

DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO ESTADO DA BAHIA: UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTIVARIADA

ENVIRONMENTAL DEGRADATION IN THE STATE OF BAHIA: AN APPLICATION OF MULTIVARIATE ANALYSIS

DEGRADACIÓN AMBIENTAL EN EL ESTADO DE BAHÍA: UNA APLICACIÓN DE ANÁLISIS MULTIVARIADO

Paloma Santana Moreira Pais

Doutoranda em Economia Aplicada, Departamento de Economia Rural
Universidade Federal de Viçosa.

Endereço: Rua Ph Rolfs, Sn. Campus UFV, CEP: 36570-000, Viçosa/MG
Email: palomapais@hotmail.com

Felipe de Figueiredo Silva

Doutorando em Economia Aplicada, Departamento de Economia Rural
Universidade Federal de Viçosa.

Endereço: Rua Ph Rolfs, Sn. Campus UFV, CEP: 36570-000, Viçosa/MG
Email: fsilva.f@hotmail.com

Douglas Marcos Ferreira

Doutorando em Economia Aplicada, Departamento de Economia Rural
Universidade Federal de Viçosa.

Endereço: Rua Ph Rolfs, Sn. Campus UFV, CEP: 36570-000, Viçosa/MG
Email: douglasmferreira@hotmail.com

RESUMO

O presente estudo busca analisar o padrão de degradação ambiental da agropecuária no estado da Bahia a partir da análise multivariada. Esse estado apresenta uma diversidade de características edafoclimáticas, possibilitando à atividade uma variedade de produtos agrícolas, tais como soja, fruticultura, cana de açúcar e eucalipto. As décadas de 1990 e 2000 apresentaram uma grande expansão dessa atividade, porém, apesar de benéfica, essa expansão ocorreu de forma desordenada, sem as devidas precauções técnicas relativas ao meio ambiente. Para analisar os impactos ambientais dessa atividade foram utilizadas duas técnicas, a análise fatorial, com o objetivo de construir o índice geral de degradação, e a análise de agrupamento, com o intuito de verificar a existência de semelhanças entre o padrão de degradação dos municípios do estado. Constatou-se complementaridade entre os resultados das duas técnicas aplicadas, indicando resultados semelhantes. Dentre os principais resultados destaca-se, positivamente, o baixo padrão de degradação dos municípios situados na região central do estado, e, negativamente, as mesorregiões Centro Sul e Sul da Bahia, com um elevado nível de degradação ambiental.

Palavras-Chave: Degradação ambiental, análise fatorial, análise de cluster.



ABSTRACT

This paper aims to analyze the environmental degradation pattern of agriculture in the Brazilian state Bahia using multivariate analysis. This state has a diversity of edaphoclimatic characteristics that enables the activity a variety of agricultural products such as soybeans, fruit, sugar cane and eucalyptus. The 1990s 2000s showed a large expansion of this activity, but, this expansion occurred in a disorderly way without precautions techniques related to environment. It was used two techniques to analyze the environmental impacts of this activity, such as factor analysis, with the goal of building the degradation overall rate o, and the cluster analysis in order to verify the existence of similarities on the degradation pattern of the state's municipalities. It was found complementarity between the results of the two techniques applied, indicating similar results. The results indicated a low pattern of environmental degradation in the counties located in the state central region, and a larger pattern in the South Central and Southern Bahia, with a high level of environmental degradation.

Keywords: Environmental degradation, factor analysis, cluster analysis.

RESUMEN

Este estudio pretende analizar el patrón de degradación ambiental de la agricultura en el estado de Bahía mediante un análisis multivariado. Este estado tiene una diversidad de características edafoclimáticas, lo que permite la actividad de una variedad de productos agrícolas como la soja, frutas, caña de azúcar y eucalipto. Las décadas de 1990 y 2000 mostraron una importante expansión de esta actividad, sin embargo, aunque beneficioso, esta expansión ocurrió de forma desordenada, sin técnicas adecuadas y precauciones relacionadas con el medio ambiente. Para el análisis de los impactos ambientales de esta actividad, se han utilizado dos técnicas, análisis factorial, con el objetivo de construir el índice global de degradación, y de conglomerados con el fin de verificar la existencia de similitudes entre el patrón de degradación de los municipios del estado. Se encontró complementariedad entre los resultados de las dos técnicas aplicadas, lo que indica resultados similares. Entre los principales resultados llama la atención, positivamente, el bajo patrón de deterioro de los municipios ubicados en la región central del estado, y negativamente, las mesorregiones Centro Sur y Sur, con un alto nivel de degradación ambiental.

Palabras-clave: Índice de degradación ambiental, análisis factorial, análisis de conglomerados.

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental sempre representou um dos grandes desafios nos diversos países do mundo. Isso porque o planeta como um todo vem sofrendo com as transformações do meio ambiente decorrentes da agropecuária, tais como desmatamento e expansão da fronteira agrícola, queimadas, poluição por dejetos animais e agrotóxicos, erosão e degradação dos solos, contaminação da água e desertificação (LEITE *et al.*, 2011).

Tal realidade levou os pesquisadores a estudarem os principais determinantes dessa degradação em diferentes localidades. Nesse sentido, muitas pesquisas utilizam uma análise multivariada para verificar que variáveis são as principais responsáveis pelo dano causado, o que



pode contribuir para a adoção de políticas específicas para cada atividade, de modo a possibilitar um desenvolvimento econômico regional que seja ambientalmente sustentável.

A atividade agropecuária no Brasil possui, historicamente, grande relevância para a economia, pois é grande empregadora de mão-de-obra, promove o incremento de divisas para o país via exportação de produtos agropecuários, fornecendo, também, alimentos para a população. Neste contexto, o meio ambiente sempre ficou relegado a segundo plano, uma vez que as atividades desenvolvidas pelo referido setor sempre levam à depredação dos recursos naturais, causando a degradação ambiental (FERNANDES *et al.*, 2005).

A Bahia conta com 417 municípios, o que a caracteriza como um estado diverso por sua extensão territorial e características edafoclimáticas (regiões de clima úmido e outras de clima árido e três tipos de vegetação, que são caatinga, floresta tropical úmida e cerrado), sendo que grande parte desses possui forte dependência da renda gerada pelo agronegócio. Dentre os municípios baianos, destacam-se por uma atividade agrícola intensa Luis Eduardo Magalhães e os demais situados próximos a este. A cultura da soja é a principal atividade agrícola na microrregião à qual pertence esse município.

