

A Intensidade da Exploração Agropecuária como Indicador da Degradação Ambiental na Região dos Cerrados, Brasil

Nina Rosa da Silveira Cunha¹

João Eustáquio de Lima²

Marília Fernandes de Maciel Gomes³

Marcelo José Braga⁴

Resumo: Constituinte-se no maior fator de risco e de efetiva degradação para o Cerrado, a intervenção do homem na natureza e, em especial, na exploração agropecuária requer análise e monitoramento mais profundos. Este trabalho objetiva analisar as relações entre a exploração agropecuária e a degradação ambiental na região dos Cerrados, em 1995-1996. Em particular, pretende-se, por meio de análise estatística multivariada, verificar os fatores associados à intensidade da agropecuária, predominantes na determinação do padrão de degradação, além de obter índices de intensidade de exploração que possibilitem hierarquizar e agrupar as microrregiões em termos de potencial de degradação. Analisando os resultados alcançados verificou-se que a intensidade da exploração agropecuária manifestou-se pelo uso intensivo do solo (exploração agrícola) e de tecnologias mecânica e bioquímica; pela intensidade de exploração pecuária; e outras dimensões da agricultura. As microrregiões com maiores níveis de degradação concen-

¹ Professora Associada do Departamento de Administração da Universidade Federal de Viçosa - UFV. E-mail: ninarosa@ufv.br

² Professor Titular do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa - UFV. E-mail: jelima@ufv.br

³ Professora Associada do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa - UFV. E-mail: mfmngomes@ufv.br

⁴ Professor Adjunto do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa - UFV. E-mail: mjbraga@ufv.br

traram-se no noroeste de Minas Gerais, parte do sul de Goiás, e, em parte do sudeste de Mato Grosso. Os menores valores médios do índice de degradação ficaram por conta de Tocantins, Piauí e Maranhão. O maior índice coube à microrregião Primavera do Leste (MT) e o menor a Jalapão (TO).

Palavras-chave: degradação ambiental, intensidade de exploração agropecuária, Cerrado, análise fatorial, índice de degradação ambiental.

Classificação JEL: Q50

Abstract: Being constituted as the largest risk factor and effective degradation to the Savannah, the man's intervention in the nature and, especially, the agricultural exploration require analysis and better monitoring. This work aims to analyze the relationship between the agricultural exploration and the environmental degradation in the area of the Savannahs, in 1995-1996. In particular, it is intended, to use multivariate statistical analysis, to verify the factors associated with the intensity of farming predominant in the determination of the degradation pattern, and to obtain indexes of exploration intensity to make possible to categorize and to group the microrregions in terms of degradation potential. The results showed that the intensity of the agricultural exploration was characterized by the intensive use of the soil (agricultural exploration) and by mechanical and biochemistry technologies; by the intensity of cattle exploration; and other dimensions of the agriculture. The microrregions with larger degradation levels concentrated on the northwest of Minas Gerais, part of south of Goiás, and part of the southeast of Mato Grosso. The smallest mean values of the degradation index were due to Tocantins, Piauí and Maranhão. The largest index was from the microrregion of Primavera do Leste (MT) and the smallest, Jalapão (TO).

Keywords: environmental degradation, intensity of agricultural exploration, Savannah, factorial analysis, index of environmental degradation.

JEL Classification: Q50.

1. Introdução

A degradação ambiental no Brasil e, em especial no Cerrado, decorrente da exploração da agropecuária, tem transformado consideravelmente o seu perfil, resultando em excesso de desmatamento, compactação do solo, erosão, assoreamento de rios, contaminação da água subterrânea, e perda de biodiversidade, com reflexos sobre todo o ecossistema.

Na região dos Cerrados o problema maior tem raízes no modelo de exploração agrícola e que se constitui também em fator de risco para a segurança alimentar, à medida que a degradação ambiental se instala nesse bioma, com sérias restrições à economia e à cadeia alimentar. Há de se considerar que essa região possui solo de baixa fertilidade natural, acidez acentuada e reduzido teor de matéria orgânica (de 3 a 5%), além de submeter-se à sazonalidade do clima. São condições que mostram a fragilidade desse bioma.

Para atender, principalmente, ao mercado internacional, tem sido adotado na área do Cerrado o modelo de ocupação do espaço e de produção desenvolvido pelo *agribusiness* nos países industrializados, favorecendo a produção em larga escala, intensiva em tecnologia, mas descuidando-se em relação aos impactos ambientais.

Verifica-se que o aumento da produção agrícola tem ocorrido às expensas de aumentos da produtividade, utilizando, além de outras técnicas, o uso intensivo do solo, uma vez que na agricultura moderna existe a preocupação da escala de produção, o que leva ao emprego da mecanização intensiva. Pressupõe-se, então, a utilização de grandes áreas cultivadas, de modo a responder economicamente ao capital aplicado. MARQUES (2001) salientou que, mesmo adotando-se tecnologia compatível com a monocultura, resultando em produtos padronizados e lucro certo, torna-se, todavia, frágil em relação às pragas e doenças, promovendo maior risco ambiental – é o que acontece com o solo, por exemplo. O uso intensivo da mecanização, mais fertilizantes e agrotóxicos, compromete a cobertura do solo, as bacias hidrográficas e demais ecossistemas, afetando a sustentabilidade ecológica, com significativa tendência à degradação ambiental.

O Cerrado, como a segunda maior região biogeográfica do Brasil, engloba uma biodiversidade comparável à da floresta amazônica,

favorecida pela presença de três das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Tocantins-Araguaia, São Francisco e Prata.

Atualmente, as principais ameaças à biodiversidade no Cerrado estão centradas na expansão da agricultura e da pecuária, que tem sido efetivada, em geral, mediante a conversão de áreas de cerrado em áreas de agropecuária, com perda de vegetação originária. Esta expansão da agropecuária tem sido feita com uso intensivo de agrotóxicos, fertilizantes e corretivos; irrigação sem controle; pisoteio excessivo de animais; monocultura e cultura em grande escala; uso inadequado de fatores de produção, traduzido, no caso específico, no emprego de alta tecnologia química e pesada mecanização. É sabido, historicamente, que a expansão da população com o crescimento desordenado de cidades é responsável por vários efeitos impactantes sobre o bioma Cerrado, estimulando o avanço da fronteira agrícola, com sérios danos socioambientais. Todavia, para o propósito do presente estudo, e tomando-se como base o conceito de degradação, buscou-se focar exclusivamente a atividade agropecuária.

Crescimento da agropecuária e a degradação no Cerrado têm sido temas de várias pesquisas⁵. No entanto, observa-se a ausência de uma análise que identifica os fatores, empiricamente, e que impactam a agropecuária, ou seja, fatores que promoveram mudanças na agropecuária e foram responsáveis pela sua intensa exploração. Assim, nesse trabalho procura-se preencher essa lacuna, indicando quais fatores associados às práticas das atividades agropecuárias e que representam relações com a degradação ambiental na região dos Cerrados, e a hierarquização de suas microrregiões em termos de degradação, em 1995-1996.

No presente estudo, o termo degradação ambiental é empregado como a agressão ao meio ambiente, com danos causados pela pressão da agropecuária. Tem como foco a intensidade/pressão da exploração agropecuária e do uso intensivo de tecnologia, considerando que o consumo de capital natural em taxa alarmante e, ou, o uso excessivo, intensivo e inadequado de fatores de produção agridem o meio ambiente, sendo os principais responsáveis pela sua degradação.

⁵ BEULTER e CENTURION (2004), ROSA *et al.* (2003), COSTA (2003), KLIEMANN e BUSO (2002), DUARTE e THEODORO (2002), KLIEMANN e LIMA (2001), LANDERS (2000), SILVEIRA *et al.* (1999), CUNHA *et al.* (1994), dentre outros.

2. Metodologia

A área do Cerrado apresenta aproximadamente 1,5 milhões de km². Agregando as áreas periféricas, encravadas em outros domínios vizinhos e nas faixas de transição com os biomas Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga, essa área pode ultrapassar 1,8 milhão de km², conforme assinala COUTINHO (2004).

As 73 Microrregiões Homogêneas (MRH), consideradas no presente estudo, pertencem ao que se denominou núcleo do Cerrado e estão localizadas em oito Unidades da Federação (Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, parte do sul de Mato Grosso, sul do Maranhão, sul do Piauí, oeste e norte de Minas Gerais e oeste da Bahia). Decidiu-se trabalhar com as MRH que se aproximassem e refletissem o núcleo central dos cerrados e que apresentassem certa similaridade em termos de atividades econômicas.

Para identificar os fatores explicativos da relação entre intensidade da exploração agropecuária e degradação ambiental no Cerrado, a aplicação da análise fatorial é a técnica de análise multivariada que mais se adequa a esse propósito, considerando o grande número de variáveis envolvidas.

Em seguida, visando detectar as microrregiões com maior ou menor probabilidade de enfrentarem problemas de degradação, é construído o Índice Geral de Degradação (IGD), a fim de classificá-las no que se refere ao nível de intensidade de exploração agropecuária e, conseqüentemente, de degradação ambiental.

2.1. Análise fatorial

A Análise Fatorial transforma grandes conjuntos de dados em um número reduzido de fatores, explicando, de forma clara, as variáveis originais (MANLY, 1998). Essa técnica se fundamenta na descoberta de padrões de características, denominados fatores.

Os fatores ou “variáveis latentes” (não-observadas diretamente) são combinações lineares de variáveis correlacionadas entre si, que têm como base um grupo original de n variáveis e m observações, de modo a explicarem as correlações entre as variáveis originais. O modelo básico

da análise fatorial apresenta a seguinte expressão analítica:

$$X_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + d_i u_{ij}, \quad (1)$$

em que X_i = variável normalizada com $i = 1, 2, \dots, n$ (variáveis) e $j = 1, 2, \dots, m$ (observações: microrregiões); f_m = representa o valor m-ésimo do fator comum para a j-ésima observação; a_{im} = representa as cargas fatoriais ou coeficientes de conexão do m-ésimo fator para a i-ésima variável; $d_i u_{ij}$ = resíduo, em que d_i são coeficientes e u_{ij} é o valor do i-ésimo fator único para a j-ésima observação.

