

# Qualidade ambiental nos municípios da região centro-sul de Minas Gerais\*

*Cristiana Tristão Rodrigues\*\**

*Economista, Doutoranda em Economia Aplicada da Universidade Federal de Viçosa (UFV)*

*Giovanna Miranda Mendes\*\*\**

*Economista, Doutoranda em Economia Aplicada da Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz-São Paulo*

*João Eustáquio Lima\*\*\*\**

*Professor do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa*

## Resumo

*Este estudo busca analisar o nível de qualidade ambiental nos municípios da região centro-sul de Minas Gerais. Para esse fim, foram empregadas Análise Fatorial e Análise de “Cluster” e construiu-se o Índice de Qualidade Ambiental (IQA). Verificou-se que a maior parte da região centro-sul de Minas Gerais se encontra em boas condições de qualidade ambiental. Os indicadores de pressão agropecuários e de saneamento básico foram os que mais contribuíram para determinação do IQA. A Análise de “Cluster” possibilitou a agregação dos municípios da região centro-sul em quatro grupos distintos. Concluiu-se que o “cluster” de municípios com melhores condições econômicas foi o que apresentou pior qualidade ambiental.*

## Palavras-chave

**Qualidade ambiental; Análise Fatorial; Análise de Cluster.**

## Abstract

*The main objective of this study was to analyze the level of environmental quality in the cities of the center-south region of Minas Gerais. Factor Analysis, Cluster Analysis and the construction of an Index of Environmental*

---

\* Artigo recebido em ago. 2010 e aceito para publicação em out. 2012.

\*\* E-mail: cristianatr@yahoo.com.br

\*\*\* E-mail: giovannamendes@gmail.com

\*\*\*\* E-mail: jelima@ufv.br

*Quality (IQA) were employed. It was found that most of the region is in good conditions of environmental quality. The agricultural pressure indicator and the basic sanitation indicator were the factors that contributed more to determination of IQA. Trough Cluster Analysis it was possible to aggregate the municipalities of the region in four different groups. It was concluded that the cluster of cities with better economic conditions showed the worse environmental quality.*

### **Key words**

***Environmental quality; Factor Analysis; Cluster Analysis.***

**Classificação JEL: Q50.**

## **1 Introdução**

O crescimento econômico das sociedades modernas vem sendo acompanhado por um processo de deterioração ambiental e destruição de ecossistemas. Esse processo tem contribuído para que as questões ambientais, ano após ano, tenham maior destaque no rol das discussões acadêmicas, políticas, sociais e econômicas.

Sendo assim, discutir qualidade ambiental constitui-se assunto de grande relevância. Dada a sua importância para o século XXI, a qualidade ambiental é fundamental para se manter o nível de qualidade de vida da população, pois a deterioração ambiental compromete o bem-estar da mesma. Segundo Rossato (2006), a industrialização e a urbanização criam pressões significativas na base natural de uma economia, seja pela utilização acelerada de recursos naturais exauríveis nos processos produtivos, seja devido à geração de poluição que degrada a qualidade ambiental. O termo qualidade ambiental vem sendo empregado para indicar as condições em que o meio ambiente se encontra e também os requisitos básicos que um ecossistema possui, considerando-se as pressões exercidas sobre o mesmo (Mazzeto, 2000). Por outro lado, cabe destacar que o termo degradação ambiental se refere a um processo de degeneração do meio ambiente, onde as alterações biofísicas provocam mudanças na fauna e na flora naturais, com eventual perda de biodiversidade.

O Estado de Minas Gerais constitui o segundo centro industrial do País, com uma participação de cerca de 10% no valor da produção nacional. O Produto Interno Bruto (PIB) de Minas Gerais expandiu-se, em 2007, 5,8% em termos reais, alcançando o quinto ano consecutivo de cresci-

mento. Esse estado também tem passado por um processo de crescente urbanização nas últimas décadas. Segundo dados do **Censo Demográfico 2000**, 82,0% da população residiam em cidades. A tendência da população em residir em áreas urbanas tem sido crescente, fato este que, associado ao crescimento econômico, tende a gerar problemas ao meio ambiente.

Além disso, pode-se destacar que a agropecuária, em Minas Gerais, tem uma participação importante no valor adicionado total, em torno de 8%. No ano de 2008, o setor foi o que mais cresceu no Estado: 16,1%. A expansão da atividade agropecuária produz fortes impactos sobre a qualidade ambiental, uma vez que essa expansão é feita mediante o uso intensivo de mecanização, de agrotóxicos e de fertilizantes, o excesso de desmatamento, o pisoteio excessivo de animais, a monocultura e a cultura em grande escala, o que, muitas vezes, compromete a cobertura do solo, as bacias hidrográficas e demais ecossistemas, afetando a sustentabilidade ecológica (Cunha *et al.*, 2008).

O Estado de Minas Gerais é composto por 10 regiões de planejamento. Dentre essas, as Regiões Centro e Sul destacam-se segundo diversos aspectos. É interessante observar que quase a metade (45,1%) do PIB mineiro, em 2006, era proveniente da Região Central. A segunda colocação pertence à Região Sul, com 13,1% do PIB total do Estado. Além disso, de acordo com dados do **Censo Demográfico 2000** (IBGE, 2009a), essas duas regiões do Estado de Minas Gerais se destacam quanto à taxa de crescimento da população de 19,34% e 14,55% respectivamente; ambas aumentaram a uma taxa maior que a do Estado de Minas Gerais (13,65%), sendo que a Região Central apresentou a maior taxa de crescimento do Estado. Essas regiões também mostraram elevadas taxas de urbanização, de 92,35% e 77,84% respectivamente, e, novamente, a Região Central exibiu a maior taxa do Estado. Além disso, cabe ressaltar que a Região Sul de Minas Gerais se destaca com a maior participação no valor adicionado da agropecuária (26,8%) (Fundação João Pinheiro, 2009).