O desenvolvimento de culturas que demandam grande volume de capital, aplicado em maquinários e instrumentos dinamizadores da agricultura, tem ganhado espaço no estado, principalmente a partir da década de 1990. A soja, cuja produção concentra-se na mesorregião Extremo Oeste Baiano, destaca-se dentre essas culturas. Esse tipo de cultura, que investe fortemente em maquinários, corretivos, adubos ou agrotóxicos, é uma das responsáveis pela degradação ambiental em todo o estado.

O Sul da Bahia também é caracterizado por atividade agrícola intensa, voltada principalmente para o cultivo de eucalipto. A região Metropolitana de Salvador, o Nordeste do estado e o Vale do São Francisco também vêm apresentando aumentos de produtividade em determinadas culturas, decorrente de investimentos em corretivos, adubos e/ou técnicas com utilização dos recursos naturais. Na região Metropolitana e no Nordeste do estado, destaca-se a produção da cana-de-açúcar. O cultivo da cana, voltado especialmente para a produção de álcool, apresenta significativo impacto ambiental. Já a mesorregião do Vale do São Francisco destaca-se na produção de uva e manga, produtos destinados ao mercado externo.

Assim como a soja, a fruticultura teve uma forte expansão em anos recentes, orientada pelo grande investimento. Uma característica marcante dessa produção é a utilização maciça de técnicas de irrigação, aproveitando a proximidade com o Rio São Francisco. Essa cultura, assim como outras

produzidas no estado, apresenta um impacto significativo sobre o meio ambiente, principalmente, pelo uso de recursos naturais sem a devida preocupação com a sustentabilidade do processo e o consumo das gerações futuras.

Muitas vezes, a modernização da agricultura, tema muito estudado na literatura econômica, ocasiona a degradação ambiental, seja pelo desmatamento ou a partir do uso de produtos tóxicos e emprego de maquinários que compactam o solo, já que essa modernização pode priorizar o aumento na produtividade ao invés de qualidade do produto com responsabilidade ambiental. Além disso, destacam-se como responsáveis pela degradação do meio ambiente as práticas ofensivas ao solo, como descuidos referentes aos resíduos gerados com a atividade agropecuária, sejam pelo uso intensivo de capital ou pela ineficiência na produção.

O estado da Bahia, assim como o nordeste do país, possui uma agricultura familiar que, muitas vezes, sofre pela ausência de assistência técnica. Dessa forma, o impacto da atividade agrícola sem assistência sobre o meio ambiente, muitas vezes, torna-se ainda mais grave. O uso indiscriminado dos recursos naturais na agricultura e pecuária pode levar à ineficiência agrícola, em função do esgotamento do solo, o que compromete o cultivo de outras culturas.

Por isso, diante da importância das questões inerentes à discussão sobre meio ambiente e à relevância da agropecuária para o estado da Bahia, esse trabalho objetiva analisar o padrão de degradação ambiental decorrente dessa atividade para o ano de 2006. Para isso, foram adotadas técnicas de análise multivariada a fim de construir um índice de degradação municipal e verificar a existência de padrões de degradação semelhantes entre os diferentes municípios¹.

Este artigo está estruturado em quatro seções, além dessa introdução. A próxima seção apresenta uma breve revisão da literatura referente ao tema da degradação ambiental; na seção seguinte são expostos os métodos utilizados para a obtenção dos resultados; em seguida, os resultados encontrados são apresentados e discutidos e, por fim, a última seção traz as considerações referentes ao trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Na literatura recente, alguns autores analisaram a degradação ambiental em estados e regiões do Brasil a partir de uma análise multivariada, entre os quais se podem mencionar Silva e Ribeiro (2004), Fernandes, Cunha e Silva (2005), Cunha *et al.* (2008), e Campos *et al.* (2010). Outros

¹ No total, foram utilizados 396 municípios, decorrente da ausência de dados para todos os municípios da Bahia.

autores voltaram suas pesquisas para a avaliação da intensidade dos impactos ambientais causados pela agropecuária sob uma análise qualitativa (CARVALHO & ALBUQUERQUE, 2011; LEITE *et al.*, 2011; VIANA *et al.*, 2011). Como o enfoque deste trabalho baseia-se em uma análise multivariada, elaborada a partir de dados secundários, serão apresentados apenas os primeiros trabalhos.

Os trabalhos de Silva e Ribeiro (2004) e de Fernandes, Cunha e Silva (2005) buscaram estimar o índice de degradação, como uma medida da proporção da área degradada de determinado município. Para isso, ambos os estudos procuraram determinar os impactos das variáveis econômicas (produtividade animal e das lavouras), biológicas (cobertura vegetal) e demográficas (capacidade das áreas com lavouras ou pastagens suportar um maior contingente de trabalhadores nas atividades agropecuárias) sobre o nível de degradação ambiental das áreas em análise.

Para o estado do Acre, Silva e Ribeiro (2004) notaram que as cidades apresentavam índices de degradação relativamente baixos, em torno de 30,74%, com algumas exceções de municípios que apresentaram valores superiores a 60% para o índice, a maioria localizada nas regiões Baixo e Alto Acre, áreas mais desenvolvidas.

Fernandes, Cunha e Silva (2005), no entanto, depararam-se com outra realidade ao analisar o estado de Minas Gerais, o qual apresentou um índice de degradação médio de 86%, sendo que 40% dos municípios estudados apresentaram um índice de degradação de 100%. Os autores concluíram que esses resultados estavam associados ao processo intensivo de desenvolvimento do Estado, alavancados por fatores econômicos.

Os estudos de Cunha *et al.* (2008) e Campos *et al.* (2010) adotaram uma abordagem distinta das anteriores, na qual consideraram a degradação ambiental como resultado da intensidade da exploração agropecuária. Para isso, os autores analisaram variáveis representativas do uso intensivo da terra e de tecnologias mecânica, bioquímica, elétrica e hídrica. Cunha *et al.* (2008) ainda afirmaram que algumas das variáveis são indicadores da modernização agrícola, uma vez que existe uma íntima associação entre esta e a degradação ambiental em seu conjunto de variáveis.