A identificação dos fatores gerais presentes entre as variáveis nesse estudo, permite determinar as relações quantitativas, associando aquelas que apresentam padrão semelhante, definindo os fatores que agem no processo de degradação.

Para a determinação dos escores fatoriais, multiplica-se o valor (padronizado) da variável i pelo coeficiente do escore fatorial correspondente, conforme a expressão:

$$F_j = \sum W_{ji}X_i = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + \dots + W_{jp}X_p, \quad (2)$$

em que F_j são os escores fatoriais, W_{ji} são os coeficientes dos escores fatoriais e p é o número de variáveis. Os escores fatoriais são utilizados para definir o nível de intensidade de exploração agropecuária e degradação nas microrregiões.

2.2. Índice de degradação ambiental

Após obtenção, identificação dos fatores e determinação dos respectivos escores fatoriais é possível estudar o grau de degradação das microrregiões, que se encontra associado ao grau de intensidade da exploração agropecuária.

Dessa forma, a análise fatorial contribui para uma visão sobre a degradação, utilizando-se os valores dos fatores para obtenção das medidas de degradação, e posterior *ranking* das microrregiões em termos do grau de degradação/exploração (LEMOS, 2001, FERNANDES *et al.*, 2005, CUNHA *et al.*, 2005).

Nessa linha de raciocínio a intensidade de exploração agropecuária, retratada pelos fatores, é usada para calcular o indicador de degradação

ambiental, denominado de Índice Geral de Degradação (IGD), que é uma *proxy*, que representa o nível de degradação na região.

Para a construção do IGD agregaram-se os fatores obtidos mediante a equação:

$$IGD_i = \sum_{j=1}^p \frac{\lambda_j}{\Sigma \lambda_j} F_{ji}^* \quad , \quad (3)$$

em que IGD é o índice da i-ésima microrregião, λ_j é a j-ésima raiz característica, p é o número de fatores extraídos na análise, F_{ji}^* é o j-ésimo escore fatorial da i-ésima microrregião e $\Sigma \lambda_j$ é o somatório das raízes características referentes aos p fatores extraídos. A participação relativa do fator j na explicação da variância total captada pelos p fatores extraídos é indicada por $\frac{\lambda_j}{\Sigma \lambda_j}$.

Para tornar todos os valores dos escores fatoriais (F_{ji}), superiores ou iguais a zero, todos eles são colocados no primeiro quadrante (LEMOS, 2001), antes da construção do IGD, utilizando-se a expressão algébrica:

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

em que F_j^{\min} é o menor escore observado para o j-ésimo fator, e F_j^{\max} é o maior escore observado para o j-ésimo fator.

2.3. Definição das variáveis

Para a determinação dos fatores, selecionaram-se 15 variáveis para cada microrregião, representando diferentes dimensões da agropecuária, com o objetivo de verificar as intensidades da exploração da terra, da ocupação da pecuária, da tecnologia mecânica e do uso de tecnologias bioquímica, elétrica e hídrica.

As variáveis foram trabalhadas com valores relativos no contexto global de cada microrregião, permitindo proceder à melhor análise comparativa entre elas e expressando com maior propriedade a sua contribuição relativa.

Praticamente todas as variáveis são razões em que o denominador é a área aproveitável dos estabelecimentos, a qual compreende o somatório das áreas com lavouras (permanentes e temporárias), pastagens (naturais e plantadas) e matas (naturais e plantadas), incluindo as áreas produtivas não-utilizadas e em descanso, conforme HOFFMANN (1992).

A seguir, é apresentada a lista das 15 variáveis para cada microrregião localizada no núcleo do Cerrado. Deve-se salientar que algumas das variáveis são indicadores da modernização da agricultura, uma vez que existe íntima associação entre a modernização agrícola e a degradação ambiental em seu conjunto de variáveis. A primeira com reflexos sobre a produtividade agrícola e a segunda sobre o meio ambiente, mas ambas refletem a intensidade da exploração da terra. No presente estudo, ainda foram definidas outras variáveis mais representativas do uso intensivo da terra, a exemplo da pecuária, e do uso intensivo de tecnologias mecânica, bioquímica, elétrica e hídrica, uma vez que o foco da degradação analisada concentra-se nos danos causados pela pressão da agropecuária.

- X1 = área total utilizada com culturas permanentes em relação à área aproveitável (AA) dos estabelecimentos;
- X2 = área total utilizada com culturas temporárias/AA dos estabelecimentos;
- X3 = área total utilizada com pastagens naturais/AA dos estabelecimentos;
- X4 = área total utilizada com pastagens plantadas/AA dos estabelecimentos;
- X5 = efetivo bovino em relação à área com pastagens naturais e plantadas dos estabelecimentos;
- X6 = n.º de tratores/AA dos estabelecimentos;
- X7 = n.º de arados de tração animal/AA dos estabelecimentos;
- X8 = n.º de arados de tração mecânica/AA dos estabelecimentos;
- X9 = n.º de máquinas para plantio/AA dos estabelecimentos;
- X10 = n.º de máquinas para colheita/AA dos estabelecimentos;
- X11 = valor de despesas com adubos e corretivos/AA dos estabelecimentos;
- X12 = valor de despesas com agrotóxicos/AA dos estabelecimentos;
- X13 = valor de despesas com combustíveis e lubrificantes/AA

dos estabelecimentos;

- X14 = valor de despesas com energia elétrica consumida/AA dos estabelecimentos;
- X15 = área irrigada/AA dos estabelecimentos.

Observa-se que é possível reunir as variáveis em diferentes dimensões. Representativas da dimensão exploração da terra, as variáveis X_1 , X_2 , X_3 e X_4 buscam medir a intensidade da exploração ou uso da terra. São consideradas as culturas (temporárias e permanentes) e as pastagens (naturais e plantadas) por área aproveitável, indicativas da intensidade do uso do solo dedicado à atividade agrícola.

Na dimensão ocupação da pecuária, encontra-se a variável X_5 , que visa medir a intensidade de bovinos em áreas de pastagens naturais e plantadas dos estabelecimentos.

A dimensão tecnologia mecânica é representada pelas variáveis X_6 (número de tratores/AA), X_7 (número de arados de tração animal/AA), X_8 (número de arados de tração mecânica/AA), X_9 (número de máquinas para plantio/AA), X_{10} (número de máquinas para colheita/AA) e X_{13} (valor de despesas com combustíveis e lubrificantes/AA). Essas variáveis buscam caracterizar a intensidade dessa tecnologia utilizada na agropecuária.

No que tange à dimensão intensidade de uso de tecnologias bioquímica, elétrica e hídrica são consideradas as variáveis X_{11} (valor de despesas com adubos e corretivos/AA), X_{12} (valor de despesas com agrotóxicos/AA), X_{14} (valor de despesas com energia elétrica consumida/AA) e X_{15} (área irrigada/AA). A opção em adotar os gastos explica, com mais propriedade, quanto se está gastando e usando efetivamente dessas tecnologias. Quanto maior o gasto subtende-se que maior é o nível de atividade.

3. Resultados e discussão

3.1. Fatores de intensidade da exploração agropecuária

A Análise Fatorial foi conduzida de modo a agregar as observações feitas para os 15 indicadores, com vistas a identificar o potencial de degradação vinculado à expansão da agropecuária nas 73 microrregiões.

Um dos procedimentos para verificar se os dados suportam uma Análise Fatorial foi a análise da matriz de correlações entre as variáveis, com o teste estatístico de esfericidade de Bartlett. Esse teste permite examinar a probabilidade estatística da existência de correlações significativas entre pelo menos algumas variáveis. No caso, o valor que se obteve (1453.198) mostrou-se significativo a 1%. Significa dizer que ocorreu a rejeição da hipótese nula de que a matriz de correlação é uma matriz identidade, ou seja, de que as variáveis não são correlacionadas.

Outro procedimento foi o índice de Kaiser-Meyer-Olkin, como medida de adequabilidade, que compara as correlações simples e as correlações parciais, assumindo valores entre 0 e 1. Segundo SOUZA e LIMA (2003), conforme classificação de Hair *et al.* (1995), valores superiores a 0,5 indicam adequação da amostra. Neste estudo, o resultado foi de 0,788, bem acima do valor crítico e adequado ao emprego da análise fatorial.

Pelo método de componentes principais foram extraídos três fatores com raízes características (λ) maiores que 1 (Tabela 1), considerando-se a sua contribuição para a explicação da variância em aproximadamente 53, 15 e 12%, respectivamente, de modo que eles, em conjunto, explicam 80% da variância total, o que é um percentual bastante significativo.

Tabela 1 – Fatores extraídos pelo método de componentes principais

| Fator | Raiz característica λ_i | Solução | |
|-------|---------------------------------|-------------|-------------|
| | | Inicial (%) | Rotação (%) |
| 1 | 7,905 | 52,699 | 38,582 |
| 2 | 2,226 | 14,842 | 22,256 |
| 3 | 1,814 | 12,095 | 18,798 |
| Total | | 79,636 | 79,636 |

Fonte: Dados da pesquisa.

Os fatores foram submetidos a uma rotação ortogonal pelo método Varimax, com vistas a se obter melhor interpretação deles sem, contudo, modificar a sua contribuição conjunta para a variância total. Após a

rotação, a contribuição dos fatores F1, F2 e F3 para a explicação da variância total dos indicadores foi de aproximadamente 39, 22 e 19%, respectivamente. Em conjunto, continuam explicar cerca de 80% da variância total (Tabela 1).