Alguns trabalhos têm sido realizados, no Brasil, com o intuito de analisar a qualidade de vida, a qualidade ambiental e também a degradação ambiental. Podem-se destacar: Silva e Ribeiro (2004), que buscam elaborar um índice de degradação para os municípios do Estado do Acre; Fernandes, Cunha e Silva (2005a), que procuram quantificar o nível de degradação ambiental nos municípios mineiros; Fernandes, Silva e Baptista (2005b), que criam o Índice Relativo de Qualidade de Vida brasileiro; e Maia e Silva (2008), que montam o Índice de Investimento em Qualidade Ambiental para os estados brasileiros, dentre outros. No entanto, o que se percebe é que há uma carência de trabalhos que buscam elaborar índices de qualidade ambiental.

Tendo em vista o intensivo processo de pressão ambiental na região centro-sul de Minas Gerais, resultante de seu crescimento econômico,

pretende-se neste trabalho: construir um índice que possibilite quantificar o nível de qualidade ambiental nos municípios e agrupar os municípios em grupos homogêneos, segundo aspectos socioeconômicos e ambientais.

## 2 Metodologia

A região centro-sul do Estado de Minas Gerais apresenta o maior percentual do PIB do Estado, como também as maiores taxas de urbanização. Para determinar como tais aspectos influenciam a qualidade ambiental da região, utilizou-se a metodologia Análise Multivariada, que tem como objetivo reduzir o conjunto de dados para facilitar a interpretação. Para distinguir os municípios de acordo com as variáveis que determinam a qualidade ambiental, empregou-se a Análise Fatorial; e a Análise de *Cluster*, para agrupar os municípios com características semelhantes. Posteriormente, foi construído o Índice de Qualidade Ambiental (IQA) dos municípios, para classificá-los quanto à qualidade ambiental individual.

Segundo Manly (1994), Johnson e Wichern (1988) e Mingoti (2007), a Análise Fatorial é uma técnica que reduz o número de variáveis originais em um número menor de fatores independentes que expliquem, de forma simplificada, o conjunto de dados originais. O modelo consiste em agrupar variáveis altamente correlacionadas em um mesmo grupo e obter baixas correlações entre variáveis de grupos diferentes.

Como as variáveis são combinações lineares dos fatores e do termo de erro, o modelo é composto de fatores comuns acrescidos do termo de erro e pode ser expresso matricialmente da seguinte forma:

$$X_{px1} = A_{pxr} F_{rx1} + \varepsilon_{px1} \quad (1)$$

em que  $X$  é o vetor das variáveis aleatórias observáveis;  $F$  é o vetor de fatores não observável;  $A$  é a matriz de cargas fatoriais (*factor loadings*);  $\varepsilon$ , o vetor de erros aleatórios que têm parte da variância de  $x$  não explicada pelos fatores (unicidade e erro);  $p$ , o número de variáveis aleatórias; e  $r$ , o número de fatores, sendo  $r < p$ .

Para a construção do Índice de Qualidade Ambiental das 207 cidades da região centro-sul de Minas Gerais, utilizaram-se as seguintes variáveis:

- densidade demográfica (*demog*) - medida em número de habitantes por quilômetro quadrado (hab./km<sup>2</sup>);
- exploração da agricultura, da pecuária, da silvicultura e exploração florestal (*ativ*) - medida em número de unidades locais;
- indústrias extrativas (*ind\_ext*) - medida em número de unidades locais;
- indústrias de transformação (*ind\_trans*) - medida em número de unidades locais;

- óbitos hospitalares devido a doenças infecciosas e parasitárias (*doença*) - medida em número de ocorrências;
- estabelecimentos com pastagens naturais (*past*) - medida em número de estabelecimentos;
- estabelecimentos com matas e florestas (*mat*) - medida em número de estabelecimentos;
- valor adicionado na indústria (*pibind*) - medida em mil reais;
- valor adicionado na agropecuária (*pibagro*) - medida em mil reais;
- veículos (*veic*) - medida em número total de veículos;
- Índice de Saneamento Básico.

Os dados foram obtidos do **IBGE Cidades** (IBGE, 2009), e o Índice de Saneamento Básico foi construído a partir dos dados do **Censo Demográfico 2000**. Com relação aos procedimentos adotados, a variável *demog* foi conseguida pela razão entre o número de habitantes e a área do município em km<sup>2</sup>. E a variável *veic* refere-se à soma de todos os tipos de automóveis, dentre eles, tratores, ônibus, motos, de cada município.

Devido à defasagem de tempo da última Pesquisa Nacional de Saneamento Básico disponível, realizada no ano 2000, optou-se pela construção de um índice de saneamento a partir da média das variáveis: rede coletora de esgoto, limpeza urbana e coleta de lixo, drenagem urbana e rede geral de distribuição de água por número de distritos que têm algum tipo de saneamento básico.

A estimação do modelo efetivou-se por meio do Método de Componentes Principais; e o método de rotação das cargas fatoriais foi o Varimax, a fim de obter melhor interpretação dos fatores.

Posteriormente, após calcular as cargas fatoriais e os fatores, obtiveram-se os escores fatoriais para cada elemento amostral (município) no fator *j*, cuja fórmula é dada por Mingoti (2007), da seguinte forma:

$$F_{jk} = w_{j1}X_{1k} + w_{j2}X_{2k} + \dots + w_{jp}X_{pk} \quad (2)$$

em que  $F_{jk}$  é o escore fatorial *j* na observação *k*;  $X_{pk}$  são as variáveis observadas, citadas anteriormente, para o *k*-ésimo elemento amostral; e  $w_{ji}$  são os pesos de ponderação de cada variável no fator *j*.

A partir dos escores fatoriais obtidos na análise fatorial, os municípios foram agrupados com características semelhantes com relação à qualidade ambiental. A Análise de Agrupamento ou *Cluster* é uma técnica que tem como objetivo formar grupos homogêneos de objetos com características semelhantes. O agrupamento é feito com base em medidas de similaridades ou dissimilaridades, com vistas a se obterem grupos com elementos semelhantes e diferenças entre grupos. Assim, o objetivo básico da análise é descobrir o agrupamento natural das variáveis (Johnson; Wichern, 1988; Mingoti, 2007).