Ao analisarem os resultados da pesquisa, Cunha *et al.* (2008) observaram que os níveis de degradação no Cerrado apresentaram desigualdades microrregionais, sendo que as regiões com maiores índices de degradação foram o cerrado de Minas Gerais, o sul de Goiás e o sudeste do Mato Grosso, e as microrregiões do Tocantins foram as que apresentaram menores níveis de degradação. O maior valor para o índice de degradação coube à Primavera do Leste (MT) e o menor valor coube a Jalapão (TO).

Campos *et al.* (2010), notaram que as regiões da Caatinga apresentaram níveis de degradação desiguais, embora com valores próximos. Os autores destacaram que os níveis de degradação foram superiores em microrregiões com agricultura intensiva em exploração da terra e de tecnologias bioquímicas e que esses níveis modificaram-se ao longo do tempo, devido ao crescimento desigual da atividade agrícola entre as regiões.

O presente trabalho adota uma abordagem semelhante àquela empregada por Cunha *et al.* (2008) e Campos *et al.* (2010), na qual a degradação é decorrente da intensidade da atividade agropecuária, medida por meio dos fatores relacionados à degradação ambiental, além do desmatamento de áreas próximas a nascentes, rios, riachos, lagos e açudes, do uso de máquinas agrícolas e do destino inadequado dado às embalagens de agrotóxicos. Para isso, será analisada a degradação ambiental da Bahia, considerando-se as dimensões supracitadas.

3 METODOLOGIA²

3.1. Análise Fatorial

Para o cálculo do Índice de Degradação Ambiental (IGD), utilizou-se o método multivariado de Análise Fatorial em Componentes Principais. Genericamente, conforme Mingoti (2005), um modelo de análise fatorial é apresentado conforme a Equação 1.

$$X_i = a_{ij}F_j + \varepsilon_i \quad (1)$$

em que $X_i = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$ é um vetor transposto de variáveis aleatórias observáveis; $F_j = (F_1, F_2, \dots, F_m)^t$ é um vetor transposto ($m < p$) de variáveis latentes que descrevem os elementos da amostra ou população mas são não observáveis; a_{ij} é uma matriz ($p \times m$) de coeficientes fixos denominados cargas fatoriais, que descreve o grau de relacionamento linear entre X_i e F_j ; $\varepsilon_i = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^t$ é um vetor transposto de erros aleatórios, que corresponde aos erros de medição e à variação de X_i que não é explicada pelos fatores comuns F_j .

² Para a realização desses procedimentos utilizou-se dos seguintes softwares: Stata 11, Microsoft Excel e Tabwin 3.6, disponibilizado gratuitamente pelo DataSUS.

Conforme Manly (1986) e Kim e Mueller (1978), trata-se de uma técnica estatística multivariada que tem como princípio básico a redução de um grande número de variáveis originais em um número reduzido de fatores independentes, de tal forma que estes possam explicar, de maneira simples e reduzida, o conjunto de variáveis originais sem muita perda de informação.

O vetor de variáveis aleatórias observáveis X_i pode ser substituído pelo vetor de variáveis padronizadas Z_i com vistas a contornar o problema das diferenças de unidades em que as variáveis são medidas. Assim, a Equação 1 pode ser reescrita conforme a Equação 2.

$$Z_i = \alpha_{ij}F_j + \varepsilon_i \quad (2)$$

Nem sempre a estrutura inicial das estimativas das cargas fatoriais é aquela utilizada. Com vistas a melhorar a interpretação dos fatores, o método proporciona a possibilidade de se fazer sua rotação. Neste trabalho foi utilizado o método *Varimax* de rotação ortogonal dos fatores, já que este procura minimizar o número de variáveis fortemente relacionadas com cada fator, permitindo, assim, obter fatores mais facilmente interpretáveis.

Para a construção do IGD_i, torna-se necessário, inicialmente, estimar os escores associados a cada fator posteriormente à rotação ortogonal supracitada. Os escores fatoriais são os valores de cada fator referentes a cada observação da amostra. Desta forma, segundo Mingoti (2005), após identificar e interpretar os fatores F_j , $i = 1, \dots, m$, relacionados com as variáveis Z_i , $i = 1, \dots, p$, é possível estimar o escore de cada elemento amostral k , $k = 1, \dots, n$, conforme a Equação (3).

$$F_{jk} = w_{j1}Z_{1k} + w_{j2}Z_{2k} + \dots + w_{jp}Z_{pk} \quad (3)$$

em que $(Z_{1k}, Z_{2k}, \dots, Z_{pk})$ são os valores observados das variáveis padronizadas Z_i para o k -ésimo elemento amostral e os coeficientes w_{ji} , $i = 1, 2, \dots, p$ são os pesos de ponderação de cada variável Z_i no fator F_j .

Para verificar o ajustamento do modelo de análise fatorial aos dados, utilizaram-se os testes de Esfericidade de Bartlett e o Critério de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). O teste de esfericidade de Bartlett é um procedimento que compara a matriz de correlação populacional com a matriz identidade. Para que os dados sejam adequados à análise fatorial o teste deve rejeitar a hipótese nula de igualdade das matrizes. Em contrapartida, o KMO testa a adequabilidade dos dados a partir da criação de um índice que compara as correlações simples e parciais entre as variáveis, assumindo

valores entre 0 e 1. Segundo Hair *et al.* (1995), valores superiores a 0,5 indicam que os dados são adequados à aplicação da análise fatorial.

3.2. Construção do Índice de Degradação Ambiental

Após a seleção dos indicadores, foram obtidos os escores fatoriais e a proporção da variância explicada pelos fatores extraídos, sendo possível realizar o cálculo do IGD_k , apresentado na Equação (4).

$$IGD_k = \sum_{j=1}^p \left(\frac{\sigma_j^2}{\sum_{j=1}^p \sigma_j^2} F_{jk}^* \right) \quad (4)$$

em que IGD_k é o Índice de Degradação Ambiental do k -ésimo município, σ_j^2 a variância explicada pelo j -ésimo fator, p o número de fatores utilizados na análise, F_{jk}^* é o j -ésimo escore fatorial do k -ésimo município, $\sum_{j=1}^p \sigma_j^2$ o somatório das variâncias explicadas pelos p fatores extraídos e $\frac{\sigma_j^2}{\sum_{j=1}^p \sigma_j^2}$ indica a participação relativa do fator j na explicação da variância total capturada pelos p fatores extraídos.