Os indicadores que mais se associam com os fatores apresentam cargas fatoriais com valor superior a 0,600, ou seja, as cargas fatoriais mais elevadas são indicativas de maiores coeficientes de correlação entre cada fator e cada um dos 15 indicadores de degradação (Tabela 2).

A comunalidade representa a proporção da variância captada pelos três fatores para cada indicador, ou seja, o poder de explicação dos fatores em relação a cada variável. Em termos práticos, apontam as variáveis mais representativas e que concebem significativamente a idéia original das dimensões uso intensivo da terra, e do uso intensivo de tecnologias mecânica, bioquímica, elétrica e hídrica (Tabela 2). Assim, 96,3% da variância das variáveis X11 e X13; 93,1% de X6; e, 92,1% de X8 foram as mais bem explicadas pelos três fatores. Ainda, das 15 variáveis, nove (60%) tiveram sua variabilidade explicada entre 74,4% a 96,3% pelos três fatores.

Na Tabela 2 é mostrado que o fator F1 encontra-se positiva e fortemente correlacionado com os indicadores de exploração da terra com culturas temporárias (X_2); de uso de força mecânica por área explorada (X6, X8, X9, X10 e X13); e de uso de tecnologia bioquímica (X11 e X12), por área aproveitável. Esse fator contribui para explicar cerca de 39% da variação comum.

Verifica-se que o fator F1 mantém estrito relacionamento com as variáveis que captam a exploração de culturas temporárias e o uso de tecnologias mecânica e bioquímica. Resume, dessa forma, o predomínio de estabelecimentos movidos por uma crescente utilização de culturas temporárias e de tecnologia, com a elevação do uso de insumos mecânicos e bioquímicos. Isso posto, esse fator será denominado nível de intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica.

Tabela 2 – Cargas fatoriais, comunalidades e variância explicada na análise fatorial dos 15 indicadores de degradação ambiental dos estados com micror-regiões localizadas no Cerrado – 1995-1996

| Variável | Carga fatorial | | | Comunalidade |
|--|----------------|---------|---------|--------------|
| | F1 | F2 | F3 | |
| X1 – culturas permanentes/AA | 0,388 | 0,527 | - 0,282 | 0,509 |
| X2 – culturas temporárias/AA | 0,914 | - 0,028 | 0,129 | 0,853 |
| X3 – pastagens naturais/AA | -0,075 | 0,358 | - 0,741 | 0,683 |
| X4 – pastagens plantadas/AA | 0,077 | 0,101 | 0,871 | 0,775 |
| X5 – efetivo bovinos/past.nat. e plantadas | 0,146 | 0,368 | 0,834 | 0,852 |
| X6 – n.º tratores/AA | 0,672 | 0,578 | 0,382 | 0,931 |
| X7 – n.º de arados de tração animal/AA | - 0,104 | 0,816 | 0,045 | 0,678 |
| X8 – n.º de arados de tração mecânica/AA | 0,648 | 0,550 | 0,446 | 0,921 |
| X9 – n.º máquinas de plantio/AA | 0,625 | 0,447 | 0,392 | 0,744 |
| X10 – n.º máquinas de colheita/AA | 0,856 | 0,335 | 0,111 | 0,857 |
| X11 – despesas adubos e corretivos/AA | 0,969 | 0,155 | - 0,006 | 0,963 |
| X12 – despesas com agrotóxicos/AA | 0,918 | 0,066 | - 0,043 | 0,850 |
| X13 – despesas combust. e lubrificantes/AA | 0,850 | 0,343 | 0,353 | 0,963 |
| X14 – desp. energia elétrica /AA | 0,326 | 0,820 | 0,278 | 0,855 |
| X15 – área irrigada/AA | 0,391 | 0,596 | - 0,063 | 0,512 |
| % da variância explicada | 38,582 | 22,256 | 18,798 | |

Fonte: Resultados da pesquisa.

O fator F2, por sua vez, relaciona-se mais estreitamente com o uso de tecnologia de base animal (X7) e o uso de tecnologia elétrica (X14), por área aproveitável. De forma moderada, relaciona-se também com a tecnologia hídrica (X15), exploração da terra com culturas permanentes (X1) e aparecem novamente o número de tratores (X6) e o número de arados de tração mecânica (X8). As variâncias dessas duas últimas variáveis são captadas de forma significativa pelos três fatores extraídos. Não obstante o interesse inicial de concentrar-se em cargas fatoriais acima de 0,600, esses indicadores apresentam maior associação com o fator F2, mas com baixa expressividade.

O fator F2 reflete outras dimensões diferenciadas, como o uso de

tecnologias animal, elétrica, hídrica e de intensividade de culturas permanentes, todas com forte associação com a agricultura. Ao captar diferentes aspectos da agricultura, o F2 será denominado outras dimensões da agricultura.

Observou-se que o fator F3 incorpora fortemente os indicadores de exploração de pastagens (X3 e X4) por área aproveitável e efetivo bovino em relação à área com pastagens naturais e plantadas (X5). A associação negativa com as pastagens naturais (X4) denota a predominância de bovinocultura em pastagens plantadas, ou seja, quando aumentam a área de pastagens plantadas e o efetivo bovino, há uma queda na área de pastagens naturais, o que vem reforçar a interpretação de F3 como indicador de intensidade da pecuária. Assim, ao captar fortemente a ocupação das terras com pastagens e gado, o fator F3 será denominado intensidade de exploração pecuária.

A exploração da agropecuária nas 73 MRH, de forma inadequada às condições edafoclimáticas, gera impactos adversos no meio ambiente, com sérios riscos comprometedores à produção e à produtividade futuras. Nesse sentido, os fatores F1, F2 e F3, vinculados a outras características da agropecuária, fornecerão subsídios para inferir sobre a degradação ambiental no Cerrado, em face dos efeitos da exploração agropecuária.

Levando-se em consideração que a degradação está intimamente associada à intensidade de exploração agropecuária, as variáveis utilizadas neste estudo foram criteriosamente selecionadas, referindo-se a indicadores de intensidade de exploração agropecuária. Nesse sentido, maior intensidade de exploração agropecuária será interpretada como maior potencial de degradação.

Os valores dos escores (F1, F2, F3 e IGD) apresentados na Tabela 1A são utilizados para detalhar e detectar os vários níveis de degradação nas 73 microrregiões, com base na intensidade de exploração agropecuária no núcleo do Cerrado. São incluídos os escores originais e padronizados de F1, F2, F3 e dos IGDs padronizados e na base 100.

O escore fatorial utilizado (F*) na análise foi calculado, conforme a equação (4), e varia em uma escala de 0 a 1, sendo 0 o menor escore e 1, o maior.

As Tabelas 3 e 2A indicam os escores do fator F1, representativos do nível de intensidade de exploração agrícola do solo e do uso das tecnologias mecânica e bioquímica.

Em média, os escores de F1 (Tabela 3) apresentam maior resultado para Mato Grosso, com estabelecimentos que praticam intensivamente a exploração do solo com culturas temporárias. Esse resultado pode ser justificado por ser o estado que mais se destaca na plantação de grãos (soja, milho e arroz) com ampla utilização de insumos modernos. Apresenta também maior concentração fundiária no cultivo da soja e em áreas acima de 500 hectares. Primavera do Leste, por exemplo, é líder no plantio de soja e a que apresenta o maior escore, significando que praticamente toda a área está ocupada com culturas temporárias (Tabela 1A). Um aspecto que também deve ser considerado é que a cultura da soja demanda alta tecnologia, que inclui desde o uso de máquinas e implementos agrícolas no preparo do solo, passando pelo uso de sementes de qualidade até o controle de pragas e ervas daninhas, com fortes riscos de degradação ambiental. Coube também a esse estado, o segundo maior coeficiente de variação, indicando que existem grandes heterogeneidades microrregionais em relação a F1, com escores variando de 0,081 a 1,000.

Tabela 3 – Estatística descritiva do escore fatorial (F1)* das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996

| Estados | Média | Coeficiente de variação | Máximo | Mínimo |
|--------------------|-------|-------------------------|--------|--------|
| Tocantins | 0.104 | 0.264 | 0.153 | 0.080 |
| Piauí | 0.148 | 0.396 | 0.215 | 0.109 |
| Mato Grosso do Sul | 0.205 | 0.769 | 0.469 | 0.076 |
| Minas Gerais | 0.321 | 0.608 | 0.754 | 0.054 |
| Bahia | 0.225 | 1.192 | 0.606 | 0.000 |
| Goiás | 0.227 | 0.755 | 0.595 | 0.068 |
| Maranhão | 0.161 | 0.381 | 0.254 | 0.097 |
| Mato Grosso | 0.336 | 0.926 | 1.000 | 0.081 |

Fonte: Dados da pesquisa.

* F1 é o fator que expressa a intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica.

Minas Gerais é outro estado que, em média, apresenta valores maiores de F1 com o coeficiente de variação um pouco menor que o de Mato Grosso, significando a existência de menor heterogeneidade entre suas microrregiões. Em termos microrregionais, Patrocínio, Uberaba, Araxá, Uberlândia e Patos de Minas vêm liderando o *ranking* de escores acima de 0,50. Nota-se que são microrregiões com destaque em lavouras temporárias. Patrocínio, por exemplo, concentra a produção em milho, algodão, soja e tomate, mas apresenta também forte produção de café. Uberaba detém o primeiro lugar no cultivo de soja e as primeiras posições no *ranking* estadual na produção de arroz, cana-de-açúcar, laranja e milho. Araxá, por sua vez, ocupa a primeira posição, com a cultura do milho. Já Uberlândia no cultivo de abacaxi, e detém a segunda colocação na produção de tomate, laranja, algodão e soja, e a terceira na de cana-de-açúcar. Patos de Minas posiciona-se no terceiro lugar na produção de tomate e quinto na de batata-inglesa.

