

NINA ROSA DA SILVEIRA CUNHA

**A INTENSIDADE DA EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA NA REGIÃO
DOS CERRADOS E POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2005

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C972i
2005

Cunha, Nina Rosa da Silveira, 1950-

A intensidade da exploração agropecuária na região dos cerrados e potencial de degradação ambiental / Nina Rosa da Silveira Cunha. – Viçosa : UFV, 2005.

xvii, 157f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: João Eustáquio de Lima.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 139-145.

1. Agropecuária - Aspectos ambientais. 2. Agropecuária - Aspectos econômicos. 3. Cerrados. 4. Degradação ambiental. 5. Homem - Influência sobre a natureza.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 338.176

NINA ROSA DA SILVEIRA CUNHA

**A INTENSIDADE DA EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA NA REGIÃO
DOS CERRADOS E POTENCIAL DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

APROVADA: 19 de dezembro de 2005.

Antônio José Medina dos S. Baptista

Antônio Cordeiro de Santana

Laércio Antônio Gonçalves Jacovine

Marília Fernandes Maciel Gomes
(Conselheira)

João Eustáquio de Lima
(Orientador)

A Deus, a Jesus e à Espiritualidade de Luz,
fonte de Amor, inspiração, fé, coragem e presença em todos os momentos,
principalmente naqueles em que eu parecia desfalecer.

Ao meu pai Luiz Gonzaga da Cunha (*in memoriam*).

À minha mãe Custódia Luiza da Silveira Cunha.

Aos meus irmãos Tereza Cristina e Luiz Gonzaga.

À minha família, meu refúgio e meu ninho reparador:
meu filho amado e razão de minha vida, Luiz Rodrigo;
minha nora e filha especial, Lílian Virgínia; e
meu marido e cúmplice de todas as horas, Luiz Eduardo.

AGRADECIMENTO

Este é um momento especial e aguardado com ansiedade: a realização de um grande sonho!

A vontade de vencer, a perseverança, a coragem e o apoio dos amigos foram decisivos para que esse sonho fosse realizado.

A minha gratidão às pessoas e às entidades a quem devo reverenciar e que tornaram este trajeto mais ameno e menos árido. Com elas pude aprender o poder da cooperação, da amizade e da certeza de um porvir melhor. A cada nova dificuldade aprendi a construir oportunidades, a superar desafios e a tornar-me mais forte e, sobretudo, mais gente.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela solidez de seus conhecimentos e potência institucional.

Ao Departamento de Administração, aos meus amigos e colegas, pelo apoio para a realização do Programa de Pós-Graduação.

Ao Departamento de Economia Rural, a todo o seu corpo docente e de funcionários, pelos ensinamentos, pela cooperação e pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao professor João Eustáquio de Lima, maior exemplo de profissional e de pessoa, pela orientação, pela paciência, pelas acuradas reflexões e pelo apoio incondicional em todos os momentos.

À professora Marília Fernandes Maciel Gomes, manifestação de profissionalismo exemplar, pelo carinho, pelo desprendimento e pelas valiosas críticas e sugestões.

Ao professor Marcelo José Braga, pelo apoio e pelos esclarecimentos.

Ao professor Laércio Antônio Gonçalves Jacovine, pela paciência, solidariedade e estímulo permanentes no decorrer desta jornada.

Ao professor Antônio Cordeiro de Santana, pela valiosa contribuição, pelas reflexões e sugestões nos trabalhos da Banca Examinadora.

Ao meu amigo e colega professor Walmer Faroni, pelo estímulo e por ter facilitado esta oportunidade.

Ao professor Antônio Carvalho Campos, pelo estímulo e pela atenção.

Aos professores Maurinho Luiz dos Santos e Viviani Silva Lírío, pelo incentivo à realização do Curso.

À professora Maria da Graça Nemer Jentsch, pela amizade, torcida, competência e desprendimento no ensino e nos esclarecimentos sobre aspectos fundamentais de matemática econômica.

Ao meu amigo e colega Antônio José Medina dos Santos Baptista, o nosso Tozé, pelo apoio, pela lucidez nas críticas e pelas valiosas discussões e sugestões.

À Soraya Machado Fontes, pela atenção, pelo incentivo e pela amizade.

À Jozeneida Lúcia Pimenta de Aguiar, da EMBRAPA–Cerrado, pela ajuda incondicional, pela boa vontade, pela presteza e pelo profissionalismo no fornecimento dos dados.

Ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA–Cerrado), pela fonte de dados utilizados nas análises estatísticas.

À Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, em especial a Margarida Maria Rezende Lopes, Maria Suely Ricardo e Solange Ferreira A. de Carvalho, pela atenção, pela dedicação e pelo apoio incondicional.

À Eliana de Souza, pelo valioso auxílio nos mapas e pela amizade.

A todos os funcionários do Departamento de Economia Rural, em especial a Graça, Cida, Luiza, Carminha, Tedinha, Helena, Brilhante e Ruço, pelo apoio, pelo profissionalismo exemplar e pela amizade.

Aos meus colegas e amigos de Curso Neiva de Araújo Marques, Carlos Edison Zambrano, Elaine Aparecida Fernandes, Patrícia Lopes Rosado, Maria Aparecida S. Oliveira, Giani Cláudia Setto, Fátima Parizzi, Luciane Reis Raposo Pereira, Sílvio Ferreira Júnior e Naysa, pela importante e constante presença, pelas calorosas discussões, pela amizade e pela convivência agradável e solidária durante os estudos.

À Imaculada da Conceição Cordeiro, pela dedicação, pela compreensão, pelo auxílio diuturno nas tarefas do lar e, sobretudo, pela amizade.

À Dóris Magna Avelar de Oliveira e ao Rubens Chaves de Oliveira, meus grandes amigos de sempre, pelo ânimo, pela torcida e pelas preciosas orientações bibliográficas.

À Regina Cascapera Sogno e ao Bruno Campos Sogno, meus irmãos de coração, mesmo distantes geograficamente, por terem sempre me incentivado e me encorajado para que eu chegasse ao cabo deste trabalho.

Ao Dr. Expedito Luiz Leão e à D. Thereza, minha família espiritual, pela força e orientação espirituais, lenitivos para a minha caminhada acadêmica e profissional.

A todos a minha eterna gratidão.

BIOGRAFIA

NINA ROSA DA SILVEIRA CUNHA, filha de Luiz Gonzaga da Cunha e Custódia Luiza da Silveira Cunha, nasceu em 09 de janeiro de 1950, na Cidade de Rio Pomba, MG.

Em outubro de 1970, ingressou na Caixa Econômica do Estado de Minas Gerais, mediante concurso público.

Em dezembro de 1973, concluiu o Curso de Graduação em Direito pela Faculdade de Direito da Fundação Universidade de Itaúna.

No ano seguinte, em setembro de 1974, iniciou o Curso de Mestrado em Administração pela Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), na área de Organização e Recursos Humanos.

Em setembro de 1979, iniciou carreira de docente no Departamento de Administração (DAD) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Em outubro de 1996, tomou posse como Diretora de Recursos Humanos da UFV, exercendo mandato até 2000.

Em setembro de 2002, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de Doutorado, em Economia Aplicada, no Departamento de Economia Rural da UFV, submetendo-se à defesa de tese em dezembro de 2005.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xvi
RESUMO	xix
ABSTRACT	xxi
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Crescimento econômico, agropecuária e a situação ambiental no mundo e no Brasil	2
1.2. O problema e a sua importância	5
1.3. Hipótese	11
1.4. Objetivos	11
1.4.1. Objetivo geral	11
1.4.2. Objetivos específicos	11
1.5. Unidades de análise e área geográfica	12

	Página
1.6. Organização do trabalho	15
2. O MEIO AMBIENTE E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL	17
2.1. Meio ambiente, ecologia, ecossistema e degradação ambiental: fundamentos conceituais, integrativos e interativos	18
2.2. Ecossistemas dos cerrados	23
2.3. Economia ambiental neoclássica aplicada à exploração dos Cer- rados	26
2.3.1. Economia dos recursos naturais	27
2.3.2. Economia do meio ambiente	43
2.3.2.1. Ineficiência econômica e externalidades	43
2.3.2.2. Desenvolvimento sustentável	50
3. HETEROGENEIDADES MICRORREGIONAIS DA AGROPE- CUÁRIA NO CERRADO	59
3.1. Atividades agropecuárias	60
3.2. Padrão tecnológico	68
3.3. Pessoal ocupado e condição do produtor	76
3.4. Utilização de capital	80
3.5. Conclusões	85
4. INTENSIDADE DE EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA E DE- GRADAÇÃO AMBIENTAL NO CERRADO	86
4.1. Análise fatorial	87
4.2. Índice de degradação ambiental	93
4.3. Definição das variáveis	94
4.4 Análise exploratória de dados espaciais	96

	Página
4.5 Resultados da análise fatorial	99
4.6. Resultados do Índice Geral de Degradação	112
4.7. Resultados da Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE)	115
4.8. Conclusões	122
5. ANÁLISE DOS DETERMINANTES DA EXPLORAÇÃO DA AGROPECUÁRIA E DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NAS MICRORREGIÕES DO CERRADO	124
5.1. Conclusões	129
6. RESUMO E CONCLUSÕES	130
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
APÊNDICE	146

LISTA DE TABELAS

	Página
1	Percentual de área em propriedades com mais de 500 hectares em microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 61
2	Percentual de lavouras e pastagens por hectare de área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 62
3	Percentual de lavouras (temporárias e permanentes) por hectare de área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 63
4	Percentual de lavoura temporária por hectare de área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 64
5	Percentual de pastagens por área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 65
6	Participação de pastagens por lavouras dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 66
7	Participação de bovinos por 100 hectares de pastagens dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 67

	Página
8	Número de máquinas para plantio (por 10.000 hectares) nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 69
9	Número de máquinas para colheita (por 10.000 hectares) nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 .. 69
10	Despesas com combustível e lubrificante por trator nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 70
11	Despesas de adubo por lavoura temporária nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 71
12	Despesas com agrotóxicos por lavoura temporária nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 72
13	Percentual de estabelecimentos com controle de pragas nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 73
14	Percentual de estabelecimentos com irrigação nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 74
15	Percentual de estabelecimentos com eletrificação nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 74
16	Percentual de estabelecimentos com assistência técnica nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 75
17	Pessoal ocupado por área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 77
18	Pessoal ocupado por trator nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 78
19	Condição de produtor (proprietário) por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 79
20	Valor de investimentos por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 81
21	Valor de financiamentos por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 .. 81

	Página
22	Valor de despesas por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 82
23	Valor de receitas por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 83
24	Rentabilidade dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado (em reais), 1995-1996 84
25	Valores das raízes características e percentagem da variância total explicada pelos três primeiros fatores identificados na análise fatorial, antes e depois da rotação 100
26	Cargas fatoriais, comunalidades e variância explicada na análise fatorial dos 15 indicadores de degradação ambiental dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996 101
27	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 104
28	Estatística descritiva do escore fatorial (F2) das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996 107
29	Estatística descritiva do escore fatorial (F3) das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996 110
30	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 e MT, 1995-1996 113
31	Indicadores globais de autocorrelação espacial (I de Moran) e o nível de significância em relação a F1, F2, F3 e IGD nas 73 microrregiões do Cerrado, 1995-1996 116
32	Relação das variáveis dependentes e explanatórias 125
33	Coefficientes estimados, estatística <i>t</i> , coeficientes de determinação e estatística <i>F</i> das regressões estimadas 126

1A	Valores dos fatores F1, F2, F3 e do Índice Geral de Degradação (IGD) nas 73 microrregiões do núcleo do Cerrado, 1995-1996 ...	154
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	156

LISTA DE FIGURAS

	Página
1	Localização da região do Bioma Cerrado no mapa territorial do Brasil (a), Bioma Cerrado e núcleo central do Bioma Cerrado (b), área de estudo com as 73 Microrregiões Homogêneas (MRH) do Cerrado (c) 14
2	Lei do crescimento natural 29
3	Nível de estoque como função do tempo 31
4	Recursos naturais e sua capacidade de regeneração 33
5	Meio ambiente, reciclagem e assimilação do lixo 37
6	A economia circular 40
7	Custo marginal externo 47
8	Custos de controle e de degradação 48
9	Escore fatorial de F1 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996 106

10	Escore fatorial de F2 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	109
11	Escore fatorial de F3 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	111
12	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 e MT, 1995-1996	114
13	Resultados do Moran Scaterplot 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	117
14	Resultados do Moran Scaterplot do escore fatorial F2 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	119
15	Resultados do Moran Scaterplot do escore fatorial F3 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	120
16	Resultados do Moran Scaterplot do IGD das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	121
1A	Distribuição espacial de lavouras e pastagens por hectare de área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	147
2A	Distribuição espacial de pastagens por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	147
3A	Distribuição espacial de pastagens por lavouras nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, O, MA e MT, 1995-1996 .	148
4A	Distribuição espacial de bovinos por 100 hectares de pastagens nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	148

5A	Distribuição espacial de máquinas de plantio por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	149
6A	Distribuição espacial de máquinas de colheita por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	149
7A	Distribuição espacial de despesas de combustível e lubrificante por trator nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	150
8A	Distribuição espacial de despesas em adubos nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	150
9A	Distribuição espacial de despesas com agrotóxicos por lavoura temporária nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	151
10A	Distribuição espacial de controle de pragas por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	151
11A	Distribuição espacial do uso de irrigação por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	152
12A	Distribuição espacial do uso de energia elétrica por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	152
13A	Distribuição espacial de assistência técnica por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	153
14A	Distribuição espacial de produtividade nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996	153

RESUMO

CUNHA, Nina Rosa da Silveira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2005. **A intensidade da exploração agropecuária na região dos cerrados e potencial de degradação ambiental.** Orientador: João Eustáquio de Lima. Conselheiros: Marcelo José Braga e Marília Fernandes Maciel Gomes.

Neste estudo, analisaram-se a intensidade da exploração agropecuária no núcleo do Cerrado e seus efeitos sobre o potencial de degradação ambiental, em 1995-1996, bem como se esse potencial estava associado a intensidades diferentes de exploração agropecuária. De modo geral, identificaram-se heterogeneidades nas características e intensidade da exploração agropecuária e na degradação ambiental localizadas no núcleo do Cerrado. Visando identificar os fatores explicativos da relação entre exploração agropecuária e degradação ambiental no Cerrado, aplicou-se a análise fatorial, em razão da gama de variáveis envolvidas, sendo obtidos três fatores: intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica (F1), outras dimensões da agricultura (F2) e intensidade de exploração pecuária (F3). Com os escores fatoriais e considerando a relação direta entre intensidade de exploração e degradação, construiu-se um Indicador Geral de Degradação (IGD), percebendo-se desigualdades microrregionais. O maior nível de degradação concentrou-se no

noroeste de Minas Gerais, em parte do sul de Goiás e em parte do sudeste de Mato Grosso. O IGD máximo (0,705) coube à Primavera do Leste (MT) e o mínimo (0,117), a Jalapão (TO). Pelo IGD, ranquearam-se as microrregiões, permitindo conhecer a sua dispersão espacial, através do indicador I de Moran e do mapa de espalhamento. Os resultados indicaram que o padrão de exploração e degradação não se manifestou de forma difusa no espaço, mas com dependência espacial. Com relação aos determinantes da intensidade da exploração da agropecuária e da degradação ambiental, os resultados apontaram a disponibilidade de crédito, a assistência técnica e a pressão demográfica. Dos resultados obtidos, concluiu-se que a desigualdade na intensidade de exploração refletiu em graus de degradação diferentes nas 73 MRH, que poderiam estar sendo pressionadas por atividades econômicas, como a cultura de grãos em escala industrial, pecuária intensiva e culturas temporárias, dentre outras. Assim, as políticas de apoio ao desenvolvimento do setor agropecuário devem levar em consideração as diferenças microrregionais nas características da exploração agropecuária. Deve-se também considerar o impacto dessas políticas na intensificação da exploração e, por conseguinte, no aumento do potencial de degradação ambiental, comprometendo, de certa forma, a sustentabilidade da atividade na região do Cerrado. É preciso, pois, compatibilizar a capacidade de suporte do meio ambiente com o tipo de exploração utilizado, para que a sustentabilidade ecológica possa acontecer. Há de se analisar, então, a região, bem como verificar as suas condições, ou seja, a sua aptidão agroecológica, procedendo-se ao zoneamento ecológico-econômico.

ABSTRACT

CUNHA, Nina Rosa da Silveira, D.S., Universidade Federal de Viçosa, December 2005. **The intensity of agricultural activities in the area of savannahs and potential for environmental degradation.** Adviser: João Eustáquio de Lima. Committee Members: Marcelo José Braga and Marília Fernandes Maciel Gomes.

This study analyzed the intensity of agricultural activities in the main area of Savannah and their effects on the potential of environmental degradation in Brazil. In general, it was identified heterogeneities in the characteristics and in the intensity of the agricultural exploration and in the environmental degradation located in the nucleus of the Savannah. Seeking to identify the explanatory factors of the relationship between agricultural exploration and environmental degradation in the Savannah, the Factorial Analysis was applied, because of the multivariate characteristic of the analysis. Three factors were obtained: intensity of agricultural exploration of the soil and of the use of mechanical and biological technologies (F1), other dimensions of the agriculture (F2), and, intensity of cattle exploration (F3). With the factorial scores, a General Index of Degradation was built (IGD), considering the direct relationship between exploration intensity and degradation. Microrregions inequalities were noticed. The largest degradation level concentrated on the northwest of Minas Gerais, on the south of

Goiás and on the southeast of Mato Grosso. The maximum IGD (0,705) was obtained for Primavera do Leste (MT) and the minimum (0,117), for Jalapão (TO). The microrregions was categorized by IGD, allowing to know its space dispersion, through the indicator I of Moran and the dispersion map. The results indicated that the exploration pattern and degradation did not manifest in a diffuse way in the space, but with space dependence. Regarding the determinant of the intensity of the exploration of the farming and of the environmental degradation, the results pointed out credit readiness, the technical support and the demographic pressure. With the obtained results, can be concluded that the inequality in the exploration intensity contemplated in degrees of different degradation in 73 MRH, that can be being pressed by economical activities, as the culture of grains in industrial scale, intensive livestock, temporary cultures, among others. Furthermore, the support policies for development of the agricultural sector should take into account the microrregions differences in the characteristics of the agricultural exploration. It is also due to consider the impact of those policies in the intensification of the exploration and, consequently, in the increase of the potential of environmental degradation, committing, in a certain way, the sustainability of the activity in the area of the Savannah. It is necessary, therefore, to adjust the capacity of support of the environment with the exploration type used, so that the ecological sustainability can be achieved. It has to be analyzed, then, the area and verify their conditions, in other words, the aptitude agroecological, proceeding to the ecological-economical zoning.

1. INTRODUÇÃO

"A visão sistêmica da vida é uma base apropriada tanto para as ciências do comportamento e da vida quanto para as ciências sociais e, especialmente, a economia. A aplicação de conceitos sistêmicos para descrever processos e atividades econômicos é particularmente urgente porque virtualmente todos os nossos problemas econômicos atuais são problemas sistêmicos que já não podem ser entendidos dentro do âmbito da visão de mundo da ciência cartesiana."

