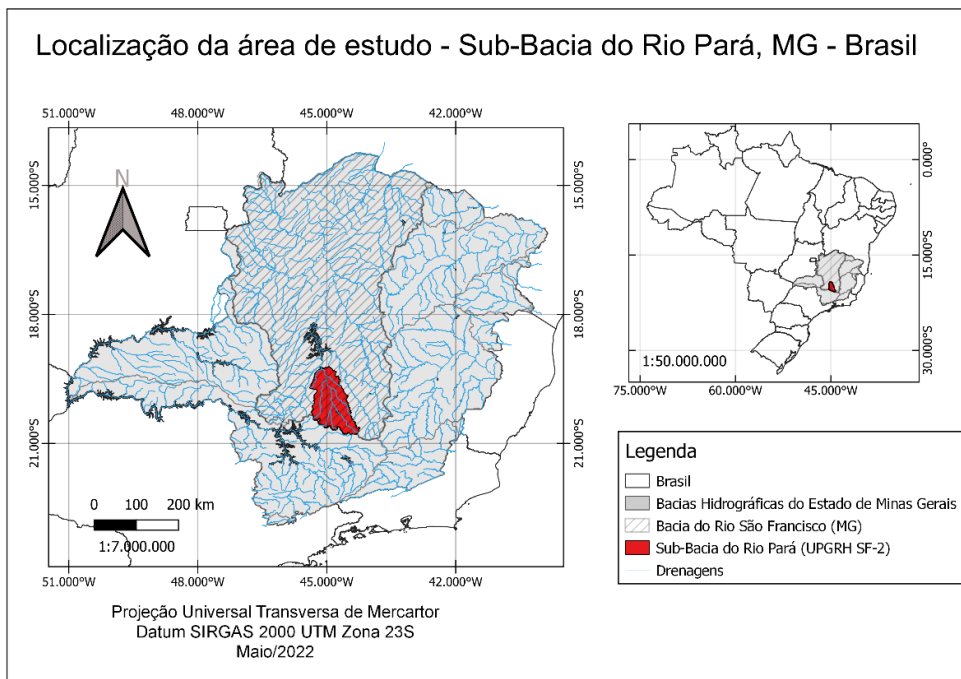
## 2. METODOLOGIA

### 2.1. Área de estudo

O IGAM seleciona e separa suas áreas de monitoramento de acordo com as UPGRHs - Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos, que são unidades físico-territoriais, dentro das bacias hidrográficas, cuja região apresenta características regionais físicas, sociais, políticas e econômicas próprias. O Monitoramento separou o estado de Minas Gerais em 36 UPGRHs,

abrangendo as oito principais bacias hidrográficas Federais, localizadas no território mineiro. A UGRH escolhida para este trabalho é a SF2 -Bacia do Rio Pará (Figura 1), sub-bacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, que possui uma área drenada de 12.233Km<sup>2</sup>, abrangendo 27 municípios, e é um dos principais afluentes do Rio São Francisco (IGAM, 2009). O uso da terra na região da Bacia SF é predominantemente urbano, na região de Divinópolis, o uso fortemente industrial e as extrações de minerais não metálicos se fazem presentes ao longo de toda a bacia; além de diversas regiões agropecuárias que são presentes no alto e médio curso da Bacia do rio Pará (IGAM, 2009; IGAM, 2019).

Figura 1: Mapa de Localização.



Fonte: Elaborado por Autores

## 1.2. Coleta e tratamento de dados

Os resultados de todos os monitoramentos do projeto Águas de Minas, a partir de 1997, estão disponíveis na web para acesso e uso livre para toda a população no Repositório Institucional, do Portal InfoHidro, pelo link: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/repositorio-institucional>. No Repositório Institucional, os dados mais antigos estão condensados em planilhas no Software Microsoft Office Excel, nomeadas como “Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais”, separadas por agrupamentos de anos 1997-2007; 2007-2011 e 2012-2016. A partir de 2017, o formato de publicação destes dados foi alterado, passando a ser publicado no repositório trimestralmente, ou seja, para os anos de 2017 em diante, existem quatro documentos (planilhas), com os dados exclusivamente de cada trimestre. Mesmo com esta mudança, a nomenclatura dos documentos se manteve como “Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais”.