O agrupamento é feito tendo como base as medidas de similaridade. Uma das medidas mais utilizada é a Distância Euclidiana, que mede as distâncias entre os pares de observações para todas as variáveis. Sua fórmula é dada por Johnson e Wichern (1988). O método de agrupamento utilizado é o Hierárquico de Ward, que consiste na variância mínima ou na menor soma de quadrados a cada passo do agrupamento (Mingoti, 2007). Optou-se por esse método por se adequar melhor à variabilidade dos dados comparativamente aos demais métodos.

Ao construir o Índice de Qualidade Ambiental, procurou-se determinar a realidade dos municípios a partir de aspectos escolhidos com relação ao meio ambiente. O IQA, baseado em Rossato (2006), é um número-índice calculado a partir dos resultados obtidos na Análise Fatorial, cuja equação é definida por:

$$IQA_m = \sum_{j=1}^k \frac{\lambda_j}{tr(R)} F_{jm}, \quad (3)$$

em que  $IQA_m$  é o índice de qualidade ambiental para o município  $m$ ;  $k$  é o número de fatores escolhido;  $\lambda_j$  é a raiz característica do fator  $j$ ;  $tr(R)$  é o traço da matriz de correlações; e  $F_{jm}$  é o escore fatorial do fator  $j$  no município  $m$ .

Uma transformação muito utilizada em diversos trabalhos, cujo objetivo é a construção de índices, foi feita nos escores fatoriais. Fernandes, Cunha e Silva (2005a), Cunha *et al.* (2008) e Silva e Ribeiro (2004) afirmam que essa transformação é importante para que os escores tenham média zero e distribuição em torno desta e para que os sinais negativos dos escores não afetem os índices dos municípios que tiveram escores negativos. A equação de transformação é dada por:

$$F_{ij}^* = \frac{(F_{ij} - F_{\min})}{(F_{\max} - F_{\min})}, \quad (4)$$

em que  $F_{ij}$  é o escore fatorial de cada município;  $F_{\min}$  é o menor valor do escore fatorial entre todos os municípios;  $F_{\max}$  é o maior valor do escore fatorial dos municípios; e  $F_{ij}^*$  é o escore transformado.

Essa transformação deixa todos os escores fatoriais dos municípios no primeiro quadrante e entre zero e um, o que facilita a interpretação do índice.

O *software* estatístico Stata, versão 10.0, foi utilizado para estimação dos modelos para encontrar os fatores e os grupos de municípios semelhantes na região centro-sul de Minas Gerais.

## 3 Resultados

### 3.1 Fatores de qualidade ambiental

Para verificar se a análise fatorial pode ser aplicada aos dados, é importante averiguar se as variáveis têm correlações significativas (Tabela 1).

Tabela 1

Matriz de correlações entre as variáveis da região centro-sul de Minas Gerais

| VARIÁVEIS            | <i>demog</i>  | <i>past</i>   | <i>mat</i> | <i>pibagro</i> | <i>pibind</i> | <i>doença</i> |
|----------------------|---------------|---------------|------------|----------------|---------------|---------------|
| <i>demog</i> .....   | 1             |               |            |                |               |               |
| <i>past</i> .....    | -0,1959       | 1             |            |                |               |               |
| <i>mat</i> .....     | -0,0277       | 0,1624        | 1          |                |               |               |
| <i>pibagro</i> ..... | -0,1221       | <b>0,5734</b> | 0,0943     | 1              |               |               |
| <i>pibind</i> .....  | <b>0,5885</b> | -0,1012       | 0,007      | -0,0744        | 1             |               |
| <i>doença</i> .....  | <b>0,9272</b> | -0,0636       | -0,0235    | -0,0276        | <b>0,6218</b> | 1             |
| <i>ativ</i> .....    | <b>0,8332</b> | -0,0453       | -0,0149    | 0,0137         | 0,4837        | <b>0,9352</b> |
| <i>ind_ext</i> ..... | <b>0,6328</b> | -0,0636       | -0,028     | -0,0071        | 0,4189        | <b>0,7392</b> |
| <i>ind_trans</i> ... | <b>0,9024</b> | -0,0649       | -0,02      | -0,0097        | <b>0,5773</b> | <b>0,9706</b> |
| <i>veic</i> .....    | <b>0,9055</b> | -0,0769       | -0,014     | -0,0342        | <b>0,5453</b> | <b>0,9796</b> |
| <i>sane</i> .....    | 0,0585        | 0,1656        | -0,0226    | 0,0088         | 0,0933        | 0,1354        |

  

| VARIÁVEIS            | <i>ativ</i>   | <i>ind_ext</i> | <i>ind_trans</i> | <i>veic</i> | <i>sane</i> |
|----------------------|---------------|----------------|------------------|-------------|-------------|
| <i>demog</i> .....   |               |                |                  |             |             |
| <i>past</i> .....    |               |                |                  |             |             |
| <i>mat</i> .....     |               |                |                  |             |             |
| <i>pibagro</i> ..... |               |                |                  |             |             |
| <i>pibind</i> .....  |               |                |                  |             |             |
| <i>doença</i> .....  |               |                |                  |             |             |
| <i>ativ</i> .....    | 1             |                |                  |             |             |
| <i>ind_ext</i> ..... | <b>0,7643</b> | 1              |                  |             |             |
| <i>ind_trans</i> ... | <b>0,9346</b> | <b>0,7366</b>  | 1                |             |             |
| <i>veic</i> .....    | <b>0,9629</b> | <b>0,7565</b>  | <b>0,9771</b>    | 1           |             |
| <i>sane</i> .....    | 0,1368        | 0,2261         | 0,0929           | 0,1005      | 1           |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

NOTA: Os valores em negrito correspondem a correlações maiores que zero ao nível de 5% de significância.

