



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

# Evidências entre a Qualidade das Bacias Hidrográficas e as Características dos Municípios de Minas Gerais<sup>1,2</sup>

Suzana Quinet Bastos<sup>3</sup>, Admir Antônio Betarelli Junior<sup>4</sup>,  
Bruno Silva de Moraes Gomes<sup>5</sup> e Jéssyka Aparecida de Souza Diniz<sup>6</sup>

**Resumo:** A qualidade, a escassez e a alocação dos recursos hídricos brasileiro são preocupações recorrentes no debate político em curso. Uma forma de contribuir para esse debate é analisar e conciliar a qualidade dos recursos hídricos e as características socioeconômicas de alguns municípios do estado de Minas Gerais para 2010. Essa articulação permite evidenciar alguns dos potenciais determinantes que influem na qualidade da água das regiões mineiras. Para atingir esse objetivo, o artigo utiliza o Indicador de Qualidade da Água, que, junto às variáveis socioeconômicas, permitem classificar os municípios mediante a articulação de duas técnicas: Análise de Componentes Principais e *Cluster Analysis*. Os resultados apontam que a qualidade da água se associa positivamente a vulnerabilidade à pobreza, taxa de analfabetismo, mortalidade, urbanização, tratamento inadequado de água e esgoto e expectativa de vida. No estado de Minas Gerais, os municípios do norte apresentam os melhores resultados quanto à qualidade das águas; porém, têm os mais baixos índices de desenvolvimento socioeconômico. Já a região sul possui maior concentração de atividades econômicas e, por consequência, os piores indicadores de qualidade das águas. Assim, percebe-se que a deterioração da qualidade da água se relaciona com a melhora dos fatores econômicos, evidenciando o problema da relação entre as atividades econômicas e a manutenção da qualidade ambiental.

**Palavras-chaves:** indicador de qualidade da água, qualidade da água, análise multivariada, municípios e bacias de Minas Gerais.

- 
1. Os autores agradecem o financiamento do CNPq, Capes e Fapemig para elaboração deste trabalho.
  2. Data de submissão: 1º de fevereiro de 2016. Data de aceite: 11 de setembro de 2017.
  3. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: quinet.bastos@ufjf.edu.br
  4. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: abetarelli@gmail.com
  5. Instituto Federal de de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro Campus Niterói, Niterói, Brasil. E-mail: bruno.gomes@ifrj.edu.br
  6. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, Minas Gerais, Brasil. E-mail: jessyka.souza@yahoo.com.br

**Abstract:** *The quality, scarcity and allocation of Brazilian water resources are frequent concerns in the ongoing political debate. One way to contribute to this debate is to analyze and reconcile the quality of the water and the socioeconomic characteristics of some municipalities in the Minas Gerais state in 2010. This articulation allows highlighting some of the potential determinants that influence water quality of Minas Gerais. In order to reach this objective, the article uses the Water Quality Indicator, which, along with socioeconomic variables, allow to classify the municipalities through the articulation of two techniques: Principal Component Analysis and Cluster Analysis. The results show that water quality is influenced by vulnerability to poverty, illiteracy rate, mortality, urbanization, inadequate water and sewage treatment and life expectancy. In the Minas Gerais, the northern municipalities present the best results regarding water quality, but the lowest socio-economic development indexes. The southern region has a higher concentration of economic activities and, consequently, the worse indicators of water quality. Thus, it is perceived that the Water Quality deteriorates as the economic factors improve, evidencing the problem of the relation between the economic activities and the maintenance of the environmental quality.*

**Key-words:** *Water quality indicator, water quality, multivariate analysis, municipalities and basins of Minas Gerais.*

**Classificação JEL:** C02, R11, Q25.

**DOI:** <http://dx.doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560109>

## 1. Introdução

A água é um recurso natural renovável essencial e absolutamente vital para a existência humana. Contudo, apesar da sua abundância na natureza, apenas uma pequena parte está disponível para o uso comum ou consumo humano. Por ser um típico recurso comum, externalidades negativas são geradas pelo seu uso excessivo a preço zero (“tragédia dos comuns”<sup>7</sup>). Em razão disso, as diversas ações humanas, seja para o uso comercial, doméstico, industrial ou em virtude da ocupação do solo e das relações circunvizinhas entre regiões (PEREIRA, 2004; LOPES *et al.*, 2008; RODRIGUES e PRADO, 2004; ÁVILA e MONTE-MÓR, 2007) têm contribuído para a escassez e a redução de qualidade da água, afetando as bacias hidrográficas e os benefícios coletivos no uso comum desse recurso. Ou melhor, as reestruturações e reorganizações do espaço socioeconômico do capitalismo urbano-industrial, verificadas nos últimos 50 anos, intensificaram

a degradação da qualidade da água, cujo problema é crescente (GRASSI, 2001). Questões geológicas podem também afetar a qualidade da água (LOPES *et al.*, 2008).

As atividades poluidoras são distintas entre o meio rural e urbano. Nas áreas urbanas a poluição afeta de maneira direta ou indireta a “saúde” dos rios, muitas vezes pela contaminação do lençol freático, o despejo de resíduos fecais via esgoto doméstico, pela falta de tratamento do lixo colhido que produz o chorume, pelos resíduos industriais (metais pesados) que são resultado do processo de desenvolvimento, pelos vazamentos de combustível nos tanques de armazenamento e pela água das chuvas que carregam rejeitos espalhados pelas ruas. Já a poluição na área rural ocorre pelo desenvolvimento da agricultura, em virtude do crescimento da população e necessidade maior de consumo de alimentos (RODRIGUES e PRADO, 2004). A necessidade do uso da água para o desenvolvimento da agricultura e pecuária faz com que estas atividades se localizem próximas aos rios e lagos, o que também leva à degradação do solo, deixando-o exposto aos escorrimentos de água da chuva e erosões e, conseqüentemente, provocando maior entrada de matéria orgânica, inorgânica e compostos químicos. Juntas, essas matérias geram desequilíbrios na fauna e flora dos corpos d’água (CARVALHO, 2000).

7. A Tragédia dos Comuns é uma história com uma lição geral: quando uma pessoa usa um recurso comum, ela diminui os benefícios decorrentes da utilização por outra pessoa, pois: i) recursos comuns tendem a ser usados excessivamente quando os indivíduos não são cobrados pelo uso destes e ii) isto cria uma externalidade negativa (HARDIN, 1968).

Outra fonte de poluição é a eutrofização artificial, isto é, os corpos d'água passam por um processo de enriquecimento pelos nutrientes decorrente de sedimentos e materiais dissolvidos provenientes de esgoto não tratado e resíduos agrícolas e industriais. Esses elementos são carregados para lagos ou reservatórios de forma lenta e constante, geralmente provocados pelas atividades antrópicas (GRASSI, 2001).

A identificação das fontes de poluição em determinados locais pode ser dificultada pelo fato de que os poluentes, por vezes, seguem o curso do rio afetando os níveis de poluição nos pontos a jusante ou por causa da presença de diversos afluentes que ao serem despejados no rio principal acabam diluindo os poluentes presentes, reduzindo assim a sua concentração (ÁVILA e MONTE-MÓR, 2007).

As mudanças no meio ambiente têm intensificado a preocupação com a questão da alocação e qualidade dos recursos hídricos nas formulações de políticas públicas em nível nacional e em nível de planejamento regional e local. No Brasil, embora haja uma privilegiada quantidade de recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos, os problemas inerentes à qualidade, distribuição e oferta hídrica são diversos e distintos entre as suas regiões. Por exemplo, enquanto algumas regiões sofrem com a falta d'água, como o Nordeste, outras a possuem em abundância, como o Norte e Centro Oeste. As regiões Sul e Sudeste sofrem com conflitos referentes ao uso, como consequência de seu tamanho populacional e alto grau de desenvolvimento. Em geral, grande parte da qualidade dos rios brasileiros está se deteriorando em razão da emissão de diversos agentes poluentes e à falta de tratamento adequado (LOPES *et al.*, 2008).

Rodrigues e Prado (2004) apontam que se faz necessário não só a presença de órgãos de controle como também a conscientização da população e do governo quanto às questões referentes ao meio ambiente, via programas de educação ambiental. Os autores acrescentam que a degradação dos corpos hídricos era um problema identificado apenas em países desenvolvidos e agora está presente naqueles em desenvolvimento. Nos países desenvolvidos, os programas de controle e pesquisa sobre a contaminação do ambiente estão bastante presentes, enquanto nos outros são poucos os projetos relacionados a isto. No Brasil, a população é mais preocupada com o ambiente em razão das consequências para o futuro, mas pouco se importa com

a fiscalização. Embora existam investimentos públicos e privados para a preservação e recuperação do meio ambiente,<sup>8</sup> ainda não há uma política ambiental bem definida dentro do País.<sup>9</sup> Para Pereira (2004), há diversos instrumentos que permitem controlar e gerenciar a questão da poluição hídrica e o problema não está na regulamentação de leis e normas, mas sim na falta de programas e políticas que promovam a conscientização de que, apesar de a água ser um recurso renovável, há a possibilidade de tornar-se escassa.

É nesse mote de pesquisa que originaram as principais motivações de estudo para esse trabalho. Em razão dos poluentes gerados pelas atividades humanas nas áreas rurais e urbanas, objetiva-se analisar alguns dos fatores socioeconômicos dos municípios mineiros e o nível de qualidade da água das bacias hidrográficas no estado de Minas Gerais e essa associação permite evidenciar e classificar as regiões mineiras que mais enfrentam problemas para o uso comum desse recurso. Para tanto, utiliza-se o Indicador de Qualidade da Água (IQA) e variáveis socioeconômicas dos municípios mineiros. O IQA foi disponibilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e as demais variáveis são dos Censos de 2010, disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Em uma etapa posterior, aplicou-se a Análise de Componentes Principais (ACP) sobre esse conjunto de variáveis, pois tal técnica possibilita extrair de forma condensada (reduzida) as características regionais e hídricas. Não obstante, a Análise de *Cluster* foi também utilizada a fim de realizar uma tipologia dos municípios e bacias hidrográficas. Em suma, a articulação de

8. Como o Programa Terra Limpa criado pelo governo do Paraná em 1999, com o objetivo de promover a reciclagem de embalagens de agrotóxicos e a iniciativa, em 2002, de escolas, prefeitura e fundação privada de implantação de biodigestores para processamento de dejetos no município de Toledo (PR).