Segundo Fernandes *et al.* (2005), espera-se que os escores fatoriais associados aos municípios tenham distribuição simétrica em torno da média zero. Assim, metade deles apresentará sinais negativos e outra metade, sinais positivos, de modo que os municípios mais degradados apresentarão escores fatoriais negativos. Para se evitar que altos escores fatoriais negativos elevem a magnitude dos índices associados a esses municípios, torna-se necessário inseri-los no primeiro quadrante, conforme a seguinte transformação:

$$F_{jk} = \frac{(F_{jk} - F_j^{min})}{F_j^{max} - F_j^{min}} \quad (5)$$

em que F_j^{max} e F_j^{min} são os valores máximos e mínimos observados para o j -ésimo escore fatorial associado ao k -ésimo município da Bahia.

3.3. Análise de Agrupamento

A análise de agrupamentos, segundo Mingoti (2005), tem como objetivo dividir os dados da amostra em grupos, de forma que os elementos pertencentes a um mesmo grupo sejam similares entre si com respeito às características em que foram medidas.

Para a aplicação do método, o presente estudo utilizou a medida de dissimilaridade conhecida como Distância Euclidiana. Com base nessa medida, agrupam-se todos os municípios baianos, ilustrados nas equações (6) e (7) como pontos A e B.

$$\text{Distância entre A e B} = D_{AB} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{ja} - x_{jb})^2} \quad (6)$$

E, em termos matriciais, essa distância é dada por:

$$D_{AB} = \sqrt{(X_a - X_b)'(X_a - X_b)} \quad (7)$$

A partir do cálculo da Distância Euclidiana, aplicou-se o procedimento conhecido como método de *Ward*. Esse procedimento é classificado como hierárquico aglomerativo, o qual parte do princípio do que, no início, cada elemento é considerado um conglomerado, de forma que uma vez que haja o agrupamento de dois elementos, os mesmos continuem juntos até o fim do processo aglomerativo.

Para uma melhor utilização desse método, o presente trabalho realizou alguns testes com o objetivo de determinar o número exato de grupos a ser considerado na análise. Dentre os mais importantes, foram realizados dois testes: o Pseudo-F de Calinski-Harabasz e o Índice de Duda-Hart. Em ambos os testes, a indicação do número de grupos a ser adotado é dado pelo maior valor do índice encontrado.

A utilização da análise de agrupamento possibilitou reunir, num mesmo grupo, os municípios mais homogêneos, de forma a construir grupos heterogêneos entre si. Isso permitiu definir conglomerados com um padrão de degradação ambiental semelhante, assim como apontar os grupos que se destacam, além de complementar a análise fatorial.

3.4. Variáveis e fonte de dados

Para a construção do Índice de Degradação Ambiental para os municípios da Bahia foram utilizadas 21 variáveis, obtidas por meio do Censo Agropecuário de 2006, calculado e disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006). Tais variáveis

foram descritas em relação à área total dos estabelecimentos, em hectares (AT), ou ao número total de estabelecimentos (NE), para uma amostra de 396 municípios³.

- X1 – Áreas queimadas dos estabelecimentos/AT
- X2 – Áreas com pastagens degradadas dos estabelecimentos/AT
- X3 – Áreas degradadas dos estabelecimentos/AT
- X4 – N^o estabelecimentos com controle de pragas e doenças/NE
- X5 – N^o estabelecimentos com uso de adubos/NE
- X6 – N^o estabelecimentos que aplicam corretivos/NE
- X7 – N^o estabelecimentos que utilizam agrotóxicos/NE
- X8 – N^o estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo/NE
- X9 – N^o estabelecimentos que depositam embalagens de agrotóxicos no lixo comum/NE
- X10 – N^o estabelecimentos queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos/NE
- X11 – Valor das despesas com adubação total/NE
- X12 – Valor das despesas com corretivos/NE
- X13 – Valor das despesas com agrotóxico total/NE
- X14 – Valor das despesas com medicamentos veterinários/NE
- X15 – Valor das despesas com combustível/NE
- X16 – N^o estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas/NE
- X17 – N^o estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas/NE
- X18 – N^o estabelecimentos com lagos naturais ou açudes não protegidos por matas/NE
- X19 – Número de colheitadeiras/AT
- X20 – Número de tratores/AT
- X21 – Efetivo bovino em relação às pastagens naturais e plantadas

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o intuito de investigar os dados a partir da análise multivariada, buscou-se encontrar e analisar, primeiramente, as estatísticas descritivas e a correlação entre as variáveis. A estatística

³ Foram retirados da amostra 4 municípios em decorrência da ausência de dados.

descritiva, apresentada na Tabela 1, é relevante porque apresenta claramente as heterogeneidades entre os municípios nas variáveis em que serão comparados.

Tabela 01. Estatística descritiva das variáveis, em 2006.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
x1	5574.3	10964.5	0	104544
x2	177.6	184.5	0	1130
x3	25.6	46.1	0	402
x4	36.8	72.9	0	567
x5	300.5	549.4	0	5460
x6	59.2	114.4	0	732
X7	204.4	382.8	2	3467
X8	25.8	64.7	0	592
X9	12.1	22.9	0	184
x10	113.8	218.2	0	2169
x11	3160.9	24911.5	0	291313
x12	331.6	2224.3	0	36442
x13	3460.0	47349.1	0	933480
x14	260.1	309.9	2	3092
x15	729.2	2425.5	0	40122
x16	88.6	142.9	0	1052
x17	316.4	309.9	0	1998
x18	230.0	249.2	0	1638
X19	11.26	38.69	0	407
X20	69.01	125.15	0	1452
X21	25045.6	25552.9	149	168235

Fonte: Resultados da pesquisa, elaborados a partir dos dados do IBGE (2006).

O valor máximo, por exemplo, da variável Valor das despesas com agrotóxicos coube ao município Luís Eduardo Magalhães, enquanto para as variáveis N° de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos, N° de estabelecimentos que deixam as embalagens de agrotóxicos no campo e N° de estabelecimentos queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos, os valores máximos pertenceram ao município de Guanambi. Assim, espera-se que essas cidades apresentem índices de degradação mais elevados.

Com o objetivo de verificar o grau de relação linear entre as variáveis utilizadas no presente trabalho, foi elaborada a matriz de correlações entre as 21 variáveis. O fato de terem sido identificados alguns pares de variáveis com elevadas correlações justifica a adoção de técnicas de análise multivariada aos dados.