(Fritjof Capra)

A globalização das relações econômicas, as mudanças ambientais globais, a legislação e a pressão social exercidas pelos movimentos ambientalistas e pela opinião pública despertam preocupações e geram uma nova consciência e um novo conceito de responsabilidade diante das demandas ambientais. Problemas do meio ambiente localizados e de fácil reversão no passado podem se tornar, hoje em dia, irreversíveis e de difícil retorno às condições anteriores, significando mudanças globais.

A aceitação do meio ambiente como parte integrante do sistema econômico requer um processo de internalização e de conscientização do comportamento humano, em face das ações do próprio homem e das reações desse mesmo ambiente, buscando-se a harmonia entre as atividades econômicas e a preservação dos recursos naturais.

A mudança de paradigma reflete a urgência de enfrentar desafios, mormente na produção de alimentos, saneamento, poluição, saúde e invasão de novos ecossistemas. Há ainda de se considerar o crescimento vertiginoso da população e sua demanda por alimentação e condição de vida mais dignas, ou seja, 90 milhões de pessoas a mais por ano juntam-se à população mundial. A esse respeito, SERAGELDIN (1993) afirmou que se devem conciliar as necessidades e desejos de uma população crescente com as limitações do mundo físico, principalmente quando se estima uma população mundial na ordem de 9 bilhões de habitantes para os próximos 40 anos, com uma duplicação no consumo de alimentos.

Pela sua relevância estratégica no suprimento de alimentos em todo o mundo, a agropecuária tem merecido a atenção e a intervenção governamental. Além da responsabilidade no abastecimento de toda a sociedade nos mais elevados padrões de segurança e de qualidade a custos médios decrescentes, cabe à agricultura propiciar significativa parcela de contribuição para o crescimento econômico.

A produção de alimentos de origem animal e vegetal, todavia, demanda essencialmente recursos naturais que são imprescindíveis à manutenção do equilíbrio da Terra, mormente de sua sobrevivência, garantindo, em sentido maior, a qualidade de vida de seus habitantes.

1.1. Crescimento econômico, agropecuária e a situação ambiental no mundo e no Brasil

A ação do homem sobre a natureza tem provocado mais impactos negativos, gerando, a olhos vistos, mudanças nas condições físicas da Terra.

Um paralelo entre o crescimento econômico e a saúde ambiental do Planeta registra uma dicotomia bastante expressiva.

A evidência básica do crescimento econômico retratada pelos economistas revela um desempenho significativo. Segundo BROWN (1990), o PIB mundial cresceu uniformemente, no decorrer da década de 1980, com

expansão de cerca de 3% ao ano. Por volta de 1990, adicionaram-se mais de 4,5 trilhões de dólares ao produto mundial bruto, ou seja, "o maior que o ocorrido durante vários milhares de anos desde o início da civilização até 1950".

No Brasil, nas décadas de 1980 e 1990 o crescimento do PIB do setor agropecuário foi bastante significativo, de 49,5 e 38,4%, respectivamente, em comparação com o PIB total nacional que, nas mesmas décadas, teve um crescimento na ordem de 28,3 e 18,8% (SILVA, 2002). Revelou, ainda, que a produção de grãos cresceu de 69 para 100 milhões de toneladas em relação às safras de 1995/96 e 2001/2002, ressaltando que a exportação foi favorecida, principalmente, na década de 1990, em que se quintuplicaram as quantidades exportadas de açúcar e de carne, duplicando as de soja e fumo e aumentando em 50% as de café e suco de laranja. Apontou também que, no período de 1985 a 2000,

as produtividades médias nacionais de produtos, como algodão, milho e trigo, despencaram, as de arroz, feijão e soja aumentaram mais de 50%, enquanto as de cana-de-açúcar, laranja e café também tiveram crescimento substancial. O saldo da balança comercial de agronegócio brasileiro, em 2001, foi de 19 bilhões de dólares, comparado ao de 10 bilhões no início da década de 90. Apesar da queda quase contínua dos preços internacionais dos principais produtos de exportação.

Em 2003, o grande destaque foi o PIB da agropecuária, com crescimento real de 4,9%, um dos melhores desempenhos em comparação com os demais setores (BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SOCIAL – BNDES, 2004).

Por sua vez, a saúde ambiental da Terra não apresenta resultados tão satisfatórios. A demanda por terras agricultáveis leva à destruição de florestas, incrementada pela necessidade de alimentos e madeira para diversos usos. São milhões de hectares ao ano de cobertura florestal que desaparecem, superando a produção sustentável, além de se perderem anualmente cerca de 24 bilhões de toneladas da camada superior do solo das terras agricultáveis (BROWN, 1990). São fortes os reflexos sobre o sistema climático, que acumula quantidade significativa de dióxido de carbono (responsável pelo efeito-estufa), resultante do desmatamento e queima de combustível. Com isso, a qualidade do ar piorou, com

prejuízos à saúde das pessoas e danos sobre as plantações em regiões rurais. A elevação da temperatura, devido à destruição da camada de ozônio, gera efeitos destrutivos sobre as várias espécies de plantas, de animais e do próprio homem, o que reduz a diversidade biológica da Terra, levando a um colapso em grande escala de ecossistemas.

Por que resultados tão diametralmente opostos? Considerando as medidas econômicas tão positivas, verifica-se que os sistemas nacionais de contas, responsáveis pelas cifras sobre o Produto Nacional de Contas, não levam em consideração os custos ambientais, ou seja, as dívidas ambientais que o mundo está acumulando. A esse respeito, MARQUES (2001) apontou as falhas de mercado e de políticas públicas que também estimulam formas ineficientes de produção, principalmente no que tange à agricultura. Apresentou "as forças de mercado como sendo favoráveis a 'novas' variedades e do uso de agroquímicos, bem como de grandes economias de escala, com foco no sistema de monoculturas, o que leva a uma diminuição na biodiversidade agrícola".

QUIRINO et al. (1999) reforçaram esse pensamento, afirmando que no Brasil a tendência à monocultura em algumas microrregiões, o uso intensivo de agrotóxicos e o desaparecimento dos sistemas tradicionais de produção agropecuária são as principais ameaças à biodiversidade, trazidas pela agricultura. Acrescentaram que, com o aumento da demanda de produtos agropecuários, em virtude do incremento populacional, da melhoria de renda e da expansão do comércio internacional, ocorrerá maior pressão sobre o ambiente, com o agravamento de impactos agroambientais negativos, associados a erosão, desmatamento, queimadas e uso inadequado de insumos.

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. O uso intensivo da mecanização, mais fertilizantes e agrotóxicos, compromete a cobertura do solo, gerando a erosão.

Já se torna evidente a preocupação da sociedade quanto aos impactos ambientais, demandando por produtos ecologicamente corretos, o que pode afetar a importação e o consumo de produtos agropecuários brasileiros por países desenvolvidos, com sério risco de afetar a competitividade.

1.2. O problema e a sua importância

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.

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. A ruptura da sustentabilidade da interação entre economia e ambiente reduz o poder de trabalho do homem e da energia do meio, afetando as funções ambientais, em especial a de fornecedor de recursos naturais para o funcionamento do sistema econômico.

É sabido, historicamente, que o avanço agropecuário e o extrativismo mineral têm-se caracterizado por modelo predatório. A adoção de políticas agrícola e de mineração inadequadas e a expansão da população com o crescimento desordenado de cidades são responsáveis por vários efeitos impactantes sobre o bioma Cerrado, interferindo e estimulando o avanço da fronteira agrícola, com sérios danos socioambientais.

O Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 1998b), ao publicar o Primeiro Relatório Nacional para a Convenção sobre Diversidade Biológica do

Brasil, enfatizou que os impactos da fronteira agropecuária tendem a avançar, aproximadamente, pelos dois milhões de quilômetros quadrados do Cerrado. Assinalou algumas ações governamentais, promovidas até 1985, e seus efeitos impactantes sobre o Cerrado:

- Incentivo ao avanço de fronteira agropecuária com pouca atenção para aspectos ambientais.
- Concessão de incentivos fiscais à ocupação.
- Conversão de áreas florestais em áreas de agropecuária, em grande parte no Cerrado e na Amazônia. A expansão da agropecuária, à taxa de 3% ao ano, em termos de superfície, determinou a conversão de 40% da área para manejo econômico, com perda total da vegetação originária.
- Emprego de algum tipo de manejo econômico, em mais de 50% dos ecossistemas naturais remanescentes.
- Perda de diversidade biológica e favorecimento da erosão do solo, resultante da prática das queimadas na entressafra (para renovação de pastagens ou abertura de lavouras e pastos).
- Contaminação progressiva dos recursos hídricos das cidades, já escassos para o abastecimento humano, por meio de efluentes humanos (a população urbana do Centro-Oeste cresceu 780% nas últimas três décadas), lixo, agrotóxicos e fertilizantes. "Com o desmatamento e o assoreamento, somados à irrigação sem controle, torna-se cada vez menor o volume de água disponível nas cidades."

A agropecuária, como interferência do homem na natureza, constitui o efeito histórico e cumulativo de modificações da relação homem e natureza, gerando impactos negativos e potencialmente traumáticos, em decorrência do uso de fatores de produção e do modo como esses fatores são usados. Os impactos negativos da agropecuária no Brasil, segundo QUIRINO et al. (1999), têm causas no uso inadequado do solo; no uso de agentes químicos, como agrotóxicos, fertilizantes e corretivos; no desmatamento; no uso dos recursos hídricos; e no pisoteio excessivo de animais.

O pisoteio excessivo de animais é uma das principais causas da compactação do solo. A erosão é devida, especialmente, ao próprio ato de pastar, que provoca desnudamento do biotopo, retirando mais do que a brotação natural, num espaço de tempo determinado pelo ritmo da pastagem. O gado esmaga a cobertura vegetal, fazendo a vegetação desaparecer progressivamente, e provoca fenômenos de erosão, em especial a constituição de ravinas, que rapidamente se estendem às terras vizinhas.

O desflorestamento e as más práticas agrícolas também retiram do solo a sua cobertura natural. Quando são seguidos por um período de exploração agrícola suficientemente curto para não esgotar o solo, a cobertura vegetal regenera-se com maior rapidez e a fertilidade recupera o seu nível original.

Culturas ou monoculturas em escala industrial e em vastas extensões territoriais tendem a gerar o empobrecimento do solo, mormente quando se trata de plantio de grãos em grande escala, por deixarem o solo desnudo durante boa parte do ano, sem proteção vegetal contra as erosões eólica e hídrica. A questão se agrava, em especial em solos tropicais, por serem pobres e extremamente frágeis, particularmente nas regiões de cerrado ou no limite entre cerrados e a floresta, que só podem ser protegidos por associações vegetais complexas e métodos de cultivo adaptados às condições do meio (DORST, 1990).

Essas ações múltiplas e combinadas com políticas de incentivo à agropecuária contribuem para a aceleração e a transformação de solos originalmente férteis em terras pouco produtivas ou improdutivas no plano agrícola. A preservação dos solos requer a conservação de uma cobertura vegetal natural ou artificial (DORST, 1990; BRUM, 1996; BRANCO e ROCHA, 1987; RUSCHI, 1996).

MARQUES (2001) esclareceu que no

Brasil, para cada tonelada de grãos produzida por métodos convencionais de preparo de solos (uma aração de disco e duas ou mais gradagens), 10 toneladas de terra são carregadas pelas águas das chuvas, da irrigação ou, em menor escala, pelo vento. O Instituto Agrônomo de Campinas estima que para cada hectare cultivado no país se perde, em média, 25 toneladas de solo por ano. Isto significa uma perda anual de cerca de 1 bilhão de toneladas de terra, ou, aproximadamente, 1 centímetro da camada de superfície do solo.

No caso dos Cerrados, são perdidos de 6 a 10 quilos de solo por erosão para cada quilo de grãos produzidos, segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1998a). Isso é devido a algumas características que o tornam suscetível à erosão ou à compactação, requerendo cuidados especiais. Outras características intrínsecas do solo ou da paisagem não podem ser alteradas com facilidade ou são economicamente inviáveis. Pelas limitações apresentadas fica restrito o espectro das atividades agrícolas tecnicamente recomendáveis, e o seu uso indevido causa profunda degradação ambiental.

Para LANDERS (2000), a degradação do Cerrado tem como base o emprego intenso de tecnologias mecânica e química. Como os solos do Cerrado apresentam topografia e textura favoráveis à mecanização, embora sejam facilmente erodidos e pouco férteis, dependentes de correções químicas para a produção de lavouras anuais, favorecem o emprego de alta tecnologia com pesada mecanização e adubação intensa, causando danos mecânicos à estrutura do solo. No Cerrado, o preparo convencional do solo acontece em quase todo o período de tempo, favorecendo uma compactação severa, impedindo o aprofundamento das raízes e a infiltração da água de chuva no perfil do solo. Com isso, a água escoia pela superfície ao invés de infiltrar e leva para os rios a terra, nutrientes e defensivos ativos.

Em síntese, o consumo de capital natural numa taxa alarmante e, ou, o uso excessivo, intensivo e inadequado de fatores de produção geram sérias conseqüências em cada subsistema ecológico.

A interação do homem com ecossistemas extremamente frágeis, como o do Cerrado, tende a gerar a sua degradação, o que demanda uma revisão profunda do tipo de relação que se mantém com a natureza. O desmesurado poder do homem sobre a natureza, corroborado pelo enorme avanço econômico e tecnológico, tem imposto elevado ônus sobre o meio ambiente, com a deterioração das capacidades assimilativa e regenerativa dos recursos naturais. O efeito perturbador é muito mais veloz, considerando-se que a capacidade de transformação do homem é muito maior que a capacidade de recuperação do meio ambiente. E esse é o caso do Cerrado, região objeto de análise deste estudo.

Essa região possui solo de baixa fertilidade natural, acidez acentuada e reduzido teor de matéria orgânica (de 3 a 5%) e submete-se à sazonalidade do clima, com apenas duas estações, a de chuva e a de um longo período de seca (COUTINHO, 2004).

O Cerrado como a segunda maior região biogeográfica do Brasil, ocupando cerca de 25% do território nacional (aproximadamente 200 milhões de hectares), 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.

Nos últimos cinco anos, o Cerrado brasileiro, com enorme destaque nos cenários agrícolas nacional e mundial, tem abrigado 41% dos 163 milhões de bovinos do rebanho nacional e é responsável por 46% da safra brasileira de soja, milho, arroz e feijão; dos 35 milhões de toneladas de soja produzidos no País, 18 escoam do Cerrado. As pastagens cultivadas abrangem 50 milhões de hectares, 12 milhões de hectares de culturas temporárias anuais e dois milhões de hectares de culturas perenes e florestais (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2005).

Considerado como o "celeiro do País", no cultivo de grãos e na exploração pecuária 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, tecnológica e intensamente intensiva, mas descuidando-se em relação aos impactos ambientais. O Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 1998a) tem alertado e enfatizado que esse modelo possui estreita relação "com os padrões de consumo e matrizes energéticas vigentes nos países industrializados, sem levar em plena consideração os impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes para os cerrados, sua população e para o país como um todo".

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; 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.

Alterações na agropecuária e a degradação no Cerrado têm sido temas de várias pesquisas¹. No entanto, observa-se a ausência de uma análise que identifica os fatores, empiricamente, que impactam a agropecuária, ou seja, fatores que promoveram mudanças na agropecuária e foram responsáveis pela sua intensa exploração. Assim, neste trabalho, procura-se preencher essa lacuna, indicando quais fatores associados às práticas das atividades agropecuárias representam risco à degradação do Cerrado.

Nesse sentido, no presente trabalho o nível de intensidade de exploração agropecuária aqui será denominado de nível de degradação.

Estudos dessa natureza apresentam ainda a possibilidade de gerar uma base sistematizada de conhecimentos sobre a influência da agropecuária no Cerrado, como forma de agregar contribuições a outros estudos, apontando os fatores que preponderantemente influenciam esse bioma. Outro aspecto importante que merece ser ressaltado é o de fornecer subsídios para tomadas de decisão à administração pública e ao setor privado, além de adoção de metas e instrumentos que visem reduzir os impactos negativos da ação antrópica sobre o Cerrado.

Não se trata de restabelecer a estrutura original do Cerrado, mas de possibilitar que esse ecossistema garanta suas funções vitais, de forma a atender às necessidades econômicas e sociais, o que significa dizer: o uso sustentável do Cerrado, mantendo os níveis de produção agrícola suficientes, sem que ocorra a degradação. O problema não é, pois, a preservação total e produção zero, mas o balanço entre produção e preservação ambiental.

Partindo dessa perspectiva, a relevância do presente trabalho tem como foco três pontos fundamentais. Inicialmente, a descrição das principais

¹ 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) e CUNHA et al. (1994), dentre outros.

heterogeneidades microrregionais da agropecuária no Cerrado, retratando aspectos estruturais, interespaciais e algumas características decorrentes dessa atividade, dado que tendem a gerar reflexos sobre a degradação ambiental. Em seguida, o diagnóstico dos fatores associados às práticas das atividades agropecuárias, em suas diversas dimensões, que apresentam maior relevância e expliquem a degradação ambiental. Posteriormente, analisar os determinantes responsáveis pela exploração da agropecuária e pela degradação entre as microrregiões.

Em face do exposto, o que se pretendeu com este trabalho, ao fornecer abordagem mais ampla sobre a exploração da agropecuária no Cerrado, foi propiciar as bases empíricas firmadas no tripé: intensidade de exploração agropecuária, degradação e sustentabilidade.

1.3. Hipótese

A ocorrência de degradação ambiental está associada a atividades de exploração agropecuária de intensidades diferentes entre as microrregiões do núcleo do Cerrado.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo geral

Analisar a intensidade da exploração agropecuária na região dos Cerrados e o seu potencial de degradação ambiental, em 1995-1996.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar as heterogeneidades microrregionais da agropecuária no Cerrado.
- Verificar os fatores associados à intensidade da agropecuária, que predominam na determinação do padrão de degradação.

- Obter índices de intensidade de exploração que possibilitem hierarquizar e agrupar as microrregiões em termos do potencial de degradação.
- Analisar a distribuição espacial da intensidade de exploração agropecuária e de degradação ambiental.
- Analisar os impactos de variáveis selecionadas sobre o nível de degradação no Cerrado.

1.5. Unidades de análise e área geográfica

A área do Cerrado apresenta aproximadamente 1,5 milhão 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 assinalou 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).