9. Segundo Fearnside (2016), algumas leis existentes para a fiscalização ambiental estão passando por modificações a fim de privilegiarem grandes produtores rurais e execução de novas obras. Como exemplo a PEC 65, em que apenas a demonstração de um estudo prévio de impacto ambiental é o suficiente para dar início a uma obra pública e posterior a isto sua execução não pode ser cancelada por novas questões de natureza ambiental que venham a surgir. Outro caso é a PEC 215, que propõe novas medidas para a demarcação de terras indígenas, assim como a revisão de terras demarcadas, beneficiando os proprietários de terras e prejudicando o meio ambiente, já que as terras destinadas aos indígenas preveem a conservação ambiental.

ambas as técnicas de Análise Multivariada permitiram classificar ou dividir os municípios em grupos homogêneos ou heterogêneos de acordo com suas variáveis/características.

Tais informações podem auxiliar na elaboração de políticas regionais de meio ambiente, como no combate da poluição hídrica. O estado de Minas Gerais é o segundo mais populoso do País e foi escolhido pela relevância de seus recursos hídricos, sendo produtor de águas na maior parte de seu território. Abriga a nascente do rio São Francisco, rio nacional de grande importância, além de possuir outros rios que nascem ao sul do estado e contribuem para o abastecimento do sistema Cantareira, que é responsável pela distribuição de água na região metropolitana de São Paulo (GOVERNO DE MINAS GERAIS, 2014).

A partir desta introdução o trabalho divide-se em mais quatro partes. O segundo tópico trata da classificação da qualidade da água bem como dos trabalhos empíricos sobre o assunto. Na terceira parte apresenta-se a metodologia, a base de dados e sua respectiva análise descritiva. Os resultados são apurados no quarto tópico e por último são feitas as conclusões.

## 2. Qualidade da água

É necessário o monitoramento dos corpos d'água para que se possa saber qual o tratamento adequado que a água deve receber para ser consumida. É por este motivo que a água é enquadrada em classes que devem ser mantidas ou atingidas ao longo do tempo, instrumento fundamental ao planejamento, pois integra a política de recursos hídricos e do meio ambiente associada a instrumentos de gestão das águas e ambiental. O enquadramento funciona como forma de assegurar a qualidade das águas superficiais e subterrâneas e de diminuir os custos de poluição por meio de medidas preventivas (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, 2014).

A proposta de enquadramento feita de acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica é elaborada pela Agência da Bacia Hidrográfica ou pelo órgão gestor de recursos hídricos que, no caso do estado de Minas Gerais, é o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam), sendo discutida e aprovada pelo comitê respectivo a cada bacia e deliberada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos.

Especificamente para Minas Gerais, o Conselho de Política Ambiental (Copam) e o Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH-MG) estabeleceram a Deliberação Normativa Conjunta n. 01 de 05 de maio de 2008 que traz a classificação para o enquadramento dos corpos d'água, assim como determina o padrão para o lançamento de efluentes (COPAM/CERH-MG, 2008).

De acordo com o capítulo II, as águas doces são divididas em cinco categorias, classificadas de acordo com a qualidade solicitada para seu uso e as condições ambientais da água. As águas da classe especial têm destino ao consumo humano, desde que ocorra filtração e desinfecção, à preservação de comunidades aquáticas e de ambientes aquáticos em locais que possuem proteção integral. As águas da classe 1 também são usadas no consumo do homem, desde que passem por tratamento simplificado, na proteção das comunidades aquáticas em geral e as localizadas em terras indígenas, além de servirem para recreações que sejam de contato primário e irrigação de frutas e alimentos ingeridos crus. As águas da classe 2 são usadas no consumo humano, apenas se passarem por tratamento convencional, na proteção de comunidades aquáticas e recreação com contato primário, irrigação de hortaliças, jardins, campos em que haja contato direto da população e a atividade da pesca e aquicultura. A classe 3 destina-se ao uso humano, se a água for tratada de forma convencional ou avançada, à irrigação de cultivos arbóreos, à pesca amadora, recreações com contato secundário, e para o consumo de animais. A classe 4 é apenas usada na navegação, na manutenção da paisagem e no uso para fins menos exigentes (COPAM/CERH-MG, 2008).

Existem diversos índices que ajudam a identificar e controlar a qualidade da água,<sup>10</sup> dentre esses, o

10. IAP (Índice de Qualidade das Águas Brutas para Fins de Abastecimento Público) calculado nos pontos de amostragem dos rios e reservatórios que são utilizados para o abastecimento público, sendo direcionado ao tratamento da água para potabilização; IVA (Índice de Qualidade de Água para a Proteção da Vida Aquática) que tem como objetivo a avaliação da qualidade das águas visando a proteção da fauna e flora aquáticas; IB (Índice de Balneabilidade) que avalia a qualidade dos corpos d'água para a recreação de contato primário, podendo ser utilizada tanto em praias litorâneas quanto em águas interiores; IET (Índice de Estado Trófico) que classifica a água de acordo com a trofia, que é representada pelo enriquecimento da água por nutrientes, especialmente o fósforo e nitrogênio, e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo do fitoplâncton; entre outros indicadores (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2009).

Índice de Qualidade das Águas (IQA), criado pela *National Sanitation Foundation*, em 1970 nos Estados Unidos, a partir de 1975 tornou-se o principal índice de qualidade da água do Brasil. Ele foi desenvolvido para analisar a qualidade da água bruta que é destinada ao abastecimento público e os indicadores de poluição que o constitui são derivados do lançamento de esgotos domésticos, sendo nove o número de parâmetros utilizados em seu cálculo (PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2009):

1. oxigênio dissolvido (OD): é de vital importância para a vida aquática, já que a maioria dos organismos precisa dele para respirar. Em casos de presença de poluição, há um maior consumo dele para a decomposição de matéria orgânica, fazendo com que sua concentração seja baixa;
2. coliformes termotolerantes ou fecais: bactérias indicadoras de poluição por esgotos domésticos, sendo que sua presença na água, em grande quantidade, indica que podem existir microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica;
3. potencial hidrogênico (PH): pode afetar o metabolismo das espécies aquáticas e variações em seu valor também podem aumentar o efeito de substâncias tóxicas sobre os organismos. O ideal é que o valor do PH esteja entre 6 e 9;
4. demanda bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_{5, 20}$ ): representa a quantidade de oxigênio consumida, em cinco dias a uma temperatura de 20 °C, para oxidar a matéria orgânica da água por meio da decomposição microbiana aeróbica;
5. temperatura da água: influencia diversos parâmetros físicos e químicos da água. Efluentes com níveis de temperatura elevados causam grande impacto sobre os corpos d'água;
6. nitrogênio total: pode ser observado em algumas formas como nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Ele serve de nutriente ao processo biológico. O seu lançamento nos corpos d'água em grande quantidade pode causar excessivo crescimento de algas prejudicando desde o abastecimento público à vida aquática. É decorrente principalmente de esgotos sanitários e efluentes industriais.

7. fósforo total: importante nutriente para o desenvolvimento de processos biológicos, causando problemas semelhantes ao nitrogênio. Pode ser encontrado nos efluentes industriais, agrícolas e na matéria fecal;
8. turbidez: apresenta o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água, isso ocorre devido à absorção e espalhamento da luz que são causadas pelos sólidos em suspensão. Atividades de mineração, lançamento de esgoto e efluentes industriais são algumas de suas fontes;
9. resíduo total: é a matéria que permanece na amostra depois de sua evaporação, secagem ou calcinação, durante uma determinada temperatura e tempo. Pode causar assoreamento, danos à vida aquática e aos locais de desova de peixes.

O cálculo do IQA é feito por meio de um produto ponderado desses nove parâmetros. Cada um deles possui um peso ( $w$ ) definido de acordo com sua importância para o cálculo do IQA e um valor de qualidade ( $q$ ) estabelecido conforme sua concentração ou medida, sendo todas estas características determinadas pela *National Sanitation Foundation* (SAAD *et al.*, 2007; INFO HIDRO, 2014; CETESB, 2014; PORTAL DA QUALIDADE DAS ÁGUAS, 2009). Assim, a fórmula do IQA é descrita como (1):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i w_i \quad \therefore \sum_{i=1}^n w_i = 1, \quad 0 \leq w_i \leq 1 \quad (1)$$

em que  $q_i$  é a qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro; e  $w_i$  representa o peso que corresponde a cada  $i$ -ésimo parâmetro. Os valores do IQA são classificados por faixas de qualidade que variam entre 0 e 100 (Quadro 1).

Seguindo os preceitos da *National Sanitation Foundation*, no estado de Minas Gerais o monitoramento das águas superficiais é feito por meio da coleta de amostras d'água em diversas estações de amostragem espalhadas pelas bacias do estado. As amostras são coletadas e analisadas, anualmente, em quatro campanhas trimestrais, realizadas pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (Cetec), que encaminha os resultados da análise para o Igam que é o responsável pelo cálculo do IQA (PNMA II, 2005).



Quadro 1. Faixas de IQA para Minas Gerais\*

Valor do IQA	Classes	Significado
$90 < \text{IQA} \leq 100$	Excelente	Águas apropriadas para tratamento convencional visando ao abastecimento público.
$70 < \text{IQA} \leq 90$	Bom	
$50 < \text{IQA} \leq 70$	Médio	
$25 < \text{IQA} \leq 50$	Ruim	Águas impróprias para tratamento convencional visando ao abastecimento público, sendo necessários tratamentos mais avançados
$\text{IQA} \leq 25$	Muito Ruim	

\* As faixas de classificação da qualidade da água não são exclusivas do estado de Minas Gerais, pois existem outros estados brasileiros que utilizam a mesma classificação. Entretanto, existem estados que adotam classificação divergente (PNQA, 2014).

Fonte: IGAM (2012) e CETESB (2008 *apud* Info Hidro, 2014).

## 2.1. Trabalhos empíricos

Carvalho, Ferreira e Stapelfeldt (2004) analisaram a qualidade da água do Ribeirão Ubá, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (MG), e questionaram se as atividades antrópicas e as indústrias moveleiras na região de Ubá (MG) afetavam a qualidade da água. Utilizaram o índice de qualidade da água e dividiram o Ribeirão em cinco pontos, desde sua nascente à saída da cidade e realizaram três amostragens em 2003. A partir do segundo ponto de coleta, alguns parâmetros deixaram de atender as especificações para que a água pudesse se enquadrar na classe 2 ou até mesmo na classe 4. Os pontos 1 e 2 variaram entre o nível médio e bom, já nos demais pontos a qualidade foi considerada ruim. Esses valores já eram esperados em razão dos descartes de efluentes domésticos e industriais para o corpo do rio.