Os valores em negrito da Tabela 1 correspondem a correlações maiores que zero ao nível de 5% de significância. Pode-se perceber que as variáveis *demog*, *veic*, *ind\_trans*, *doença*, *ativ* e *ind\_extrat* são altamente correlacionadas com as demais, em sua maioria. Tais variáveis indicam que, quanto maior a renda do município (*pibind*), maiores a densidade demográfica (*demog*), o número de óbitos por doenças parasitárias e

infecciosas (*doença*), o número de estabelecimentos agropecuários e de silvicultura (*ativ*), o número de indústrias extrativas (*ind\_ext*), o número de indústrias de transformação (*ind\_trans*) e o número de veículos, indicando menor conservação ambiental. Outro conjunto de variáveis altamente correlacionadas são o PIB agropecuário (*pibagro*) e o número de estabelecimentos com pastagens naturais.

Já as variáveis *past* e *mat* têm correlação negativa com a maioria das variáveis, como esperado, indicando uma associação inversa entre elas, uma vez que são variáveis de caráter mais ambiental. Porém a variável *mat* não é correlacionada com nenhuma outra variável, e o mesmo ocorre com a variável *sane*.

Para verificar o ajustamento do modelo aos dados, utilizou-se o Índice Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que compara a correlação simples com a correlação parcial. Na literatura, o valor do teste acima de 0,8 é um bom resultado, e, para Mingoti (2007), o valor deve ser maior que 0,8. Se for 0,9, o resultado do Índice KMO é excelente; mas, se for menor que 0,5, faz-se necessário incluir ou excluir variáveis. Como o valor do Índice é 0,8644, o resultado foi satisfatório, indicando que os dados foram bem adequados à análise fatorial.

A escolha do número de grupos é subjetiva, mas Manly (1994) afirma que, ao usar o Método de Componentes Principais, os fatores escolhidos são aqueles que têm raiz característica ou *engeinvalue* maior que um ( $\lambda_i > 1$ ), que é o critério mais utilizado na maioria dos trabalhos. Neste trabalho, optou-se pelo número de raízes características maiores que 1, o que conduziu à escolha de quatro fatores (Tabela 2).

Tabela 2

Raízes características e proporção de variância explicada das variáveis da região centro-sul de Minas Gerais — 2009

| FATORES | RAIZ CARACTERÍSTICA<br>( $\lambda_i$ ) | PROPORÇÃO DA VARIÂNCIA |                    |
|---------|--|------------------------|--------------------|
|         |  | Original (%)           | Após a Rotação (%) |
| 1       | 5,71436                                | 0,5226                 | 0,5195             |
| 2       | 1,60194                                | 0,1512                 | 0,1456             |
| 3       | 1,05440                                | 0,0941                 | 0,0959             |
| 4       | 1,00590                                | 0,0845                 | 0,0914             |
| Total   |  | 0,8524                 | 0,8524             |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

Os quatro fatores explicam 85,24% da variância total do modelo. O Fator 1 (F1), o Fator 2 (F2), o Fator 3 (F3) e o Fator 4 (F4) explicam, respectivamente, 51,95%, 14,56%, 9,59% e 9,14%. Cabe salientar-se que, antes da rotação, a raiz característica do quarto fator era de 0,92, o que

dificultaria a análise, já que, apenas no terceiro fator, foram englobadas as variáveis de saneamento e número de estabelecimentos com matas e florestas. Após a rotação, foi inserido um quarto fator, cuja raiz característica foi maior que 1. Assim, os índices construídos adequaram-se mais à realidade, uma vez que o quarto fator passou a conter apenas a variável vegetação, sendo chamado de **índice de vegetação**; e o terceiro fator, ao englobar a variável índice de saneamento, denominou-se **índice de saneamento básico**. Já o primeiro fator, que contém maior parcela da variância total das variáveis, é um **índice de pressão urbana**, por conter variáveis de industrialização e urbanização; e o segundo fator representa o **índice de pressão agropecuária**.

As variáveis consideradas para os fatores foram aquelas que tiveram correlação acima de 0,6 com cada fator, embora apenas duas variáveis das 11 no total não tiveram correlação em torno de 0,9. Além disso, cada variável só está correlacionada a um mesmo fator, o que é desejável para que os fatores possam ser identificados.

Em geral, os pesquisadores optam por um número reduzido de fatores, mas um número maior de fatores explica maior proporção da variância total das variáveis originais, e um número menor facilita a análise dos fatores. Porém, como os quatro fatores escolhidos melhoraram a análise, o número maior de fatores foi indicado para o trabalho.

Após a rotação, a proporção total da variância explicada não se modificou, o que está de acordo com Manly (1994), que afirma que as comunidades não mudam com a rotação, apenas as raízes características e a proporção das variâncias. As cargas fatoriais estimadas são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3

Cargas fatoriais e comunalidades das variáveis da região centro-sul de Minas Gerais — 2009

| VARIÁVEIS             | CARGAS FATORIAIS |               |               |               | COMUNALIDADES |
|-----------------------|------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                       | Fator 1          | Fator 2       | Fator 3       | Fator 4       |               |
| <i>demog</i> .....    | <b>0,9256</b>    | -0,1422       | -0,0469       | -0,0082       | 0,8792        |
| <i>pibind</i> .....   | <b>0,6429</b>    | -0,1284       | 0,0493        | 0,0904        | 0,4404        |
| <i>doença</i> .....   | <b>0,9864</b>    | -0,0046       | 0,0366        | -0,0158       | 0,9745        |
| <i>ativ</i> .....     | <b>0,9507</b>    | 0,0462        | 0,0450        | -0,0299       | 0,9089        |
| <i>ind_ext</i> .....  | <b>0,7918</b>    | 0,0100        | 0,2160        | -0,0480       | 0,676         |
| <i>ind_trans</i> .... | <b>0,9787</b>    | 0,0124        | -0,0074       | -0,0201       | 0,9585        |
| <i>veic</i> .....     | <b>0,9837</b>    | -0,0048       | 0,0047        | -0,0166       | 0,968         |
| <i>past</i> .....     | -0,0803          | <b>0,8600</b> | 0,1759        | 0,1200        | 0,7913        |
| <i>pibagro</i> .....  | -0,0072          | <b>0,9006</b> | -0,0934       | -0,0106       | 0,8200        |
| <i>sane</i> .....     | 0,0930           | 0,0591        | <b>0,9796</b> | -0,0163       | 0,9721        |
| <i>mat</i> .....      | -0,0045          | 0,0929        | -0,0169       | <b>0,9893</b> | <b>0,9877</b> |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

NOTA: Em negrito, estão os valores das variáveis com seus respectivos fatores acima de 0,6.