A forte pressão agrícola está certamente ligada ao relevo plano ou levemente ondulado, o que permite a intensiva mecanização agrícola, sujeito, todavia, à erosão e a perda de matéria orgânica. O uso de tecnologia bioquímica é explicado pela necessidade de correção do solo, associado, por sua vez a plantio de culturas temporárias, em geral anuais, a exigirem cuidadoso trato, em especial o tomate, por serem bastante sensíveis a pragas. A associação desses dois componentes (cultura temporária + tecnologias bioquímicas e mecânica) explica a maior pressão do uso do solo.

Em outro extremo aparecem os estados com menor nível de intensidade de F1, a começar por Tocantins com a menor média de escore (0,104), seguido de Piauí (0,189) e de Maranhão (0,214). É oportuno observar que todos apresentam homogeneidade microrregional. Acrescente-se ainda que os cerrados de Tocantins, Piauí e Maranhão são considerados como novas fronteiras agrícolas, o que pode também justificar a reduzida pressão agrícola do solo e de uso de tecnologias mecânicas e bioquímicas.

O mapa resultante (Figura 1) permite melhor visualização das microrregiões, segundo o nível de degradação (F1), em função de seus empreendimentos agrícolas, refletindo a intensidade de culturas

exploradas e as tecnologias mecânica e bioquímica utilizadas. As 10 microrregiões que apresentaram os maiores escores foram Primavera do Leste (MT), Patrocínio e Uberaba (MG), Barreiras (BA), Meia Ponte (GO), Araxá (MG), Sudoeste de Goiás (GO), Uberlândia e Patos de Minas (MG) e Rondonópolis (MT). Das 10 microrregiões, 50% encontravam-se em Minas Gerais, 20% em Mato Grosso, 20% em Goiás e 10% na Bahia (Tabela 1A), correspondendo à intensidade das atividades econômicas desenvolvidas, significativas em produção agrícola.

As Tabelas 4, 1A e Figura 2 apresentam as estatísticas descritivas e a distribuição espacial do escore fatorial do Fator 2, refletindo diferentes aspectos da agricultura (Tabela 2). Relaciona-se mais intensamente com as variáveis que expressam as tecnologias elétrica, de base animal e, moderadamente, com a hídrica; ainda, a exploração da terra com culturas permanentes. Os resultados evidenciam que as microrregiões de Minas Gerais apresentaram maior média em relação às demais, significando que para cada hectare de área aproveitável, em média, 0,544 estão ocupadas com culturas permanentes e uso intensivo de outras tecnologias, em especial, a elétrica ou de base animal. Esse resultado é coerente e se justifica quando se considera que as culturas permanentes não demandam tanta tecnologia mecânica e bioquímica, comparativamente às lavouras temporárias.

O estado de Goiás também apresentou escore médio significativo e, pelo fato de exibir elevado coeficiente de variação, pode-se inferir que existem assimetrias entre suas microrregiões. Essa situação pode ser verificada ao se compararem os valores máximo (1,00) e mínimo (0,16).

A menor média do escore fatorial de F2 aconteceu em Mato Grosso. Pela análise do coeficiente de variação, verifica-se que este estado também apresentou muita heterogeneidade microrregional. Já no caso de Maranhão, além de ter exibido valores médios relativamente pequenos do escore fatorial, revelou simetria na distribuição de seus escores entre as microrregiões.

Figura 1 – Escore fatorial de F1 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT, 1995-1996.

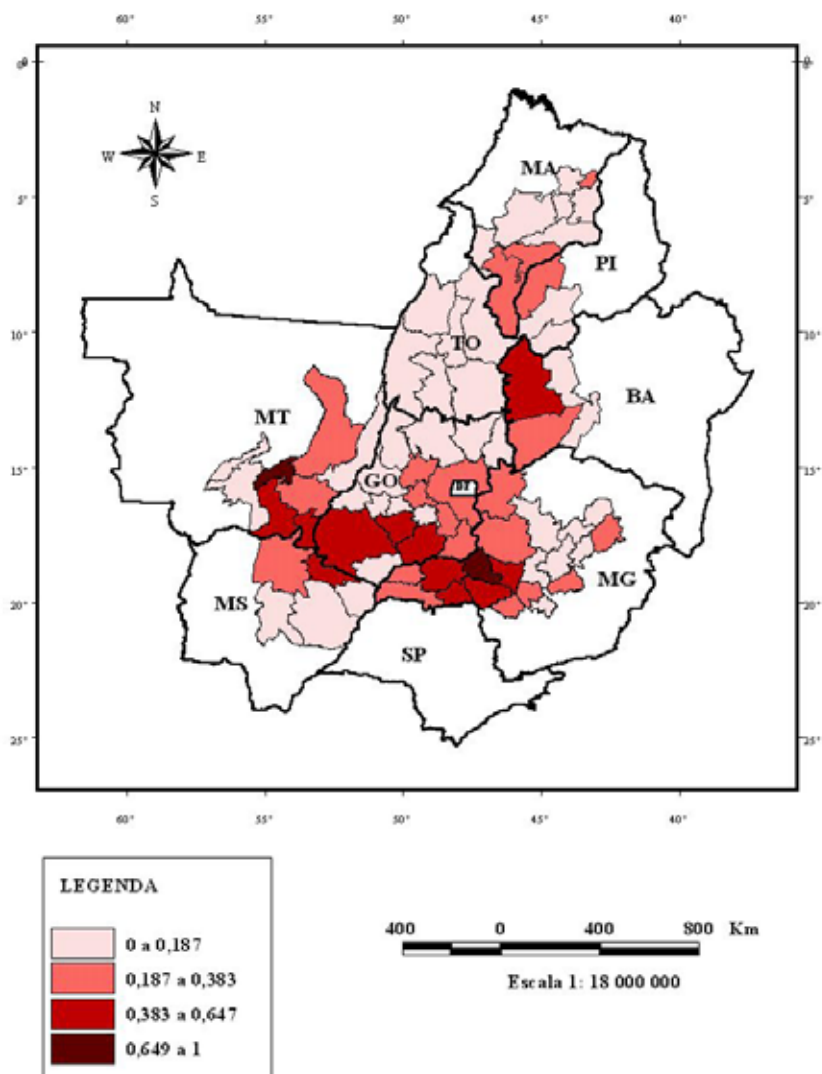


Tabela 4 – Estatística descritiva do escore fatorial (F2)* das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT – 1995-1996

| Estados | Média | Coefficiente de variação | Máximo | Mínimo |
|--------------------|-------|--------------------------|--------|--------|
| Tocantins | 0.348 | 0.158 | 0.448 | 0.294 |
| Piauí | 0.244 | 0.201 | 0.295 | 0.197 |
| Mato Grosso do Sul | 0.253 | 0.279 | 0.304 | 0.130 |
| Minas Gerais | 0.544 | 0.300 | 0.895 | 0.389 |
| Bahia | 0.379 | 0.365 | 0.572 | 0.259 |
| Goiás | 0.407 | 0.439 | 1.000 | 0.164 |
| Maranhão | 0.262 | 0.125 | 0.327 | 0.202 |
| Mato Grosso | 0.221 | 0.490 | 0.333 | 0.000 |

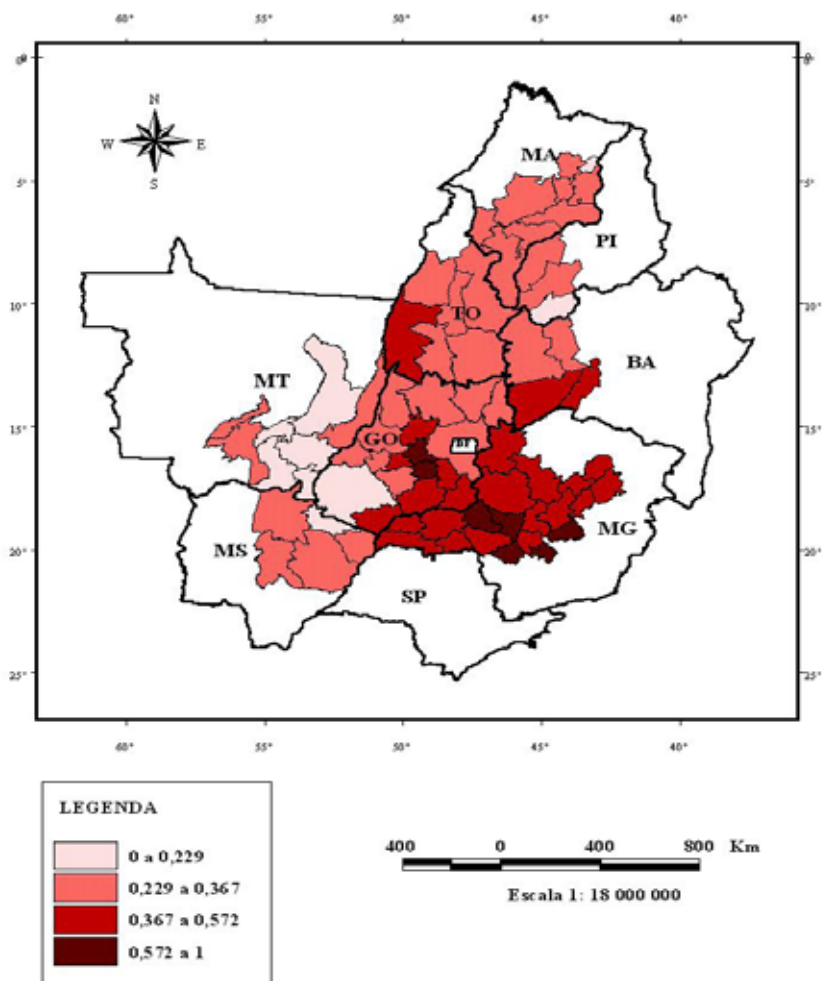
Fonte: Dados da pesquisa.