A fim de facilitar a análise, os resultados foram apresentados na mesma ordem da metodologia: em primeiro lugar, a análise fatorial e, posteriormente, a análise de cluster. Foram utilizados dados de 396 municípios, para os quais havia informações disponíveis das 21 variáveis, de um total de 417 municípios do estado.

Para agrupar as 21 variáveis em um número menor de fatores, foi realizada a análise fatorial, a qual permitiu identificar a degradação ambiental do estado. Entretanto, tornou-se necessário verificar a adequabilidade dos dados à análise fatorial, realizada por meio dos testes de Bartlett e KMO. O primeiro obteve um valor t de 6.565,17, significativo a 1%, que permitiu rejeitar a hipótese nula de que a matriz de correlações é estatisticamente igual à matriz identidade. O KMO, por sua vez, apresentou um coeficiente de 0,688. Dessa forma, ambos os testes corroboraram a ideia de que os dados são passíveis de aplicação da análise fatorial para o estudo da degradação do meio ambiente na Bahia.

A aplicação dessa técnica utilizando o método de componentes principais indicou a extração de seis fatores, para os quais as raízes características foram superiores à unidade, como apresentado em negrito na Tabela 2. A mesma tabela também apresentou o percentual da variância explicado por cada fator, sendo que os seis primeiros fatores explicam 71,56% da variabilidade (acumulada) dos dados.

Tabela 02. Fatores extraídos por meio da análise fatorial e suas correspondentes variâncias para os dados dos municípios da Bahia, em 2006

Fatores	Raízes características	Variância Explicada (%)	(%) Variância Acumulada
Fator 1	4.27951	0.2038	0.2038
Fator 2	3.38704	0.1613	0.3651
Fator 3	2.52681	0.1203	0.4854
Fator 4	1.95968	0.0933	0.5787
Fator 5	1.48041	0.0705	0.6492
Fator 6	1.39323	0.0663	0.7156
Fator 7	0.98924	0.0471	0.7627
Fator 8	0.80127	0.0382	0.8008
Fator 9	0.77318	0.0368	0.8376

Fonte: Resultados da pesquisa, a partir dos dados do IBGE (2006).

Após a definição do número de fatores a serem utilizados, procedeu-se à análise das cargas fatoriais e comunalidades associadas a cada variável, conforme é apresentado na Tabela 3. A fim de facilitar a interpretação das cargas fatoriais, optou-se por rotacionar os fatores pelo método *VARIMAX*, o qual permitiu que os coeficientes de correlação entre as variáveis e os fatores ficassem o mais próximo possível de zero ou um.

Tabela 03. Cargas fatoriais e comunalidades após a rotação *VARIMAX* para os municípios da Bahia, em 2006

Variáveis	Fator 1	Fator 2	Fator 3	Fator 4	Fator 5	Fator 6	Comunalidade
x1	0.0282	-0.0568	-0.1238	-0.3816	-0.1622	0.4882	0.4296
x2	-0.0666	0.1478	-0.0436	-0.0808	0.0488	0.787	0.6565
x3	-0.0383	-0.0258	0.0165	0.1634	0.0073	0.7402	0.577
x4	0.0168	-0.1998	-0.0501	0.2021	0.0737	-0.146	0.1103
x5	0.0666	0.1498	-0.094	0.8358	0.1868	0.0721	0.7744
x6	0.3452	0.0232	0.1635	0.7645	-0.1261	-0.0231	0.7474
x7	0.1621	0.9503	-0.0474	0.0868	0.0142	-0.0097	0.9394
x8	-0.0358	0.8814	-0.0457	-0.0006	-0.0464	0.0489	0.7848
x9	-0.0684	0.7374	-0.0305	0.1055	0.0365	-0.0008	0.5619
x10	-0.0081	0.9472	-0.0483	-0.0444	-0.0388	0.0394	0.9046
x11	0.9755	-0.0027	-0.0204	0.0892	0.0159	-0.0112	0.9604
x12	0.9774	0.002	-0.0146	0.0897	0.0137	-0.0376	0.9652
x13	0.957	0.0023	-0.0051	0.0839	0.0143	0.0102	0.9232
x14	0.4115	-0.065	0.6601	-0.1093	0.1233	-0.2884	0.7197
x15	0.9396	0.0123	0.0083	0.076	0.033	-0.0772	0.896
x16	-0.0797	-0.0717	0.7749	0.3544	-0.0563	-0.014	0.7409
x17	-0.0809	-0.0436	0.8513	0.0903	-0.1776	0.0554	0.776
x18	-0.0231	0.0015	0.6685	-0.3545	-0.0911	-0.0394	0.583
x19	0.0376	-0.0191	-0.2384	0.054	0.7413	-0.0571	0.6143
x20	0.0207	-0.0051	-0.2217	0.3008	0.7813	-0.1242	0.7659
x21	0.0125	-0.0488	0.3592	-0.1628	0.6399	0.1697	0.5963

Fonte: Resultados da pesquisa.

Pela análise da Tabela 3, as variáveis mais correlacionadas com o fator 1 foram Valor da Despesa com Adubação/NE, Valor da Despesa com Corretivo/NE, Valor da Despesa com Agrotóxico/NE e Valor da Despesa com Combustível/NE. Assim, todas as variáveis relacionadas com as despesas, com exceção daquelas com medicamentos veterinários, ficaram associadas ao fator 1, que é aquele que explica a maior parcela da variabilidade dos dados e que, por isso, tem o maior peso na construção do IGD_i , podendo ser caracterizado como um fator ligado às despesas totais agrícolas.

O segundo fator esteve mais correlacionado com as variáveis N^o de estabelecimentos que utilizam agrotóxicos/NE, N^o de estabelecimentos que depositam embalagens de agrotóxicos no campo/NE, N^o de estabelecimentos que depositam embalagens de agrotóxicos no lixo comum/NE e N^o de estabelecimentos que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos/NE. Em suma,

observou-se que tal fator associou-se com as variáveis relativas à utilização de agrotóxicos, bem como o destino de suas embalagens, explicando a segunda maior parcela da variância dos dados.