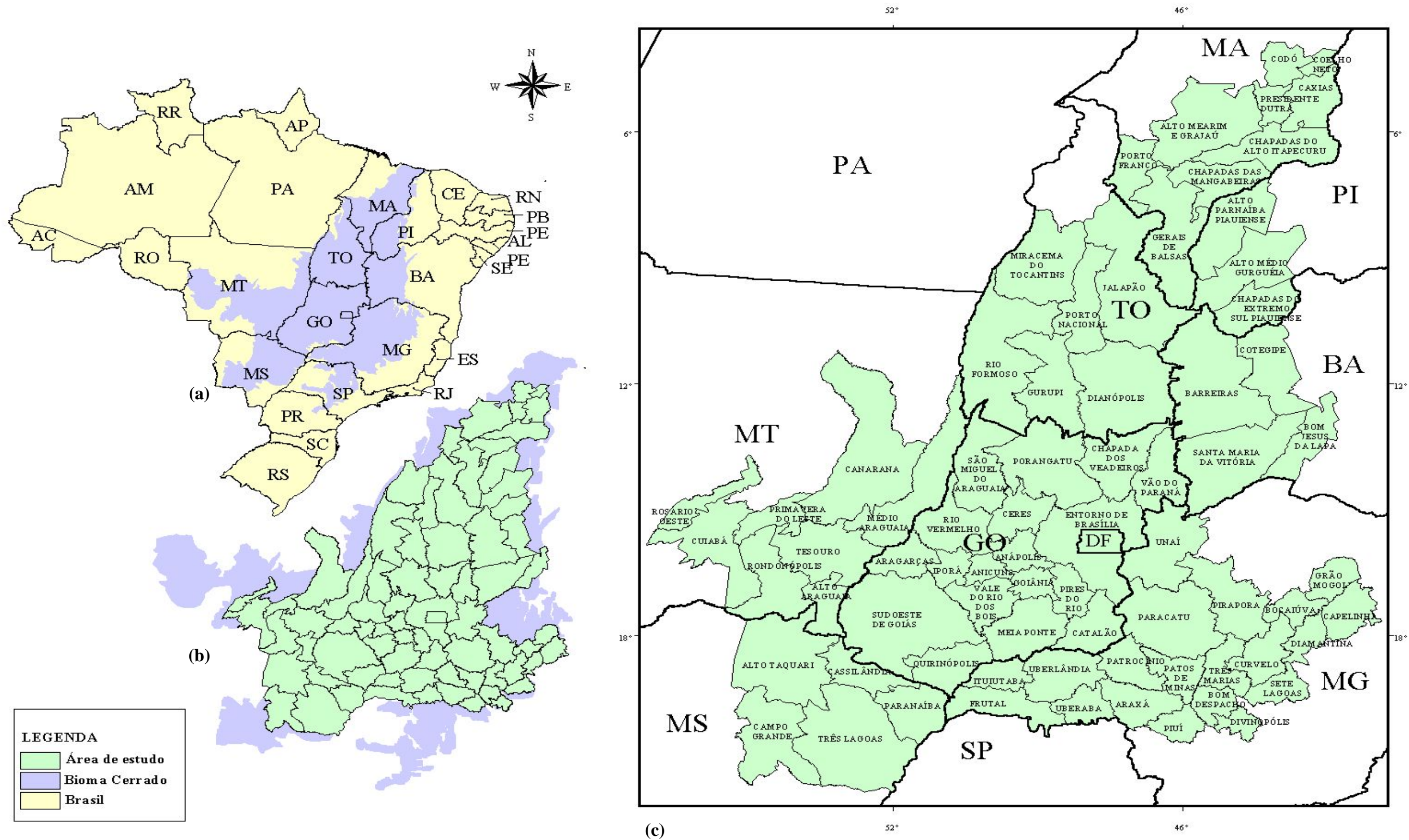
A seleção das microrregiões implicou algumas dificuldades e só foi possível solucioná-las, em parte, com os dados fornecidos pela Embrapa–Cerrado (EMBRAPA, 2004). Assim, utilizou-se, inicialmente, esse banco de dados. Todavia, algumas das microrregiões apresentadas não se caracterizavam como áreas contínuas de Cerrado como desejado no presente estudo, ou seja, estavam encravadas em outros biomas, de modo a interagir fortemente com outras áreas de influência. A listagem inicial incluía 84 microrregiões, com mais de 70% da área das microrregiões inseridas na região do Cerrado. Portanto, o restante (30%) era área de transição com biomas diferenciados.

Outra dificuldade é que a área de cerrados abrange microrregiões com histórias e características econômicas bastante diferenciadas (como a da Metalúrgica de Minas Gerais), o que poderia gerar interpretações errôneas e

mascarar as análises. Como observado por CUNHA (1994), poder-se-iam tratar entidades heterogêneas como se homogêneas fossem, conduzindo a falsas interpretações.

Destarte, 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 tanto, foi feita uma nova seleção de microrregiões inseridas totalmente no bioma Cerrado, perfazendo um total de 73 MRH. Assim, das 84 microrregiões iniciais fornecidas pela Embrapa–Cerrado, o presente estudo considerou 73, o que representa cerca de 87% das unidades de observação iniciais, mas com microrregiões totalmente inseridas nesse bioma, percentual significativo para levar adiante o pretendido.

Com o auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG), digitalizou-se o limite do bioma Cerrado do Mapa de Biomas disponível no *site* do IBGE (Figuras 1a e 1b). O limite desse bioma foi sobreposto ao mapa das microrregiões indicadas pela Embrapa–Cerrado para seleção das microrregiões de interesse do presente estudo, ou seja, as microrregiões que estivessem localizadas integralmente no bioma Cerrado (Figura 1c).



Fonte: Base Cartográfica do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2005) Figuras (a) e (b); adaptação da base cartográfica do INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2005) e da base de dados da EMBRAPA-Cerrado: AGROTEC (2004), Figura (c).

Figura 1 - Localização da região do Bioma Cerrado no mapa territorial do Brasil (a), Bioma Cerrado e núcleo central do Bioma Cerrado (b), área de estudo com 73 Microrregiões Homogêneas (MRH) do Cerrado (c).

1.6. Organização do trabalho

O trabalho encontra-se organizado em seis capítulos, em que o primeiro se refere à presente introdução.

No segundo capítulo, discutiram-se algumas teorias sobre o meio ambiente, esclarecendo os conceitos de ecologia, ecossistema e degradação ambiental, com foco em sua natureza integrativa e interativa e nos fundamentos legais que regem o contexto ambiental. Em seguida foram apresentados o ecossistema dos Cerrados e a revisão de literatura sobre a economia de recursos naturais, do meio ambiente e do desenvolvimento sustentável.

No capítulo 3, dedicou-se a descrever as heterogeneidades espaciais das 73 Microrregiões Homogêneas (MRH), em termos das características da exploração da agropecuária.

No quarto capítulo foram construídos os indicadores capazes de representar diferentes aspectos da agropecuária, com o objetivo de identificar os fatores associados à intensidade da exploração agropecuária e suas implicações sobre a degradação no Cerrado. Teve como referência a observação de 73 MRH, que compõem o núcleo do Cerrado dos Estados de Tocantins (TO), Piauí (PI), Mato Grosso do Sul (MS), Minas Gerais (MG), Bahia (BA), Goiás (GO), Maranhão (MA) e Mato Grosso (MT), em 1995-1996. Apresentou também a metodologia estatística, e, considerando informações multidimensionais desse conjunto de indicadores, foi utilizada a Análise Fatorial pelo método dos componentes principais. A partir dos escores fatoriais, foi construído um índice de intensidade de exploração agropecuária, ou seja, índice geral de degradação (IGD), o que permitiu classificar as microrregiões segundo esse índice. Para analisar a heterogeneidade espacial das características da exploração agropecuária no Cerrado, empregou-se também a análise exploratória dos dados espaciais (AEDE).

No capítulo 5 foram analisadas as relações das variáveis crédito rural, estrutura fundiária, assistência técnica, pressão demográfica e rentabilidade com o IGD e os escores fatoriais, mediante análise de regressão, no sentido de

identificar os determinantes responsáveis pela intensidade de exploração/degradação ambiental no Cerrado.

Finalmente, no capítulo 6 foram apresentados o resumo e as conclusões a que se chegou no presente trabalho.

2. O MEIO AMBIENTE E A DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

"O Todo é muito mais que a soma das partes."
(Sérgio Ulhoa Dani)

A maneira como a Humanidade produz, consome e vive está mudando o clima do planeta. Os vorazes hábitos de consumo, os automóveis mais potentes e poluentes, a ineficiência dos processos de produção das indústrias, a insanidade dos desmatamentos descontrolados e até mesmo a criação de gado têm alterado o natural e perfeito equilíbrio da Terra.

Em nome do progresso, do crescimento econômico e do conforto material, o apetite voraz pelos recursos naturais tem se ampliado cada vez mais, impactando o equilíbrio natural.

A ausência de controle sobre as ações do homem pode mudar para sempre o harmônico relacionamento "homem e natureza", colocando em risco a geração atual e as gerações futuras. "Primeiro, porque significa que nos tornamos uma influência geofísica no planeta, como de fato nos tornamos. Segundo, pela responsabilidade que isso implica" (BANFI, 2003).

A ação antrópica sobre o meio ambiente tem a capacidade de influir simultaneamente também no *habitat* de outros organismos não só ameaçando as espécies consideradas inferiores, mas também a própria humanidade.

O impacto do homem no meio ambiente passou de regional para assumir, hoje, um caráter global. Os exemplos mais conhecidos no momento, em termos de impactos globais, são a diminuição da camada de ozônio e o efeito-estufa, que por sua vez implicam também alterações na própria economia, demografia e condições sociais e ambientais, ou seja, mudanças em relação ao crescimento populacional, ao uso da terra e à degradação do solo, da água, da biodiversidade, da evolução do processo produtivo e da tecnologia. Tem-se verificado que essas mudanças agem concomitantemente, apresentando efeitos multiplicadores e implicando cenários complexos, devido à complexidade das relações entre os diversos sistemas. Há, então, de se simularem cenários de mudanças que integrem os diversos impactos e suas conseqüências, sendo necessário também estudar o meio ambiente, o que, aliás, não é nada fácil, devido a essa complexidade.

2.1. Meio ambiente, ecologia, ecossistema e degradação ambiental: fundamentos conceituais, integrativos e interativos

As análises do meio ambiente iniciaram-se com os conceitos de **ecologia**, proposto pela primeira vez pelo naturalista alemão Ernest Haeckel, em 1866: ciência dos costumes dos organismos, suas necessidades vitais e suas relações com outros organismos. Atualmente, está mais restrita às relações entre os organismos e o seu meio, significando a ciência que estuda as condições de existência do ser vivo no seu meio (BRANCO e ROCHA, 1987; ANDERSON et al., 1993).

A ecologia envolve o conceito de **ecossistema ou sistema ecológico**, entendido como qualquer unidade que inclua todos os organismos (a "comunidade") de determinada área e que interage com o meio físico, dando origem a um fluxo de energia e formando uma estrutura trófica, uma diversidade biótica e um ciclo de matérias, que é o intercâmbio de matérias vivas e não-vivas no sistema, o que significa dizer: a interação de comunidades vivas com o

ambiente físico e químico, com os demais ecossistemas e com a atmosfera (COSTANZA et al., 1997).

ANDERSON et al. (1993) esclareceram que todos os organismos vivos dentro de um ecossistema formam uma comunidade, no interior da qual organismos são agrupados em populações. Uma população é um grupo de algumas espécies, ocupando um espaço particular e em determinado tempo. Cada população tem características próprias, como taxas de nascimento e de morte, distribuição etária e composição genética, que são, com frequência, expressas estatisticamente. Os ecologistas usam populações e comunidades para informar mais sobre ecossistemas.

Em suma, o **ecossistema** é formado pelos componentes vivos e não-vivos do ambiente, que funcionam todos juntos.

A partir dos conceitos de ecologia, o **meio ambiente** é entendido como o conjunto de elementos e fatores internos e externos, indispensáveis à vida, ao seu desenvolvimento e ao seu bem-estar (BRANCO e ROCHA, 1987).

Em termos legais, no que tange à definição do meio ambiente, a Lei 6.938, de 31/08/81, que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente, dispõe em seu artigo 3.º, inciso I: "meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981). Esse foi o primeiro documento legal que estabeleceu os objetivos, as ações e os instrumentos e que deu ao Brasil as bases de uma política ambiental, mas que silencia quanto à aplicação das sanções penais.

A atual Constituição Federal, promulgada em 1988, apresenta dispositivos e referências ao meio ambiente, tão-somente como reflexos da influência dos problemas no campo da realidade econômico-social. Apenas o capítulo VI, artigo 225 e seus parágrafos, é que se destina especificamente ao meio ambiente, o que a torna o escudo e fundamento de qualquer ação ou movimento de defesa ambiental e matriz de toda legislação subsequente. No seu *caput*, assegura "a todo cidadão brasileiro o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado", impondo ao "Poder Público e à coletividade o

dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações" (BRASIL, 2004). Nesse sentido, o meio ambiente é todo bem de uso comum do povo, com garantia de todos ao seu uso.

Ressalte-se que, no entanto, o Cerrado não recebeu da Constituição Federal o *status* de "Patrimônio Nacional", diferentemente da Amazônia, Mata Atlântica e Pantanal. Isso torna difícil a proteção de sua biodiversidade, exigindo tarefa árdua para a sua conservação, sem o esteio da própria Constituição Federal, não obstante defender o meio ambiente de modo geral. Atualmente, buscando amenizar os erros do passado, foi elaborada a proposta de Emenda Constitucional de n.º 141, de 1992, que visa corrigir essas distorções.

Em outra concepção e em termos mais amplos e sistêmicos, o **meio ambiente** efetivo é visto como:

todo o meio exterior ao ser vivo. Esse meio exterior inclui os fatores abióticos (não vivos) da terra: água, atmosfera, clima, sons, odores e gostos; os fatores bióticos dos animais, plantas, bactérias e vírus; os fatores sociais de estética e os fatores culturais e psicológicos (ELY, 1990).

Observa-se que esse conceito abrange não apenas o ambiente natural ou físico, que são os fatores abióticos e bióticos, mas integra os fatores social, cultural e psicológico, proporcionando uma visão mais sistêmica e holística do meio ambiente.

Por sua vez, LA ROVERE (1990) apresentou o meio ambiente, pautado na declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, em 1972, que o define "como o sistema físico e biológico global em que vivem o homem e outros organismos - um todo complexo com muitos componentes interagindo em seu interior". Note-se que, nessa conceituação, foi inserido explicitamente o fator humano, interagindo com os demais organismos.

Da mesma forma, COMUNE (1994), citando Dumont (1976), apresentou versão diferenciada em relação ao ecossistema, sob a perspectiva auto-ecológica da espécie humana. Essa idéia é reforçada ao se explicar que o **meio ambiente** está ligado não somente aos diversos fenômenos de **poluição** existentes na sociedade industrial e à conservação dos recursos naturais em sentido restrito,

mas igualmente às questões sociais, que não podem ser comparadas aos aspectos físicos e biológicos e que merecem um tratamento mais amplo e diferenciado.

Nesse aspecto, cabe acrescentar que os **impactos negativos** da ação antrópica sobre o meio ambiente têm gerado efeitos negativos sobre o bem-estar da população, afetando a harmonia dos **ecossistemas** e elevando os gastos públicos com tratamento de doenças, sem mencionar as perdas econômicas e sociais advindas de tais ações impactantes.

O **impacto ambiental** pode ser visto como uma alteração, favorável ou desfavorável, no meio ambiente ou em algum de seus componentes, produzida por determinada ação ou atividade, segundo Bolea (1984), citado por LA ROVERE (1990).

De modo geral, um impacto está assentado na lógica ação-reação, ou seja, a toda ação corresponde uma reação.

MAGRINI (1990) reconheceu a dificuldade de se demonstrar a complexidade da dinâmica ambiental, calcada neste tipo de definição, em razão de não abranger a interação de diversos subsistemas, com implicações mais amplas de ordem espaço-temporal, uma vez que a identificação das fronteiras do espaço se estende através de complexa rede de inter-relações. Outra implicação está calcada nas deficiências instrumentais e metodológicas de verificação das reações dos ecossistemas à ação antrópica. Nesse sentido, os impactos ambientais podem ser diretos (primários) ou indiretos (secundários); de curto ou longo prazo ou, também, de curta ou longa duração; de natureza cumulativa e sinérgica; ou, ainda, reversíveis ou irreversíveis.

A **degradação ambiental**, por sua vez, é causada por **poluentes** e outros **impactos ambientais**, emitidos pela atividade humana. É a interferência do homem no meio ambiente, mediante o emprego de substâncias ou energias tóxicas, passíveis de gerar danos à saúde humana, a todos os **sistemas ecológicos**, bem como ao patrimônio estético e cultural e de afetar os recursos naturais para uso futuro. LA ROVERE (1990), ao citar Holdgate (1979), assinalou que os poluentes, após a emissão, percorrem caminhos diversos, perpetrando no meio ambiente, via solo, água, ar. A taxa de emissão do poluente,

as características de sua dispersão e concentração e a taxa de remoção do meio por agentes físicos, químicos e biológicos é que vão determinar o seu nível de concentração em cada ponto do trajeto. Dessa forma, um impacto ambiental deve ser avaliado, levando-se em consideração a interação entre o poluente e o meio receptor e os efeitos adversos advindos sobre a natureza, escala e importância e sua variação ao longo do tempo.

Em suma, a **poluição** afeta os meios físico e fisiológico, estabelecendo a relação íntima do **meio ambiente** com a **ecologia**. É o rompimento do equilíbrio ecológico existente, podendo ou não levar a um novo equilíbrio.

O dano ambiental, na esfera jurídica, consiste na agressão ao meio ambiente e na violação do direito de todo cidadão a esse meio ambiente ecologicamente equilibrado, como direito fundamental, conforme consagrado na Carta Magna, artigo 225, *caput* (BRASIL, 1988). A lesão ao meio ambiente implica diminuição, subtração ou destruição dos bens ambientais que fazem parte integrante do meio ambiente global (o solo, a água, o ar, as espécies e os espécimes da fauna e da flora, os recursos genéticos, os ecossistemas, os processos ecológicos, as paisagens e os bens e valores culturais), de conformidade com o artigo 3.º, v, da Lei 6.938/81. MIRRA (2003) admitiu que o dano ambiental atinge não apenas o suporte material do meio ambiente, mas igualmente a qualidade ambiental como um todo, na condição de bem incorpóreo e imaterial, afetando o conjunto de condições, relações e interdependências que garantem a vida e preservam o equilíbrio ecológico e ambiental.

Simultaneamente ao dano ambiental, a legislação brasileira, Lei 8884/94, reconhece a reparabilidade do dano causado à qualidade do ambiente em si e do dano moral ambiental ou dano coletivo, considerado como o sentimento de frustração e de perda da sociedade, decorrente da lesão a determinado bem ambiental, o que expressa afeição, encantamento ou respeito. Significa dizer que os danos devem ser reparados, ou seja, compensados.

Observou bem MIRRA (2003) que, na verdade, a **degradação do meio ambiente e dos bens ambientais**, uma vez consumada, "não permite jamais, a rigor, o retorno da qualidade ambiental ao estado anterior ao dano, restando

sempre seqüelas do dano ambiental insuscetíveis de serem totalmente eliminadas", ou seja, "há sempre em maior ou menor grau, algo de irreversível na lesão acarretada ao meio ambiente". Enfatizou que, dos pontos de vista ambiental e ecológico, os danos podem ser irreversíveis, todavia nunca serão irreparáveis, em se tratando do ponto de vista jurídico. É o princípio da reparação integral do dano de que trata o Código Civil Brasileiro em seu artigo 944, que postula essa reparação ao bem ambiental, bem como a toda extensão dos danos produzidos em consequência do fato danoso à qualidade ambiental. Cabe aqui incluir:

a) os efeitos ecológicos e ambientais da agressão inicial a um bem ambiental corpóreo, que estiverem no mesmo encadeamento causal (por exemplo a destruição de espécimes, *habitats* e ecossistemas inter-relacionados com o meio imediatamente afetado); b) os denominados danos interinos, ou seja, as perdas de qualidade ambiental havidas no interregno entre a ocorrência do prejuízo e a efetiva recomposição do meio degradado; c) os danos ambientais futuros que se apresentarem como certos; d) os danos irreversíveis à qualidade ambiental e, e) os danos morais coletivos resultantes da agressão a determinado bem ambiental (BRASIL, 2002).