* F2 é o fator que expressa outras dimensões da agricultura.

Das 10 microrregiões com escores mais elevados de F2, 70% estão em Minas Gerais (Sete Lagoas, Divinópolis, Patos de Minas, Patrocínio, Piauí, Uberlândia e Curvelo), 20% em Goiás (Goiânia e Anápolis), e 10% na Bahia (Bom Jesus da Lapa). O mapa (Figura 2) mostra a distribuição espacial de todas as microrregiões, segundo F2.

As estatísticas descritivas do escore do Fator 3 encontram-se nas Tabelas 5 e 1A. Considerando que o F3 está associado à intensidade da exploração pecuária, verifica-se que o estado de Mato Grosso do Sul apresentou maiores valores médios da intensidade de pecuária. Pelo fato de ter baixo coeficiente de variação, pode-se considerar que suas microrregiões possuam homogeneidade quanto à intensidade de pecuária. O estado de Goiás também se destacou como um dos que detêm maior intensidade de pecuária, porém com maior assimetria microrregional em comparação a Mato Grosso do Sul. Essa situação pode ser verificada pela grande magnitude, entre o valor máximo e o mínimo do escore das microrregiões desse estado (0,183 a 1,000).

Figura 2 – Escore fatorial de F2 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT, 1995-1996.



É interessante observar que, muito embora, esses estados tenham também apresentado relativo comprometimento do solo com outras culturas, são eles que ocuparam a terra de maneira mais intensiva com pastagens e gado. Goiás, por exemplo, apresentou diversidade de incidência tanto do Fator 3, como do 2 e 1. Mato Grosso ainda tem escore maior em F3, embora concentre maior intensidade de exploração agrícola e de uso de tecnologias mecânica e bioquímica (Fator 1), em parte justificada pela assimetria de distribuição microrregional, especialmente em Primavera do Leste.

O destaque coube a Tocantins com a menor média do escore fatorial, mas também com maior heterogeneidade microrregional. Além de ser menos intensivo em pecuária (F3), o é também em F1, se comparado aos demais estados.

Observando-se a Figura 3 e com base na Tabela 1A, pode-se acrescentar à análise o fato de que as 10 microrregiões com maior escore fatorial (F3) pertenciam aos estados de Goiás (50%), Mato Grosso do Sul (30%) e Minas Gerais (20%). As 10 microrregiões líderes na exploração intensiva da pecuária, em ordem decrescente, eram Quirinópolis e Meia Ponte (GO), Ituiutaba (MG), Paranaíba e Campo Grande (MS), Anicuns (GO), Três Lagoas (MS), Vale do Rio dos Bois e Iporá (GO) e Frutal (MG).

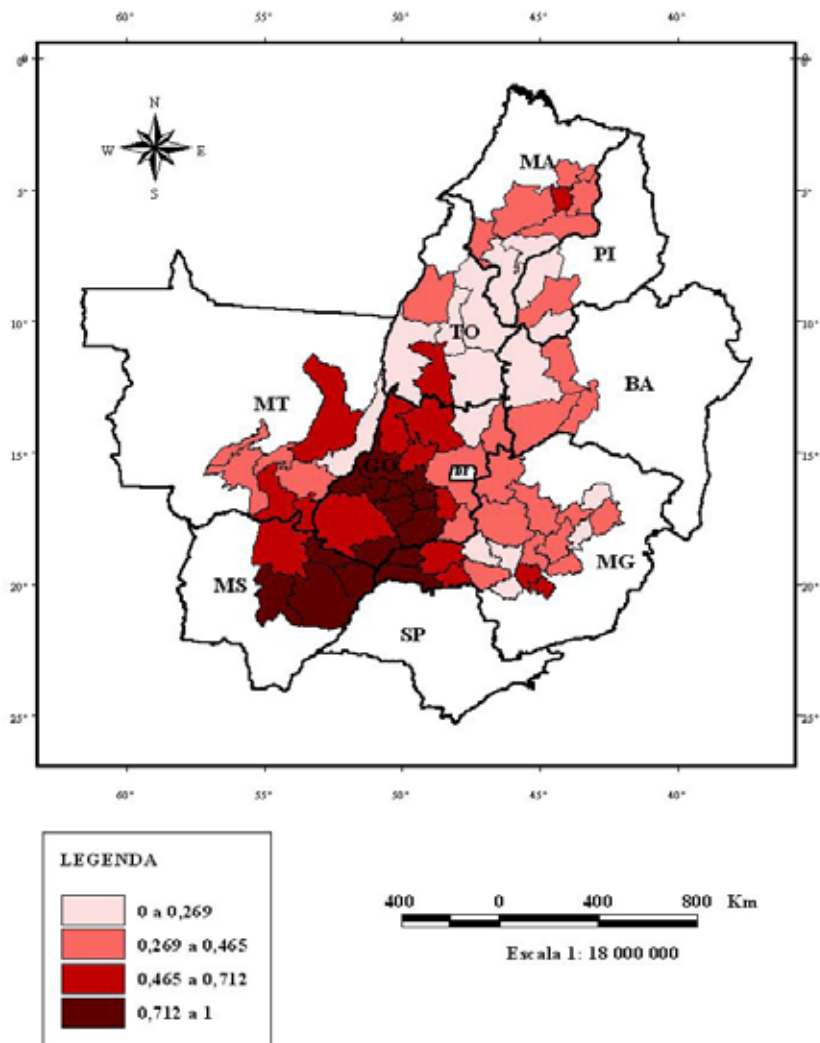
Tabela 5 – Estatística descritiva do escore fatorial (F3)* das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT – 1995-1996

| Estados | Média | Coeficiente de variação | Máximo | Mínimo |
|--------------------|-------|-------------------------|--------|--------|
| Tocantins | 0.230 | 0.834 | 0.511 | 0.000 |
| Piauí | 0.299 | 0.297 | 0.398 | 0.228 |
| Mato Grosso do Sul | 0.834 | 0.152 | 0.969 | 0.666 |
| Minas Gerais | 0.411 | 0.594 | 0.971 | 0.009 |
| Bahia | 0.299 | 0.370 | 0.396 | 0.144 |
| Goiás | 0.676 | 0.329 | 1.000 | 0.183 |
| Maranhão | 0.383 | 0.326 | 0.595 | 0.160 |
| Mato Grosso | 0.437 | 0.325 | 0.669 | 0.241 |

Fonte: Dados da pesquisa.

* F3 é o fator que exprime intensidade de exploração pecuária.

Figura 3 – Escore fatorial de F3 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT, 1995-1996.



A ocupação das terras com pecuária tem sido feita, historicamente, por meio da expansão de fronteira agrícola e uso de pastagens naturais. Todavia, as pastagens cultivadas têm ocorrido mais acentuadamente, concorrendo com áreas em que a agricultura é mais desenvolvida, visando aumentar a produtividade da pecuária, conforme se pode inferir com os resultados de F1, F2 e F3. Em geral, são os mesmos estados que se destacaram em relação a esses fatores, alternando apenas os escores, ora para menos, ora para mais. Mato Grosso do Sul é um caso a ser melhor estudado, uma vez que, embora não tenha se posicionado significativamente em F1 e F2, exibiu maior escore com F3. Para cada hectare de área aproveitável, em média, 0,834 estavam ocupadas com gado e pastagens, provavelmente naturais, em decorrência da expansão de fronteira agrícola, e cultivadas.

3.2. Índice Geral de Degradação

Pelas dificuldades de ranquear os estados e as Microrregiões em termos do potencial de degradação usando apenas os valores dos escores fatoriais (F1, F2 e F3), optou-se por utilizar o Índice Geral de Degradação (IGD). Ao agregar os três fatores, o IGD permitiu classificar com maior propriedade as microrregiões. Assim é que Primavera do Leste (MT) considerada a menos degradada, em termos de F2, passou a ser a mais degradada, segundo o IGD (0,705), ao se levar em conta F1 e F3. O mesmo aconteceu com as demais microrregiões. O IGD pode facilitar a identificação das microrregiões com maior intensidade de agropecuária, ou seja, o potencial de degradação.

Para determinar o *ranking* das microrregiões, quanto ao nível de degradação global no Cerrado, agregaram-se os fatores F1, F2 e F3, utilizando a expressão (3). Esse índice permitiu classificar as 73 microrregiões do núcleo do Cerrado, em termos do grau de degradação.

Nota-se nas Tabelas 6 e 2A, em que se encontram as estatísticas descritivas do Índice Geral de Degradação (IGD), que o estado de Minas Gerais foi o que apresentou maior média do índice (0,376), seguido de Mato Grosso (0,330). Em Mato Grosso, as microrregiões são bastante heterogêneas em relação às de Minas Gerais, conforme se depreende da

análise do coeficiente de variação. A heterogeneidade foi verificada pela grande diferença entre os valores máximo (0,705) e mínimo (0,152).

Os menores valores médios dos índices foram em Tocantins (0,168), Piauí (0,189) e Maranhão (0,214). Os coeficientes de variação apontaram que nesses estados as microrregiões apresentaram padrão semelhante de intensidade de exploração agropecuária, mas foi no Maranhão que as microrregiões exibiram maior homogeneidade.

Tabela 6– Estatística descritiva do Índice Geral de Degradação (IGD) das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT, 1995-1996

| Estados | Média | Coeficiente de variação | Máximo | Mínimo |
|--------------------|-------|-------------------------|--------|--------|
| Tocantins | 0.168 | 0.203 | 0.206 | 0.117 |
| Piauí | 0.189 | 0.207 | 0.228 | 0.150 |
| Mato Grosso do Sul | 0.309 | 0.267 | 0.449 | 0.243 |
| Minas Gerais | 0.376 | 0.379 | 0.639 | 0.136 |
| Bahia | 0.265 | 0.544 | 0.471 | 0.164 |
| Goiás | 0.328 | 0.380 | 0.627 | 0.174 |
| Maranhão | 0.214 | 0.124 | 0.251 | 0.182 |
| Mato Grosso | 0.330 | 0.568 | 0.705 | 0.152 |

Fonte: Dados da pesquisa.