Ávila e Monte-Mór (2007) mostraram as relações entre o processo de urbanização e industrialização e os impactos causados sobre a poluição da água em 13 municípios da região do Médio Rio Doce (MG): Raul Soares, Rio Piracicaba, João Monlevade, São Gonçalo do Rio Abaixo, Nova Era, Itabira, Antônio Dias, Coronel Fabriciano, Ipatinga, Caratinga, Ponte Nova, Rio Casca e Governador Valadares. Utilizaram o método de Análise de Componentes Principais (ACP), que permite mostrar a correlação entre as características urbano-industriais e a qualidade hídrica. As variáveis escolhidas para a análise referente a 2000 são o índice de qualidade da água (IQA); os resíduos sólidos em suspensão (SS), em que os lixos doméstico e industrial são apontados como sua origem principal; os coliformes fecais (CF), que representam a poluição vinda de efluentes domésticos; o produto interno

bruto industrial municipal (PIBIND), que é uma *proxy* da pressão que a indústria causa sobre o município; a população urbana (POPURB); e as condições sanitárias (CSAN), como *proxy* de infraestrutura do município, ou seja, mostra os indivíduos residentes em domicílios que possuem o escoamento de esgoto nos rios ou lagos. Concluíram que os municípios mais industrializados têm melhores indicadores de poluição hídrica, pois podem fornecer melhores condições de infraestrutura que diminuem os níveis de poluição orgânica; porém isto não reflete em maior qualidade da água, pois outras formas de poluição, que são maiores nestes municípios, como os resíduos sólidos e metais pesados, têm pouco peso no cálculo do IQA.

Saad *et al.* (2007) analisaram a qualidade da água do Reservatório Tanque Grande no município de Guarulhos (SP) entre 1990 e 2006. Junto ao IQA foram usadas a correlação de Person e regressão múltipla, além de dados sobre as condições dos meios físicos, bióticos e socioeconômicos da região. Concluíram que, ao longo dos anos, o valor do IQA foi se elevando e as diferenças do valor do índice entre o verão e inverno diminuíram. Nos últimos três anos o IQA esteve próximo ao limite entre a qualidade boa e ótima.

Lopes *et al.* (2008) analisaram a qualidade das águas da bacia do rio Acaraú no Norte (CE), usando amostras coletadas nos meses de fevereiro, julho e novembro de 2003 e em março de 2004 em 13 estações ao longo da bacia. Para isto, empregaram o IQA junto a um Sistema de Informações Geográficas (SIG). Os valores de IQA mais baixos foram encontrados próximos à cidade de Sobral, como consequência da maior população, variabilidade industrial e exploração da pecuária e no rio Groaíras, por causa do lançamento direto de esgoto doméstico. Já os melhores valores de IQA foram

encontrados na parte alta da bacia, mas não estão localizados nas nascentes. Apesar de a média do índice ter sido maior na estação chuvosa, não ocorreu diferença significativa entre as estações.

Pinto *et al.* (2009) estudaram a qualidade da água na bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha que desagua no rio Grande (MG), por meio do cálculo do índice de qualidade da água. Foram colhidas sete amostras entre 2006 e 2007. Os resultados do IQA foram excelentes para o mês de julho devido à ausência de coliformes termotolerantes, fato explicado pelo baixo índice pluviométrico que impede o escoamento superficial. Já em maio os valores foram bem inferiores, pois a presença da chuva propiciou o escoamento superficial de coliformes e sólidos totais e, por motivos semelhantes, de setembro a janeiro o índice variou entre médio e bom. Concluíram que o uso e a ocupação do solo na região podem ser considerados os possíveis fatores que determinam tal situação, sendo que a presença de coliformes termotolerantes, oxigênio dissolvido e demanda bioquímica de oxigênio são os principais limitantes da qualidade deste corpo hídrico.

Piasentin *et al.* (2009) monitoraram a qualidade da água do reservatório do Tanque Grande na cidade de Guarulhos (SP), durante 12 meses. As amostras foram coletadas em três pontos de agosto de 2007 a julho de 2008. Analisaram os parâmetros que compõem o IQA, separadamente, relacionando-os com o uso e ocupação do solo. Tais parâmetros foram avaliados em termos de correlação de Spearman ( $r_s$ ) com o IQA. Nos pontos 1 e 2 observaram que a concentração de coliformes termotolerantes contribuiu na classificação do índice. Além disso, a concentração de fósforo e nitrogênio aumenta no verão; sendo assim, o valor do IQA varia de acordo com as estações do ano.

O presente trabalho diferencia-se dos demais por abranger mais municípios, todas as bacias hidrográficas de Minas Gerais, pela preocupação com a relação socioeconômica e a qualidade da água, além de ser mais recente por fazer referência a 2010.

### 3. Metodologia

Os resultados deste trabalho partem da Análise de Componentes Principais e da Análise de Cluster. Estas análises são definidas a seguir e estão baseadas em Johnson e Wichern (2002) e Mingoti (2007).

#### 3.1. Análise de Componentes Principais (ACP)

Essa técnica expressa a estrutura de variância e covariância por meio de (poucas) combinações lineares das variáveis originais em estudo. Essas combinações lineares, chamadas de componentes principais, não são correlacionadas entre si (ortogonais), e são ordenadas pela parcela da informação total que cada componente retém. Assim, os componentes principais permitem reduzir e classificar os dados originais mantendo a maior parte das informações. Considerando que a matriz de correlação  $C$  tem os pares de autovalores e autovetores,  $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$ , tal que  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p > 0$ , e o vetor aleatório é  $X' = [X_1, X_2, \dots, X_p]$ , então os componentes principais são:

$$\begin{aligned} Y_1 &= a'_1 Z = a_{11}Z_1 + a_{12}Z_2 + \dots + a_{1p}Z_p \\ Y_2 &= a'_2 Z = a_{21}Z_1 + a_{22}Z_2 + \dots + a_{2p}Z_p \\ &\vdots \\ Y_p &= a'_p Z = a_{p1}Z_1 + a_{p2}Z_2 + \dots + a_{pp}Z_p \end{aligned} \quad (2)$$

sendo  $Var(a'_p Z) = a'_p C a_p$ ,  $Cov(Y_i, Y_k) = a'_i C a_k$ ,  $\forall i, k = 1, 2, \dots, p$ . A padronização de cada variável do vetor aleatório  $X'$ ,  $Z_k = (X_k - \mu_k) / \sqrt{\sigma_{kk}}$  retira a influência de sua escala na formação dos componentes.

As combinações lineares  $Y_1, Y_2, \dots, Y_p$  não são correlacionadas (ortogonais) e suas variâncias são as maiores possíveis. Ou melhor, o  $i$ -ésimo componente ( $Y_i = a'_i X$ ) maximiza  $Var(a'_i X)$  sujeito a  $a'_i a_i = 1$  e  $a'_i a_k = 0$ :

$$\begin{aligned} \max_{a'_i a_i = 1} \frac{a'_i C a_i}{a'_i a_i} &= \lambda_i = \frac{e'_i C e_i}{e'_i e_i} = e'_i C e_i = Var(Y_i) \quad \because a_i = e_i, e'_i e_i = 1 \\ e & \\ COV(Y_i, Y_k) &= e'_i C e_k = e'_i \lambda_k e_k = \lambda_k e'_i e_k = 0 \quad \because C e_k = \lambda_k e_k, e'_i e_k = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Portanto,  $a_1 = e_1, a_2 = e_2, \dots, a_p = e_p$ , tal que  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p > 0$ . Ou seja, o componente  $Y_1$  retém a maior parcela de variância possível de  $C$ , seguido similarmente de  $Y_2$  até  $Y_n$ . Pelo resultado do teorema espectral, o somatório das variâncias do sistema padronizado de dados é o mesmo que o somatório da variância dos componentes principais:

$$\sum_{k=1}^p Var(Z_k) = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_p = \sum_{i=1}^p Var(Y_i) \quad (4)$$

Assim, a proporção do  $i$ -ésimo componente mais representativo é definida como:

$$\% Var(Y_i) = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^p \lambda_i} \cdot 100 \quad (5)$$



A partir da equação (5) é possível selecionar um número mínimo de componentes necessários para expressar uma grande parte da variância total das variáveis originais.<sup>11</sup> A interpretação dos componentes formados pode ser feita com base nos coeficientes do vetor  $a_k$  atribuídos a cada variável, ou melhor, sobre os pesos das variáveis. Os pesos das variáveis (*loading*) correspondem à carga ou à importância de cada variável para o valor de cada componente principal. As variáveis mais importantes são as de maiores pesos, negativos ou positivos. O sinal indica se a correlação é positiva ou negativa.

### 3.2. Análise de Cluster

A análise de *Clusters* busca descobrir agrupamentos naturais de indivíduos (ou variáveis) a partir dos dados observados, agrupando indivíduos com base na similaridade ou distâncias (dissimilaridades). Dessa maneira, essa técnica busca maximizar a homogeneidade de indivíduos dentro de grupos, ao mesmo tempo em que se maximiza a heterogeneidade entre os grupos. O critério de agrupamento dos indivíduos se dá com base na sua proximidade, indicada por uma métrica de similaridade. Nesse trabalho, utiliza-se a matriz de distância euclidiana ao quadrado para a formação natural dos grupos pelo método hierárquico e aglomerativo de Ward, o que significa dizer que as observações são agrupadas sequencialmente de acordo com suas semelhanças, formando subgrupos e grupos de acordo com as influências das suas similaridades encontradas em cada estágio.

Após a formação dos *clusters* é necessário identificar o número ideal de grupos, i.e., a partição natural dos elementos que são comparados e agrupados. Para tanto, utilizam-se as estatísticas Pseudo  $F$  e Pseudo  $T^2$ , como sugerido por Calinski e Harabasz e por Duda e Hart, respectivamente. Em ambos os casos, considera-se o valor de máximo das estatísticas, pois ele se relaciona com a menor probabilidade de significância dos testes, ou seja, representa a rejeição da hipótese de igualdade dos vetores de médias, indicando que se não há tal igualdade os grupos não devem ser unidos para formarem um novo *cluster*.

11. Como regra básica deve-se selecionar um número mínimo que atinja pelo menos 70% da variância total. Além disso, é necessário que as variáveis sejam correlacionadas. Por essa razão, emprega-se o teste de esfericidade de Bartlett (JOHNSON e WICHERN, 2002; MINGOTI, 2007).