A comunalidade mostra a parcela da variância total de cada variável explicada pelos quatro fatores. Embora as variáveis *Pibind* e *ind\_ext* tenham apenas, respectivamente, 44% e 67,6% da variância explicada pelos fatores, todas as outras tiveram valores consideráveis, superiores a 0,7, da parcela da variância explicada.

A obtenção dos fatores e coeficientes (cargas fatoriais) é necessária para a estimação dos escores fatoriais, estes, por sua vez, são utilizados para o cálculo do Índice de Qualidade Ambiental para cada município, conforme explicitado na equação (4), e para o agrupamento dos municípios semelhantes da região centro-sul de Minas Gerais.

## 3.2 Índice de Qualidade Ambiental

Os resultados revelam que a região centro-sul de Minas Gerais possui um IQA médio de 0,90, indicando que a qualidade ambiental está 10 pontos percentuais abaixo do máximo (100%), o que sugere que a maior parte do território analisado se encontra em boas condições de qualidade ambiental. Na análise de Rossato (2006) para o Rio Grande do Sul, o IQA revelou níveis de qualidade ambiental bem menores (0,55), o que confirma o bom resultado para a região centro-sul de Minas. Esse resultado pode ter ocorrido, porque muitos dos municípios pertencentes a essa região de Minas Gerais são pouco urbanizados, fato este que se refletiu num maior IQA, devido à pouca contribuição dos indicadores de urbanização para determinação da qualidade ambiental desses municípios.

Na determinação do IQA para a região centro-sul de Minas Gerais, os Fatores 2 e 3 foram os mais importantes em média, o que significa que os indicadores agropecuários e de saneamento básico foram os que mais contribuíram para a determinação do IQA (Tabela 4).

Tabela 4

Média dos escores fatoriais e do IQA para a região centro-sul de Minas Gerais — 2009

| DISCRIMINAÇÃO | F1   | F2   | F3   | F4   | IQA  |
|---------------|------|------|------|------|------|
| Média .....   | 0,30 | 0,77 | 0,47 | 0,12 | 0,90 |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

Mais de 65% dos municípios da região centro-sul de Minas Gerais obtiveram valores do IQA acima 0,90, e 99% dos municípios apresentaram IQA acima de 0,8, conforme pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5

Número e percentual, segundo o IQA, de municípios da região centro-sul de Minas Gerais — 2009

| IQA                     | NÚMERO | PERCENTUAL |
|-------------------------|--------|------------|
| 0,42 < IQA ≤ 0,80 ..... | 2      | 0,97       |
| 0,80 < IQA ≤ 0,85 ..... | 19     | 9,18       |
| 0,85 < IQA ≤ 0,90 ..... | 50     | 24,15      |
| 0,90 < IQA ≤ 1 .....    | 136    | 65,7       |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

Apenas dois municípios apresentaram IQA menor ou igual a 0,8, são eles: Belo Horizonte e Passos, com IQA de 0,42 e 0,80 respectivamente, sendo que Belo Horizonte exibiu o menor IQA de todos os municípios analisados. Esse índice significa que Belo Horizonte está 58 pontos percentuais abaixo do máximo (100%), o que torna o nível de qualidade ambiental, nesse município, preocupante. O Fator 1 mostrou escore significativamente elevado para esse município (13,29), sendo assim, pode-se afirmar que os indicadores relacionados à urbanização foram os que mais contribuíram para reduzir o Índice de Qualidade Ambiental em Belo Horizonte.

Os municípios que apresentaram os menores Índices de Qualidade Ambiental, tais como Belo Horizonte, Passos, Betim, Contagem, Campos Gerais, Curvelo, dentre outros, são municípios mais desenvolvidos economicamente. Braga (2006), em seu estudo sobre sustentabilidade e condições de vida em áreas urbanas, nas Regiões Metropolitanas de São Paulo e Belo Horizonte, também encontrou níveis baixos de qualidade ambiental para Belo Horizonte e Contagem, 0,50 e 0,53 respectivamente, e um IQA um pouco mais elevado para Betim, de 0,62.

Por outro lado, os municípios que apresentaram maior IQA, tais como Catas Altas, Rio Acima, Bela Vista, dentre outros, são municípios menos desenvolvidos, em que os indicadores de urbanização não contribuíram muito para a determinação da qualidade ambiental.

Assim, os resultados do Índice de Qualidade Ambiental revelam que os municípios com as melhores condições econômicas foram os que apresentaram menor qualidade ambiental, e os municípios com baixas condições econômicas exibiram maior qualidade ambiental.

Os municípios que apresentaram alto valor de IQA, como os que foram citados acima, possuem algumas características comuns, como patrimônio natural expressivo e existência, no município, de área de preservação ambiental, o que contribui para que eles exibam elevados Índices de Qualidade Ambiental. Cabe ressaltar que Catas Altas possui um rico patrimônio natural, com destaques para o Pico de Catas Altas e a Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) da Serra do Caraça. A Estância Rio Acima encontra-se em um condomínio rural, em área de preservação ambiental,

tendo como características a natureza exuberante, belíssimo patrimônio natural e cuidado e respeito com a natureza.