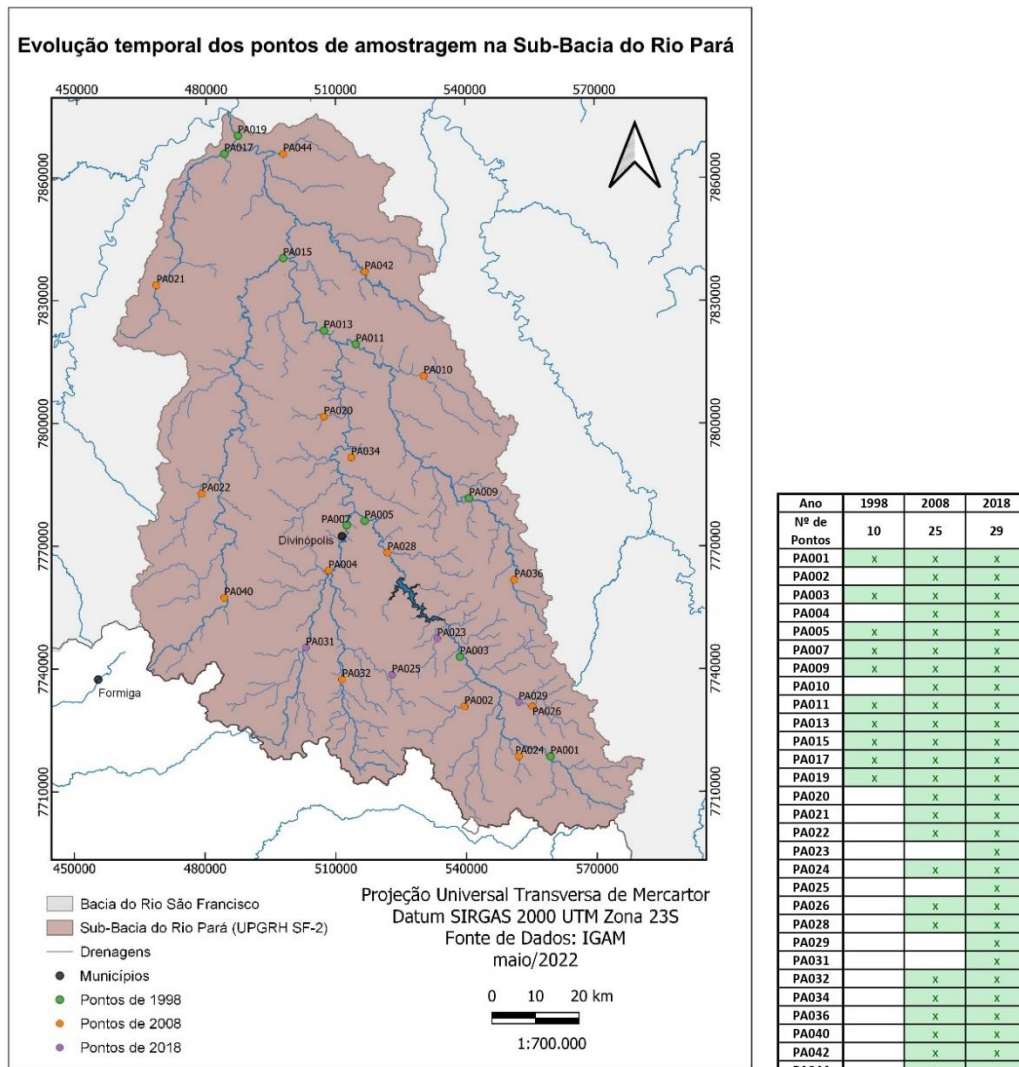
A análise temporal definida neste projeto foi a cada 10 anos, sendo os anos de 1998, 2008 e 2018 escolhidos para isto. Foram baixadas seis planilhas do repositório do IGAM: Para os dados de 1998 foi utilizada a série histórica de 1997-2007; os dados de 2008 utilizados estão na planilha de 2007-2011; no monitoramento de 2018 (mais recente) foram utilizadas quatro planilhas, uma para cada trimestre do ano.

Dentro do Software Microsoft Office Excel, foi possível organizar os dados baixados do Repositório Institucional e separar as informações de interesse para este estudo em uma nova planilha. A seleção de dados foi realizada com as próprias ferramentas do programa, buscando uma melhor visualização dos pontos de coleta e dos parâmetros que foram utilizados a cada ano, que permita uma boa análise comparativa destas informações. Para gerar um mapa, que permite a visualização e interpretação da evolução espacial e temporal dos dados obtidos no Repositório Institucional do IGAM, foi utilizado o Software livre QGis versão 3.16.3.

### 3. Resultados e Discussões

A análise temporal e espacial dos pontos, utilizados nos monitoramentos da qualidade das águas superficiais, da Sub-Bacia do Rio Pará, podem ser compreendidas em detalhe a partir dos dados amostrados na Tabela 01, e também no mapa de disposição e evolução dos pontos de coleta do projeto Águas de Minas (Figura 2).