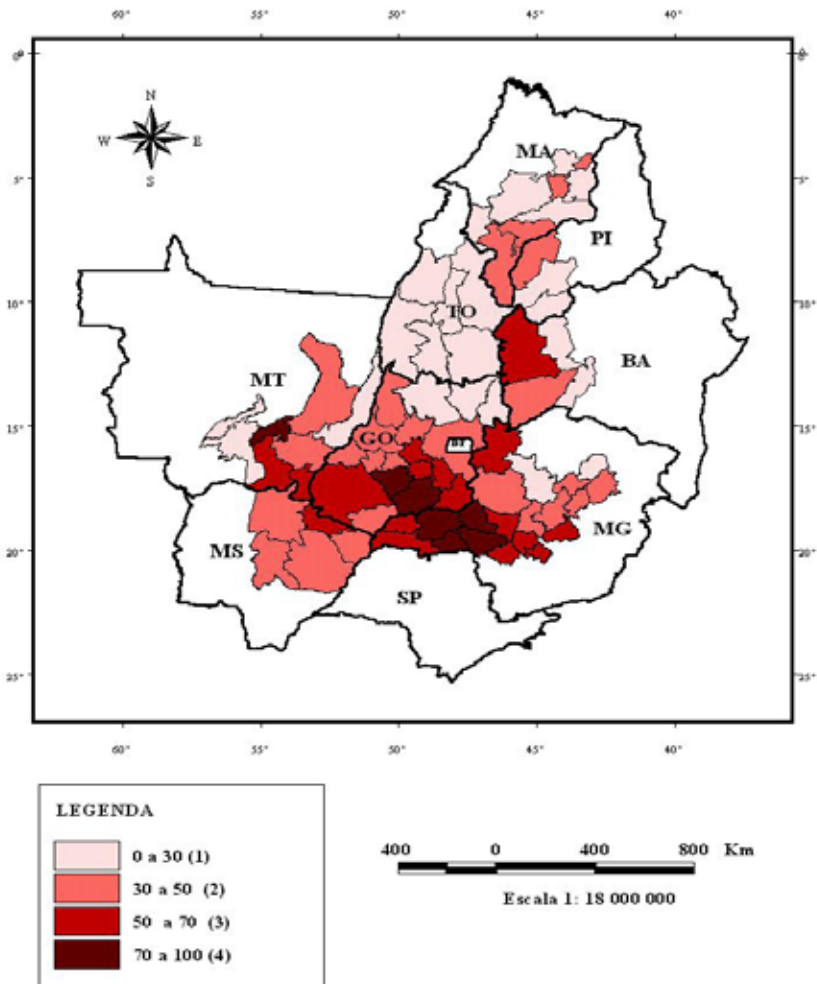
O mapa resultante (Figura 4) ilustra a distribuição das microrregiões em estratos, segundo o nível de degradação.

É no estrato 4 que se encontraram as microrregiões com maior nível de degradação. Das seis microrregiões que foram classificadas nesse estrato (70 a 100), 57% eram de Minas Gerais, 29% de Goiás e 14% de Mato Grosso, indicando que essas microrregiões se encontravam altamente comprometidas com a exploração agropecuária e apresentavam elevada degradação.

No estrato 3, significativo de degradação médio-alta, são agregadas 17 microrregiões. Novamente surgiu Minas Gerais com 47% de suas microrregiões inseridas nesse estrato, seguido de Goiás com 29%, Mato

Grosso com 12% e Bahia e Mato Grosso do Sul com 6% cada, o que significa degradação ambiental menos intensa em relação ao estrato 4.

Figura 4 – Mapa do Índice Geral de Degradação (IGD) das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA, MT, 1995-1996.



Analisando em conjunto os estratos 3 e 4, com um total de 24 microrregiões, Minas Gerais foi o estado que concentrou maior proporção de microrregiões (50%), ou seja, metade delas com elevada intensidade de exploração agropecuária e, portanto, maior degradação no núcleo do Cerrado. Goiás apareceu com 25%, Mato Grosso com 12,5% e os demais com o restante.

As demais microrregiões posicionaram-se em escala inferior, nos estratos 1 e 2, mas todas apresentando, de certa forma, algum tipo de degradação.

O estrato 1, indicando menor degradação, compreendeu 23 microrregiões nele posicionadas, 26% delas pertencentes a Tocantins, 22% a Maranhão, 13% a Goiás, 13% a Mato Grosso e 26% a Minas Gerais, Piauí e Bahia.

É interessante ressaltar que Minas Gerais, considerado com maior média de IGD, apresentou apenas duas de suas microrregiões no estrato 1, Pirapora com índice 0,200 e Grão Mogol com 0,136. Esta última classificou-se com o menor índice, depois de Jalapão (TO) que obteve o valor de 0,117.

Do exposto, pode-se inferir que a desigualdade na intensidade de exploração refletiu a presença de unidades microeconômicas com graus de degradação também diferentes, que podem estar sendo pressionadas por atividades econômicas específicas, como a cultura de grãos em escala industrial, pecuária intensiva e culturas temporárias, dentre outras.

4. Conclusões

Níveis de degradação, associados à intensidade de exploração, apresentaram desigualdades microrregionais. A concentração do maior nível de degradação foi verificada, em particular, nas regiões de cerrado de Minas Gerais, destacando-se as microrregiões de Patrocínio, Uberaba, Uberlândia e Araxá. Em parte do sul de Goiás encontraram-se Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois e, em parte do sudeste de Mato Grosso, uma única microrregião, mas líder em degradação, que é Primavera do Leste. São microrregiões caracterizadas por uma agropecuária intensiva e moderna, com destino aos mercados externos.

Com nível de degradação também elevado, mas em menor grau em relação ao descrito anteriormente, destacaram-se as microrregiões de Patos de Minas, Ituiutaba, Frutal, Bom Despacho, Divinópolis, Unaí,

Piuiú e Sete Lagoas, concentradas também no noroeste de Minas Gerais; em Goiás, foram Sudoeste de Goiás, Anápolis, Pires do Rio, Goiânia e Catalão. Em parte do sudeste de Mato Grosso apareceram Rondonópolis e Alto Araguaia; no oeste da Bahia surgiu Barreiras, e no norte de Mato Grosso do Sul, a microrregião de Cassilândia.

As microrregiões de Tocantins lideraram o *ranking* das menos degradadas, expressaram os menores níveis de degradação e todas posicionadas no último estrato (1), sendo, portanto, menos críticas à questão ambiental. Piauí e Maranhão também se posicionaram em patamares inferiores de degradação, com microrregiões nos estratos 1 e 2. Os resultados podem ser justificados pelo fato de que esses estados representam a mais nova fronteira agrícola de ocupação; portanto, ainda com pouca intensidade de exploração agropecuária, e, conseqüentemente menor degradação.

Em relação aos demais estados, todas as suas microrregiões apresentaram degradações, mas se posicionaram em níveis inferiores de intensidade de exploração/degradação ambiental.

Em termos microrregionais, foi permitido detectar o índice máximo de degradação ambiental (0,705), que coube à Primavera do Leste (MT); e o mínimo (0,117), a Jalapão (TO).

Naturalmente, este estudo não esgotou a questão. Alguns fatores não puderam ser sistematicamente avaliados, como os impactos das políticas, as diversas práticas de manejo e o nível de consciência ambiental dos tomadores de decisão. Todavia, forneceu subsídios, evidenciando fortes conexões entre intensidade da exploração agropecuária e degradação ambiental e seus principais determinantes.

Acredita-se que os resultados atingidos permitiram reforçar a importância do setor agrícola na prevenção e na solução de sérios problemas de degradação ambiental, que já começaram a se instalar no Cerrado. De modo geral, a responsabilidade de assegurar uma agricultura sustentável, recaí em grande parte sobre as empresas agrícolas, em especial, os empresários, partícipes diretos do desenvolvimento da agropecuária. Significa dizer maior consciência das funções econômicas do meio ambiente e a sua conservação, objetivando a manutenção do potencial produtivo do setor primário. Políticas públicas também são fundamentais para minimizar e interromper a evolução desse processo de degradação.

Não obstante, percebeu-se que o desenvolvimento econômico

vigente apontou para incompatibilidade entre o crescimento econômico e a preservação dos recursos naturais, em especial no Cerrado. A questão toma conotação preocupante, considerando-se que o modelo de ocupação de espaço e de produção adotado no Cerrado, para atender às exigências do mercado internacional e à busca de divisas, impõe limites ao próprio crescimento econômico, com sérias restrições à economia e à cadeia alimentar. A ruptura da sustentabilidade da interação entre economia e recursos naturais reduz o poder de trabalho do homem e da energia do meio ambiente, afetando as funções ambientais, em especial a de fornecedora de recursos naturais para o funcionamento do sistema econômico. Há de se falar não apenas da sustentabilidade ambiental, mas também da econômica e da social.

5. Referências bibliográficas

BEULTER, A.N., CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. Pesquisa Agropecuária Pecuária, Brasília, DF, v. 39, n. 6, p. 581-588, 2004.

COSTA, R.B. (org.). Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste. Campo Grande, MS: UCDB, 2003. 246 p.

COUTINHO, L.M. Aspectos do cerrado: domínio e bioma. Disponível em: < <http://eco.ib.usp.br/cerrado/aspectos-bioma.htm> > . Acesso em: 27 abr. 2004.