O terceiro fator englobou, em sua maioria, aquelas variáveis associadas à falta de preservação dos recursos hídricos, sendo formado pelo N^o de estabelecimentos com nascentes não protegidas por matas/NE, N^o de estabelecimentos com rios ou riachos não protegidos por matas/NE e N^o de estabelecimentos com lagos naturais ou açudes não protegidos por matas/NE, além de incluir o Valor da despesa com medicamentos veterinários/NE.

Os demais fatores apresentaram um menor poder de explicação da variabilidade dos dados, englobando as seguintes variáveis: N^o de estabelecimentos que aplicam adubos/NE, N^o de estabelecimentos com controle de pragas e doenças/NE e N^o de estabelecimentos que aplicam corretivos/NE (Fator 4); Número de colheitadeiras/AT, Número de tratores/AT e Efetivo Bovino em relação às pastagens naturais e plantadas (Fator 5); e Área queimada/AT, Área com pastagens degradadas/AT e Área degradada/AT (Fator 6). Dessa forma, o Fator 4 esteve relacionado às alternativas de que buscaram melhorar a produção, enquanto o Fator 6 associou-se com a degradação das áreas agrícolas. O Fator 5, por sua vez, representa o impacto da modernização e da pecuária sobre o meio ambiente.

A obtenção desses seis fatores permitiu, a partir da ponderação com as raízes características, a construção do Índice Geral de Degradação em nível municipal e regional. Uma vez que o estado é composto por muitos municípios (demonstrado no tamanho da amostra, 396 municípios) os valores para cada município não serão apresentados, salvo os que se destacam tanto de forma positiva quanto negativa. A Figura 1, contendo o mapa que demonstra o nível de degradação dos municípios baianos segundo o índice calculado, apresentou esses resultados.

A análise da Figura 1 permitiu afirmar que os municípios que apresentaram os menores índices de degradação estão concentrados na região central do estado, enquanto aqueles que apresentaram os piores índices estão distribuídos entre a região Metropolitana de Salvador, Centro Sul e Extremo Oeste Baiano. A atividade agrícola intensiva do estado, seja em capital ou em mão-de-obra, está concentrada nas regiões que apontaram o maior número de municípios dentre os piores valores do índice.

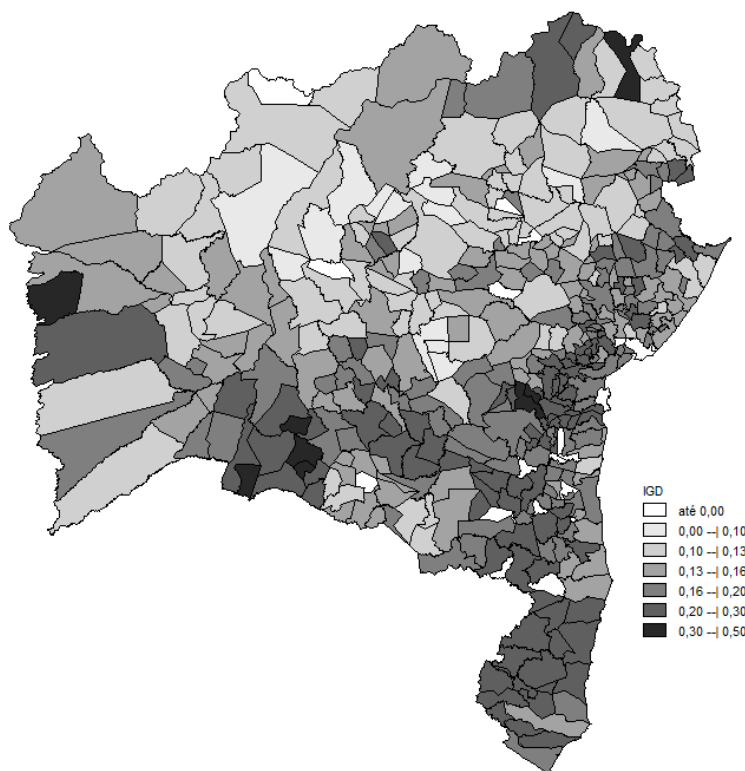


Figura01. Índice de Degradação Ambiental para os municípios da Bahia (2006)
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir dos dados do IBGE (2006).

A Tabela 4 apresenta os melhores e piores municípios e em quais mesorregiões eles estão situados, segundo o índice geral de degradação. Foi possível notar que, dentre os cinco municípios apontados, três deles estão situados na mesorregião Centro Norte do estado. Esses municípios destacaram-se por apresentarem baixos valores para variáveis que possuem grande poder de explicação da degradação ambiental, como, por exemplo, número de estabelecimentos que deixam embalagens de agrotóxicos largadas no campo ou queimadas.

Além desses, obteve destaque o município de Morpará, situado na mesorregião do Vale do São Francisco. Ao contrário dos municípios dessa mesorregião, esse município não se destaca exclusivamente na fruticultura (produção de melancia), mas também na produção de milho, feijão e mandioca. Morpará apresentou baixos valores para as variáveis que contribuem para a degradação ambiental, sendo que a variável N^o de estabelecimentos que queimam ou enterram as embalagens de agrotóxicos obteve um valor bem abaixo da média encontrada para o estado, o que resultou em um bom índice para o município.

Tabela 04. Municípios da Bahia com destaque quanto ao IGD e as mesorregiões onde se encontram, em 2006

Municípios	Mesorregião	IGD
Melhores indicadores		
Morpará	Vale do São Francisco	0.0800
Ourolândia	Centro Norte	0.0816
Umburanas	Centro Norte	0.0826
Andaraí	Centro Sul	0.0858
São Gabriel	Centro Norte	0.0859
Piores indicadores		
Matina	Centro Sul	0.3223
Itaquara	Centro Sul	0.3226
Candiba	Centro Sul	0.3274
Jaguaquara	Centro Sul	0.3406
Luís Eduardo Magalhães	Extremo Oeste	0.4922

Fonte: Resultados da pesquisa elaborados a partir dos dados do IBGE (2006).

Dentre os municípios com piores resultados para índice geral de degradação, destacou-se Luís Eduardo Magalhães, com um valor 44% superior ao segundo pior resultado, Jaguaquara. Isso decorreu, em grande parte, da expansão da produção de soja, fortemente baseada na mecanização e utilização de insumos para aumentar a produtividade, como adubos, corretivos e agrotóxicos.