Figura 2: Evolução dos pontos de coleta realizados no projeto Águas de Minas.  
Tabela 01: Evolução espacial e temporal dos pontos de amostragem no monitoramento da qualidade das águas subterrâneas de Minas Gerais.



Fonte: Elaborado por autores.

No mapa, os pontos de cor verde (PA001, PA003, PA005, PA007, PA009, PA011, PA013, PA015, PA017, PA019) representam os pontos de coleta existentes no ano de 1998, que se mantiveram em uso no projeto até hoje, o que totaliza 10 pontos de coleta de dados. Os pontos laranja no mapa (PA002, PA004, PA010, PA020, PA021, PA022, PA024, PA026, PA028, PA032, PA034, PA036, PA040, PA042 e PA044) são aqueles que foram identificados em 2008, totalizando 25 pontos (15 novos, em comparação com 1998). Os pontos roxos no mapa (PA023, PA025, PA029 e PA031) são os pontos adicionados mais recentemente, identificados no ano de 2018, tendo então um total de 29 pontos (04 a mais, quando comparado com 2008).

O monitoramento ocorreu de forma trimestral, com dois tipos de campanhas de amostragem: complexas (1º e 3º trimestres) que caracterizam os períodos de chuvas e de estiagens; e intermediárias (2º e 4º trimestres), em que o número de parâmetros analisados é bem menor. Em 1998 foram realizadas campanhas apenas no 1º e no 4º trimestre, em 2008 no 3º e 4º trimestre, e em 2018 foram realizadas todas as quatro campanhas. Nota-se que nos anos de 1998 e 2008 realizou-se apenas uma

análise complexa, em 1998 no período chuvoso e em 2008 no período de seca. Esta falta de regularidade nas amostragens dificulta as análises dos dados, podendo maquiar ou disfarçar possíveis informações, principalmente de cunho comparativo.

Braido (2022) realiza uma análise temporal dos parâmetros utilizados no projeto “Águas de Minas”, no mesmo intervalo de tempo deste trabalho. O referido trabalho aponta que 27 parâmetros foram utilizados de forma unânime nos três anos analisados, e 33 parâmetros ocorrem de forma variada no monitoramento. Nas duas campanhas de 1998 foram utilizados 53 e 32 parâmetros, respectivamente; no ano de 2008 foram 52 parâmetros em ambas campanhas; e em 2018, a quantidade de parâmetros a cada trimestre foi, respectivamente, de 51, 43, 50 e 42. Braido (2022) também realiza uma comparação desta evolução qualitativa do monitoramento realizado pelo IGAM com o cálculo anual do IQA publicado no IDE-Sisema - Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. A evolução do IQA aponta, em média, uma perda na qualidade das águas da sub-bacia do rio Pará ao longo dos 10 anos de estudo, o que confirma a ideia de uma necessidade crescente de intensificar a malha amostral e aprimorar os parâmetros físicos, químicos e biológicos utilizados no monitoramento. Torna-se, a cada ano, mais urgente a necessidade de implementar ações efetivas visando preservar a qualidade da água na bacia.

O relatório do projeto “Águas de Minas” de 2008 (IGAM, 2008), ressalta a importância de intensificar a análise na bacia SF2, aumentando a densidade dos pontos de coleta de dados, devido à forte presença de indústrias e minerações nas proximidades. A evolução quantitativa e qualitativa da densidade amostral do monitoramento ao longo da Bacia aponta que a necessidade de mais pontos vem sendo suprida conforme a demanda existente com o passar dos anos, principalmente até 2008, possivelmente em decorrência da piora dos resultados do IQA a cada ano. Porém, vale ressaltar que o uso e ocupação do entorno de uma bacia hidrográfica passa por constantes mudanças. Portanto a malha amostral de pontos para o monitoramento da bacia deve ser atualizada periodicamente, acompanhando sempre os resultados obtidos nas análises dos parâmetros da qualidade da água, juntamente com as mudanças econômicas, políticas e sociais da região, como o uso do solo, desenvolvimento de novos bairros residenciais, ou abertura de novas indústrias, por exemplo.

#### **4. Conclusões**

A base de dados do Projeto “Águas de Minas”, disponibilizada online com livre acesso, permite trazer informações sobre as condições dos rios mineiros para a população em geral. Este contato proporciona um importante diálogo, entre os órgãos públicos e os habitantes locais, sobre as condições sócio-econômico-ambientais da região. Estas informações podem ser utilizadas como ferramenta para criação de futuros projetos de gestão de manutenção das bacias hidrográficas nacionais, tendo como meta a preservação e o cuidado de um dos principais bens minerais da humanidade: a água.