A qualidade ambiental é fundamental para se manterem os níveis de qualidade de vida e de bem-estar da população, proporcionados por uma visão agradável do meio ambiente ou pelo contato com a natureza. Por outro lado, a deterioração ambiental condiciona o desenvolvimento econômico, à medida que os recursos naturais, que representam as entradas dos processos produtivos e a capacidade assimilativa de rejeitos, se tornam mais escassos, comprometendo também o desenvolvimento humano (Rosato, 2006).

### 3.3 Análise de *Cluster*

De posse dos escores fatoriais de cada fator, procurou-se reunir, em grupos, as unidades semelhantes em termos de magnitude do índice de pressão urbana (F1), do índice de pressão agropecuária (F2), do Índice de Saneamento Básico (F3) e do índice de vegetação (F4).

O número de *clusters* foi definido de forma que os agrupamentos apresentassem um alto grau de homogeneidade entre os municípios e um alto grau de heterogeneidade entre os *clusters*. Os *clusters* foram formados, tendo como variáveis de agrupamento os indicadores de qualidade ambiental F1, F2, F3 e F4. Assim, em cada grupo, as observações em conjunto mostram padrões diferenciados de relacionamentos com os fatores, permitindo a diferenciação dos grupos formados.

A utilização do Método de Ward possibilitou a agregação dos municípios da região centro-sul em quatro grupos distintos (Quadro 1). A escolha do número de subconjuntos (*clusters*) deu-se com o intuito de fornecer uma melhor compreensão do nível de qualidade ambiental para os mesmos.

O Grupo 1 é o agrupamento mais representativo, uma vez que envolve a grande maioria dos municípios, com um total de 170. A principal característica desse agrupamento é a elevada média do IQA (a mais alta de todos os agrupamentos), que ficou em torno de 0,91, e dos indicadores associados ao índice de pressão agropecuária, o que fez com que o F2 fosse predominante para a determinação do IQA, conforme pode ser visto por meio da Tabela 6. Dessa forma, esse grupo pode ser caracterizado por possuir elevado nível de atividades agropecuárias. A conjunção desses fatores contribuiu para que o IQA médio, no Grupo 1, ficasse em torno de 9 pontos percentuais abaixo do máximo (100%). O IQA apresentado para esse grupo reflete uma boa qualidade ambiental para os municípios que o compõem.

## Quadro 1

Municípios mineiros pertencentes a cada grupo, segundo a análise de agrupamento — 2009

|   |
|---|
| <p><b>Grupo 1</b><br/> Abaeté, Aiuruoca, Alfenas, Alfredo Vasconcelos, Alpinópolis, Alvinópolis, Andradas, Andrelândia, Antônio Carlos, Arceburgo, Areado, Augusto de Lima, Baependi, Baldim, Bandeira do Sul, Barroso, Bela Vista de Minas, Belo Vale, Boa Esperança, Bom Jardim de Minas, Bom Jesus do Amparo, Borda da Mata, Botelhos, Brasópolis, Bueno Brandão, Buenópolis, Cabo Verde, Cachoeira da Prata, Cachoeira de Minas, Caetanópolis, Caeté, Caldas, Camanducaia, Cambuí, Cambuquira, Campestre, Campos Gerais, Capetinga, Capitólio, Carandaí, Careaçú, Carmo do Rio Claro, Carrancas, Cássia, Catas Altas, Catas Altas da Noruega, Caxambu, Claraval, Conceição da Aparecida, Conceição do Mato Dentro, Conceição do Rio Verde, Conceição dos Ouros, Conselheiro Lafaiete, Coqueiral, Cordisburgo, Cordislândia, Corinto, Couto de Magalhães de Minas, Cristiano Ottoni, Cruzília, Curvelo, Delfim Moreira, Desterro de Entre-Rios, Diamantina, Dionísio, Dolores de Campos, Elói Mendes, Entre-Rios de Minas, Esmeraldas, Estiva, Felixlândia, Florestal, Fortaleza de Minas, Fortuna de Minas, Funilândia, Gouveia, Guapé, Guaranésia, Heliadora, Igarapé, Ijaci, Inconfidentes, Inhaúma, Inimutaba, Itaguara, Itamoi, Itamonte, Itanhandu, Itatiaiuçu, Itaú de Minas, Jabuticatubas, Jacuí, Jacutinga, Jeceaba, Jequitibá, Jesuânia, Juruáia, Lagoa Dourada, Lagoa Santa, Lambari, Luminárias, Machado, Maravilhas, Mário, Campos, Mateus Leme, Monjolos, Monte Belo, Monte Santo de Minas, Morada Nova de Minas, Morro do Pilar, Muzambinho, Natércia, Nazareno, Nepomuceno, Nova Era, Nova União, Onça de Pitangui, Ouro Fino, Papagaios, Paraguaçu, Paraisópolis, Paraopeba, Passa-Quatro, Passos, Piedade do Rio Grande, Piranguçu, Piranguinho, Pitangui, Poço Fundo, Pompeu, Pouso Alto, Pratápolis, Prudente de Moraes, Resende Costa, Ressaquinha, Ribeirão Vermelho, Rio Acima, Rio Manso, Rio Piracicaba, Ritópolis, Santa Bárbara, Santa Maria de Itabira, Santa Rita de Caldas, Santana de Pirapama, Santana do Riacho, São Bento Abade, São Brás do Suaçuí, São Domingos do Prata, São Gonçalo do Rio Abaixo, São Gonçalo do Sapucaí, São João Del-Rei, São Joaquim de Bicas, São José da Lapa, São José do Alegre, São José do Goiabal, São Lourenço, São Sebastião da Bela Vista, São Sebastião do Paraíso, São Vicente de Minas, Sapucaí-Mirim, Sarzedo, Senador Modestino Gonçalves, Serrania, Serro, Silvianópolis, Taquaraçu de Minas, Tiradentes, Toledo, Turvolândia e Venceslau Brás.</p> |
| <p><b>Grupo 2</b><br/> Barão de Cocais, Barbacena, Brumadinho, Congonhas, Extrema, Guaxupé, Ibiraci, Ibitaré, Itabirito, Itajubá, João Monlevade, Juatuba, Lavras, Matozinhos, Pará de Minas, Pedro Leopoldo, Pouso Alegre, Ribeirão das Neves, Sabará, Santa Luzia, Santa Rita do Sapucaí, São João Batista do Glória, São José da Barra, Três Corações, Três Marias, Varginha e Vespasiano.</p>   |
| <p><b>Grupo 3</b><br/> Itabira, Mariana, Nova Lima, Ouro Branco, Ouro Preto, Poços de Caldas e Sete Lagoas</p>  |
| <p><b>Grupo 4</b><br/> Belo Horizonte, Betim e Contagem.</p>  |