Do exposto, verifica-se a interatividade dos vários conceitos pertinentes ao meio ambiente, o que permite reforçar a importância de ações voltadas para a conservação dos recursos naturais, promovendo, de igual forma, o potencial produtivo de tais recursos. Há de se atentar para o uso racional de cada ecossistema, minimizando os impactos ambientais, de forma compatível e a manter a qualidade de vida de cada um de seus componentes.

A partir dessa base conceitual, discutem-se, nos tópicos subsequentes, os recursos naturais estribados na teoria econômica e as implicações sobre o meio ambiente mais especificamente ao uso do Cerrado.

2.2. Ecossistemas dos cerrados

O Cerrado, como o segundo maior bioma do Brasil e da América do Sul, superado apenas pela floresta Amazônica, abrange cerca de um quarto do território brasileiro, perfazendo cerca de dois milhões de quilômetros quadrados. Percorre 13 unidades da Federação: Bahia, Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Piauí, Rondônia e

Tocantins, incluindo áreas-satélites nos Estados de Roraima, Amapá, Pará e São Paulo (VARGAS e HUNGRIA, 2003).

O núcleo central localiza-se no Brasil central, incluindo Goiás, Tocantins, Mato Grosso do Sul, parte do sul de Mato Grosso, sul do Maranhão, sul do Piauí, oeste e norte de Minas Gerais, oeste da Bahia e Distrito Federal.

As áreas marginais, que são prolongações do núcleo central, irradiam-se para o norte, oeste e sul do País e alcança os demais estados, formando áreas disjuntas do cerrado, que são fragmentos dessa vegetação, a exemplo daquelas que ocupam um quinto do Estado de São Paulo e os Estados de Rondônia e Amapá.

A grandiosidade desse domínio pode ser visualizada ao se perceber que, dentro desse espaço, caberiam as Alemanhas Oriental e Ocidental, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Portugal, França, Grã-Bretanha, Holanda e Suíça, que perfazem um total de 1.970.939 km² (COUTINHO, 2004).

A cobertura vegetal apresenta diferentes paisagens, predominando três tipos:

campo sujo e campo limpo (12%), cerrado (67%) e cerradão (10%), definidos em ordem crescente de densidade da biomassa presente em condições naturais. A existência de cada um desses tipos está associada a um conjunto de condições ambientais (edáficas e climáticas) específicas (CUNHA et al., 1994).

O cerradão é o que apresenta maior densidade, árvores altas e composição distinta; o cerrado tem árvores baixas e mais esparsas; os demais tipos apresentam redução da densidade arbórea, compostos por tapete de gramíneas de aspecto rasteiro, com raízes pouco profundas. Em período de seca, assemelham-se à palha, favorecendo a propagação de incêndios.

A vegetação típica do Cerrado apresenta troncos tortuosos, de baixo porte, ramos retorcidos, cascas espessas, folhas grossas e sistema radicular profundo. Essa característica não se deve à falta de água, mas a fatores edáficos do solo, devido ao desequilíbrio no teor de micronutrientes, como alumínio (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA, 2004).

Outras paisagens acompanham os curso d'água, tomando configuração de florestas de galeria ou matas ciliares. As três maiores hidrobacias da América do Sul (Tocantins, São Francisco e Prata) cortam o Cerrado, protegendo uma biodiversidade surpreendente. É nele que também se encontram nascentes de cinco grandes bacias brasileiras: Amazônica, Tocantins-Araguaia, Atlântico Norte-Nordeste, Atlântico-Leste e Paraná-Paraguai (EMBRAPA, 2005). Há de se ressaltar que o Cerrado é considerado a grande caixa d'água mineira e nacional, uma vez que por ele saem os grandes rios que vão formar todas as bacias hidrográficas brasileiras, concentrando o maior aquífero do País. Em Minas Gerais, nascem e correm cerca de 1,8 mil cursos d'água, que ajudam a formação das bacias dos rios São Francisco, Jequitinhonha e Pardo, além de outros, a exemplo dos rios das Velhas, Jequitaí, Pacuí, Pandeiros, Verde Grande e Urucuia.

É essa diversidade ambiental que confere ao Sistema dos Cerrados o caráter fundamental da biodiversidade. A flora da região está estimada em cerca de 10 mil espécies de plantas diferentes; a fauna com cerca de 837 espécies de aves registradas, em que 759 se reproduzem na própria região; 180 espécies de répteis e 195 de mamíferos, sem contar com milhares de espécies de insetos. Estes últimos são essenciais no consumo e decomposição da matéria orgânica, além de importante fonte alimentar de muitas espécies da fauna (IBAMA, 2004).

O relevo apresenta-se plano ou levemente ondulado. Um dos fatores que elevam a suscetibilidade à erosão é o relevo ondulado. Combinado com outros fatores, o relevo plano permite a utilização intensiva da mecanização agrícola, o que pode ampliar o potencial de erosão.

O solo do cerrado é antigo, em geral profundo, poroso, permeável e bem drenado e, por isso, intensamente lixiviado; apresenta baixa fertilidade natural e acidez acentuada. O teor de matéria orgânica dos solos é pequeno, variando de 3 a 5%, e com ínfima camada de húmus. A decomposição do húmus é lenta devido à sazonalidade do clima, com longo período de seca (COUTINHO, 2004).

O clima caracteriza-se por duas estações bem definidas: uma seca, que vai de maio a setembro, e outra chuvosa. No meio da estação chuvosa são

freqüentes os períodos de estiagem, denominados veranicos, que refletem negativamente sobre as lavouras, comprometendo seriamente o seu rendimento. A temperatura, em geral, oscila entre 21 e 27 °C, dependendo da região dentro do Cerrado.

Isso posto, verifica-se que o Cerrado apresenta-se como uma região bastante peculiar ao aliar sua rica biodiversidade a uma aparência árida, em decorrência de solos ácidos e pobres, e exibir somente duas estações climáticas (seca e chuvosa).

2.3. Economia ambiental neoclássica aplicada à exploração dos Cerrados

Considerando que a atividade agropecuária se encontra intimamente relacionada à exploração de recursos naturais, é imperativo apresentar as principais contribuições teóricas pertinentes à questão ambiental, que venham respaldar o uso do solo do **Cerrado**.

As várias teorias mostram quão complexo, extenso e profundo é o assunto. Inúmeras são as correntes de pensamento que direcionam o raciocínio a quesitos específicos. Não existe teoria que possa condensar toda a complexidade e diversidade encontradas no relacionamento multifuncional das atividades econômica e meio ambiente. Não obstante a extensão da literatura, algumas questões precisam ser suficientemente esclarecidas, dada a forte associação da agropecuária, recursos naturais e economia. Esse trinômio é indissociável. Torna-se, pois, imperativo construir as bases para melhor compreensão e formação de uma visão holística sobre as relações de produção agropecuária e degradação no Cerrado.

A Economia Ambiental Neoclássica, que trata da interface entre a economia e o meio ambiente (MUELLER, 1996), tem considerado os aspectos da extração dos recursos naturais do ecossistema e a deposição de resíduos e dejetos nesse mesmo ecossistema. Com essa visão, surgiram a teoria dos recursos naturais (Economia dos Recursos Naturais) e a teoria da poluição (Economia do Meio Ambiente).

Sob a perspectiva ecológica, a economia apresenta-se embasada nas leis da termodinâmica, fundamentando-se nos fluxos de energia dos ecossistemas.

2.3.1. Economia dos recursos naturais

A exploração do Cerrado pela atividade agropecuária tem mostrado que o uso desse bioma, disponibilizando de seus recursos naturais, deve ser estudado em todos os seus aspectos. A economia dos recursos naturais permite explicar a interação desses recursos ambientais e a economia.

Cropper e Oates (1992), citados por BACHA (1994), fizeram referência à expressão Economia de Recursos Naturais, como a que realiza estudos sobre a alocação intertemporal de recursos renováveis e não-renováveis ou exauríveis, seu gerenciamento, análise de extinção de espécies e de sua irreversibilidade de desenvolvimento no decorrer do tempo.

BACHA (1994) utilizou o termo recurso natural numa concepção bastante ampla, incluindo os recursos minerais e biológicos, além dos recursos incidentes, como radiação solar, ciclo hidrológico, ventos e correntes oceânicas; e os recursos ambientais, como ar, água, solo e espaço.

Os recursos naturais, em geral, são classificados em renováveis e não-renováveis. Não existe uma delimitação muito clara entre essas duas categorias.

Um recurso natural é considerado renovável quando seu estoque remanescente permite a renovação desse recurso (FISHER, 1981; HOMMA, 1989; DORST, 1990; MARGULIS, 1990b; PEARCE e TURNER, 1990). São exemplos de recursos naturais renováveis florestas, peixes do mar e produtos agrícolas, dentre outros, desde que em sua exploração os estoques garantam a sua regeneração.

MUELLER (1996), citando Conrad e Clark (1986), asseverou que o recurso natural escasso é renovável ao apresentar as capacidades de reprodução e ampliação. A ampliação pode se dar pelo crescimento da população, ou do fluxo constante ou periódico originário de fonte inanimada ou de energia.

FISHER (1981), no entanto, explicou que os recursos renováveis são diferentes dos recursos exauríveis ou não-renováveis, em virtude do fato de eles serem naturalmente regenerados em períodos de tempo, o que é relevante para a exploração humana. A redução de alguns recursos naturais, como a população de peixes ou de produtos agrícolas, em algum período é apenas temporária, a menos que a população tenha sido reduzida para além do ponto, na direção à exaustão. Dentro de relativamente poucos períodos, o crescimento natural do recurso permitirá recuperar a biomassa perdida, no montante exato para sua regeneração. Esse não é obviamente o caso da exaustão do recurso como o petróleo. Unidades remanescentes no estoque, após serem extraídas, não crescem e nem juntas formam novas unidades. Então, é verdadeiro que recurso renovável pode se tornar exaurível.

Na realidade, existe tendência ao esgotamento de um recurso natural com grande estoque, em geral, para atender a uma demanda crescente, o que pode ser comprovado, a exemplo do que ocorre com a extração madeireira na região amazônica. Essa atividade econômica tem sido incrementada, dada a grande dimensão de seu estoque, bem como a relação de complementaridade com a expansão da fronteira agrícola e com o crescimento populacional.

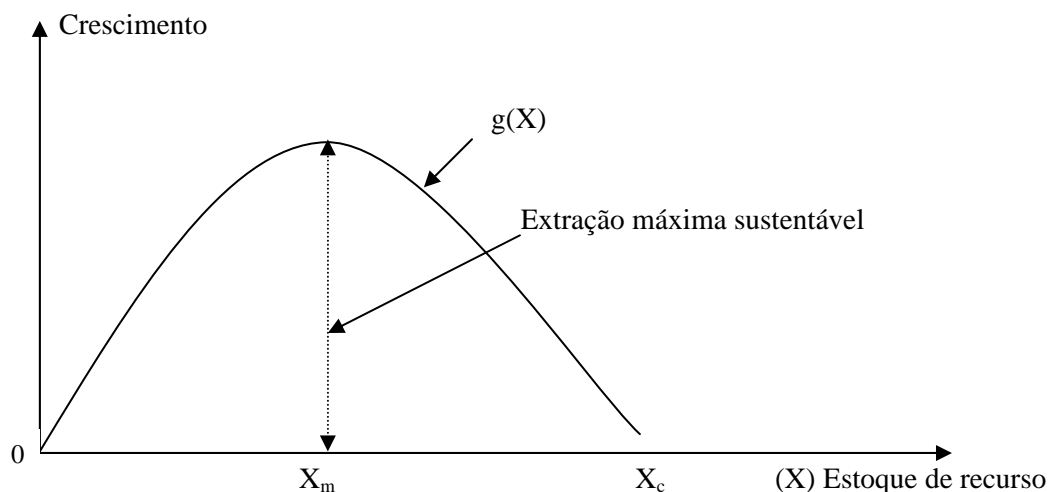
HOMMA (1989) esclareceu que o esgotamento dos recursos florestais leva à destruição das demais atividades extrativas. A baixa velocidade de regeneração desse recurso releva a especificidade de um recurso renovável com a característica de irreversibilidade, em decorrência da destruição da planta-matriz, como geradora do recurso econômico. Dessa forma, os recursos naturais considerados renováveis tornam-se exauríveis, em face do desequilíbrio na capacidade de regeneração. Em contrapartida, os recursos não-renováveis podem apresentar resultado inverso, em razão da possibilidade de reciclagem.

FISHER (1981) explicou esse aspecto, afirmando que a produção ótima sustentável é equivalente à produção máxima sustentável, freqüentemente recomendada por biólogos e tomadores de recursos. Nesse sentido, apresentou modelo desenvolvido, inicialmente para a indústria pesqueira, podendo ser utilizado em outros recursos renováveis, a exemplo de biomassa, florestas,

produtos agrícolas e outros, conforme estudos realizados por Cummings (1971), Burt (1964, 1967, 1970), Brown e Hammack (1972, 1973), V. L. Smith (1975), Beddington et al. (1975), Wilen (1976) e Hochman e Zilberman (1980), citados por FISHER (1981).

O modelo de crescimento do recurso pesqueiro, segundo FISHER (1981), inicia com a Lei de Crescimento Natural. A suposição usual sobre a forma da lei do crescimento é que o crescimento da população é uma função simples do tamanho ou do nível dessa população (recurso estocado), mas o relacionamento não é monotônico. Assume-se que a taxa de crescimento aumenta com o nível da população (estoque), em algum período se eleva ao máximo e, então, declina. O ponto fundamental desse processo é que o ambiente natural tem capacidade de suporte do recurso, um máximo de população que pode sustentar. Quer dizer, esse processo é definido pela capacidade de suporte do *habitat* em que vive a população. À medida que a população ou estoque se aproxima do ponto máximo, o crescimento necessariamente torna-se lento, próximo de zero.

A Figura 2 ilustra a função de crescimento $g(X)$ de qualquer recurso natural.



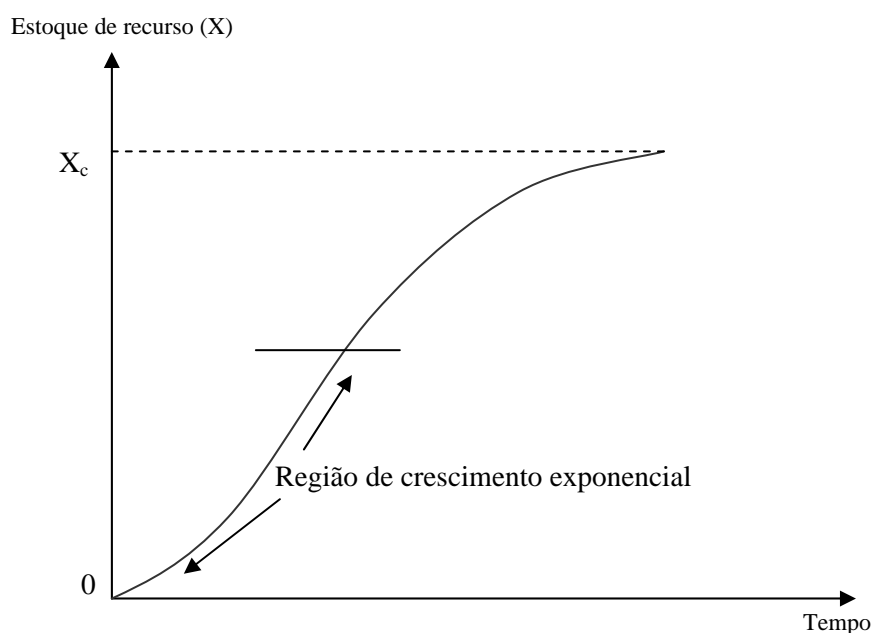
Fonte: FISHER (1981).

Figura 2 – Lei do crescimento natural.

A quantidade de recurso existente ou o seu estoque é representado por X . Verifica-se que ocorre o crescimento inicial do recurso, porém não indefinidamente, uma vez que a competição se estabelece entre os recursos naturais. Assim, a capacidade de suporte do sistema (*carrying capacity*) indica o número máximo desses recursos (X_c). Em outras palavras, quer dizer que toda floresta, peixes ou área de cultura agrícola têm um limite de crescimento, devido à quantidade de alimentos disponível, permitindo apenas uma quantidade de X_c , capacidade de suporte do sistema.

MARGULIS (1990b) elucidou melhor a questão, afirmando que "o ponto de inflexão da curva (o ponto onde o crescimento é máximo) é chamado de produção máxima sustentável (*maximum sustainable yield*), *PMS*. Este é o ponto em que o crescimento populacional potencial é máximo e, sendo menor que X_c , é sustentável, ou seja, pode ser mantido indefinidamente".

O crescimento do estoque também pode ser representado pela Figura 3, em que são mostrados simultaneamente o crescimento e o tamanho do estoque, em função do tempo. Assume-se que o crescimento impulsionado de início é modesto, quando o estoque é ainda muito pequeno; então se eleva e, depois, diminui. Primeiramente, é uma série sucessiva de grandes incrementos e, depois, de pequenos incrementos.



Fonte: FISHER (1981).

Figura 3 – Nível de estoque como função do tempo.

MUELLER (1996) complementou o assunto asseverando que, por período de tempo, o custo de extração/exploração de um recurso varia inversamente à população ou ao estoque desse recurso no início do período "e diretamente ao fluxo de esforço (ou seja, ao uso de fatores e insumos na extração) durante o período. *Ceteris paribus*, quanto maior a população (o estoque), menor o custo; quanto maior o esforço, maior o custo". Portanto, o nível ótimo de extração deve estar sempre associado às funções crescimento e custo de extração e, ainda, à demanda pelo recurso renovável, fator essencial de elo entre o mercado e o processo de exploração. Dessa forma, "para todos os efeitos o ótimo econômico nunca coincide com o 'ótimo biológico'" (MARGULIS, 1990b). Quer dizer que um ótimo econômico pode levar à exaustão um recurso renovável. É o que está acontecendo com as florestas tropicais no Brasil, em que o desmatamento não leva em conta o MSY, de modo que a taxa de exploração supera a capacidade de reprodução ou regeneração das florestas.

O mesmo fenômeno tem ocorrido com o **Cerrado**, em que desmatamento, queimadas e demais práticas indevidas têm colocado em risco sua sobrevivência, ao não permitir, em tempo hábil, a sua recuperação, conduzindo-o à extinção. Essas considerações levam ao raciocínio de que se deve manter, então, um nível de população (estoque de recurso) superior àquele requerido pelo MSY, para que ocorra com maior segurança a extração ótima.

Em resumo, MARGULIS (1990b) assinalou que os recursos renováveis têm condições de se tornarem "exauríveis, e estes, apesar de não se tornarem renováveis, podem ao menos ser considerados não-exauríveis". Apresenta alguns fatores que são determinantes para que isso ocorra, como o horizonte de planejamento, o nível de utilização do recurso, dos custos de exploração e da taxa de desconto, dentre outros. É o caso do petróleo, considerado tipicamente não-exaurível, uma vez que o tempo de sua formação depende de milhares ou milhões de anos.