A evolução do monitoramento realizado pelo IGAM, reflete a realidade da qualidade das águas superficiais da Sub-Bacia do Rio Pará, uma vez que este aumento indica a necessidade de investigações mais detalhadas. Esta demanda ocorre devido a resultados não tão positivos encontrados em monitoramentos anteriores, e então para melhor compreensão, são criados novos pontos de investigação naquele local. A presença de muitas indústrias e minerações no entorno da bacia, torna a SF-2 uma importante UPGRH de monitoramento, necessitando de uma manutenção constante no seu monitoramento, para que acompanhe a evolução do uso e ocupação no seu entorno.

Tratando de uma escala estadual, tanto a densidade amostral de pontos quanto os parâmetros utilizados no monitoramento abrangem todas as bacias do estado mineiro, o que permite a realização de estudos regionais para a compreensão da situação do uso da água dos rios mineiros, de forma geral. Porém em escala local, como na sub-bacia do rio Pará, o detalhamento pode ser muito positivo uma vez que, permitiria identificar fontes locais de poluição.

A manutenção do monitoramento permite cada vez mais uma melhor identificação de poluentes e fontes poluidoras das águas, o que possibilita um controle da qualidade das águas da bacia hidrográfica cada vez mais eficiente, que pode ser usada para auxiliar projetos de lei municipais no que se diz respeito do uso público e privado destas águas. O conhecimento da qualidade da água de um corpo hídrico local deve ser o mais detalhado possível, para que todos os aspectos locais possam ser identificados, e que seu uso possa ser direcionado de forma correta, por órgãos especializados e capacitados, sem trazer riscos de possíveis contaminações para a população local.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ASSEITUNO, A.P.F. **Avaliação da Legislação do Estado de São Paulo Quanto ao Reuso de Efluentes Líquidos Industriais e sua Viabilidade Legal**. Piracicaba: Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP), 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA No 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água.

BROWN, P.M.; MCCLELLAND, N.I.; DENINGER, R.A.; TOZER, R.G. **A waterquality index - do wedare?Water&Sewage Word**, 1970. pp. 339-343.

CANDIDO, ANNA FLAVIA DA COSTA. **A água como bem econômico: o uso de instrumentos para combate da escassez na realidade brasileira**. São Paulo: Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Atuária (FEA-USP), 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União (DOU)**, n. 053, p. 58-63, 2005.

COSTA, André Felipe Sosnierz et al. Recursos hídricos. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-SERGIPE**, v. 1, n. 1, p. 67-73, 2012.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Relatório de Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais em 1997**: Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas. Belo Horizonte, 1998. 198 p.

GALVÃO, Jucilene; BERMANN, Célio. **Crise hídrica e energia: conflitos no uso múltiplo das águas. Estudos avançados**, v. 29, n. 84, p. 43-68, 2015.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Pará: Alto Rio São Francisco, Minas Gerais**: Etapa 2– Caracterização do Meio Físico. Belo Horizonte, 2016. 107 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Relatório de Monitoramento das Águas Superficiais na Sub-Bacia do Rio Pará em 2008**: Projeto: Sistema de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Minas Gerais - Águas de Minas. Belo Horizonte, 2009. 282 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2018: resumo executivo anual**. Belo Horizonte: Igam, 2019. 327 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Avaliação da qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2019: resumo executivo anual**. Belo Horizonte: Igam, 2021. 211 p.: il.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Igam, 1997-2001. planilha.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Igam, 2007-2011. Planilha.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais (1º TRIM- 2018)**. Belo Horizonte: Igam, 2018. Planilha.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais** (2° TRIM- 2018). Belo Horizonte: Igam, 2018. Planilha.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais** (3° TRIM- 2018). Belo Horizonte: Igam, 2018. Planilha.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Séries Históricas de Monitoramentos da Qualidade das Águas Superficiais no Estado de Minas Gerais** (4° TRIM- 2018). Belo Horizonte: Igam, 2018. Planilha.

ROGERS, Peter. Watergovernance, watersecurityandwatersustainability. **Watercrisis: mythor reality**, p. 3-36, 2006.

SOMLYÓDY, László; VARIS, Olli. Freshwaterunderpressure. **International Review for Environmental Strategies**, v. 6, n. 2, p. 181-204, 2006.

TUNDISI, José Galizia. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos avançados**, v. 22, p. 7-16, 2008.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.