CUNHA, N.R.S., LIMA, J. E., MOURA, L. R. C. Degradação ambiental nos Estados de Goiás e Tocantins. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto, SP. Anais...Ribeirão Preto, SP: SOBER, 2005.(CD-ROM).

CUNHA, A.S., MUELLER, C.C., ALVES, E.R.A., SILVA, J.E. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. Brasília: IPEA, 1994. 256 p.

DUARTE, L.M.G., THEODORO, S.H. (org.). Dilemas do cerrado: entre o ecologicamente (in)correto e o socialmente (in)justo. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 239 p.

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

HOFFMANN, R. A dinâmica da modernização da agricultura em 157 microrregiões homogêneas do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, Brasília, DF, v. 30, n. 4, p. 271-290, 1992.

KLIEMANN, H.J., BUSO, W.H.D. Efeitos dos sistemas de manejo e da calagem na estimativa das frações potencialmente mineralizáveis de nitrogênio em solos do Sudoeste de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, UFG, Goiânia, GO, v. 32, n. 1, p. 59-68, 2002.

KLIEMANN, H. J., LIMA, D., V. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais e sua influência no fósforo disponível em dois solos de Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, UFG, Goiânia, GO, v.31, n.2, p.111-120, 2001.

LANDERS, J.N. O plantio direto na agricultura: o caso do Cerrado. In: LOPES, V.I. *et al.* (org.). *Gestão ambiental no Brasil: experiências e sucesso*. 3.ed. Rio de Janeiro: FGV, 2000. p. 3-34.

LEMO, J. J. S. Indicadores de degradação no Nordeste Sub-úmido e Semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34, 2001, Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: SOBER, 2001. p.1-10.

MANLY, B.F.J. *Multivariate statistical methods: a primer*. 2.ed. London: Chapman and Hall, 1998. 215 p.

MARQUES, M. Agricultura sustentável: pontos para reflexão. *Revista de Política Agrícola*, Brasília, v. 10, n. 2, p. 44-51, 2001.

ROSA, M.E.C. *et al.* Formas de carbono em latossolo vermelho eutroférrico sob plantio direto no sistema biogeográfico do Cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 117-124, 2003.

SILVEIRA, M. P. *et al.* *Sistemas agrícolas irrigados nos Cerrados*. Santo Antonio de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 63p.

SOUZA, P.M., LIMA, J.E. Intensidade e dinâmica da modernização agrícola no Brasil e Unidades da Federação. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v. 57, n. 4, p. 795-821, 2003.

6. Apêndice

Tabela 1A – Valores dos fatores F1, F2, F3 e do Índice Geral de Degradação (IGD) nas 73 microrregiões do núcleo do Cerrado, 1995-1996

| Estados | Microrregiões | Escores originais | | | Escores padronizados entre (0 e 1) | | | IGD | IGD base = 100 |
|--------------------|-----------------------------|-------------------|--------|--------|------------------------------------|-------|-------|-------|----------------|
| | | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | | |
| Tocantins | Gurupi | -0.726 | -0.500 | 0.125 | 0.102 | 0.294 | 0.511 | 0.200 | 28.32 |
| | Miracema do Tocantins | -0.816 | -0.427 | -0.334 | 0.085 | 0.307 | 0.394 | 0.173 | 24.54 |
| | Rio Formoso | -0.459 | 0.370 | -1.335 | 0.153 | 0.448 | 0.140 | 0.206 | 29.22 |
| | Dianópolis | -0.796 | -0.129 | -1.492 | 0.088 | 0.360 | 0.100 | 0.141 | 19.94 |
| | Jalapão | -0.841 | -0.203 | -1.884 | 0.080 | 0.347 | 0.000 | 0.117 | 16.64 |
| | Porto Nacional | -0.663 | -0.299 | -0.959 | 0.114 | 0.330 | 0.235 | 0.173 | 24.46 |
| Piauí | Alto Médio Gurguéia | -0.688 | -0.496 | -0.318 | 0.109 | 0.295 | 0.398 | 0.188 | 26.60 |
| | Alto Parnaíba Piauiense | -0.139 | -0.795 | -0.826 | 0.215 | 0.242 | 0.269 | 0.228 | 32.35 |
| | Chapadas ExtraSul Piauiense | -0.637 | -1.050 | -0.986 | 0.119 | 0.197 | 0.228 | 0.150 | 21.28 |
| Mato Grosso do Sul | Alto Taquari | -0.166 | -0.684 | 0.734 | 0.210 | 0.261 | 0.666 | 0.289 | 40.92 |
| | Campo Grande | -0.343 | -0.533 | 1.797 | 0.175 | 0.288 | 0.936 | 0.312 | 44.25 |
| | Cassilândia | 1.182 | -1.429 | 1.070 | 0.469 | 0.130 | 0.751 | 0.449 | 63.60 |
| | Paranaíba | -0.861 | -0.442 | 1.927 | 0.076 | 0.304 | 0.969 | 0.254 | 36.04 |
| | Três Lagoas | -0.762 | -0.583 | 1.445 | 0.095 | 0.279 | 0.847 | 0.243 | 34.52 |
| Minas Gerais | Bom Despacho | 0.447 | 1.021 | 0.548 | 0.327 | 0.563 | 0.619 | 0.416 | 58.93 |
| | Curvelo | -0.772 | 1.031 | -0.294 | 0.093 | 0.565 | 0.405 | 0.228 | 32.37 |
| | Três Marias | -0.447 | 0.387 | -0.357 | 0.155 | 0.451 | 0.389 | 0.246 | 34.87 |
| | Capelinha | 0.042 | 0.123 | -0.766 | 0.249 | 0.404 | 0.284 | 0.284 | 40.22 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Diamantina | -0.341 | 0.269 | -1.164 | 0.176 | 0.430 | 0.183 | 0.224 | 31.83 | |
| Sete Lagoas | -0.237 | 2.891 | -0.156 | 0.196 | 0.895 | 0.439 | 0.363 | 51.49 | |
| Paracatu | 0.222 | 0.338 | -0.621 | 0.284 | 0.442 | 0.321 | 0.319 | 45.28 | |
| Unaí | 0.733 | 0.085 | -0.596 | 0.383 | 0.398 | 0.328 | 0.377 | 53.46 | |
| Bocaiúva | -0.563 | 0.445 | -0.084 | 0.133 | 0.461 | 0.458 | 0.244 | 34.54 | |
| Grão Mogol | -0.973 | 0.272 | -1.376 | 0.054 | 0.431 | 0.129 | 0.136 | 19.27 | |
| Pirapora | -0.595 | 0.033 | -0.762 | 0.127 | 0.389 | 0.285 | 0.200 | 28.34 | |
| Divinópolis | -0.284 | 2.866 | 0.596 | 0.187 | 0.890 | 0.631 | 0.385 | 54.64 | |
| Piuiú | 0.352 | 1.809 | -0.951 | 0.309 | 0.703 | 0.237 | 0.372 | 52.69 | |
| Araxá | 1.649 | 0.456 | -0.470 | 0.559 | 0.463 | 0.360 | 0.511 | 72.41 | |
| Frutal | 0.644 | 0.455 | 1.290 | 0.365 | 0.463 | 0.807 | 0.451 | 63.90 | |
| Ituiutaba | 0.707 | 0.091 | 1.933 | 0.378 | 0.399 | 0.971 | 0.472 | 66.87 | |
| Patos de Minas | 1.361 | 2.060 | -1.434 | 0.503 | 0.747 | 0.114 | 0.490 | 69.44 | |
| Patrocínio | 2.665 | 2.052 | -1.849 | 0.754 | 0.746 | 0.009 | 0.639 | 90.66 | |
| Uberaba | 2.108 | 0.496 | 0.915 | 0.647 | 0.470 | 0.712 | 0.624 | 88.46 | |
| Uberlândia | 1.544 | 1.067 | 0.256 | 0.538 | 0.572 | 0.544 | 0.546 | 77.36 | |
| Bahia | Barreiras | 1.893 | -0.696 | -1.320 | 0.606 | 0.259 | 0.144 | 0.471 | 66.77 |
| | Cotegipe | -0.838 | -0.442 | -0.486 | 0.080 | 0.304 | 0.356 | 0.164 | 23.23 |
| | Santa Maria da Vitória | -0.135 | -0.020 | -0.700 | 0.216 | 0.379 | 0.301 | 0.259 | 36.73 |
| | Bom Jesus da Lapa | -1.255 | 1.071 | -0.328 | 0.000 | 0.572 | 0.396 | 0.167 | 23.64 |