Sob esse aspecto, FISHER (1981) relatou que as condições que governam o uso ótimo normalmente refletirão na fundamental distinção entre recursos exauríveis e renováveis. Em particular, o estado constante, envolvendo uma produção sustentável do recurso para a manutenção do estoque (capacidade de suporte), será normalmente ótimo.

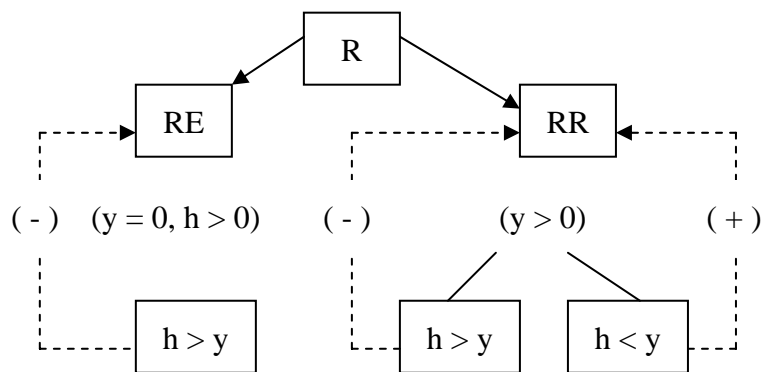
É com esse raciocínio que PEARCE e TURNER (1990) apresentaram o solo e alguns outros recursos, como um misto de renováveis e não-renováveis. Sob esse aspecto, o **Cerrado** pode ser explorado indefinidamente, por milhões de anos, ou perder o seu potencial produtivo, dependendo da tecnologia e manejo utilizados e de sua aptidão natural. Assim, o problema de sua utilização se converte em uma questão de escolha intertemporal: *trade off* entre o presente e o futuro, verificando-se o peso dos benefícios esperados e os custos associados ao seu uso.

Nessa linha de raciocínio é colocada a questão do tempo de exploração dos recursos exauríveis, que, se lenta ou rapidamente, apresentam reflexos na restrição da oferta e no aumento dos preços; deve existir uma estratégia ótima de utilização de recursos exauríveis. É o ótimo econômico. Alocações diferentes de

recursos implicam, cada qual, determinado nível de bem-estar. A melhor alocação ou aquela superior às demais é denominada alocação ótima, ou seja, a que for socialmente eficiente. No caso, o caminho ótimo de exaustão implica duas condições: a existência do custo de oportunidade (ou *royalty*) e a evolução dos preços e do valor do *royalty* no tempo (FISHER, 1981; MARGULIS, 1990b).

Em se tratando de recurso renovável ou não-renovável, cabe à economia contribuir para a avaliação das relações entre oferta e demanda dos recursos naturais, a sua melhor alocação com vistas a maximizar o bem-estar da sociedade, em que nível de exploração e quais as políticas intervenientes garantam tal maximização.

Em essência, a implicação mais importante dos raciocínios anteriores é o fato de que a exploração de um recurso renovável deve-se dar a uma taxa menor que sua capacidade de regeneração. Caso contrário ocorrerá a exaustão (Figura 4), conforme explicitaram PEARCE e TURNER (1990).



Fonte: PEARCE e TURNER (1990).

Figura 4 – Recursos naturais e sua capacidade de regeneração.

O estoque de recursos renováveis (RR) tem uma queda significativa (-), quando a taxa (h) de utilização (extração ou exploração) for maior que a produção (y) do recurso ($h > y$). Uma taxa de utilização menor que a produção ou regeneração do recurso ($h < y$) favorece (+) o estoque de recurso renovável.

Verificou-se que os recursos renováveis se convertem em recursos exauríveis, quando a exploração, extração ou deposição de dejetos forem acima de sua capacidade de regeneração ou produção de estoque, tornando-se um recurso finito. No caso do solo, DORST (1990) afirmou que a taxa de restabelecimento do solo tem diminuído com uma baixa de 40-50 para 20%.

Quanto à produção do estoque de recursos exauríveis (RE) pode ser considerada nula ($Y = 0$), uma vez que a formação desse recurso é dependente de longo período de tempo (por exemplo, o petróleo). A sua extração apresenta queda no estoque, podendo ser significativa ou não, dependendo da quantidade extraída e do horizonte de tempo.

Tomando como exemplo o caso particular deste estudo, que envolve o uso do solo no **Cerrado** em atividades agropecuárias, verificou-se tratar-se de uma região que apresenta fragilidade não só em relação à conservação dos solos, mas igualmente em relação às espécies minerais, vegetais e animais. Significa dizer, conforme BRANCO (2000), que, se a exploração for feita em uma proporção maior do que o sistema é capaz de suportar, há o risco de terras tornarem-se improdutivas, os animais e as plantas desaparecerem, os solos e as águas ficarem envenenadas e a região transformar-se em deserto, conforme já ocorrido há milhões de anos.

Vale ressaltar que a descoberta de novas jazidas, a disponibilidade de recursos alternativos, o desenvolvimento de tecnologias substitutas ou que venham recuperar a exploração de alguns recursos naturais, fatores de risco e incerteza podem, inclusive, antecipar ou postergar a sua exaustão. São fatores que interferem e pesam na categorização do recurso em ser renovável ou não.

Em síntese e do que foi exposto, pode-se afirmar que o âmago de toda crise ambiental respalda-se no aproveitamento dos recursos naturais. Essa afirmativa torna-se evidente ao serem consideradas as três funções econômicas dos ambientes naturais: como fornecedores de insumos, assimiladores de resíduo e como produtores diretos de amenidades positivas (PEARCE e TURNER, 1990).

São funções que permitem que os recursos naturais sejam afetados pelas atividades econômicas no fornecimento de insumos e que sejam depositários de rejeitos, com reflexos sobre as amenidades. Em outras palavras, além dos efeitos sobre as capacidades de absorção e regeneração desses recursos, podem ocorrer o desgaste ou contaminação diretamente causada pelas atividades econômicas (MARGULIS, 1990b).

A influência do processo econômico sobre o meio ambiente tem alterado substancialmente sua qualidade, ao extrair recursos de baixa entropia², ordenados, e restituir a esse mesmo ambiente lixo, resíduos de alta entropia e matéria em desordem (CAVALCANTI, 1997).

Sob esse aspecto, PEARCE e TURNER (1990) assinalaram que o resíduo é gerado em cada estágio do processo produtivo. Isso significa dizer que o resíduo (W) surge desde o processamento do recurso natural (R), perpassando pela produção industrial (P) e sendo gerado também pelos consumidores finais (C), de modo que:

$$\begin{array}{ccc} R & \Rightarrow & P & \Rightarrow & C \\ \Downarrow & & \Downarrow & & \Downarrow \\ W_R & & W_P & & W_C \end{array}$$

Considerando que a quantidade de lixo (W) em qualquer período é igual à de recursos naturais utilizados, então $R = W = W_R + W_P + W_C$.

A equivalência observada é postulada pela Primeira Lei da Termodinâmica de que não se pode criar ou destruir energia ou matéria, ou seja, tudo o que é utilizado retorna ao sistema ambiental. Implica o fato de que o material do meio ambiente usado no sistema econômico é nele acumulado ou volta à natureza como refugo, podendo levar à sua degradação.

Segundo AYRES e KNEESE (1977), "em essência, os bens que são 'consumidos' apenas fornecem certos serviços. Sua substância material continua existindo e, ou, eles são reaproveitados ou são descartados no meio ambiente".

² Entropia – É o desgaste natural e irreversível da energia de um sistema fechado, significando reduções na disponibilidade de matéria e energia ordenadas, em condições de serem usadas pelo homem.

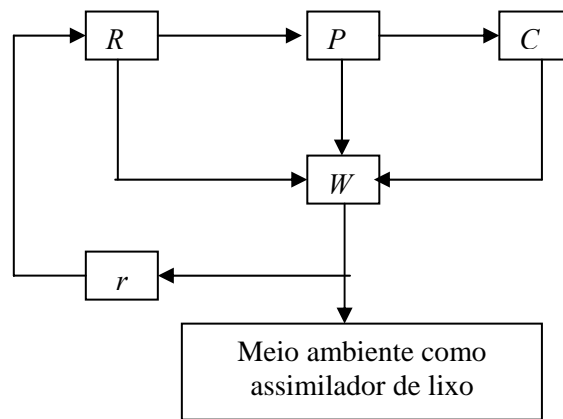
Assim, nada pode ser destruído, mas pode ser convertido ou dissipado, ou seja, utilizado entropicamente.

As leis de conservação de energia e massa provêm, em última instância, da inevitável conexão entre produção e externalidades e mostram que resíduos simplesmente não podem ser feitos para dissipar (BAUMOL e OATES, 1979).

A conversão apóia-se na reciclagem. Nesse sentido, PEARCE e TURNER (1990) citaram Boulding (1966), que fez uma analogia entre o sistema econômico e a Terra ("The economics of the coming spaceship Earth"). O estudo indica a necessidade de contemplar a Terra como um sistema econômico fechado, em que a economia e o meio ambiente não se caracterizam por interligações lineares, mas por uma relação circular. Vale dizer "tudo é insumo para tudo o mais". Numa relação linear, a espaçonave Terra estaria fadada a desaparecer, em razão de não se reciclarem os materiais, ou seja, de não ocorrer o reaproveitamento dos diversos *outputs*, como geradores de novos *inputs*.

Já que o fim proposto pela economia é criar utilidade, a economia tem que se organizar convenientemente, não podendo ignorar o fato de que, fundamentalmente, um sistema fechado estabelece limites ou fronteiras, para que possa servir de caminho para alcance daquela utilidade.

Do exposto, o sistema linear pode agora começar a ser convertido em um sistema circular (Figura 5), conforme a contribuição de Boulding (1966), segundo PEARCE e TURNER (1990):



Fonte: PEARCE e TURNER (1990).

Figura 5 – Meio ambiente, reciclagem e assimilação do lixo.

O resíduo (W) ou os *outputs* gerados pelo recurso natural (R), produção (P) e consumidor final (C) podem, assim, ser reciclados (r) e convertidos em novos recursos (*inputs*). Todavia, no sistema econômico nem sempre o resíduo (W) é reciclado, devido à extensa modificação em sua estrutura básica ou na sua inviabilidade técnica, sendo, então, dissipado no interior do sistema. Vale dizer que é utilizado entropicamente. Essa é a segunda Lei da Termodinâmica, que reza que em sistemas fechados e sustentáveis a entropia é um obstáculo físico e limitante, uma vez que a entropia é a quantidade de energia que não é mais capaz de realizar trabalho. É a energia disponível, que tende a diminuir continuamente, sendo a medida do grau de desordem do Universo. Essa desordem pode ser revertida por um processo chamado de sintropia (anticaos), que é o de criação de vida, particularmente a fotossíntese. Implica coordenação de energias e tem por efeito diminuir a entropia, ou seja, o desgaste da energia e maximizar a sua utilização.

CAVALCANTI (1997) explicou que, embora a energia seja constante, conforme a Lei da Conservação, ocorre sua depreciação qualitativa, de maneira contínua e inexorável. Esse princípio encontra-se em todo o processo produtivo na economia e significa que

todas as formas de energia convertem-se em calor, o qual se distribui para os corpos mais frios, dissipando-se posteriormente no meio ambiente, de onde

irradia para o espaço sideral. É nessa constatação que se discerne a entropia como medida da degradação energética (Alekseev, 1986:10), expressa como uma função termodinâmica.

A capacidade do meio ambiente em assimilar, regenerar-se e converter o resíduo em produtos não prejudiciais ou ecologicamente úteis (segunda maior função do ambiente natural) é dependente da quantidade e qualidade do uso que lhe é dado ou do resíduo despejado.

Vale dizer que a intensidade da exploração dos recursos naturais, em decorrência da atividade agropecuária, incide fortemente na capacidade regeneradora, com vários riscos para a sobrevivência do ambiente natural. É o que pode ocorrer com qualquer ecossistema, principalmente em se tratando do bioma **Cerrado**. É, pois, a compatibilização entre a capacidade assimiladora e regeneradora do ambiente e o fluxo de uso e do resíduo que permitem o sistema econômico funcionar como um sistema natural "sustentável".

Em equilíbrio, o meio ambiente apresenta capacidade de se regenerar, assimilando o resíduo, convertendo-o e devolvendo-o ao sistema econômico.

No caso do **solo**, e especificamente do **Cerrado**, este recurso natural nem sempre será capaz de converter os subprodutos das atividades agropecuárias, indesejáveis e não-intencionais, em outros produtos ecologicamente úteis, em razão do descompasso entre as suas funções assimiladora e regeneradora com o fluxo dos resíduos agropecuários e o seu uso intensivo, levando-o à exaustão. Sob esse aspecto, faz da atividade agropecuária um provável fator de degradação ambiental, não permitindo que o sistema econômico funcione como um sistema sustentável.

MARGULIS (1990b) enfatizou que o excesso de poluição, o uso excessivo ou indevido dos recursos naturais levam a um saturamento da capacidade natural desses recursos em absorverem os poluentes e a se regenerarem. A capacidade de regeneração é que constitui um recurso natural renovável e não apenas os recursos naturais em si.

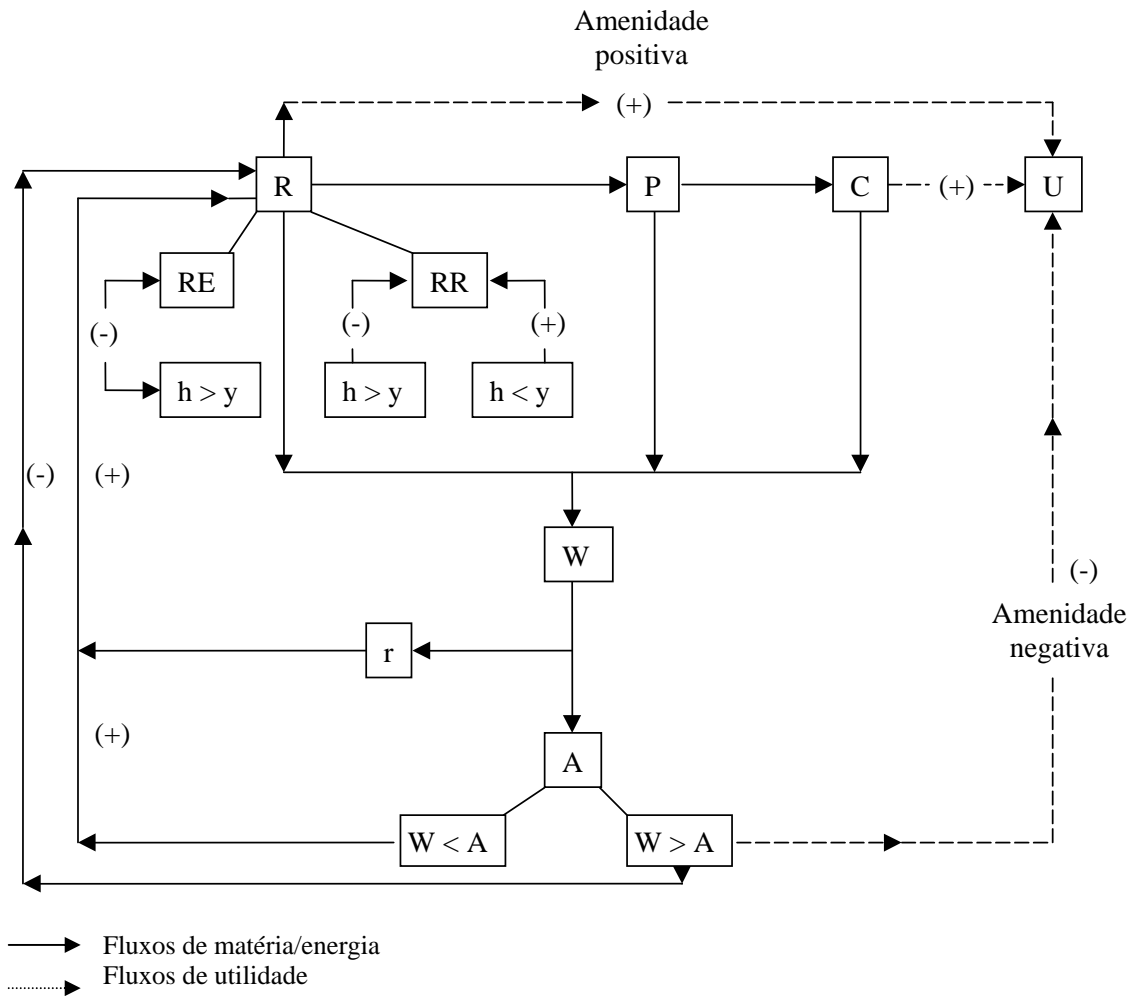
Outro fator fundamental no processo de regeneração é o tempo. A pressão sobre a capacidade de absorção e recuperação dos recursos naturais pode

ser tão forte que os leva à extinção ou a níveis tão baixos, exigindo tempo maior para reativar-se. É o que ocorre com as florestas naturais, solos agrícolas e demais recursos da natureza.

De fato, no caso dos **solos** o processo de regeneração apresenta forte dependência à pressão recebida pelo seu uso excessivo ou indevido em atividades pecuárias, ou pela intensidade de insumos industrializados em atividades agrícolas. Ambas as atividades geram reflexos diretos sobre a capacidade de absorção e regeneração, exigindo tempo maior para recuperação, quando não se extingue de vez.

Nesse sentido, DORST (1990) definiu a **capacidade-limite do solo**, assinalando que, em função da natureza do solo, do clima e da composição da vegetação, uma extensão determinada de terra só consegue alimentar um número limitado de herbívoros, no caso da pecuária, devendo o ritmo de regeneração do tapete vegetal equilibrar-se com o ritmo do pisoteio. Havendo excesso, ocorrem empobrecimento da vegetação e a conseqüente degradação do solo, uma vez que se encontra desprotegido de cobertura vegetal. À proporção que o solo se degrada, sua capacidade-limite reduz, acelerando o processo de degradação. Com isso, a distância entre a carga real de animais consumidores e aquela que o terreno pode suportar acelera-se progressivamente. Dessa forma, o excesso de pastoreio, em função da intensificação da pecuária, tende a provocar graves degradações do solo.

Do exposto, deve-se admitir que, ao desconsiderarem o meio ambiente e suas funções econômicas nas decisões sobre crescimento econômico e bem-estar social, a economia parecerá um sistema linear e aberto. Levando em consideração o meio ambiente, a economia parecerá um sistema fechado e circular, assegurado pelas Leis da Termodinâmica, como propõem PEARCE e TURNER (1990) em seu modelo de economia circular (Figura 6). Esse modelo identifica claramente as três funções econômicas do meio ambiente: fornecedor de recurso, assimilador de resíduo e fonte direta de utilidade.



Fonte: PEARCE e TURNER (1990).

Figura 6 – A economia circular.

A primeira função é a de fornecer *inputs* para o sistema produtivo, que tem início com a importação de recursos naturais (R), originados diretamente do ecossistema ou indiretamente da reciclagem, e finaliza com a satisfação das necessidades do consumidor (C), gerando utilidade (U) ou bem-estar. Dependente da intensidade de exploração (h), a capacidade de regeneração dos recursos renováveis (RR) fica comprometida ou se beneficia: maior intensidade de exploração ou extração (h) reduz o estoque do recurso (-); menor intensidade implica crescimento do estoque (+). Por sua vez, os recursos exauríveis (RE), desprovidos dessa capacidade, são afetados negativamente (-) pela extração (h).