### 3.3. Dados e análise descritiva

O Igam é responsável por disponibilizar<sup>12</sup> o IQA dos municípios mineiros com estação de coletas da água para análise. As estações podem ter coletas trimestrais a mensais e, assim, é necessário calcular mais de um IQA por ano para cada ponto. Além disso, uma mesma estação de coleta pode abranger mais de um município, devendo-se considerar o dado coletado para ambos. Deste modo, trabalha-se com uma média do índice de forma a obter uma única informação de qualidade da água tanto para os municípios quanto para as bacias. Em 2000, foram coletadas informações de 213 municípios e, em 2010, de 337, pois alguns municípios foram excluídos por não terem dados necessários ao cálculo do IQA.

Além do IQA, são consideradas como variáveis ambientais os Sólidos em Suspensão Totais (SST), medidos por mg/L (miligramas por litro), representando os resíduos sólidos que geralmente são compostos pelo lixo da indústria e doméstico, e os Coliformes Termotolerantes (CT)<sup>13</sup>, medidos por NMP/100 ml (número mais provável por 100 mililitro), que é o elemento que prejudica a qualidade da água em razão do despejo de efluentes domésticos. Os dados de 2000 e 2010 do SST e CF também são disponibilizados pelo Igam.

Já as variáveis que indicam os fatores socioeconômicos foram retiradas dos Censos Demográficos de 2010 disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). As variáveis são: EXP\_VIDA e MORT que representam a expectativa de vida e mortalidade de cada município, respectivamente; IDHM que indica o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal que é composto por informações de renda, educação e longevidade; TX\_ANALF que sugere a taxa de analfabetismo; PPOB indicando a proporção de indivíduos vulneráveis à pobreza, TX\_URB que mostra a taxa de urbanização (população urbana/população total) de cada município e AG\_ESG

12. O Igam disponibiliza um sistema, semelhante a uma calculadora, no site: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/component/content/article/56-slideshome/218-calculadora-de-iga-e-ct>, no qual se insere o valor de cada um dos nove parâmetros e o sistema fornece o valor do IQA.

13. A variável de coliformes termotolerantes, além de ser usada no cálculo do IQA, também é usada separadamente para representar as condições ambientais, assim como em Ávila e Monte-Mór (2007).

que representa o percentual de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados.

O mapa da Figura 1 mostra a localização geográfica das bacias hidrográficas do estado de Minas Gerais e a Tabela 1 fornece as informações da qualidade da água das referidas bacias. Em linhas gerais, observa-se uma melhora da qualidade da água na maioria das bacias mineiras entre 2000 e 2010. Entre essas bacias, existem diversas razões que justifiquem variados graus de qualidade da água.

As bacias do leste, que têm área total de aproximadamente 43.000 km<sup>2</sup>, inseridos na maior parte no

estado de Minas Gerais e o restante na Bahia e Espírito Santo, não têm dados para 2000; porém, é possível perceber que a sua qualidade da água é razoavelmente boa, justamente por ser classificada em 2010 como próxima à média do IQA de outras bacias. A moderada qualidade se associa aos efluentes nos corpos hídricos, frequentemente gerados por diversas atividades econômicas ali próximas (e.g., agropecuária, reflorestamento, turismo, lapidação de pedras preciosas, pecuária, geração de energia, abastecimento público e industrial, e piscicultura) (EUCLYDES *et al.*, 2011). Por sua vez, a bacia do rio Jequitinhonha, que tem área de 70.315 km<sup>2</sup>, passando por 63 municípios, estando a

**Figura 1.** Bacias hidrográficas de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 1.** Média das variáveis de qualidade da água nas bacias de MG

Bacias	Obs.	Ano 2000			Faixa IQA	Obs.	Ano 2010			Faixa IQA
		IQA	CT (NMP/100 ml)	SST (mg/L)			IQA	CT (NMP/100 ml)	SST (mg/L)	
Bacias do Leste	0	—	—	—	—	6	56,0	28.994,8	66,9	Média
Rio Doce*	33	62,9	12.474,5	47,9	Média	63	65,3	18.240,7	11,0	Média
Rio Grande*	39	59,4	13.042,1	85,1	Média	66	58,9	21.683,9	83,8	Média
Rio Jequitinhonha*	14	64,3	1.274,7	183,1	Média	19	67,6	11.804,8	17,1	Média
Rio Mucuri*	6	64,3	19.130,2	40,0	Média	7	69,1	17.693,3	29,0	Média
Rio Paraíba do Sul	17	58,4	27.143,9	37,2	Média	17	55,9	25.578,0	69,4	Média
Rio Paranaíba*	16	67,6	4.781,8	69,5	Média	23	66,9	8.610,5	16,6	Média
Rio Pardo	2	74,2	354,6	14,5	Boa	4	67,9	3.804,2	6,9	Média
Rio São Francisco*	86	60,3	14.497,3	128,1	Média	132	61,3	21.297,5	41,2	Média
Média		63,9	11587,4	75,7			63,2	17523,1	38,0	
Desvio padrão		20,7	8881,7	54,6			5,0	7666,1	27,1	

Nota: As Bacias do Leste não contêm dados para o ano 2000 devido a falta de informação nos pontos de coleta.

\* As médias de IQA entre 2000 e 2010 são estatisticamente diferentes à significância de 5% (Teste de Hotelling).

Fonte: Elaboração do Autores.

maior parte em Minas Gerais e o restante na Bahia, permanece na qualidade média da água, mas apresenta um aumento no valor do índice no período. A bacia apresenta falta de infraestrutura e baixo grau de urbanização no seu entorno, por vezes influenciados pelo êxodo rural da região (CEMIG, 2014). Já a bacia do rio Doce, que tem extensão territorial de 83.400 km<sup>2</sup>, passando por 202 municípios de Minas Gerais e 26 municípios do Espírito Santo, apresenta leve melhora no valor do índice de qualidade da água, mas ainda permanece na classificação de qualidade média. Em seu entorno, os setores que têm maior destaque são: siderurgia, metalurgia, extrativa mineral,<sup>14</sup> álcool, reflorestamento, mecânica, química, alimentícia, têxtil, curtume e agricultura, o que pode ajudar na baixa qualidade da água (CEMIG, 2014). Por seu turno, a bacia do rio Grande, que possui cerca de 145.000 km<sup>2</sup> de área de drenagem e é formada por 393 municípios, dos quais 325 têm área totalmente incluída na bacia, também apresenta classificação de qualidade média da água; porém, o valor do IQA decresce um pouco de 2000 para 2010. Trata-se de uma bacia localizada na divisa dos estados de São Paulo e Minas Gerais, o que indica alta atividade econômica na região, além de ter grande potencial na geração de energia hidrelétrica (CEMIG, 2014). Assim como esta, a bacia do rio Paraíba do Sul possui qualidade da água classificada como média e o índice tem queda no período, o que se deve ao fato de a bacia também estar localizada em uma das regiões mais habitadas e industrializadas do País, estando entre a serra da Mantiqueira e a serra do Mar, percorrendo 1.137 km de extensão por 175 municípios localizados em São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (CONHECENDO A GEOGRAFIA, 2009). A bacia do rio Paranaíba, que percorre cerca de 220 mil km<sup>2</sup>, passando por 196 municípios, além do Distrito Federal, sendo 55 localizados em Minas Gerais, mantém-se na qualidade média e seu IQA tem ligeira redução, o que pode ter ocorrido face ao seu potencial hidrelétrico e à exploração de atividades diamantíferas (CEMIG, 2014).

A bacia do rio Pardo, que possui 32.334 km<sup>2</sup> abrangendo quase 30 municípios, apresenta a pior evolução, pois o índice de qualidade da água cai de forma significativa, saindo da classificação boa para a média.

14. Em novembro de 2015, duas barragens da mineradora Samarco, controlada pela Vale do Rio Doce e pela australiana BHP, romperam, causando danos ambientais imensuráveis na bacia do rio Doce.

Nas proximidades dessa bacia há fontes de geração de efluentes nos corpos hídricos, como as atividades da pecuária, agricultura, do extrativismo vegetal e mineração, além de pequenas indústrias (CEMIG, 2014). A bacia do rio São Francisco, que possui, aproximadamente, 640.000 km<sup>2</sup> e 521 municípios em seis estados: Bahia, Minas Gerais, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, além do Distrito Federal, manteve-se quase no mesmo patamar de qualidade da água, sendo que seu índice é classificado como qualidade média. Geralmente essa bacia é usada para a irrigação, navegação, suprimento de água, pesca e aquicultura e geração de energia (AMBIENTE BRASIL, 2014). Por outro lado, a bacia do rio Mucuri, que abrange 13 municípios e apresenta área de drenagem de 14.640 km<sup>2</sup>, revela boa melhora na qualidade da água, quase saindo do patamar de qualidade média para a boa. Ao seu redor há atividades de reflorestamento, turismo e principalmente a lapidação de pedras preciosas (CEMIG, 2014).

Em suma, na Tabela 1, observam-se algumas características das bacias hídricas que apresentam qualidades da água diferenciadas, explicadas, muitas vezes, pelas suas localizações e proximidades com certas atividades econômicas, que as degradam.

#### 4. Resultados conferir números de todas as seções

A Tabela 2 apresenta os resultados gerais da ACP para os municípios em 2010, destacando a contribuição individual e acumulada dos componentes principais. Cabe ressaltar que o método ACP fornece um número de componentes principais igual ao número de variáveis originais. Todavia, é conveniente considerar um número mínimo de componentes que contenha a maior parte da variabilidade do vetor aleatório.<sup>15</sup> De acordo com a Tabela 2, os quatro primeiros componentes representam em conjunto 87% da variabilidade dos dados. O primeiro componente, que representa 54% da variância, capta nitidamente as direções semelhantes e opostas entre as variáveis aleatórias, especialmente se comparadas em relação à qua-

15. No teste de esfericidade de Bartlett, a hipótese nula de que as variáveis são independentes, foi *rejeitada* ao nível de significância de 5%. Verificou-se, pelo teste de Lawley, que as correlações não são iguais. Pelo critério de Kaiser-Meyer-Olkin, *obteve-se 0,81*.

**Tabela 2.** ACP dos municípios em 2010\*

Variáveis	Componente 1	Componente 2	Componente 3	Componente 4
IQA	0,22	-0,60	0,10	0,10
CT	-0,16	0,58	-0,37	-0,36
SST		0,46	0,74	0,39
AGU_ESG	0,31	0,17	0,11	
PPOB	0,40			
TX_ANALF	0,39			-0,10
MORT	0,36	0,17	-0,31	0,38
EXP_VID	-0,37	-0,15	0,29	-0,34
TX_URB	-0,30		-0,31	0,64
IDHM	-0,40			0,14
Proporção individual	0,54	0,17	0,09	0,07
Proporção acumulada	0,54	0,71	0,80	0,87

\* Os valores ocultos situam-se abaixo de 0,10, exceto para a variável IQA.