Candiba, em contrapartida, segundo a Superintendência de Estudos Econômicos – SEI (2011), produz, principalmente, sorgo, feijão e milho, que são culturas menos intensivas em capital no estado. Porém, quando analisadas algumas variáveis, como o nº de estabelecimentos com embalagens de agrotóxicos queimadas ou enterradas, esse município predomina diante dos demais, o que fez com que o mesmo estivesse entre os municípios com piores resultados para o índice. Além disso, Candiba destaca-se pela pecuária, apresentando um efetivo bovino próximo à média do estado (ver Tabela 1).

Objetivando analisar a degradação ambiental em nível regional, foi calculada uma média dos índices dos municípios por mesorregião, cujos resultados foram apresentados na Figura 2. A análise desta figura possibilitou verificar que o padrão de degradação é distinto quando analisadas as mesorregiões. Foi possível observar que a mesorregião Sul do estado foi a principal no que tange à degradação ambiental, seguida pelas mesorregiões Centro-Sul e Metropolitana de Salvador, respectivamente.

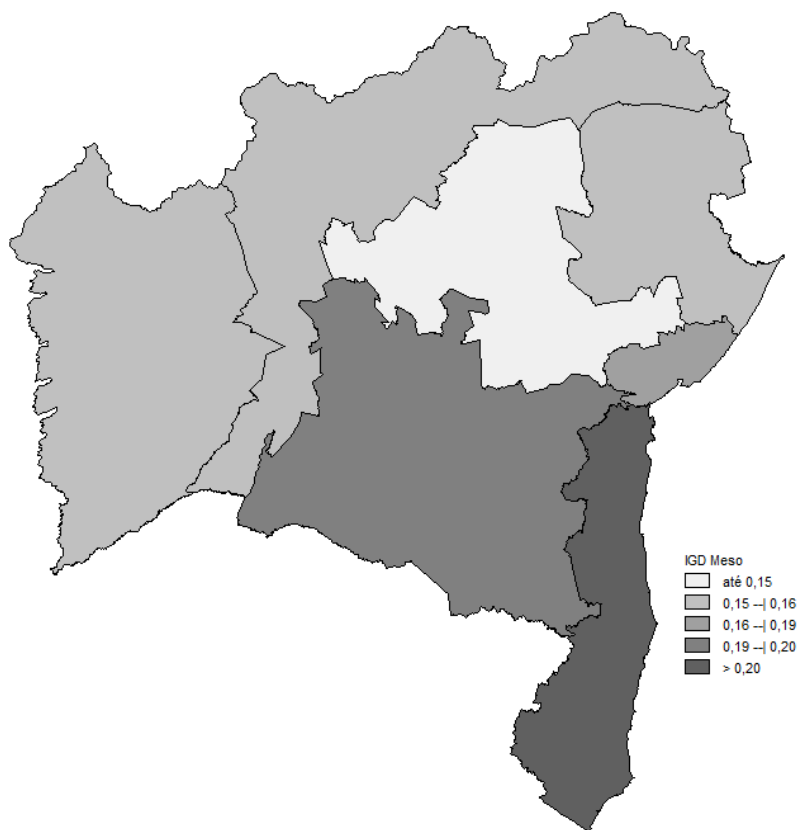


Figura 02. Índice de Degradação Ambiental médio para as mesorregiões da Bahia (2006)

Fonte: Resultados da pesquisa.

O elevado índice médio de degradação encontrado para a região Centro-Sul corrobora os resultados apresentados para os municípios, visto que quatro dos cinco municípios com piores índices apresentados na Tabela 4 encontram-se nessa região. Em contrapartida, a mesorregião Extremo-Oeste obteve um baixo índice de degradação, já que grande parte de seus municípios não apresentaram degradação elevada, apesar de essa região conter o município com o pior índice para o Estado (Luís Eduardo Magalhães). De qualquer forma, esse resultado foi confirmado pelos resultados apresentados na estatística descritiva e na análise a nível municipal.

Uma vez que a matriz de correlação e as estatísticas descritivas deram base para a aplicação da análise fatorial e que esses resultados se complementaram, coube analisar o agrupamento dos municípios segundo os escores fatoriais encontrados pela primeira técnica empregada. A fim de dar robustez à análise de *clusters* empregada, verificou-se, por intermédio de testes como o Pseudo-T, que o número de grupos apontado foi cinco.

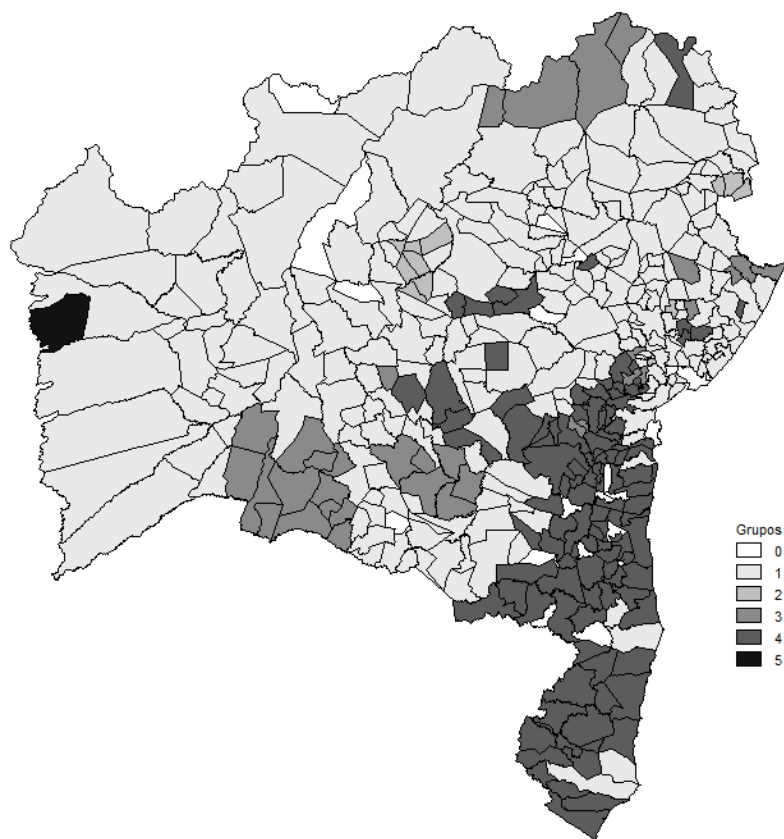


Figura 03. Agrupamento dos municípios a partir dos escores fatoriais obtidos na análise fatorial.