Em termos físicos, o seu estoque não pode manter-se constante, a menos que não o use.

A segunda função do meio ambiente é assimilar o resíduo (W) ou as energias com elevada entropia. O resíduo (W) é gerado pelos sistemas natural (R), econômico (P) e consumidor (C) e, dependendo da situação, pode ser reciclado (r). Não sendo reciclado, o resíduo (W) é depositado definitivamente no meio ambiente, ou seja, a energia inicialmente importada do meio ambiente para o sistema econômico retorna, depois de processada, ao mesmo meio ambiente em forma de energia degradada. A capacidade assimilativa do meio ambiente permite converter o resíduo (W) novamente em produtos não-prejudiciais ou ecologicamente úteis. Se o resíduo (W) despejado no ambiente for abaixo da capacidade de assimilação do meio ambiente ($W < A$), o sistema econômico funcionará como um sistema natural "sustentável". Dentro de seus limites, o meio ambiente assimilará o resíduo e o devolverá ao sistema econômico (P) como recurso natural (R). Se for acima dessa capacidade ($W > A$), compromete a função econômica do ambiente, convertendo o recurso renovável (RR) em recurso exaurível, indicando que a capacidade de assimilação do ambiente é também um recurso finito.

A descarga de resíduo (W) em excesso, em relação à capacidade de assimilação (A), causa danos à terceira função do ambiente, qual seja de fornecer utilidade (U). O fluxo de consumo para utilidade é adicionado, conforme a seta tracejada (Figura 6), com vistas a destacar a terceira função econômica do meio ambiente, que é a de fornecer utilidade diretamente na forma de beleza, elevação espiritual, o prazer de visualizar paisagens agradáveis ou os sentimentos proporcionados pelo contato com a geração de amenidade positiva (aumento de bem-estar), que tem origem nos bens e serviços ambientais. Caso ocorra excesso de descarga de resíduo (W), em relação à capacidade de assimilação (A), a terceira função ficará comprometida, ocasionando amenidades negativas, que se traduzem em perda de bem-estar.

A Figura 6, representativa do fluxo circular, ilustra o funcionamento de todo e qualquer sistema e se aplica de forma pertinente, ao ecossistema **Cerrado**,

objeto do presente estudo, evidenciando a forte associação da agropecuária na exploração dos recursos naturais desse bioma.

O fluxo circular também é chamado de modelo de equilíbrio de materiais, ao considerar, com bastante propriedade, as três funções econômicas do meio ambiente. Essas são funções econômicas, porque todas têm valor econômico positivo: se fossem compradas e vendidas no mercado, todas teriam preços positivos. O grande perigo surge do mau tratamento dado aos recursos naturais, por não se reconhecer o preço positivo de suas funções, negligenciando-as ou subvalorizando-as, quer seja pelos indivíduos, quer seja pelas empresas, políticos e demais responsáveis possuidores de visão de curto prazo. Retratam o que se chama de miopias ambiental e gerencial.

Há de se considerarem as três funções econômicas (oferta de recursos, assimilação de resíduo e produção direta de amenidades positivas), como componentes da função geral dos ambientes naturais, que é a função de suporte à vida. CAVALCANTI (1997), pautado em van Dieren (1995), enfatizou que a realidade da economia não pode estar dissociada do que acontece no meio ambiente, considerando que o sistema econômico se regula pelos mesmos princípios que regem o ecossistema e dele demanda um elenco de serviços ecológicos providos pela natureza, como a regulação dos ciclos hidrológicos feita pelas florestas e a ação microbiana no solo, dentre outros. Esclareceu que, "na medida em que destruímos, alteramos ou nos apropriamos mais desses sistemas naturais para nós mesmos, tais serviços ecológicos ficam comprometidos".

Isso requer que o meio ambiente sobreviva, e mais, que preencha os valores humanos. O problema maior é que a estrutura das economias – de livre mercado, planejada ou mista – não oferece garantia de que as funções do ambiente natural possam persistir. Sabe-se da existência das economias e do meio ambiente, separadamente, ou seja, economia de um lado e meio ambiente de outro. Todavia, não se sabe o que precisa ocorrer para que ambas co-existam em equilíbrio, ou seja, requer-se um Teorema de Existência que integre uma economia ao conjunto das inter-relações ambiente-economia. Não existindo esse Teorema, ocorre falha no planejamento dos sistemas econômicos, ficando à

mercê dos livres mercados, priorizando o curto prazo e os mais variados interesses e colocando em risco o esgotamento dos recursos naturais, com a depreciação de suas funções vitais (PEARCE e TURNER, 1990).

O fato é que a alocação dos bens e serviços, proporcionados pela natureza, feita pelo livre mercado, tende a gerar a exaustão, estresse ou o rompimento do equilíbrio natural. As principais conseqüências da inexistência de mercado para os recursos naturais são sua alocação ineficiente e as externalidades negativas.

Isso posto, a exploração de qualquer recurso natural deve ser feita de forma economicamente racional. Ainda, o objetivo de crescimento econômico, de maneira desordenada, traz, freqüentemente, conseqüências ambientais indesejáveis. É preciso, pois, que o meio ambiente seja tratado como fator econômico, sujeito à escassez e apresentando custo alternativo positivo, ou seja, não nulo. Caso contrário, estará instalada a ineficiência econômica.

2.3.2. Economia do meio ambiente

A referência à Economia do Meio Ambiente, feita por Cropper e Oates (1992), contempla estudos sobre amenidades ambientais e a regulamentação das atividades poluidoras (BACHA, 1994). A valoração econômica da poluição como externalidade e as políticas ambientais decorrentes dessas externalidades constituem o foco central da Economia do Meio Ambiente.

Sob os fundamentos dessas teorias é que serão estudados as atividades agropecuárias e seus efeitos sobre o **Cerrado**.

2.3.2.1. Ineficiência econômica e externalidades

Em um sistema de mercados livres e competitivos, nem sempre a economia vai conseguir alocar eficientemente os seus recursos. Nem sempre será possível uma solução Pareto-Ótima. Isso significa dizer que "uma alocação tem eficiência de Pareto quando os bens não podem ser realocados para tornar maior

o bem-estar de uma pessoa sem que haja diminuição do bem-estar de outra" (PINDYCK e RUBINFELD, 1999). Para compreender as razões dessa não-eficiência, a teoria econômica neoclássica, a partir do teorema da economia do bem-estar, desenvolveu o estudo das economias externas, também denominadas externalidades, como uma explicação para as falhas ou imperfeições de mercado, em termos de maximização de bem-estar.

As externalidades são resultados de ações (decisões de consumo ou de produção) de agentes econômicos (pessoas ou empresas), que refletem positiva ou negativamente no bem-estar social. Significa dizer que apresentam efeitos paralelos sobre os consumidores ou produtores envolvidos, efeitos esses nem sempre plenamente refletidos nos preços de mercado, em que os custos que afetam terceiros não têm a devida compensação, ou seja, sem que ocorra qualquer compensação desses efeitos pelo gerador à parte afetada (AYRES e KNEESE, 1977; BAUMOL e OATES, 1979; PERMAN et al., 1999). Esses reflexos, quando positivos, tendem a trazer melhorias à sociedade. Contrariamente, as externalidades negativas ou deseconomias externas trazem ônus à sociedade, sem que esta seja compensada pelo mal que suporta.

À questão ambiental, como a que é retratada no presente estudo sobre os efeitos da exploração da agropecuária nos solos do **Cerrado**, aplica-se parte desse quadro teórico, implicando criar a base conceitual dos aspectos econômicos que envolvem, de forma geral, os recursos naturais.

Não se pretende identificar, nesse momento, a natureza dos efeitos ambientais que a agropecuária provoca no **Cerrado**. Não obstante, faz-se necessário mencionar que a escassez ou violação do Cerrado impõe um preço para esse bem, de valor econômico incalculável, independentemente de existirem transações ou não no mercado.

O fato é que a exploração da agropecuária de forma intensiva e em desacordo com as peculiaridades do bioma **Cerrado** pode promover a sua degradação, tornando-o um bem escasso para os múltiplos usos a que se pode destinar, alterando o nível de bem-estar da sociedade.

Nesse sentido, Ruttan (1991), citado por CUNHA et al. (1994), ressaltou os efeitos gerados pela "agricultura poluidora", presente muitas vezes no **Cerrado**. Descreveu os efeitos indesejáveis da tecnologia moderna, a exemplo da contaminação da água por nutrientes e pesticidas, e a maior resistência de insetos e ervas daninhas, associados à perda da capacidade produtiva do solo, em decorrência da erosão, lixiviação, salinização, compactação e desestruturação e assoreamento de bacias hidrográficas, e que formam um retrato dramático da completa degradação do meio ambiente. Salientou ainda que, pela expansão agrícola, ocorre a perda do *habitat* de espécies vegetais e animais, colocando em risco a sobrevivência dessas espécies e a destruição do germoplasma de valor econômico incalculável.

Com bastante propriedade, LANDERS (2000), ao estudar os efeitos do uso da tecnologia mecanizada convencional nas áreas de lavoura no **Cerrado**, mostrou que há fortes indícios de que essa tecnologia não seja sustentável no médio ou no longo prazo. Apresentou os efeitos da erosão e sua interação com os demais subsistemas ambientais e as externalidades geradas.

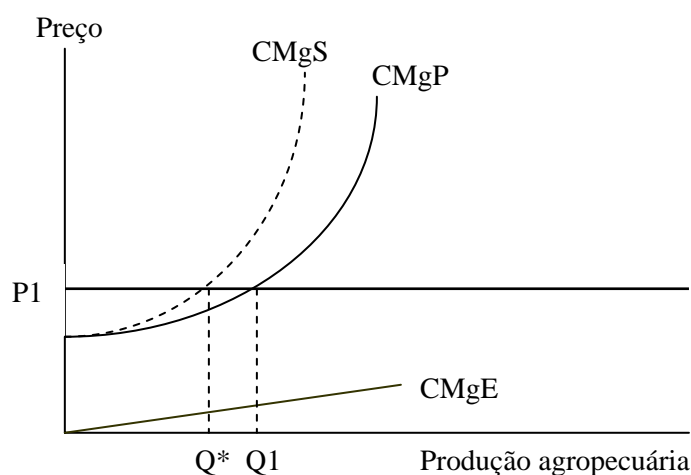
De início, imaginou-se que, por apresentar grande homogeneidade, essa região seria pobre em biodiversidade, devido à cobertura vegetal uniforme. Em tais condições, a exploração desse ecossistema representaria um custo ambiental irrisório. No entanto, é sabido que a aparente uniformidade da vegetação abriga uma rica diversidade biológica, e sua degradação representaria elevado risco de irreversibilidade, com seqüelas impossíveis de serem totalmente eliminadas, a um custo ambiental bastante significativo e de valor econômico incalculável. Alerta, ainda, para o risco da destruição do bioma **Cerrado**, que aumenta à medida que a agricultura se expande horizontal e verticalmente, em face da combinação da disponibilidade de terras com aptidão para cultivo e constante demanda por alimentos.

Como o uso dos recursos naturais não tem seu preço reconhecido pelo mercado, a solução competitiva torna-se ineficiente, fazendo que a degradação exceda o seu nível ótimo. No entanto, o seu valor econômico é definido na proporção em que seu uso modifica o nível de produção e de consumo da

sociedade, isto é, altera o nível de bem-estar dessa sociedade. Note-se, portanto, que a externalidade lida com preços que não se realizam no mercado competitivo, podendo-se dizer, então, que as externalidades se manifestam devido a preços ineficientes, principalmente quando os direitos de propriedade não estão bem definidos. É o que acontece com os recursos naturais, considerados bens públicos, que não são de propriedade de ninguém. Isso causa a ineficiência econômica, não permitindo que a economia se organize de forma socialmente ótima, devido à dicotomia entre os custos privados e os custos sociais.

No **Cerrado**, por exemplo, a erosão do solo ou a poluição dos recursos hídricos causadas pelo desmatamento, por práticas indevidas ou pelo lançamento de agrotóxicos causam perda de bem-estar, gerando um custo adicional para a sociedade, que terá que sofrer seus efeitos adversos. Caso o custo marginal social (CMgS) não se incorpore ao custo marginal privado (CMgP), estará se formando uma externalidade ou custos externos à economia dos agentes afetados e, conseqüentemente, um descompasso entre o preço privado e o preço social, afetando negativamente a eficiência econômica.

A fim de melhor explicitar tais considerações, considere-se a Figura 7, na qual se verifica que o CMgP é menor que o CMgS, não incorporando as externalidades geradas com a emissão de **agrotóxicos, pelo desmatamento ou intensificação da pecuária**. A empresa rural maximiza o lucro ao produzir a quantidade Q_1 , em que o preço iguala ao custo marginal privado (CMgP), sendo este último igual à receita marginal, uma vez que adota o preço fixo (P_1). Aumento no nível de produção da empresa rural gera incremento no custo externo social (CmgE), ou seja, o prejuízo incremental para a sociedade aumenta, comprometendo a capacidade-limite do solo e dos recursos hídricos, enfim, do **Cerrado**, devido a práticas agropecuárias inconvenientes, com um processo de degradação sem limites.



Fonte: PINDYCK e RUBINFELD (1999).

Figura 7 – Custo marginal externo.

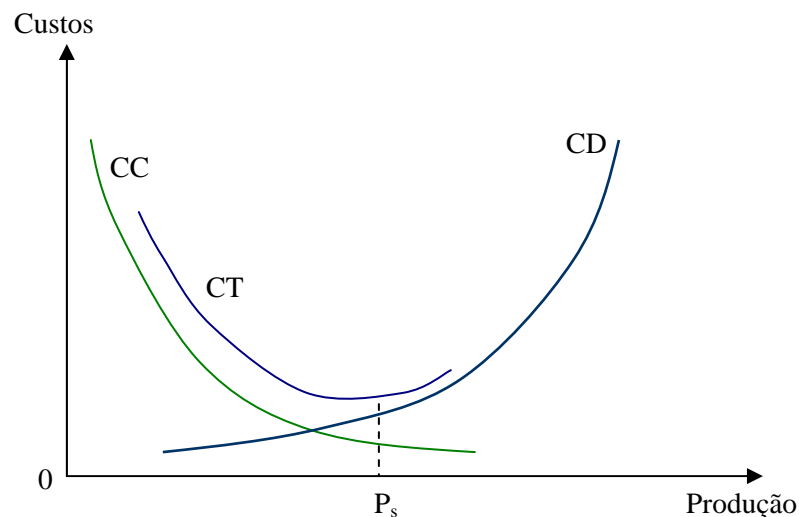
A empresa produz uma quantidade excessiva, podendo levar à completa degradação ambiental. Nota-se que, para a produção ser eficiente (Q^*), é necessário que o preço do produto se iguale ao custo marginal social da produção, que é o somatório do Custo Marginal da Produção (Privado) com o Custo Marginal Externo ($CMgS = CMgP + CmgE$).

O máximo de bem-estar social que se pode auferir é quando o custo social marginal se iguala ao benefício social marginal. Isso significa dizer que, quando o custo privado marginal também se igualar ao custo social marginal, ou seja, quando o benefício da degradação para a agropecuária for igual ao dano da degradação para a sociedade. Todavia isso nem sempre acontece, uma vez que os empresários têm conduzido o custo marginal privado diferentemente do custo marginal social, trazendo, conseqüentemente, desequilíbrios que se externam, em geral, de forma negativa.

Ao não incorporar o custo marginal social no preço de seus produtos, esse preço torna-se baixo e corresponde apenas ao $CMgP$, ou seja, não retrata com veracidade todos os custos envolvidos na sua produção, inclusive os de externalidade. Há, então, de se incorporarem esses custos ao preço.

A despeito das colocações precedentes, MARGULIS (1990a) julgou conveniente esclarecer e completar que o nível de poluição socialmente ótimo não é zero, uma vez que na produção Q^* ocorre um custo externo. Dessa forma, o nível ótimo de poluição é aquele socialmente desejável, conforme explicitado na Figura 8, em que CD = custos de degradação; CC = custos de controle; CT = custos totais; e P_s = nível ótimo de poluição.

Como o nível de produção é diretamente proporcional ao nível de poluição, pode-se afirmar que o eixo horizontal é também o próprio nível de poluição. Os custos de degradação (CD) referem-se aos custos externos, tanto ambientais quanto sociais, e crescem à medida que o nível de poluição se eleva. Já os custos de controle (CC) são inversamente proporcionais ao nível de poluição. Assim, quanto mais baixo o nível de poluição, maiores os custos de controle, com maiores gastos. O somatório dos CD com os de controle ambiental vai formar os custos totais (CT) e, como o objetivo é minimizá-los, então o ponto (P_s) é o nível ótimo de poluição, cujo valor é maior do que zero.



Fonte: MARGULIS (1990a).

Figura 8 – Custos de controle e de degradação.

Verifica-se, assim, que o ponto mínimo não ocorre na interseção dos custos de controle e de degradação, mas quando seus custos marginais se igualarem. Então, não se deve gastar nem mais nem menos em controle; caso contrário, o nível de poluição não será ótimo. O gasto a mais em controle, ou seja, o custo marginal de controle, só valerá a pena se for compensado por um ganho adicional maior; é o que se evita de degradação ambiental, que é o dano marginal. "O mesmo raciocínio se aplica caso se pense em diminuir o nível de controle; logo, no nível de poluição ótimo, é necessário que os custos marginais de controle e de degradação sejam iguais" (MARGULIS, 1990a).

Em verdade, a economia da poluição trata do nível ótimo de poluição, o que implica analisar os custos de controle e os custos de poluição, bem como a compatibilização desses custos com os níveis de atividade econômica.

Embora seja difícil determinar os custos marginais de degradação, conforme admitiu MARGULIS (1990a), existem evidências empíricas que indicam o nível ótimo de poluição, não invalidando, todavia, o seu estudo e a busca de alternativas de soluções. Essas são limitações da economia do meio ambiente, no que tange à medição dos custos ambientais e sociais, aliás, comuns a vários ramos da economia. Nesse caso, a correção do nível de poluição ou de externalidade para o socialmente desejável é viabilizado, a princípio, pela taxa sugerida inicialmente por Pigou.

A implicação mais importante desse raciocínio é que os problemas ambientais provêm do que pode ser descrito como uma limitação do sistema de preço. Sugere-se uma política de preço que obrigue o poluidor a pagar pelo prejuízo. Se o preço for acima ou próximo do controle da poluição ou da reciclagem, essa atividade será desencorajada. Caso contrário, se não incorporar o custo social de sua remoção, haverá um estímulo a se produzir mais lixo, mais poluição, ou seja, a degradar e a gerar mais externalidade. Esse é o caminho para resolver o problema. A análise também indica que as externalidades estão presentes e, na ausência de uma política efetiva, os danos sociais resultantes das externalidades poderão crescer intensamente com a expansão da população e da atividade econômica (BAUMOL e OATES, 1979).