Tabela 1A, Continuação

| Estados | Microrregiões | Escores originais | | | Escores padronizados entre (0 e 1) | | | IGD | IGD base = 100 |
|---------|---------------------|-------------------|--------|--------|------------------------------------|-------|-------|-------|----------------|
| | | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 | | |
| Goiás | Anápolis | 0.018 | 1.518 | 1.246 | 0.245 | 0.652 | 0.796 | 0.404 | 57.35 |
| | Anicuns | -0.330 | 0.091 | 1.726 | 0.178 | 0.399 | 0.918 | 0.332 | 47.02 |
| | Ceres | -0.168 | 0.586 | 0.637 | 0.209 | 0.486 | 0.641 | 0.326 | 46.29 |
| | Goiânia | -0.601 | 3.487 | 1.162 | 0.126 | 1.000 | 0.775 | 0.387 | 54.91 |
| | Iporá | -0.900 | -0.238 | 1.322 | 0.068 | 0.341 | 0.815 | 0.233 | 32.97 |
| | Entorno de Brasília | 0.198 | -0.101 | -0.323 | 0.279 | 0.365 | 0.397 | 0.313 | 44.41 |
| | Vão do Paranã | -0.695 | -0.420 | -0.186 | 0.108 | 0.308 | 0.432 | 0.194 | 27.56 |
| | Aragarças | -0.887 | -0.489 | 1.119 | 0.071 | 0.296 | 0.764 | 0.218 | 30.92 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------------|---------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | Rio Vermelho | -0.838 | -0.352 | 1.119 | 0.080 | 0.320 | 0.764 | 0.229 | 32.44 | |
| | São Miguel do Araguaia | -0.829 | -0.589 | 0.883 | 0.082 | 0.278 | 0.704 | 0.213 | 30.20 | |
| | Chapada dos Veadeiros | -0.625 | -0.165 | -1.163 | 0.121 | 0.353 | 0.183 | 0.174 | 24.67 | |
| | Porangatu | -0.735 | -0.310 | 0.238 | 0.100 | 0.328 | 0.540 | 0.209 | 29.69 | |
| | Catalão | 0.596 | 0.136 | -0.372 | 0.356 | 0.407 | 0.385 | 0.370 | 52.45 | |
| | Meia Ponte | 1.837 | 0.355 | 2.015 | 0.595 | 0.445 | 0.992 | 0.627 | 88.94 | |
| | Pires do Rio | 0.540 | 0.085 | 0.499 | 0.345 | 0.398 | 0.606 | 0.395 | 55.98 | |
| | Quirinópolis | -0.778 | 0.177 | 2.048 | 0.092 | 0.414 | 1.000 | 0.290 | 41.09 | |
| | Sudoeste de Goiás | 1.576 | -1.235 | 0.568 | 0.545 | 0.164 | 0.624 | 0.486 | 68.87 | |
| | Vale do Rio dos Bois | 1.232 | -0.089 | 1.391 | 0.478 | 0.367 | 0.833 | 0.511 | 72.53 | |
| Maranhão | Alto Mearim e Grajaú | -0.750 | -0.708 | -0.079 | 0.097 | 0.257 | 0.459 | 0.182 | 25.81 | |
| | Presidente Dutra | -0.477 | -0.767 | 0.454 | 0.150 | 0.247 | 0.595 | 0.235 | 33.38 | |
| | Caxias | -0.507 | -0.571 | -0.278 | 0.144 | 0.281 | 0.409 | 0.210 | 29.74 | |
| | Chapadas do Alto Itapecuru | -0.656 | -0.701 | -0.305 | 0.115 | 0.258 | 0.402 | 0.185 | 26.30 | |
| | Codó | -0.688 | -0.678 | -0.135 | 0.109 | 0.263 | 0.445 | 0.189 | 26.76 | |
| | Coelho Neto | -0.132 | -1.022 | -0.566 | 0.216 | 0.202 | 0.335 | 0.232 | 32.84 | |
| | Chapadas Mangabeiras Gerais de Balsas | 0.031 | -0.688 | -0.893 | 0.247 | 0.261 | 0.252 | 0.251 | 35.55 | |
| | Porto Franco | -0.640 | -0.311 | -0.344 | 0.118 | 0.327 | 0.392 | 0.199 | 28.20 | |
| | Mato Grosso | Cuiabá | -0.773 | -0.290 | -0.558 | 0.093 | 0.331 | 0.337 | 0.174 | 24.71 |
| | | Rosário Oeste | -0.661 | -0.488 | -0.091 | 0.114 | 0.296 | 0.456 | 0.200 | 28.38 |
| Canarana | | 0.020 | -0.959 | 0.253 | 0.245 | 0.213 | 0.544 | 0.285 | 40.34 | |
| Médio Araguaia | | -0.835 | -0.279 | -0.938 | 0.081 | 0.333 | 0.241 | 0.152 | 21.57 | |
| Alto Araguaia | | 1.130 | -1.193 | 0.091 | 0.459 | 0.171 | 0.502 | 0.412 | 58.41 | |
| Primavera do Leste | | 3.944 | -2.161 | -0.759 | 1.000 | 0.000 | 0.286 | 0.705 | 100.00 | |
| Rondonópolis | | 1.280 | -1.043 | 0.747 | 0.488 | 0.198 | 0.669 | 0.461 | 65.40 | |
| Tesouro | -0.175 | -0.870 | -0.057 | 0.208 | 0.229 | 0.465 | 0.251 | 35.54 | | |

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2A – *Ranking* das 73 microrregiões em termos do Índice Geral de Degradação (IGD) do núcleo do Cerrado com base nos dados do Censo Agropecuário de 1995/96

| Estado | Microrregião | IGD | IGD base = 100 |
|--------------------|------------------------|-------|-------------------|
| Mato Grosso | Primavera do Leste | 0.705 | 100.000 |
| Minas Gerais | Patrocínio | 0.639 | 90.663 |
| Goiás | Meia Ponte | 0.627 | 88.935 |
| Minas Gerais | Uberaba | 0.624 | 88.462 |
| Minas Gerais | Uberlândia | 0.546 | 77.358 |
| Goiás | Vale do Rio dos Bois | 0.511 | 72.525 |
| Minas Gerais | Araxá | 0.511 | 72.411 |
| Minas Gerais | Patos de Minas | 0.490 | 69.439 |
| Goiás | Sudoeste de Goiás | 0.486 | 68.870 |
| Minas Gerais | Ituiutaba | 0.472 | 66.868 |
| Bahia | Barreiras | 0.471 | 66.771 |
| Mato Grosso | Rondonópolis | 0.461 | 65.401 |
| Minas Gerais | Frutal | 0.451 | 63.902 |
| Mato Grosso do Sul | Cassilândia | 0.449 | 63.597 |
| Minas Gerais | Bom Despacho | 0.416 | 58.928 |
| Mato Grosso | Alto Araguaia | 0.412 | 58.408 |
| Goiás | Anápolis | 0.404 | 57.351 |
| Goiás | Pires do Rio | 0.395 | 55.976 |
| Goiás | Goiânia | 0.387 | 54.912 |
| Minas Gerais | Divinópolis | 0.385 | 54.644 |
| Minas Gerais | Unaí | 0.377 | 53.459 |
| Minas Gerais | Piuí | 0.372 | 52.692 |
| Goiás | Catalão | 0.370 | 52.453 |
| Minas Gerais | Sete Lagoas | 0.363 | 51.493 |
| Goiás | Anicuns | 0.332 | 47.019 |
| Goiás | Ceres | 0.326 | 46.288 |
| Minas Gerais | Paracatu | 0.319 | 45.277 |
| Goiás | Entorno de Brasília | 0.313 | 44.413 |
| Mato Grosso do Sul | Campo Grande | 0.312 | 44.250 |
| Goiás | Quirinópolis | 0.290 | 41.092 |
| Mato Grosso do Sul | Alto Taquari | 0.289 | 40.917 |
| Mato Grosso | Canarana | 0.285 | 40.342 |
| Minas Gerais | Capelinha | 0.284 | 40.221 |
| Bahia | Santa Maria da Vitória | 0.259 | 36.729 |
| Mato Grosso do Sul | Paranaíba | 0.254 | 36.037 |

| | | | |
|--------------------|--------------------------|-------|--------|
| Maranhão | Chapadas das Mangabeiras | 0.251 | 35.548 |
| Mato Grosso | Tesouro | 0.251 | 35.538 |
| Minas Gerais | Três Marias | 0.246 | 34.871 |
| Minas Gerais | Bocaiúva | 0.244 | 34.540 |
| Mato Grosso do Sul | Três Lagoas | 0.243 | 34.523 |
| Maranhão | Gerais de Balsas | 0.241 | 34.222 |

Tabela 2A, Continuação

| Estado | Microrregião | IGD | IGD base = 100 |
|--------------|----------------------------|-------|----------------|
| Maranhão | Presidente Dutra | 0.235 | 33.378 |
| Goiás | Iporá | 0.233 | 32.975 |
| Maranhão | Coelho Neto | 0.232 | 32.836 |
| Goiás | Rio Vermelho | 0.229 | 32.444 |
| Minas Gerais | Curvelo | 0.228 | 32.371 |
| Piauí | Alta Parnaíba Piauiense | 0.228 | 32.346 |
| Minas Gerais | Diamantina | 0.224 | 31.827 |
| Goiás | Aragarças | 0.218 | 30.924 |
| Goiás | São Miguel do Araguaia | 0.213 | 30.197 |
| Maranhão | Caxias | 0.210 | 29.737 |
| Goiás | Porangatu | 0.209 | 29.686 |
| Tocantins | Rio Formoso | 0.206 | 29.219 |
| Mato Grosso | Rosário Oeste | 0.200 | 28.379 |
| Minas Gerais | Pirapora | 0.200 | 28.340 |
| Tocantins | Gurupi | 0.200 | 28.324 |
| Maranhão | Porto Franco | 0.199 | 28.202 |
| Goiás | Vão do Paranã | 0.194 | 27.559 |
| Maranhão | Codó | 0.189 | 26.762 |
| Piauí | Alto Médio Gurguéia | 0.188 | 26.604 |
| Maranhão | Chapadas do Alto Itapecuru | 0.185 | 26.299 |
| Maranhão | Alto Mearim e Grajaú | 0.182 | 25.814 |
| Mato Grosso | Cuiabá | 0.174 | 24.714 |
| Goiás | Chapada dos Veadeiros | 0.174 | 24.668 |
| Tocantins | Miracema do Tocantins | 0.173 | 24.539 |
| Tocantins | Porto Nacional | 0.173 | 24.463 |
| Bahia | Bom Jesus da Lapa | 0.167 | 23.644 |
| Bahia | Cotegipe | 0.164 | 23.233 |
| Mato Grosso | Médio Araguaia | 0.152 | 21.570 |
| | Chapadas Extremo Sul | | |
| Piauí | Piauiense | 0.150 | 21.280 |
| Tocantins | Dianópolis | 0.141 | 19.942 |
| Minas Gerais | Grão Mogol | 0.136 | 19.271 |
| Tocantins | Jalapão | 0.117 | 16.644 |

Fonte: Resultados da pesquisa.