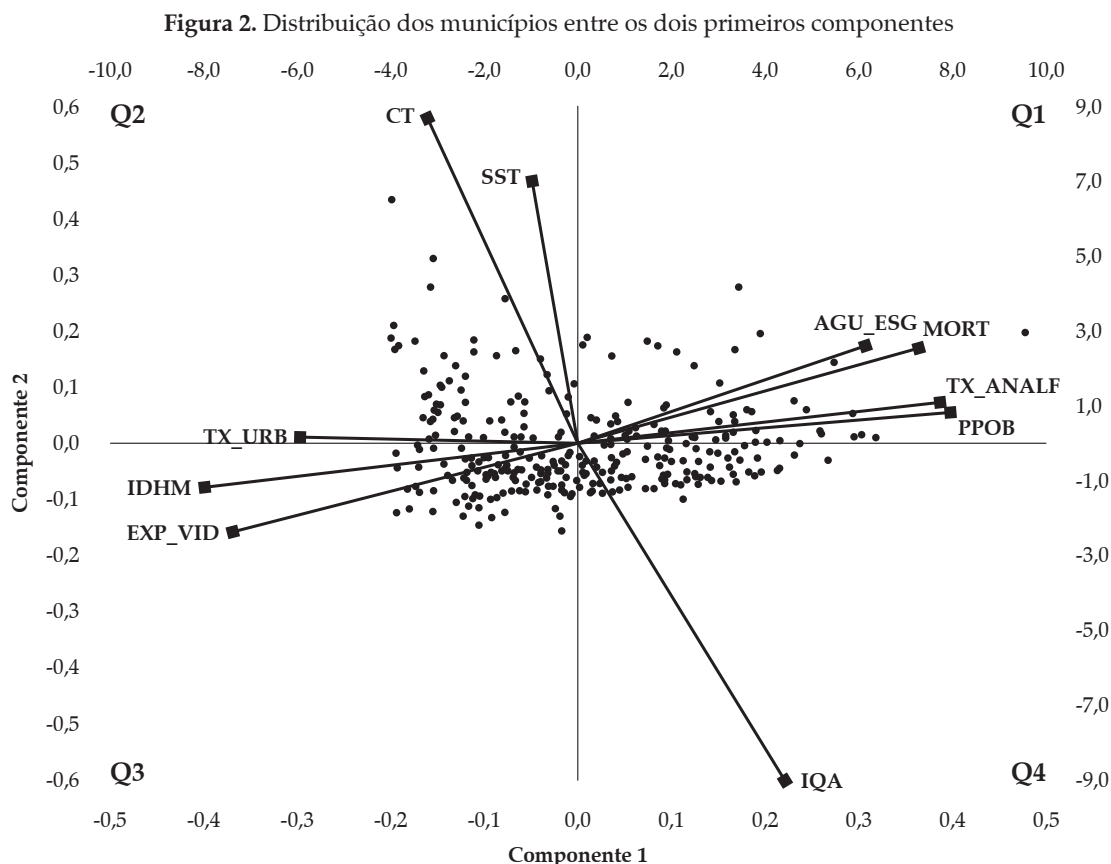
Fonte: Resultados da pesquisa.

lidade das bacias hidrográficas (IQA). Assim, de um lado, observa-se que a qualidade hidrográfica é maior em municípios onde existem um alto nível de pobreza (PPOB), de analfabetismo (TX\_ANALF) e alta taxa de mortalidade (MORT). Algumas dessas variáveis estão presentes em municípios economicamente pequenos e de baixa taxa de urbanização, em que forças desaglomerativas às atividades econômicas e humanas prevalecem. Essa assertiva é ratificada pelos sinais negativos dos coeficientes das variáveis como expectativa de vida (EXP\_VID), desenvolvimento humano (IDHM) e taxa de urbanização (TX\_URB), que conjuntamente expressam o grau de desenvolvimento econômico dos municípios mineiros. Assim, municípios que apresentam um alto grau de desenvolvimento local por esses três critérios parecem emitir coliformes termotolerantes, bactérias indicadoras de poluição por esgotos domésticos e, consequentemente, afetam negativamente a qualidade hidrográfica. Trata-se, portanto, de um componente de qualidade da água que é afetada pelo desenvolvimento econômico.

Por seu turno, o segundo componente praticamente é formado por cargas significativas das propriedades químicas de poluição sobre as bacias hidrográficas. Por essa razão, o mesmo é denominado como Índice de poluição sobre a Qualidade da Água, que representa 17% da variância total dos dados. Neste componente principal, tanto os sólidos em suspensão totais (SST) – lixo oriundos da indústria e residências – quanto o volume de coliformes termotolerantes (CT) apresentam sinais opostos a qualidade das águas

(IQA). Uma vez que o tratamento de água e esgoto inadequado (AGU\_ESG) também revelou uma correlação positiva, os resultados parecem sinalizar que os lixo que mais afetam a qualidade da água são das residências nos municípios mineiros, devido ao tratamento inadequado da rede de esgoto. Já o terceiro componente apresenta uma correlação negativa com o volume de coliformes termotolerantes (CT), taxa de urbanização (TX\_URB) e taxa de mortalidade (MORT). Esse componente procura evidenciar a poluição de coliformes termotolerantes ou fecais, geralmente mais presentes em certos municípios com alto grau de urbanização e de alta taxa de mortalidade. Como o coeficiente da qualidade da água (IQA) foi relativamente baixo, essas evidências do terceiro componente parecem tratar para somente alguns casos entre os 337 municípios.

Após as descrições dos componentes principais de maior variância, é possível realizar uma representação gráfica a fim de averiguar a dispersão e distribuição dos escores municipais sobre os dois primeiros componentes. A análise consiste em descrever as características de cada quadrante cartesiano na Figura 2, que, em última instância, ajuda na própria classificação e caracterização dos municípios na análise de *cluster*. No quadrante superior direito (Q1) estão os municípios (escores) com alto nível de pobreza, de analfabetismo e alta taxa de mortalidade e um sistema de água e esgoto inadequado, emitindo certos volumes de poluição. Por sua vez, no quadrante superior esquerdo (Q2), estão os municípios com alta emissão de lixo oriundos da indústria e residências (SST) e de poluição



Fonte: Resultados da pesquisa.

de coliformes termotolerantes (CT). Esses municípios apresentam alta taxa de urbanização e revelam certo grau de desenvolvimento local, porém possuem um precário sistema de água e esgoto. Já no quadro inferior esquerdo (Q3) concentram-se os municípios com maior grau de urbanização e desenvolvimento local. Apresentam alta qualidade hidrográfica por emitirem menos lixos e coliformes termotolerantes, se comparados aos municípios situados no (Q2); entretanto, possuem deficiências no sistema de água e esgoto. Por fim, no quadrante inferior direito (Q4) encontram-se os municípios que exibem forças desaglomerativas em suas economias, um bom sistema de água e esgoto e alta qualidade hidrográfica, justamente por poluírem relativamente menos que os municípios de outros quadrantes. Perante as análises exploratórias realizadas, cabe mencionar que a existência de sistema de água de esgoto bom ou ruim está relacionada com as características e tamanho das economias. Ou melhor, é esperado que o requerimento desse sistema em eco-

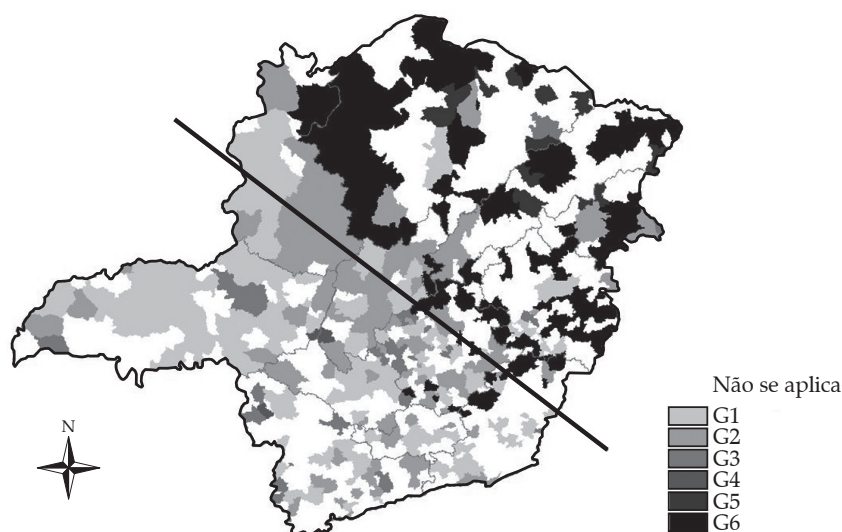
nomias com um grau maior de urbanização e desenvolvimento seja maior, o que pode levar, por vezes, à sua insuficiência.

Para auxiliar a tipologia que evidencia as características dos municípios mineiros e a qualidade das bacias hidrográficas em Minas Gerais, adota-se a análise de *Cluster*. Alguns indicadores estatísticos<sup>16</sup> apontam que a partição final é de seis grupos distintos. Desta forma, os 337 municípios analisados em 2010 estão divididos em seis grupos com características distintas. O mapa da Figura 3 ilustra a distribuição espacial dos agrupamentos formados a partir das informações do Apêndice C. Esses grupos podem ser associados com os quadrantes evidenciados na Figura 2.

Em linhas gerais, o primeiro grupo é formado por 99 municípios mineiros, a maioria localizados ao sul do estado, representando 29,38% do total de observa-

16. Os resultados das estatísticas Pseudo F e Pseudo T<sup>2</sup> estão reportados no Apêndice B.



**Figura 3.** Distribuição espacial dos grupos no estado de Minas Gerais

Fonte: Resultado da pesquisa.

ções. Nesse grupo estão os municípios que na média apresentam o melhores e mais altos índices de desenvolvimento humano (IDHM), expectativa de vida (EXP\_VID) e taxa de urbanização (TX\_URB), menor índice de mortalidade (MORT) e proporção de pobreza (PPOB) e baixo valor para tratamento de água e esgoto sanitário inadequados (AGU\_ESG), bem como contêm intermediária qualidade de água entre os demais grupos, com IQA variando de 36,28 na faixa de qualidade ruim até 72,75 com a qualidade boa. Comparando com a Figura 2, esse grupo se espalha entre os quadrantes 2 e 3, com certa predominância no terceiro.