A degradação ambiental, dessa forma, está ligada à falha no sistema de preços, que não incorpora os danos causados a terceiros e ao meio ambiente. Como este é considerado um bem público, existe a tendência de usá-lo o máximo possível, provocando externalidade. Há de se usá-lo, mas a custos sociais não-ascendentes, conforme argumentou CUNHA (1992). Isso significa que a elevação da produção agrícola ou o uso excessivo de qualquer recurso natural devem estar condicionados à essência da sustentabilidade, preservando a base de recursos naturais, em especial do solo. Caso contrário, poderão ocorrer a queda da produtividade e a conseqüente elevação dos custos de produção.

Seguindo essa linha de raciocínio, TIETENBERG (1994) defendeu o princípio do custo integral e o da capacidade de suporte, alegando a necessidade de incorporar os custos integrais no preço. A incorporação desses princípios é a essência da sustentabilidade, condição *sine qua non* para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida humana.

2.3.2.2. Desenvolvimento sustentável

A utilização racional dos recursos naturais para servir à produção atual e às gerações futuras constitui o princípio básico do desenvolvimento sustentável.

Uma resposta às preocupações sobre o crescente impacto da atividade humana sobre os recursos naturais e às evidências de que o desenvolvimento econômico estava gerando efeitos catastróficos sobre o meio ambiente veio em 1987, quando a Comissão Mundial do Ambiente e Desenvolvimento (Comissão Brundtland) publicou o seu histórico relatório, intitulado "Nosso Futuro Comum", e enfatizou a necessidade da proteção do meio ambiente na realização do "desenvolvimento sustentável". O conceito de desenvolvimento sustentável entrou no vocabulário com o seguinte significado: "(...) desenvolvimento (...) que atenda às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades" (WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1988; PRONK e HAQ, 1992).

Outra definição, dessa vez desenvolvida por Repetto (1986), assinalada por CUNHA et al. (1994), afirmou que o

Desenvolvimento Sustentável [é] uma estratégia de desenvolvimento que administra todos os ativos, os recursos naturais e os recursos humanos, assim como os ativos financeiros e físicos de forma compatível com o crescimento da riqueza e do bem-estar a longo prazo. O desenvolvimento sustentável, como ideal, rejeita políticas e práticas que dêem suporte aos padrões de vida correntes, à custa da deterioração da base produtiva, inclusive a de recursos naturais, e que diminuam as possibilidades de sobrevivência das gerações futuras.

DIEGUES (1989) relatou que o desenvolvimento sustentável requer uma relação mais harmoniosa entre o homem e a natureza. Também assinalou que o desenvolvimento sustentável tende a otimizar o potencial do meio ambiente em atender às necessidades da sociedade e a elevar a sua qualidade de vida, todavia requer que o crescimento econômico seja mais comedido, impondo certos limites a esse avanço, em favor do equilíbrio da capacidade de recuperação dos ecossistemas.

O núcleo central do desenvolvimento sustentável pauta-se na qualidade em vez da quantidade e incorpora os valores éticos, respeitando os limites da capacidade de suporte dos ecossistemas. Essa nova maneira de pensar e de agir exige que os países adotem um novo estilo de desenvolvimento.

Nesse contexto, o conceito de desenvolvimento sustentável apresenta três vertentes principais: crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico.

Do ponto de vista da perspectiva termodinâmica, CAVALCANTI (1997) assinalou que o crescimento econômico deve acontecer em conformidade com a capacidade de suporte dos ecossistemas, considerando-se simultaneamente maior equidade e aumento da eficiência econômica, de modo a minimizar os processos de elevação da entropia. Desse modo, o desenvolvimento sustentável contempla objetivos ecológicos associados à integridade dos ecossistemas, mantendo a capacidade de suporte dos recursos naturais, preservando a biodiversidade e respeitando os limites do meio ambiente; enfim, mantendo o equilíbrio ecológico. No campo social, devem ocorrer a coesão e a mobilidade social, com maior participação política dos cidadãos e respeito à sua identidade cultural, bem

como as condições favoráveis ao desenvolvimento das instituições sociais e o acesso ao poder.

Ao se referir à agricultura sustentável, REYDON (1997) utilizou o conceito desenvolvido pela Food Agricultural Organization (FAO), definindo-a como:

O manejo e conservação dos recursos naturais e a orientação de mudanças tecnológicas e institucionais de tal maneira a assegurar a satisfação de necessidades humanas de forma continuada para as gerações presentes e futuras. Tal desenvolvimento sustentável conserva o solo, a água e os recursos genéticos animais e vegetais; não degrada o meio ambiente; é tecnicamente apropriado; economicamente viável e socialmente aceitável.

Nesse sentido, há de se adequarem a intensidade e a forma de utilização dos recursos naturais, respeitando a sua taxa de regeneração natural. No entanto e em contrapartida, REDCLIFT (1992) afirmou que não é difícil perceber onde reside o interesse dos grupos humanos: na manutenção de ecossistemas jovens e altamente produtivos, em que a matéria orgânica e a biomassa não se conseguem recompor. A maximização da produção agrícola inevitavelmente conduz à remoção dos ecossistemas maduros ou impede o seu processo de regeneração e desenvolvimento, prejudicando a estratégia da natureza de máxima proteção ou adaptação. Em essência, o desenvolvimento agrícola implica necessariamente ameaça ao sistema ecológico e à manutenção do ecossistema, no qual se torna dispendioso subsidiar a energia que venha repor ou substituir seu processo natural. Sustentabilidade, numa prima concepção, não está somente ameaçada pelas práticas agrícolas inconscientes ecologicamente, está também acoada por toda a agricultura. Contudo, o nível de conversão de práticas ecologicamente nocivas não é simplesmente compensar a interrupção dos efeitos ecológicos; pelo contrário, deve garantir/assegurar que a produção não degrade os recursos naturais além do ponto de renovação.

MARGULIS (1990b) alertou sobre a precariedade do desenvolvimento sustentável na Amazônia e em outros biomas. Afirmou que os desmatamentos que têm como causa fundamental a expansão da fronteira agropecuária são utilizados para a cultura de subsistência dos pequenos produtores, seguida de grilagem, e consolidados, posteriormente, pela ocupação de latifúndios por

grandes proprietários. Em ambas as situações, os agentes promovem a maximização do lucro, adotando estratégias econômicas não compatíveis com o socialmente ótimo. São gerados, então, dois efeitos perversos, que se interagem. O primeiro é que o lucro, ou benefício máximo possível, não é alcançado, considerando-se que o valor econômico da floresta está muito acima do que se pode conseguir, mesmo adotando as melhores práticas agropecuárias. No entanto, o que acontece, em geral, é que a produção agrícola é o resultado de um esgotamento acelerado da fertilidade e das propriedades físicas naturais do solo – aqui há de se reportar à questão das diferenças entre os benéficos privados e os sociais. Os agentes envolvidos trabalham sempre numa perspectiva de curto prazo, não deixando entrever anteriores efeitos perversos de longo prazo nas gerações futuras e no valor potencial máximo de que a sociedade poderia se beneficiar com a exploração sustentável da floresta. O segundo efeito refere-se à perda da biodiversidade, mudanças no clima, repercussões sobre a fauna e flora terrestres e aquáticas, alterações hidrológicas e, mesmo, sobre as propriedades do solo. Enfim, são diversas as modificações causadas pelas atividades agropecuárias e com efeitos negativos para o ecossistema global da Amazônia. Asseverou que os efeitos advindos das atividades agropecuárias são externalidades ambientais, difíceis de serem valoradas economicamente e que:

atingindo determinadas proporções, tornar-se-iam irreversíveis e teriam efeitos catastróficos ... De qualquer forma, existem essas externalidades e, ao invés de taxar os agentes, é preciso antes controlar e limitar suas atividades para que a capacidade de suporte do ecossistema (entendida em sentido lato) não seja atendida (MARGULIS, 1990b).

Essas considerações levam ao que ARROW e FISHER (1977) enfatizaram a respeito da incerteza em relação aos valores e impactos no longo prazo, o que, conseqüentemente, vem acarretar sistemas normativos pouco eficientes no gerenciamento dos recursos ambientais quando se tem a sustentabilidade como o cerne da questão.

Fazendo a conexão entre a sustentabilidade e a agricultura sustentável, Cgiar (1989), mencionado por CUNHA et al. (1994), apresentou a sustentabilidade como:

Um conceito dinâmico, refletindo mudanças de necessidades, especialmente as decorrentes do crescimento populacional (...). O ideal de uma agricultura sustentável deveria ser a manutenção dos níveis de produção necessários para fazer face às crescentes aspirações de uma população mundial em expansão sem degradação do meio ambiente. Implica preocupação com a geração de renda, promoção de políticas adequadas e com a conservação de recurso natural.

Observou-se que, em relação às definições anteriores, os autores apontaram algumas condições a que o desenvolvimento sustentável deveria atender. Dentre elas, enfatizaram o incremento da qualidade de vida, que passa pelo crescimento da produção agrícola, em consonância com o crescimento da demanda. A estagnação econômica deixa, então, de ser opção. Outra condição é o maior controle dos processos biológicos pela própria agricultura, de modo que os ciclos de nutrientes se fechem dentro do setor agrícola. Ainda, o agricultor deve usar, de forma mais eficiente, os recursos naturais, bem como todos os demais fatores de produção, para obter o incremento da eficiência produtiva total. Todavia, os custos marginais devem ser não-ascendentes ao aumento da produção, devendo também haver a garantia de que a elevação do nível de bem-estar de uma geração não comprometa o bem-estar de gerações futuras.

Para a realização dessas condições, uma análise mais pormenorizada implica trabalhar com quatro aspectos bastante interativos: eficiência técnica, sustentabilidade econômica, estabilidade social e coerência ecológica.

O primeiro refere-se à dimensão técnica que se encontra vinculada ao incremento da produtividade dos recursos naturais e à conservação desse meio ambiente, sem prejuízo do aumento da produção. Para tal, presumem-se a eficiência alocativa e o progresso tecnológico. Este último visa aliviar a escassez, aumentando a produtividade do recurso escasso ou substituindo-o por outro mais abundante.

A **sustentabilidade da agricultura** implica seu crescimento a custos não-ascendentes. A tecnologia deve ser capaz de impedir os rendimentos decrescentes, em decorrência da exploração intensiva sobre uma base fixa de recursos naturais ou da degradação da base de tais recursos.

Associando a sustentabilidade agrícola às condições do **Cerrado**, CUNHA et al. (1994) afirmaram que se devem analisar quatro aspectos:

- O comportamento dos rendimentos físicos da terra – Uma degradação do meio ambiente não compensada pela mudança tecnológica até que ponto pode refletir na produtividade média da terra para as demais culturas? A queda da produtividade tende a provocar mudança de área cultivada, significando adaptação em novas áreas, evitando-se os rendimentos decrescentes, o que leva o solo original a se regenerar. Isso, além de ser um indicador de sustentabilidade, faz que se mantenham os níveis de produtividade.
- As possibilidades de crescimento da produtividade da terra – Esse é um fator que determina o produto potencial e a base da garantia da sustentabilidade, pois, quanto maior a diferença entre o produto potencial e o obtido, maior a segurança da sustentabilidade da produção.
- As possibilidades tecnológicas para reparação de danos – Implica a capacidade da tecnologia, desde que viável economicamente, em reparar danos e preservar o meio ambiente.
- A capacidade das instituições de pesquisa de responder aos desafios da sustentabilidade – Envolve a conscientização de seus profissionais em desenvolver alternativas de solução e em dar respostas aos problemas ambientais à medida que forem surgindo. Requer instituições de pesquisas que continuamente trabalhem para atender às demandas ambientais que são inesgotáveis. A sustentabilidade da agricultura, no longo prazo, implica organização de uma sociedade que impele a geração e a sustentação dos avanços da tecnologia para atender às próprias demandas que recaem sobre o setor agrícola.

O segundo aspecto refere-se à **sustentabilidade econômica**, explicando que o sistema de preços é função da escassez ou abundância dos recursos. É o sistema de preços que vai orientar a escolha técnica de produção (a intensidade do uso de recursos) e a direção da evolução tecnológica. A viabilidade econômica da tecnologia é resultante da compatibilização da opção tecnológica com a dotação de recursos. Deixa perceber que a dimensão técnica da sustentabilidade do crescimento fundamenta-se em condições econômicas, uma

vez que o agricultor, de acordo com o pressuposto da racionalidade econômica, só adotará a tecnologia se for compatível com a dotação de recursos.

No caso da agricultura nos **cerrados**, a sua sustentabilidade depende de sua capacidade em competir com as agriculturas de outras regiões e de outros países. O que constata é que o **Cerrado** de hoje goza de grandes vantagens comparativas com o adensamento da produção de grãos e carnes e o desenvolvimento da agroindústria, além de portar extensa malha viária. As economias externas causadas por esses fatores provocam redução nos custos de produção, gerando ganhos econômicos que vão refletir no aumento da renda dos fatores fixos e que, por sua vez, serão capitalizados nos preços desses fatores. Uma forma de aferir a sustentabilidade econômica da agricultura é através do crescimento real do preço da terra.

Já a terceira dimensão da sustentabilidade do desenvolvimento se relaciona à **estabilidade social**. A sua importância é realçada quando se estuda uma região de fronteira agrícola, como é o caso dos **cerrados**. Um projeto de desenvolvimento sustentável impõe certa organização e estabilidade social e que a sociedade envolvida tenha uma perspectiva de longo prazo e um grau de comprometimento capaz de defender o sucesso do projeto desenvolvimentista. Caso contrário, as condições de sustentabilidade econômica e tecnológica estarão distorcidas, dando unicamente ensejo ao lucro rápido e à maior mobilidade de mão-de-obra, o que inviabilizariam os empreendimentos que a sustentabilidade requer. Afirmaram os referidos autores que o processo de ocupação do **Cerrado** tem-se consolidado, haja vista o desenvolvimento urbano, a estabilidade populacional e a presença de agroindústrias.

A quarta dimensão, **coerência ecológica**, requer a compatibilização entre a intensidade da exploração e a capacidade de suporte do meio ambiente (carrying capacity). A baixa densidade populacional, o sistema de três-campos, o sistema integrado lavouras-pastagens e o pousio de ciclo longo mostraram-se sustentáveis por um período razoável de tempo. Com o rápido crescimento populacional, a adoção do sistema de pousio de ciclo curto provoca uma rápida degradação do solo e queda na produtividade. Isso significa que a coerência

ecológica pressupõe que o uso intensivo do **solo**, decorrente da pressão da demanda, respeite a capacidade de suporte do sistema ecológico.

Para que a sustentabilidade ecológica possa acontecer deve ocorrer a compatibilização da capacidade de suporte do meio ambiente com o tipo e intensidade de exploração; é importante verificar as condições da região, em termos de sua aptidão agroecológica. No caso da região dos **cerrados**, existe enorme heterogeneidade de ecossistemas, uns mais estáveis e resistentes, outros mais sensíveis à atividade humana.

CUNHA et al. (1994) acrescentaram que:

A consistência da economia com a ecologia, que necessariamente se verifica a longo prazo, pode não existir no curto prazo; porém, as considerações de curto prazo mais das vezes sobrepujam aquelas cujos efeitos se manifestam integralmente apenas em períodos mais longos.

Visando facilitar a transição para formas mais sustentáveis de desenvolvimento, TIETENBERG (1994) apontou dois princípios essenciais: o do custo integral e o da capacidade de suporte.

O princípio do custo integral, também partilhado por CONSTANZA (1994), reza que os usuários dos recursos naturais deveriam assumir todo o seu custo de forma integral, inclusive as externalidades, devido à escassez do ambiente e à importância que este exerce sobre a vida das pessoas e o desenvolvimento econômico. Aplicados de forma correta, esses recursos tenderiam a desestimular as atividades poluentes e com alto poder de degradação.

Por sua vez, TIETENBERG (1994) afirmou que a transição para um sistema econômico mais sustentável é dependente do desenvolvimento de novas tecnologias e de níveis mais altos de eficiência energética. O apoio de incentivos econômicos é essencial para que a transição se efetive. Os inovadores, ao implementarem o princípio de custo integral, darão maior ênfase ao desenvolvimento de tecnologias não-agressivas e de menor custo e, conseqüentemente, mais atraentes para os possíveis usuários.

Em adição, o princípio da capacidade de suporte relaciona-se com os limites de assimilação e renovação dos recursos naturais. O respeito a tais limites

se faz necessário a uma taxa em que torna possível o meio ambiente assimilar os resíduos e se regenerar.

A despeito de todas as condições expressas, REDCLIFT (1992) admitiu existirem dificuldades que embaraçam o próprio desenvolvimento sustentável, mormente quando se refere às sociedades industrializadas, que buscam maior grau de desenvolvimento baseado em grande consumo de energia, à custa da exploração intensa de recursos e a um custo menor, porém insustentável no médio e longo prazos. Alertou também sobre a pouca ênfase dada aos relacionamentos internacionais, a exemplo do interesse dos países industrializados em dificultar o intercâmbio mercantil, em geral desfavorável às nações do Terceiro Mundo, à criação de obstáculos ao acesso de tecnologias por esses países, além de não adotar tecnologias que vão de encontro a seus interesses e estratégias de desenvolvimento. A própria Comissão Brundtland (WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT, 1988) não definiu expressamente como resolver essas questões, ficando à mercê das forças do mercado que resolveriam os problemas ambientais.

Isso posto, a implicação mais importante dos raciocínios precedentes é que, por algum período de tempo, as economias podem sobreviver em Estados de desequilíbrio. Todavia, há de se pensar em uma economia sustentável, estabelecendo prioritariamente condições para que ocorra a compatibilidade das economias e do meio ambiente. Há de se considerar, dessa forma, que cada nação se estruture em conformidade com a sua própria sustentabilidade, embasada em suas próprias condições econômicas, ecológicas, políticas, culturais e sociais. Há de se pensar em sociedades sustentáveis que se organizem de formas sistêmica e holística, que integrem o todo e as partes, o hoje e o amanhã, enfim, integrem-se à Vida. E é isso que se pretende para o **Cerrado**.

3. HETEROGENEIDADES MICRORREGIONAIS DA AGROPECUÁRIA NO CERRADO

Os fundamentos teóricos discutidos no capítulo precedente permitiram lançar as bases para o entendimento do relacionamento do processo econômico e do meio ambiente e seus reflexos sobre as funções dos recursos naturais, com ênfase na ineficiência econômica (externalidade) e o desenvolvimento sustentável.

É pertinente, neste capítulo, delinear o perfil e retratar alguns aspectos estruturais e interespaciais da exploração agropecuária no Cerrado, identificando-se a existência de heterogeneidades entre as microrregiões, decorrentes dessa atividade econômica.

Para tanto, foram selecionadas algumas grandes dimensões e seus principais componentes, a saber³:

- Dimensão atividades agropecuárias - Compreende a estrutura fundiária e o uso da terra (com pastagens/bovinocultura e com lavouras temporárias e permanentes por área aproveitável).
- Dimensão padrão tecnológico - Engloba o uso de equipamentos mecânicos, tecnologia químico-biológica, irrigação e eletricidade.

³ Não foram contempladas outras dimensões e componentes (distribuição de renda, organização social e qualificação da mão-de-obra, dentre outras), por não constituírem objeto da pesquisa.

- Dimensão pessoal ocupado e condição de produtor – Abrange o emprego de pessoas e a classificação de proprietário.
- Dimensão utilização de capital - Compreende investimento, financiamento, despesas, receita e rentabilidade.