Fonte: Resultados da pesquisa.

Da mesma forma como ocorreu na análise fatorial, recorreu-se à análise cartográfica com o objetivo de apresentar melhor os resultados, conforme pode ser visto na Figura 3. A formação desses cinco grupos permitiu inferir que houve um padrão homogêneo de degradação para a maioria dos municípios baianos, pois 267 municípios pertenceram ao mesmo grupo. Em contrapartida, Luís Eduardo Magalhães, devido ao seu alto índice de degradação ambiental, formou um grupo unitário, devido a um comportamento totalmente distinto dos demais. Notou-se a aglomeração de diversos municípios com um mesmo padrão de degradação estavam na região central do estado, além de municípios com nível de degradação semelhante no sul e litoral da Bahia. Em contrapartida, também houve a formação de dois grupos mais disseminados pelo estado.

Os resultados encontrados pela análise de agrupamento, em geral, corroboraram e complementaram aqueles encontrados pela estatística descritiva e pela análise fatorial. Esses resultados ilustraram um padrão de degradação uniforme para a maior parte do estado, com níveis de degradação relativamente inferiores aos piores índices encontrados. Em contrapartida, indicaram

também um grupo de municípios situados ao sul do estado, além de outros situados na mesorregião centro-sul, como os principais no que se refere à degradação ambiental.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou mensurar o padrão de degradação ambiental para os municípios da Bahia a partir das técnicas de análise fatorial e de agrupamentos. Ambas as técnicas se complementaram no sentido que identificaram segregações semelhantes para os municípios em relação ao índice de degradação.

A construção do Índice Geral de Degradação a partir da análise fatorial permitiu identificar o município de Luís Eduardo Magalhães como sendo o que apresentou o padrão de degradação mais elevado (0,49). Por outro lado, o município de Morpará teve o mais baixo índice (0,08). Esses municípios estão situados em mesorregiões distintas, assim como possuem atividades produtivas totalmente diferentes, o que proporcionou índices antagônicos.

A partir de uma análise regional, foi possível identificar a mesorregião Sul como a que deteve o maior número de municípios com um alto padrão de degradação. Em contrapartida, a mesorregião Centro-Norte foi identificada como a que deteve o maior número de municípios com menor nível de degradação.

A análise de agrupamento corroborou os resultados encontrados na análise fatorial, indicando um padrão semelhante, no que concerne ao Índice Geral de Degradação, para os municípios baianos situados, em sua maioria, na região central do estado. Apontou ainda que a mesorregião Sul da Bahia apresentou um padrão de degradação semelhante, formando, de forma geral, um único grupo.

O presente trabalho procurou, embasado na literatura sobre o tema, analisar o impacto da atividade agropecuária no meio ambiente a partir da construção de um índice para o ano de 2006. As análises foram robustas se comparadas com a realidade econômica e agrícola dos municípios. Porém, para um estudo futuro, sugere-se analisar a evolução dessa degradação ao longo do tempo, com o objetivo de identificar a dinâmica de degradação dos municípios.

Como limitação encontrada, destaca-se a ausência de dados para alguns municípios da Bahia, impossibilitando a análise do padrão de degradação para os mesmos. Para pesquisas futuras sugere-se analisar o impacto da degradação ambiental sobre a economia dos municípios baianos, bem como corrigir tais limitações.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMPOS, Samuel Alex Coelho; FERREIRA, Marcelo Dias Paes; COELHO, Alexandre Bragança; LIMA, João Eustáquio de. Intensidade e evolução da atividade agropecuária como indicador da degradação ambiental na região da caatinga. In **48º Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural**. Cuiabá: julho de 2010.

CARVALHO, Samanta Pereira; ALBUQUERQUE, Helder Neves de. Avaliação dos impactos ambientais no Horto do Complexo Aluízio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v. 2, n. 2, 2011, p. 1-16.

CUNHA, Nina Rosa da Silveira; LIMA, João Eustáquio de; GOMES, Marília Fernandes Maciel; BRAGA, Marcelo José. Intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília: v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

FERNANDES, Elaine Aparecida; CUNHA, Nina Rosa da Silveira; SILVA, Rubicleis Gomes da. Degradação ambiental no estado de Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília: v. 43, n. 1, p. 179-198, 2005.

FERNANDES, Talize Alves Garcia; LIMA, João Eustáquio de. Uso de Análise Multivariada para Identificação de Sistemas de Produção. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v. 26, n. 10, 1991, p.1823-1836.

HAIR, Joseph F.; ANDERSON, Rolph E., TATHAM, Ronald L., BLACK, Willian C. **Multivariate data analysis: with readings**. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 745 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo **Agropecuário 2006**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>. Acesso em 20 abr. 2011.

KIM, Jae-On; MUELLER, CharlesW. **Introduction to factor analysis: What it is and how to do it**. Beverly Hills: Sage Publications, 1978. 79 p.

LEITE, Stella Pereira; SILVA, Cristiane Ribeiro da; HENRIQUES, Leandro Calixto. Impactos ambientais ocasionados pela agropecuária no Complexo Aluízio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v. 2, n. 2, 2011, p. 59-64.

MANLY, Bryan F.J. **Multivariate statistical methods – a primer**. 3rd ed. New York: Chapman and Hall, 1986, 208 p.

MINGOTI, Sueli Aparecida. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte, Ed. UMG, 2005.



SILVA, Rubicleis Gomes da; RIBEIRO, Claudiney Guimarães. Análise da degradação ambiental na Amazônia Ocidental: um estudo de caso dos municípios do Acre. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Brasília: v. 1, n. 42, p. 81-110, 2004.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA – SEI (2011). **Dados sobre os municípios**. Disponível em: <http://www.sei.ba.gov.br/>. Acesso em 10 mai 2011.

VIANA, Daniela de Lima; ROCHA, Dilson Roberto Wanderley; CORDEIRO, Maria Fábila Rufino; SILVA, Juliana Ferreira da. Avaliação dos impactos ocasionados na biodiversidade pela atividade de pedreira no Complexo Aluizio Campos. **Revista Brasileira de Informações Científicas**, v. 2, n. 2, 2011, p. 45-58.