Tabela 6

Média dos fatores e do IQA dos grupos de municípios da região centro-sul de Minas Gerais — 2009

| GRUPOS  | MUNICÍPIOS |       | FATOR 1 | FATOR 2 | FATOR 3 | FATOR 4 | IQA  |
|---------|------------|-------|---------|---------|---------|---------|------|
|         | Número     | %     |         |         |         |         |      |
| Grupo 1 | 170        | 82,13 | 0,19    | 0,76    | 0,37    | 0,11    | 0,91 |
| Grupo 2 | 27         | 13,04 | 0,24    | 0,84    | 0,60    | 0,14    | 0,90 |
| Grupo 3 | 7          | 3,38  | 0,51    | 0,56    | 1,99    | 0,14    | 0,88 |
| Grupo 4 | 3          | 1,44  | 6,24    | 1,05    | 1,82    | 0,59    | 0,68 |

FONTE: Pesquisa realizada pelos autores.

O Grupo 2 é o segundo agrupamento com maior número de municípios, composto por 27 municípios. Esse grupo também apresentou, em média, um bom IQA, de 0,9, bem próximo ao mostrado pelo Grupo 1. Nesse grupo, apesar de o Fator 2 ser predominante, com uma média dos escores de 0,84, o Fator 3, que se refere ao Índice de Saneamento Básico, também foi importante para a determinação do IQA, com uma média de 0,60. Ou seja, os indicadores associados ao índice de pressão agropecuária e ao Índice de Saneamento Básico contribuíram para determinar a qualidade ambiental nos municípios pertencentes a esse agrupamento, que ficou em torno de 10 pontos percentuais abaixo do máximo. O Fator 4 foi o que apresentou menor valor, indicando que a qualidade ambiental é pouco influenciada pelo índice de vegetação.

O Grupo 3, por sua vez, é formado por poucos municípios, apenas sete. Porém esse agrupamento possui algumas particularidades que permitem separá-lo do Grupo 2. Esse grupo, apesar de apresentar um IQA ambiental abaixo de 0,90, ainda reflete uma boa qualidade ambiental nos municípios que o compõem, com IQA médio de 0,88. Nesse grupo, diferentemente do Grupo 2, o Fator 3 foi predominante, com uma média de 1,99, sugerindo que os indicadores associados ao Índice de Saneamento Básico foram os mais importantes para determinar a qualidade ambiental nesses municípios. Além disso, os Fatores 1 e 2 mostraram uma certa importância para a determinação da qualidade ambiental nesse grupo, com médias de 0,56 e 0,50 respectivamente. Assim, nesse agrupamento, os indicadores associados ao Índice de Saneamento Básico, ao índice de pressão agropecuária e ao índice de pressão urbana foram os que mais contribuíram, nessa ordem, para a determinação da qualidade ambiental.

O Grupo 4, por fim, com apenas três municípios, foi o que apresentou o IQA médio mais baixo, de 0,68, indicando que a qualidade ambiental média está 32 pontos percentuais abaixo do máximo (100%). Além disso, pode-se destacar que esse foi o único agrupamento em que o que o Fator 1 se mostrou predominante, com uma média significativamente elevada de 6,24. Dessa forma, o índice de pressão urbana foi o que mais contribuiu para a determinação da qualidade ambiental nesse grupo.

É interessante observar que os municípios que compõem o Grupo 4 são os mais desenvolvidos e de maior crescimento econômico. Pode-se concluir, assim, que o *cluster* de municípios com as melhores condições econômicas é o que possui pior qualidade ambiental; já nos *clusters* de municípios que são menos desenvolvidos, com menor crescimento econômico e onde as pessoas possuem menores condições, o meio ambiente é mais preservado, o que implica melhor qualidade ambiental. Rossato (2006) também chegou a esse resultado, ao analisar a qualidade ambiental dos municípios do Rio Grande do Sul, e destacou que a forma de desenvolvimento praticada pelos agentes econômicos está gerando efeitos

externos negativos ao meio ambiente. Dessa forma, fica evidenciada a importância de se considerar a variável ambiental nos modelos de desenvolvimento.

Com base nas análises supracitadas, constata-se alta qualidade ambiental nos municípios da região centro-sul de Minas Gerais. A maioria dos municípios em análise (95%) agrupa-se nos Grupos 1 e 2, que são os *clusters* que apresentaram melhor Índice de Qualidade Ambiental, com IQA médio acima de 0,9.

Fernandes, Cunha e Silva (2005a), em seu estudo sobre degradação ambiental no Estado de Minas Gerais, encontraram elevados níveis de degradação para a maioria dos *clusters* formados, sendo que apenas 7,5% se encontram em melhores condições de preservação, com níveis de degradação que variam de 4% a 42%, concluindo que há alta degradação ambiental no Estado de Minas Gerais. Porém cabe destacar que o trabalho de Fernandes, Cunha e Silva (2005a) analisa todo o Estado de Minas Gerais, e o presente estudo focou-se apenas na região centro-sul, além disso, o conceito de degradação ambiental é diferente do de qualidade ambiental, e as variáveis envolvidas também são diferentes, o que pode explicar as divergências nos resultados.