Por seu turno, o segundo grupo atinge 29,67% dos dados, sendo que seus 100 municípios têm como características uma média de qualidade de água não muito ruim com IQA, variando de 45,68 a 79,30, e menor concentração de coliformes (CT) e sólidos em suspensão (SST). A maior parte destes municípios está

localizada ao sul do estado e os indicadores socioeconômicos (desenvolvimento) ainda são bons e, por isso, a maioria dos municípios também está localizada no Q3, quadrante que indica os municípios com maior grau de urbanização e desenvolvimento local. Apesar disso, este grupo espalha-se por todos os quadrantes. Já o grupo 3 tem 25 municípios, a maioria distribuídos no sul de Minas Gerais, representando 7,42% dos dados. Tem como característica um dos piores níveis das médias do índice de qualidade da água (IQA), variando de 22,25 com qualidade muito ruim até 56,20 na qualidade média. Este fato pode justificar-se pela alta concentração de coliformes termotolerantes (CT), a maior média dentre os grupos, além da alta taxa de urbanização (TX\_URB) e do elevado índice de desenvolvimento humano (IDHM). Os municípios deste grupo espalham-se pelos quadrantes 1, 2 e 3, mas sua maior concentração é no Q2.

Tabela 3. Estatísticas descritivas do IQA por grupos formados em 2010

Grupo	Observações	Indicadores	IQA	CT	SST	AGU_ESG	PPOB	T_ANALF	MORT	EXPVID	T_URB	IDHM
1	99	Média	57,27	23962,29	56,35	0,67	23,79	8,63	13,24	76,43	0,87	0,73
		Desvio padrão	7,38	20403,51	53,30	0,74	6,12	2,67	1,21	0,79	0,09	0,03
		Mínimo	36,38	773,75	8,25	0	12,41	3,92	10,35	74,99	0,5	0,67
		Máximo	72,75	84000,00	308,25	4,22	41,44	14,98	15,42	78,15	1,00	0,79
2	100	Média	62,27	9825,47	57,29	1,90	34,70	12,67	15,55	74,89	0,71	0,69
		Desvio padrão	5,30	9295,90	58,62	2,65	7,91	3,47	1,73	1,10	0,15	0,02
		Mínimo	45,58	166,67	6,00	0	16,30	4,92	11,50	72,21	0,32	0,63
		Máximo	79,30	43475,00	358,75	15,42	52,98	21,04	20,00	77,67	0,99	0,741
3	25	Média	43,73	96069,75	65,17	1,18	27,84	11,24	15,73	74,84	0,83	0,70
		Desvio padrão	7,85	34635,82	35,05	1,71	11,62	5,25	2,55	1,64	0,14	0,03
		Mínimo	22,55	14349,20	11,25	0	10,77	4,81	11,50	72,06	0,39	0,63
		Máximo	56,20	160000,00	132,75	6,12	51,69	24,64	20,30	77,69	0,98	0,76
4	4	Média	40,85	44993,75	757,13	0,51	26,73	13,32	13,80	76,12	0,75	0,70
		Desvio padrão	19,57	42962,08	59,32	0,19	5,55	2,81	2,90	1,90	0,12	0,03
		Mínimo	23,90	7787,50	705,75	0,30	21,84	10,54	11,80	73,31	0,61	0,67
		Máximo	57,80	82200,00	808,50	0,72	34,67	15,99	18,10	77,49	0,88	0,73
5	14	Média	64,56	17476,12	33,68	15,54	67,42	37,13	21,73	71,66	0,41	0,59
		Desvio padrão	7,61	23931,68	54,65	7,15	7,16	5,49	5,34	1,87	0,15	0,03
		Mínimo	49,85	692,50	4,00	6,25	56,27	27,84	17,00	67,11	0,23	0,54
		Máximo	75,81	80130,00	193,50	28,26	78,72	46,17	38,14	73,97	0,70	0,63
6	95	Média	67,13	8675,93	53,66	6,17	54,23	22,53	18,05	73,35	0,61	0,63
		Desvio padrão	5,35	11422,12	89,42	5,20	8,40	5,78	1,86	1,09	0,16	0,02
		Mínimo	52,19	177,50	5,25	0,19	31,02	5,73	13,90	69,63	0,27	0,58
		Máximo	79,03	54500,00	539,25	24,29	73,67	34,13	25,00	75,93	0,91	0,70

Fonte: Resultados da pesquisa.

O grupo 4 representa apenas 4,15% da amostra e é composto por quatro municípios localizados ao sul do estado: Estrela do Indaiá, Fortaleza de Minas, Pratápolis e Santa Rosa da Serra. Ele apresenta a pior qualidade da água (IQA) entre as médias dos grupos, percorrendo da faixa de qualidade muito ruim, com IQA de 23,90, à qualidade média, com IQA de 57,80. Tem a maior concentração de sólidos em suspensão (SST), além de alta concentração de coliformes termotolerantes (CT). Apesar disto, o grupo apresenta bons indicadores de desenvolvimento, como menor proporção de pobreza (PPOB) e mortalidade (MORT), alta expectativa de vida (EXP\_VID) e baixo valor para o tratamento de água e esgoto inadequados (AGU\_ESG). O grupo localiza-se apenas no segundo quadrante, Q2.

O quinto *cluster*, que tem 14 municípios, todos localizados ao norte do estado, é composto por 4,15% da amostra. É caracterizado pelas piores médias dos indicadores socioeconômicos, como baixo índice de desenvolvimento humano (IDHM), taxa de urbanização (T\_URB), menor expectativa de vida (EXP\_VID), além de alta proporção de pobreza (PPOB), analfabetismo (T\_ANALF), mortalidade (MORT) e elevado grau de tratamento inadequado de água e esgoto (AGU\_ESG). Apesar disto, apresenta IQA de 64,56, sendo a segunda melhor média de qualidade da água entre os seis grupos, o que pode ser justificado pelos ótimos valores para a concentração de sólidos em suspensão (SST). Os municípios se espalham entre os quadrantes 1 e 4, mas está mais presente no Q1.

O último grupo, de número 6, que apresenta 28,19% dos dados possui 95 municípios, que em sua maioria estão localizados na região norte de Minas Gerais. Os resultados mostram a melhor média de qualidade da água entre os demais, com média do IQA de 67,13 que pode variar de 52,19 com a classificação de qualidade média à 79,03 com qualidade boa. Tal fato pode ser associado ao grupo apresentar o melhor e menor valor para a concentração de coliformes termotolerantes (CT), além de baixa concentração de sólidos em suspensão (SST). Em contraposição, ele possui valores ruins para os fatores socioeconômicos como água e esgoto (AGU\_ESG), indicando inadequação em seu tratamento, alta taxa de analfabetismo (T\_ANALF), mortalidade (MORT) e proporção de pobreza (PPOB) além de baixo índice de desenvolvimento humano (IDHM), taxa de urbanização (T\_URB) e menor expectativa de vida (EXP\_VID). O grupo está distribuído

entre os quadrantes 1 e 4, mas a maior concentração de municípios é no Q4.

## 5. Conclusões

Este trabalho pretendeu oferecer contribuições acerca da relação entre qualidade dos recursos hídricos e as características socioeconômicas de alguns municípios do estado de Minas Gerais, especialmente em 2010. Para atingir este propósito buscou-se conciliar duas técnicas estatísticas de natureza exploratória: a Análise de Componentes Principais (ACP) e a Análise de *Cluster*. Essa estratégia empírica permitiu averiguar quais e em que grau as variáveis socioeconômicas estão associadas à qualidade da água na composição dos componentes principais mais representativos em relação à variabilidade dos dados, fornecendo uma tipologia prévia dos municípios mineiros em estudo. Por exemplo, quando se leva em contas as características regionais e hídricas simultaneamente, percebeu-se que a relação negativa entre desenvolvimento econômico e qualidade da água é a mais importante no território mineiro. Em geral, os municípios mineiros que têm maior expectativa de vida, desenvolvimento humano e taxa de urbanização parecem enfrentar maiores problemas quanto ao uso comum do recurso hídrico, justamente em razão de uma pior qualidade da água. De maneira secundária, os demais dois componentes indicam a associação positiva entre poluição de atividades indústrias e residências e a baixa qualidade das bacias hidrográficas presentes.

As prévias tipologias dos municípios mineiros, estabelecidas pelos dois componentes principais, foram mais bem detalhadas pelos seis grupos formados sobre o território mineiro. São grupos com tamanho e composição distintos, sendo alguns mais representativos a amostra deste estudo. Em grande medida o panorama encontrado na prévia classificação dos municípios se reproduzem nas características grupos regionais formados. Ou melhor, a formação dos *clusters* confirmou que a qualidade da água se relaciona a um bom sistema de tratamento de água e esgoto e este está associado às características e tamanhos das economias. Sendo assim, em economias mais desenvolvidas há maior pressão sobre o uso dos recursos hídricos, o que pode levar à insuficiência do sistema. Quase 65% da amostra exhibe essas características. O quarto grupo,

apesar de ser composto por quatro municípios pequenos, mas com bons indicadores socioeconômicos, exibe boa qualidade da água. Por outro lado, representando aproximadamente 32% da amostra, o quinto e o sexto grupo são constituídos por municípios com boa qualidade hídrica, mas com baixo grau de desenvolvimento econômico (e.g., Águas Vermelhas, Pai Pedro e Barra Longa). Em suma, mesmo com a melhora do índice de qualidade da água (IQA) entre 2000 e 2010 nas bacias hidrográficas de Minas Gerais, muitos municípios ainda sofrem com as atividades antrópicas realizadas no entorno das localidades. O estado de Minas Gerais está dividido entre norte e sul (Figura 1). Os municípios do norte revelam os melhores resultados quanto à qualidade das águas; porém, têm os mais baixos índices de desenvolvimento econômico. Já a região sul possui maior concentração de atividades econômicas e, por consequência, os piores indicadores de qualidade das águas. Portanto, percebe-se, como em Ávila e Monte-Mór (2007), que os processos de urbanização e industrialização estão relacionados com a poluição da água, em que municípios com maior população e produção industrial tendem a ter pior qualidade de água devido a problemas com efluentes das indústrias e esgoto despejados nos corpos d'água, além de problemas com infraestrutura.

Esse mapeamento e tipologia dos municípios mineiros podem auxiliar na elaboração de políticas locais de combate à poluição hídrica. Uma fiscalização dos empreendimentos industriais e medidas de conscientização das famílias residentes parece ser a primeira estratégia para melhorar a qualidade da água em regiões mais desenvolvidas. Além disso, os formuladores de políticas públicas poderiam identificar os municípios que necessitam de maior atenção para a melhoria da qualidade da água. Consequentemente, pode-se evitar o uso desnecessário de recursos monetários, investindo majoritariamente em infraestrutura e educação ambiental nas áreas mais prejudicadas. Em regiões menos desenvolvidas, essa política de combate à poluição poderia ser conciliada com uma estratégia de diversificação da estrutura produtiva a fim de impulsionar economias aglomerativas, minimizando os vazamentos dos efeitos econômicos para os seus municípios vizinhos mais imediatos. A qualificação da força de trabalho pode ser uma estratégia interessante no sentido da atração de indústrias dinâmicas, ampliação do mercado local e aumento das ofertas de

serviços produtivos. Diante da importância da água e dos problemas decorrentes da sua má utilização, trabalhos como este podem ser relevantes na promoção de políticas públicas. Geralmente os locais com melhores indicadores socioeconômicos são os pontos que têm as piores condições hídricas.

## 6. Referências

- AMBIENTE Brasil. Disponível em: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/bacias\\_hidrograficas/a\\_bacia\\_do\\_rio\\_sao\\_francisco.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/bacias_hidrograficas/a_bacia_do_rio_sao_francisco.html)>. Acesso em: 10 de junho de 2014.
- ÁVILA, J. L. T. e MONTE-MÓR, R. L. M. Urbanização e Impactos Ambientais: uma análise da Relação entre as características dos espaços urbanos e a poluição hídrica na Região do Médio Rio Doce (MG). *VII Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica*. Fortaleza, novembro de 2007.
- CAMINHO das águas. *Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <[http://www.caminhoaguas.org.br/bacias/paraiba\\_do\\_sul.html](http://www.caminhoaguas.org.br/bacias/paraiba_do_sul.html)>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- CARVALHO, A. R., SCHLITTLER, F. H. M. e TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. *Química Nova*, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.
- CARVALHO, C. F., FERREIRA, A. L. e STAPELFELDT, F. Qualidade das águas do Ribeirão Ubá-MG. *REM: Revista Escola de Minas, Ouro Preto*, v. 57, n. 3, p. 165-172, jul./set. 2004.
- CARVALHO, D. F., MELLO, J. L. P. e SILVA, L. D. B. *Hidrologia: irrigação e drenagem – IT 115*, maio de 2007.
- COMPANHIA Ambiental do Estado de São Paulo-CETESB. *Índice de qualidade das águas*. 2009. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guasSuperficiais/42-%C3%8Dndice-de-Qualidade-das%C3%81guas-(iqa))>. Acesso em: 24 abr. 2014.
- COMPANHIA Energética de Minas Gerais-CEMIG. *Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <[http://www.cemig.com.br/pt-br/A\\_Cemig\\_e\\_o\\_Futuro/sustentabilidade/nossos\\_programas/ambientais/peixe\\_vivo/Paginas/bacias\\_do\\_este.aspx](http://www.cemig.com.br/pt-br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/bacias_do_este.aspx)>. Acesso em: 10 jun. 2014.
- CONHECENDO a geografia. *Bacias Hidrográficas*. 23 de maio de 2009. Disponível em: <[RESR, Piracicaba-SP, Vol. 56, Nº 01, p. 143-162, Jan./Mar. 2018 – Impressa em Abril de 2018](http://alcanceageografia.blogspot.com.br/2009/05/bacia-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

hidrografica-do-rio-paraiba-do.html>. Acesso em: 10 jun. 2014.

EUCLYDES *et al.* *Atlas digital das Águas de Minas*. 3. ed. 2011. Disponível em: <[http://www.atlasdasaguas.ufv.br/leste/resumo\\_leste.html](http://www.atlasdasaguas.ufv.br/leste/resumo_leste.html)>. Acesso em: 10 jun. 2014.

FEARNSIDE, M. P. Brazilian politics threaten environmental policies: the country's environmental licensing system is threatened. *Science*, v. 353, ago. 2016. Disponível em: <<http://science.sciencemag.org>>.

GOMES, M. A. F. *Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã*, mar. 2011. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/down\\_hp/464.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/down_hp/464.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2014.

GRASSI, M. T. As águas do Planeta Terra. *Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola*, edição especial, maio 2001.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. *Science*, v. 162, p. 1243-1248, 1968.

INSTITUTO Mineiro de Gestão das Águas. Portal Meio Ambiente. MG. *Enquadramento*. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/enquadramento>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

JOHNSON, R. e WICHERN, D. *Applied multivariate statistical analysis*. 5. ed. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 2002.

LOPES, F. B. *et al.*. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e Geoprocessamento. *Revista Ciência Agronômica*, Universidade Federal do Ceará, v. 39, n. 3, p. 392-402, jul./set. 2008.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais – SEMAD. *Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA II: Sistema de Cálculo da Qualidade da Água (SCQA) – Estabelecimento das equações do Índice de Qualidade das Águas*. Junho, 2005. MINAS GERAIS. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável e Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG Nº 1, 05 de Maio de 2008.

MINGOTI, S. A. *Análise de dados de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos*, IPH – UFRGS, v. 1, n. 1, p. 20-36, 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rrrh.pdf>>. Acesso em: 27 mai. 2014.

PIASENTIN, A. M. *et al.*. Índice de Qualidade da Água (IQA) do Reservatório Tanque Grande, Guarulhos (SP): Análise Sazonal e Efeitos do Uso e Ocupação do Solo. São Paulo, UNESP, *Geociências*, v. 28, n. 3, p. 305-317, 2009.

PINTO, D. B. F. *et al.*. Qualidade da Água do Ribeirão Lavrinha na Região Alto Rio Grande – MG, Brasil. *Ciênc. agrotec.*, Lavras, v. 33, n. 4, p. 1145-1152, jul./ago. 2009.

PORTAL da Qualidade das Águas. *Índice de Qualidade das águas*. Disponível em: <[http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#\\_ftn6](http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn6)>. Acesso em: 27 mai. 2014.

PORTAL dos Comitês de Bacia – MG. *Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/comites-estaduais>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

PORTAL Governo de Minas Gerais – conheça Minas. *Bacias Hidrográficas*. Disponível em: <<http://www.mg.gov.br/governomg/portal/c/governomg/conheca-minas/geografia/5667-bacias-hidrograficas/69546-bacias-hidrograficas/5146/5044>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

PORTAL Info Hidro. *Monitoramento das águas superficiais*. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/monitoramento/agua-superficial>>. Acesso em: 27 mai. 2014.

RODRIGUES, S. C. e PRADO, I. M. M. Agentes poluidores de águas. *Arq. Apadec*, v. 8, n. 2, p. 40-45, 2004. Disponível em: <<http://eduem.uem.br/ojs/index.php/ArqMudi/article/view/20549/10785>>. Acesso em: 27 mai. 2014.

SAAD, A. R. *et al.*. Índice de Qualidade da Água – IQA do Reservatório do Tanque Grande, Município de Guarulhos, Estado de São Paulo, Brasil: 1990 – 2006. *Revista UNG – Geociências*, v. 6, n. 1, p. 118-133, 2007.

Todo o conteúdo deste periódico, exceto onde estiver identificado, está licenciado sob uma Licença Creative Commons (cc by 4.0)



## Apêndice

Tabela 1A. ACP completo dos municípios em 2010\*

Variáveis	Componentes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IQA	0,22	-0,60	0,10	0,10	0,03	0,13	0,75	-0,03	0,00	0,03
CT	-0,16	0,58	-0,37	-0,36	-0,01	0,21	0,57	-0,07	0,03	0,02
SST	-0,05	0,46	0,74	0,39	-0,13	0,05	0,24	0,02	0,02	0,00
AGU_ESG	0,31	0,17	0,11	-0,09	0,85	-0,35	0,07	-0,02	-0,11	-0,03
PPOB	0,40	0,06	0,05	-0,03	0,06	0,38	-0,17	-0,63	0,51	0,04
TX_ANALF	0,39	0,07	0,03	-0,10	0,09	0,55	-0,12	0,70	0,08	-0,08
MORT	0,36	0,17	-0,31	0,38	-0,16	-0,27	0,05	0,16	0,13	0,68
EXP_VID	-0,37	-0,15	0,29	-0,34	0,22	0,24	-0,08	0,01	-0,03	0,72
TX_URB	-0,30	0,01	-0,31	0,64	0,37	0,45	-0,05	-0,12	-0,23	0,00
IDHM	-0,40	-0,08	-0,06	0,14	0,21	-0,17	0,08	0,27	0,81	-0,11
Proporção da variância	0,54	0,17	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00
Proporção acumulada	0,54	0,71	0,80	0,87	0,92	0,95	0,97	0,99	1,00	1,00

Fonte: Resultados da pesquisa.

Tabela 2A. Testes Pseudo F e Pseudo T2

Grupos	Pseudo F	Je(2)/Je(1)	Pseud T <sup>2</sup>
2	186,78	0,80	55,04
3	131,49	0,73	74,40
4	113,08	0,49	27,65
5	104,70	0,80	27,18
6	100,33	0,82	20,86
7	92,72	0,76	31,41
8	85,98	0,57	17,34
9	81,37	0,76	14,95
10	78,14	0,81	22,88
11	76,11	0,59	8,34
12	74,41	0,76	21,30
13	72,53	0,74	14,84
14	70,17	0,61	6,99
15	68,00	0,72	22,79

Fonte: Resultados da pesquisa.