O termo degradação ambiental, no trabalho de Fernandes, Cunha e Silva (2005a), sugere danos causados ao meio ambiente por atividades econômicas, aspectos populacionais e fatores biológicos; já o termo qualidade ambiental, na presente análise, é empregado para indicar as condições em que o meio ambiente se encontra, considerando-se as pressões exercidas sobre o mesmo. O que pode estar ocorrendo é que, apesar do nível de degradação ambiental ser elevado, ainda não comprometeu a qualidade ambiental na região centro-sul de Minas Gerais.

## 4 Conclusões

O processo de crescimento econômico, aumento populacional, expansão agropecuária e ampliação da urbanização na região centro-sul tende a desencadear sérios problemas ao meio ambiente, os quais exigem maior conhecimento sobre a qualidade ambiental. Assim, este estudo buscou analisar o nível de qualidade ambiental nos municípios pertencentes a essa região de Minas Gerais.

Pelos resultados, verifica-se que a região centro-sul de Minas Gerais possui um IQA elevado, o que sugere que a maior parte do território analisado se encontra em boas condições de qualidade ambiental. Os indicadores agropecuários e de saneamento básico foram os que mais contribuíram para a determinação do IQA.

Belo Horizonte e Passos foram os municípios que apresentaram IQA mais baixo, sendo que Belo Horizonte exibiu o menor IQA de todos os municípios analisados. Os indicadores relacionados à urbanização foram os que mais contribuíram para reduzir o índice de qualidade ambiental nesse município.

A análise de agrupamento possibilitou a agregação dos municípios da região centro-sul em quatro grupos distintos, que mostram padrões diferenciados de relacionamento com os fatores.

O Grupo 1 foi o agrupamento mais representativo. Esse grupo apresentou elevada média do IQA e dos indicadores associados ao índice de pressão agropecuária, o que fez com que esse índice fosse predominante para determinação do IQA. O Grupo 2 também mostrou, em média, um bom IQA, e os indicadores associados ao índice de pressão agropecuária e ao Índice de Saneamento Básico foram os que mais contribuíram para sua determinação. Quanto ao Grupo 3, formado por poucos municípios, apesar de ter apresentado um IQA ambiental menor que o dos Grupos 1 e 2, pode-se afirmar que os municípios que o compõem se encontram em boas condições de qualidade ambiental; os indicadores associados ao índice de pressão agropecuária, ao Índice de Saneamento Básico e ao índice de pressão urbana foram os que mais contribuíram, nessa ordem, para a determinação da qualidade ambiental nesse grupo. O Grupo 4, por fim, ficou composto com menor número de municípios. Esse foi o agrupamento que apresentou o IQA médio mais baixo e, além disso, foi o único em que o índice de pressão urbana se mostrou predominante para a determinação da qualidade ambiental.

Pode-se destacar ainda que o *cluster* de municípios com as melhores condições econômicas foi o que apresentou pior qualidade ambiental, já os *clusters* de municípios com menor crescimento econômico mostraram melhor qualidade ambiental, indicando uma relação inversa entre crescimento e qualidade ambiental.

Por fim, vale ressaltar que a qualidade ambiental é fundamental para se manter o nível de qualidade de vida da população. Sendo assim, outros estudos que possibilitem maior entendimento da qualidade ambiental são fundamentais, visando, sobretudo, à sua melhoria e, conseqüentemente, ao aumento da qualidade de vida da população. Nesse sentido, sugere-se a expansão dessa análise, por meio da inclusão de outras variáveis que são diretamente relacionadas à qualidade ambiental, tais como nível de emissão de poluentes, coleta de lixo, consumo de combustíveis fósseis, estado de conservação da frota automotiva, separação e caracterização das atividades industriais em indústrias de elevado potencial poluidor ou não, ou outras variáveis que estejam disponíveis.

## Referências

BRAGA, M. T. Sustentabilidade e condições de vida em áreas urbanas: medidas e determinantes em duas regiões metropolitanas brasileiras. **Revista Eure**, Chile, v. 32, n. 96, p. 47-71, ago. 2006.

CUNHA, N. R. S. *et. al.* A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na Região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 46, n. 2, p. 291-323, abr./jun. 2008.

FERNANDES, E. A.; CUNHA, N. R. S.; SILVA R. G. Degradação ambiental no Estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 179-198, jan./mar. 2005a.

FERNANDES, E. A.; SILVA, R. G.; BAPTISTA, S. M. A. Índice Relativo de Qualidade de Vida brasileiro: uma alternativa ao Índice de Desenvolvimento Humano. **Revista Redes**, Santa Cruz do Sul, v. 10, n. 1, p. 85-101, jan./abr. 2005b.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Resultados Municipais. Informativo CEI — PIB MG 2002-2006**. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<http://www.fjp.gov.br>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **IBGE CIDADES**. 2009. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 25 jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 25 dez. 2009a.

JOHNSON, Richard A.; WICHERN, Dean W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1992.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied Multivariate Statistical Analysis**. 2. ed. New Jersey: Prentice Hall International, 1988.

MAIA, M. J. C.; SILVA, R. G. Índice de Investimento em Qualidade Ambiental dos estados brasileiros: uma aplicação do método de análise fatorial. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Acre.

MANLY, B. F. J. **Multivariate Statistical Methods: a primer**. 2. ed. London: Chapman and Hall, 1994.

MAZZETO, F. A. P. Qualidade de vida, qualidade ambiental e meio ambiente urbano: breve comparação de conceitos. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, n. 24, p. 21-31, jul./dez. 2000.

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

ROSSATO, M. V. **Qualidade ambiental e qualidade de vida nos municípios do Estado do Rio Grande do Sul**. 2006. 149f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SILVA, R. G.; RIBEIRO, C. G. Análise da degradação ambiental na Amazônia Ocidental: um estudo de caso dos municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 42, n. 1, jan./mar. 2004.