**Tabela 3A.** Divisão municípios em *Clusters* e Quadrantes

Nome	Grupo	QD	Nome	Grupo	QD	Nome	Grupo	QD
Abadia dos Dourados	1	Q2	Curvelo	1	Q3	Mantena	2	Q1
Abaeté	1	Q2	Divinópolis	1	Q3	Rio Doce	2	Q1
Alpinópolis	1	Q2	Dona Eusébia	1	Q3	Ritópolis	2	Q1
Barroso	1	Q2	Estrela do Sul	1	Q3	Santo Hipólito	2	Q1
Betim	1	Q2	Formiga	1	Q3	São Gonçalo do Abaeté	2	Q1
Borda da Mata	1	Q2	Governador Valadares	1	Q3	Várzea da Palma	2	Q1
Cachoeira da Prata	1	Q2	Itajubá	1	Q3	Andrelândia	2	Q2
Caeté	1	Q2	Itapeverica	1	Q3	Biquinhas	2	Q2
Caratinga	1	Q2	Ituiutaba	1	Q3	Caetanópolis	2	Q2
Cataguases	1	Q2	João Monlevade	1	Q3	Corinto	2	Q2
Congonhal	1	Q2	Lambari	1	Q3	Esmeraldas	2	Q2
Coromandel	1	Q2	Lavras	1	Q3	Jeceaba	2	Q2
Ibiá	1	Q2	Lima Duarte	1	Q3	Mercês	2	Q2
Inhaúma	1	Q2	Machado	1	Q3	Papagaios	2	Q2
Itaguara	1	Q2	Madre de Deus de Minas	1	Q3	Quartel Geral	2	Q2
Itanhandu	1	Q2	Mariana	1	Q3	Araporã	2	Q3
Juiz de Fora	1	Q2	Matozinhos	1	Q3	Bom Sucesso	2	Q3
Lagamar	1	Q2	Moema	1	Q3	Brasilândia de Minas	2	Q3
Lagoa Santa	1	Q2	Muzambinho	1	Q3	Bueno Brandão	2	Q3
Mário Campos	1	Q2	Paracatu	1	Q3	Careaçu	2	Q3
Matias Barbosa	1	Q2	Paraguaçu	1	Q3	Catas Altas	2	Q3
Monte Alegre de Minas	1	Q2	Passos	1	Q3	Chiador	2	Q3
Montes Claros	1	Q2	Pitangui	1	Q3	Conceição do Pará	2	Q3
Muriae	1	Q2	Planura	1	Q3	Conceição do Rio Verde	2	Q3
Ouro Fino	1	Q2	Poços de Caldas	1	Q3	Cristiano Ottoni	2	Q3
Patos de Minas	1	Q2	Ponte Nova	1	Q3	Diamantina	2	Q3
Pedra do Indaia	1	Q2	Pouso Alegre	1	Q3	Elói Mendes	2	Q3
Pedro Leopoldo	1	Q2	Prata	1	Q3	Espírito Santo do Dourado	2	Q3
Perdizes	1	Q2	Ribeirão Vermelho	1	Q3	Guarda-Mor	2	Q3
Santa Luzia	1	Q2	Sacramento	1	Q3	Gurinhata	2	Q3
Santos Dumont	1	Q2	Santa Juliana	1	Q3	Ibituruna	2	Q3
São João Batista do Glória	1	Q2	Santa Vitória	1	Q3	Iguatama	2	Q3
Serra do Salitre	1	Q2	Santana do Paraíso	1	Q3	Inconfidentes	2	Q3
Sete Lagoas	1	Q2	Santo Antônio do Monte	1	Q3	Itabirito	2	Q3
Tombos	1	Q2	São Gotardo	1	Q3	Itatiaiuçu	2	Q3
Ubá	1	Q2	São João del Rei	1	Q3	Itumirim	2	Q3
Uberaba	1	Q2	Timóteo	1	Q3	Itutinga	2	Q3
Visconde do Rio Branco	1	Q2	Três Corações	1	Q3	Japaraíba	2	Q3
Araguari	1	Q3	Três Marias	1	Q3	Lagoa da Prata	2	Q3
Arapuá	1	Q3	Três Pontas	1	Q3	Leandro Ferreira	2	Q3
Arcos	1	Q3	Tupaciguara	1	Q3	Limeira do Oeste	2	Q3
Astolfo Dutra	1	Q3	Uberlândia	1	Q3	Luz	2	Q3
Barbacena	1	Q3	Unaí	1	Q3	Manhuaçu	2	Q3
Bom Despacho	1	Q3	Varginha	1	Q3	Martinho Campos	2	Q3
Brumadinho	1	Q3	Vazante	1	Q3	Morada Nova de Minas	2	Q3
Cambuquira	1	Q3	Augusto de Lima	2	Q1	Nanuque	2	Q3
Campo Belo	1	Q3	Baldim	2	Q1	Nazareno	2	Q3
Carmo do Cajuru	1	Q3	Bonfinópolis de Minas	2	Q1	Nova Era	2	Q3
Carmópolis de Minas	1	Q3	Buritit	2	Q1	Ouro Preto	2	Q3
Cláudio	1	Q3	Cedro do Abaeté	2	Q1	Piranguinho	2	Q3
Conceição das Alagoas	1	Q3	Entre Rios de Minas	2	Q1	Pirapora	2	Q3
Congonhas	1	Q3	Felixlândia	2	Q1	Pompéu	2	Q3
Conselheiro Lafaiete	1	Q3	Inimutaba	2	Q1	Pouso Alto	2	Q3
Coronel Fabriciano	1	Q3	Janaúba	2	Q1	Presidente Olegário	2	Q3
			Jequitibá	2	Q1	Ribeirão das Neves	2	Q3
			João Pinheiro	2	Q1	Rio Paranaíba	2	Q3
			Lagoa Grande	2	Q1	São Joaquim de Bicas	2	Q3

Nome	Grupo	QD	Nome	Grupo	QD	Nome	Grupo	QD
São José da Varginha	2	Q3	Fortaleza de Minas	4	Q2	Ataléia	6	Q4
São José do Alegre	2	Q3	Pratápolis	4	Q2	Barra Longa	6	Q4
São Roque de Minas	2	Q3	Santa Rosa da Serra	4	Q2	Bocaiúva	6	Q4
São Sebastião da Bela Vista	2	Q3	Águas Vermelhas	5	Q1	Bom Jesus do Galho	6	Q4
São Sebastião do Rio Verde	2	Q3	Catuji	5	Q1	Carbonita	6	Q4
São Vicente de Minas	2	Q3	Francisco Badaró	5	Q1	Carlos Chagas	6	Q4
Silvianópolis	2	Q3	Minas Novas	5	Q1	Carmésia	6	Q4
Soledade de Minas	2	Q3	Novo Oriente de Minas	5	Q1	Conceição do Mato Dentro	6	Q4
Tapira	2	Q3	Pai Pedro	5	Q1	Conselheiro Pena	6	Q4
Tiros	2	Q3	Palmópolis	5	Q1	Cordisburgo	6	Q4
Vargem Bonita	2	Q3	Rubelita	5	Q1	Coronel Murta	6	Q4
Alvinópolis	2	Q4	Santo Antônio do Jacinto	5	Q1	Dores de Guanhães	6	Q4
Belmiro Braga	2	Q4	Santo Antônio do Retiro	5	Q1	Ferros	6	Q4
Bonfim	2	Q4	São João da Ponte	5	Q1	Francisco Sá	6	Q4
Cana Verde	2	Q4	Verdelândia	5	Q1	Frei Inocêncio	6	Q4
Cristina	2	Q4	Berilo	5	Q4	Galiléia	6	Q4
Gouveia	2	Q4	Indaiabira	5	Q4	Guaraciaba	6	Q4
Jaboticatubas	2	Q4	Araçuaí	6	Q1	Inhapim	6	Q4
Liberdade	2	Q4	Belo Vale	6	Q1	Itambacuri	6	Q4
Naque	2	Q4	Buritizero	6	Q1	Itinga	6	Q4
Ressaquinha	2	Q4	Capitão Enéas	6	Q1	Jequitinhonha	6	Q4
Rio Piracicaba	2	Q4	Chapada Gaúcha	6	Q1	Marliéria	6	Q4
Santana do Deserto	2	Q4	Coluna	6	Q1	Mathias Lobato	6	Q4
São Domingos do Prata	2	Q4	Fernandes Tourinho	6	Q1	Monjolos	6	Q4
São João da Mata	2	Q4	Gemeleiras	6	Q1	Montezuma	6	Q4
São Sebastião do Oeste	2	Q4	Glaucilândia	6	Q1	Nova União	6	Q4
São Thomé das Letras	2	Q4	Ibiaí	6	Q1	Pavão	6	Q4
Simão Pereira	2	Q4	Itacarambi	6	Q1	Periquito	6	Q4
Teófilo Otoni	2	Q4	Jacinto	6	Q1	Pingo-D'Água	6	Q4
União de Minas	2	Q4	Jaíba	6	Q1	Piranga	6	Q4
Wenceslau Braz	2	Q4	Januária	6	Q1	Pocrane	6	Q4
Bugre	3	Q1	Juvenília	6	Q1	Porto Firme	6	Q4
Onça de Pitangui	3	Q1	Lagoa dos Patos	6	Q1	Poté	6	Q4
Salinas	3	Q1	Lassance	6	Q1	Presidente Bernardes	6	Q4
Serra dos Aimorés	3	Q1	Manga	6	Q1	Raul Soares	6	Q4
Andradas	3	Q2	Matias Cardoso	6	Q1	Resplendor	6	Q4
Baependi	3	Q2	Nova Porteirinha	6	Q1	Rio Casca	6	Q4
Bandeira do Sul	3	Q2	Pintópolis	6	Q1	Rio Espera	6	Q4
Belo Oriente	3	Q2	Piracema	6	Q1	Salto da Divisa	6	Q4
Boa Esperança	3	Q2	Ponto Chique	6	Q1	Santa Maria do Suaçuí	6	Q4
Cássia	3	Q2	Presidente Juscelino	6	Q1	Santana do Manhuaçu	6	Q4
Itaúna	3	Q2	Riachinho	6	Q1	Santana dos Montes	6	Q4
Iturama	3	Q2	Santa Bárbara do Leste	6	Q1	São Gonçalo do Rio Abaixo	6	Q4
Jacutinga	3	Q2	Santa Cruz do Escalvado	6	Q1	São João do Manhuaçu	6	Q4
Juatuba	3	Q2	Santa Fé de Minas	6	Q1	São João Evangelista	6	Q4
Monte Carmelo	3	Q2	Santana de Pirapama	6	Q1	São Pedro dos Ferros	6	Q4
Nova Serrana	3	Q2	São Brás do Suaçuí	6	Q1	São Sebastião do Rio Preto	6	Q4
Pará de Minas	3	Q2	São Francisco	6	Q1	Serro	6	Q4
Paraopeba	3	Q2	São José da Safira	6	Q1	Tarumirim	6	Q4
Passa Tempo	3	Q2	São Romão	6	Q1	Tumiritinga	6	Q4
Patrocínio	3	Q2	Simonésia	6	Q1	Turmalina	6	Q4
Patrocínio do Muriaé	3	Q2	Urucuia	6	Q1	Umburatiba	6	Q4
Prudente de Moraes	3	Q2	Aimorés	6	Q4	Veredinha	6	Q4
Sabará	3	Q2	Almenara	6	Q4	Virgem da Lapa	6	Q4
São Gonçalo do Pará	3	Q2	Alpercata	6	Q4	Virgolândia	6	Q4
São Sebastião do Paraíso	3	Q2	Antônio Dias	6	Q4			
Estrela do Indaiá	4	Q2	Arinos	6	Q4			

Fonte: Resultados da pesquisa.