Considerando o caráter exploratório do presente capítulo, a metodologia aplicada constou de análise tabular e de estatística descritiva, com medidas de tendência central como a média e medidas de variabilidade como a amplitude e o coeficiente de variação.

3.1. Atividades agropecuárias

A presente dimensão é analisada segundo a **estrutura fundiária** e diz respeito ao tamanho dos estabelecimentos. Tomaram-se como parâmetro propriedades com áreas acima de 500 hectares, consideradas, na pesquisa, de grande porte. Como o estudo se direciona para a intensidade de exploração da agropecuária e seus efeitos sobre o Cerrado, o critério adotado parece razoável, uma vez que se espera que os estabelecimentos com área acima de 500 hectares sejam os mais intensamente explorados.

Nas 73 microrregiões em que se instala o Cerrado, estabelecimentos com mais de 500 hectares respondem, em média, por aproximadamente 3 a 35% do total (Tabela 1), significando que a maioria dos estabelecimentos apresenta estrutura fundiária de porte inferior, ou seja, menos de 500 hectares.

Como se verifica, Mato Grosso do Sul apresenta maior proporção de estabelecimentos grandes, em média 35%, em relação aos demais estados, com destaque para a microrregião de Três Lagoas, com maior percentual (48%) de estabelecimentos desse porte.

Mato Grosso foi também um dos estados que apresentou resultados semelhantes aos de Mato Grosso do Sul, com 31% de seus estabelecimentos considerados grandes. Em termos microrregionais, Primavera do Leste revelou-se como detentora de mais da metade dos estabelecimentos com área acima de 500 hectares, seguida do Médio Araguaia e Alto Araguaia, com 50 e 42%,

respectivamente. Isso significa que mais ou quase a metade dos estabelecimentos agropecuários dessas microrregiões é considerada de grande porte. No entanto, Maranhão e Piauí apresentaram as menores proporções de estabelecimentos grandes, com cerca de 3 e 3,4%, respectivamente, com a ressalva de que em Piauí nenhuma microrregião ultrapassou 7% dos estabelecimentos acima de 500 hectares.

Tabela 1 – Percentual de área em propriedades com mais de 500 hectares em microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,198	0,267	0,268	0,146
Piauí	0,034	0,977	0,066	0,000
Mato Grosso do Sul	0,347	0,273	0,476	0,254
Minas Gerais	0,062	0,681	0,141	0,005
Bahia	0,043	1,004	0,107	0,013
Goiás	0,120	0,675	0,326	0,021
Maranhão	0,031	1,055	0,085	0,005
Mato Grosso	0,312	0,491	0,508	0,104

Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE (1995-1996).

É conveniente observar que alguns coeficientes de variação refletem significativo distanciamento dos dados em torno da média, o que pode ser interpretado como heterogeneidade das características microrregionais. No caso de menor coeficiente, isso significa menor distanciamento e homogeneidade microrregional, como verificado em Mato Grosso do Sul e Tocantins, com microrregiões semelhantes em termos de estrutura fundiária.

No que tange ao **uso da terra**, a análise não considerou as terras inaproveitáveis, que, segundo o IBGE, são aquelas imprestáveis para a formação de culturas, pastos e matas, como os pântanos, areais, pedreiras, ou com estradas,

construções e canais de irrigação, dentre outras. Em termos de lavouras (temporárias e permanentes) e pastagens por hectare de área aproveitável (Tabela 2), os Estados de Mato Grosso do Sul, do Piauí e de Goiás são os que mais sobressaíram, com a média de aproximadamente 94, 88 e 83%, respectivamente, o que evidencia que o uso do solo tem sido aproveitado quase que integralmente por lavouras e pastagens.

Tabela 2 – Percentual de lavouras e pastagens por hectare de área aproveitável⁴ dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,698	0,057	0,752	0,638
Piauí	0,878	0,072	0,933	0,809
Mato Grosso do Sul	0,940	0,058	0,985	0,849
Minas Gerais	0,739	0,231	0,927	0,351
Bahia	0,523	0,063	0,567	0,489
Goiás	0,830	0,065	0,912	0,719
Maranhão	0,425	0,176	0,525	0,326
Mato Grosso	0,740	0,054	0,797	0,679

Fonte: IBGE (1995-1996).

É interessante observar que todos os estados, naquelas microrregiões que pertencem ao núcleo do Cerrado, têm o seu solo comprometido, acima de 50%, com lavouras e pastagens, à exceção do Maranhão, com 42,5%. Nota-se, nessa tabela, que o coeficiente de variação apresentou valores baixos, indicando não ocorrerem grandes variações dos dados, ou seja, indica semelhança no uso da terra entre microrregiões.

⁴ É definida como a soma das áreas com lavouras (permanentes e temporárias), pastagens (naturais e plantadas) e matas (naturais e plantadas), incluindo a área produtiva não-utilizada e a área em descanso, em hectares.

Verificou-se também, na Tabela 2, que as microrregiões que mais utilizam o solo, acima de 90%, pertencem aos Estados de Mato Grosso do Sul, do Piauí, de Minas Gerais e de Goiás. Na Figura 1A, pode-se visualizar a distribuição espacial dessas microrregiões.

Para melhor conhecer a intensidade do uso do solo em relação às pastagens e lavouras por área aproveitável (AA), separadamente, construíram-se as Tabelas 3 e 4.

Observou-se que, de modo geral, a área comprometida com lavouras (permanentes e temporárias) em relação à área aproveitável nas microrregiões do Cerrado localizadas nesses estados é reduzida (Tabela 3). Vale dizer que, em média, para cada hectare de área aproveitável, 0,141 hectare é destinado às lavouras (temporárias e permanentes) nas microrregiões do Piauí, que apresentaram maior proporção.

Tabela 3 – Percentual de lavouras (temporárias e permanentes) por hectare de área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,017	0,397	0,028	0,009
Piauí	0,141	0,597	0,235	0,071
Mato Grosso do Sul	0,061	0,889	0,151	0,017
Minas Gerais	0,099	0,510	0,226	0,027
Bahia	0,087	0,785	0,184	0,028
Goiás	0,075	0,768	0,182	0,007
Maranhão	0,066	0,301	0,107	0,039
Mato Grosso	0,101	1,009	0,309	0,005

Fonte: IBGE (1995-1996).

Analisando apenas as lavouras temporárias por área aproveitável, verificou-se tendência a refletir quase a mesma proporção (0,122 hectare) constatada anteriormente nessas mesmas microrregiões do Piauí e nas demais (Tabela 4).

Tabela 4 – Percentual de lavoura temporária por hectare de área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,016	0,420	0,027	0,008
Piauí	0,122	0,516	0,191	0,067
Mato Grosso do Sul	0,060	0,909	0,151	0,015
Minas Gerais	0,083	0,549	0,217	0,024
Bahia	0,084	0,793	0,180	0,027
Goiás	0,072	0,789	0,179	0,007
Maranhão	0,062	0,339	0,105	0,032
Mato Grosso	0,098	1,034	0,308	0,005

Fonte: IBGE (1995-1996).

Nessas duas análises (lavouras temporárias e permanentes/AA e lavouras temporárias/AA), os coeficientes de variação apresentaram valores elevados, indicando diferenças de lavouras por área aproveitável entre as microrregiões, com destaque para o Estado do Mato Grosso, com o maior coeficiente de variação, seguido de Mato Grosso do Sul. As exceções ficam por conta das microrregiões do Tocantins e Maranhão, com menores coeficientes, refletindo certa similaridade (Tabelas 3 e 4).

No que tange às **pastagens**, os Estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e do Piauí foram os que mais sobressaíram (Tabela 5) no uso do solo com pastagens naturais e plantadas por área aproveitável (aproximadamente 88, 76 e 74%, respectivamente), com destaque para as microrregiões de Paranaíba e Três Lagoas (MS), apresentando a máxima ocupação do solo em cerca de 97 e 96%,

respectivamente. Essas e outras microrregiões podem ser mais bem visualizadas na Figura 2A. Observou-se certa coerência no uso de pastagens por área aproveitável entre todas as microrregiões, uma vez que o coeficiente de variação apresentou baixos valores.

Tabela 5 – Percentual de pastagens por área aproveitável dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,681	0,052	0,724	0,628
Piauí	0,737	0,200	0,862	0,575
Mato Grosso do Sul	0,879	0,124	0,969	0,698
Minas Gerais	0,641	0,227	0,839	0,266
Bahia	0,436	0,214	0,509	0,305
Goiás	0,755	0,073	0,833	0,660
Maranhão	0,359	0,240	0,486	0,240
Mato Grosso	0,639	0,149	0,749	0,435

Fonte: IBGE (1995-1996).

A análise da proporção de pastagens por lavouras (Tabela 6) revelou que, em média, é no Estado de Tocantins que as pastagens sobrepõem 45 vezes as lavouras. Assim, para cada hectare de lavoura existem, aproximadamente, 45 hectares destinados à pastagem, tendência a se manifestar de forma semelhante em todas as microrregiões desse Estado. Em seguida, aparecem Mato Grosso, com aproximadamente 29 hectares; e Mato Grosso do Sul, com 28 hectares de pastagem por hectare de lavoura. As microrregiões com maior proporção de pastagens por lavouras, cerca de 137 hectares, foram as do Médio Araguaia (MT) e São Miguel do Araguaia (GO), ambas com 105 hectares. Todavia, o coeficiente de variação revelou elevada dispersão dos dados, indicando diferenças significativas da proporção de pastagens por lavouras entre microrregiões. Mato Grosso e Goiás apresentaram os maiores coeficientes de variação e Tocantins, o

menor coeficiente. Na Figura 3A, podem-se visualizar, com mais propriedade, todas as microrregiões, segundo essa variável.

Tabela 6 – Participação de pastagens por lavouras dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coeficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	44,891	0,327	66,587	25,612
Piauí	7,048	0,691	12,145	2,448
Mato Grosso do Sul	27,902	0,820	57,381	4,627
Minas Gerais	7,998	0,504	20,038	2,863
Bahia	8,494	0,815	17,921	1,654
Goiás	24,585	1,095	105,366	3,758
Maranhão	6,102	0,495	12,444	2,244
Mato Grosso	29,363	1,560	137,063	1,407

Fonte: IBGE (1995-1996).

A relação de bovinos por pastagem (Tabela 7), como *proxy* da intensidade de pisoteio, mede a quantidade de gado por 100 hectares de pastagem. Mato Grosso do Sul e Goiás são os estados que mais sobressaíram, tanto em média quanto em intensidade máxima de pisoteio em suas microrregiões de Anicuns (GO), com aproximadamente 112 cabeças; e Paranaíba (MS), com 106 cabeças de gado por 100 hectares de pastagem. Os demais Estados e a maioria de suas microrregiões apresentaram certa semelhança, ficando a exceção para as microrregiões de Piauí. Entretanto, para uma melhor visão da distribuição espacial, pode-se consultar a Figura 4A.

Tabela 7 – Participação de bovinos por 100 hectares de pastagens dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	28,232	0,349	39,694	13,864
Piauí	27,066	1,038	56,093	0,000
Mato Grosso do Sul	87,339	0,199	105,812	64,274
Minas Gerais	49,757	0,443	88,787	12,701
Bahia	22,787	0,435	32,684	9,017
Goiás	68,996	0,340	111,872	25,674
Maranhão	23,376	0,349	35,386	14,154
Mato Grosso	36,248	0,286	58,547	23,023

Fonte: IBGE (1995-1996).

Em suma, pode-se constatar que, em relação à dimensão atividades agropecuárias (uso do solo), as microrregiões de Primavera do Leste (MS), Uberaba (MG) e Alto Paranaíba Piauiense (PI) foram as que mais sobressaíram, de modo geral, no cultivo de lavouras por área aproveitável (AA), parecendo estas estar mais direcionadas às atividades agrícolas.

Considerando a extensão de pastagens, o destaque coube a Mato Grosso do Sul, com quatro microrregiões (Paranaíba, Três Lagoas, Campo Grande e Alto Taquari), com maior percentual de pastagens/AA. Não obstante, as microrregiões Médio Araguaia (MT), São Miguel do Araguaia (GO), Jalapão (TO), Rio Vermelho e Aragarças (GO) apresentarem maior relação de pastagens por lavouras. Por sua vez, Anicuns (GO), Paranaíba (MS), Anápolis (GO), Três Lagoas e Campo Grande (MS) foram as que exibiram maior intensidade de bovinos por pastagem, ou seja, são estas últimas que parecem caracterizar o maior uso do solo com a pecuária, indicando maior intensidade de pisoteio.

É interessante mostrar que as microrregiões com estabelecimentos de maior porte foram Primavera do Leste, Médio Araguaia (MT), Três Lagoas (MS) e Alto Araguaia (MT). Foram também as que mais sobressaíram em algum tipo de atividade agropecuária, conforme análise citada anteriormente. As

microrregiões do Maranhão e Piauí, por sua vez, detiveram o menor percentual de propriedades com área acima de 500 hectares. De outra forma, são formadas, em sua maioria, por pequenas propriedades rurais.

3.2. Padrão tecnológico

O padrão tecnológico foi analisado segundo o **uso de equipamentos mecanizados, tecnologia químico-biológica empregada, uso de irrigação e de eletricidade**, com vistas a retratar a intensidade do uso da tecnologia sobre o solo.

Considerou-se o número de máquinas de colheita e de plantio como representativo de equipamentos mecanizados e os gastos com combustível e lubrificante, como *proxy* do uso de trator.

Observando o número de **máquinas para plantio** por 10.000 hectares de área aproveitável (Tabela 8), a média de máquinas entre as microrregiões oscilou de 1 a 9, significando que existem microrregiões onde ocorre o uso de cerca de 1 a 9 máquinas de plantio por área considerada. Os estados que mais utilizavam esse tipo de máquina foram Minas Gerais e Goiás. Para cada 10.000 hectares de área, Minas Gerais empregava aproximadamente 9 máquinas de plantio e Goiás, 7. Uma única microrregião, a de Meia Ponte (GO), apresentou a máxima concentração dessas máquinas por 10.000 hectares (34 máquinas), seguida de Uberaba (MG), com 21 máquinas, e de outras microrregiões (Figura 5A).

Quanto às **máquinas de colheita**, Minas Gerais, Mato Grosso e Goiás sobressaíram, respectivamente, com cerca de 4, 3 e 2 máquinas por 10.000 hectares de área (Tabela 9). A concentração máxima ficou por conta de Primavera do Leste (MT), com 9 máquinas; Bom Despacho (MG), com 7; e Meia Ponte (GO), com 6 máquinas de colheita, dentre outras microrregiões (Figura 6A).

Tabela 8 – Número de máquinas para plantio (por 10.000 hectares) nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	1,525	0,612	2,771	0,175
Piauí	2,780	1,139	6,227	0,000
Mato Grosso do Sul	4,388	0,322	5,991	2,907
Minas Gerais	9,328	0,571	20,876	0,428
Bahia	3,631	0,654	5,791	0,715
Goiás	7,834	0,964	34,248	1,199
Maranhão	0,990	0,740	1,897	0,066
Mato Grosso	3,818	0,869	10,593	0,913

Fonte: IBGE (1995-1996).

Tabela 9 – Número de máquinas para colheita (por 10.000 hectares) nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,479	0,764	1,059	0,073
Piauí	1,843	1,289	4,524	0,000
Mato Grosso do Sul	1,979	0,730	4,335	0,676
Minas Gerais	3,745	0,511	7,297	0,114
Bahia	1,372	1,222	3,782	0,211
Goiás	2,072	0,815	6,253	0,386
Maranhão	0,455	1,376	1,721	0,000
Mato Grosso	2,534	1,113	8,519	0,258

Fonte: IBGE (1995-1996).

Para melhor analisar a intensidade de mecanização, empregaram-se os gastos com combustível e lubrificante como *proxy* do uso de **trator**. Isso explica quanto se está gastando e usando efetivamente o trator, uma vez que a quantidade dessa máquina nem sempre corresponde ao seu uso efetivo. As microrregiões representativas do Cerrado no Maranhão e na Bahia foram as que, em média, mais gastaram com combustível e lubrificante por trator (Tabela 10). No Maranhão, a microrregião Coelho Neto teve maior destaque, com R\$5.582,31 de despesas/trator; e na Bahia, a microrregião Barreiras, com R\$5.117,65/trator. Apesar de apresentarem gastos mais elevados com combustíveis e utilizarem, no entanto, menor quantidade de tratores, os gastos podem estar relacionados com preços maiores em relação aos de outras microrregiões.

Tabela 10 – Despesas com combustível e lubrificante por trator nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	2704,821	0,248	3411,495	1670,501
Piauí	3164,541	0,868	4941,618	0,000
Mato Grosso do Sul	2757,462	0,202	3389,980	2110,411
Minas Gerais	2318,562	0,283	3846,819	1176,376
Bahia	3610,878	0,370	5117,653	1976,541
Goiás	2683,646	0,170	3282,994	1884,761
Maranhão	3917,298	0,220	5582,314	2742,872
Mato Grosso	3234,461	0,285	4770,646	1892,639

Fonte: IBGE (1995-1996).

A situação de todas as microrregiões pode ser visualizada através da Figura 7A.

Na mesma linha de raciocínio e com o objetivo de verificar o emprego da tecnologia químico-biológica, utilizaram-se os gastos efetivos com **adubos e agrotóxicos** por lavoura temporária, de maneira a captar, com mais confiança, a

sua intensidade de uso. Assim é que os Estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais foram os que mais utilizaram, em média, R\$111,00 e R\$110,00 de adubos (Tabela 11) e R\$46,00 e R\$43,00 de agrotóxicos (Tabela 12), respectivamente, por hectare de lavoura temporária. Mas existe a microrregião de Patrocínio (MG), onde o uso de adubos chegou a aproximadamente R\$298,00 e com agrotóxicos, a R\$151,00, bem como outras microrregiões, conforme pode ser visualizado nas Figuras 8A e 9A.

Tabela 11 – Despesas de adubo por lavoura temporária nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	37,177	0,467	54,564	9,600
Piauí	35,017	0,971	69,379	1,416
Mato Grosso do Sul	110,624	0,263	160,544	89,929
Minas Gerais	109,713	0,653	298,143	17,336
Bahia	48,090	0,912	96,057	6,955
Goiás	85,654	0,290	131,243	41,400
Maranhão	26,558	1,138	88,882	1,796
Mato Grosso	76,303	0,357	114,840	20,399

Fonte: IBGE (1995-1996).

Tabela 12 – Despesas com agrotóxicos por lavoura temporária nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	13,057	1,434	50,988	2,892
Piauí	5,963	1,052	12,768	0,410
Mato Grosso do Sul	45,535	0,416	63,118	15,219
Minas Gerais	42,806	0,889	150,827	3,952
Bahia	19,819	0,758	39,952	6,623
Goiás	29,074	0,560	62,651	5,018
Maranhão	9,941	1,162	36,423	1,058
Mato Grosso	35,985	0,479	56,773	10,668

Fonte: IBGE (1995-1996).

Em relação ao uso de agrotóxicos, convém assinalar que todos os estabelecimentos praticavam **controle de pragas** em todos os estados (Tabela 13). As maiores proporções de estabelecimentos que realizavam esse tipo de controle localizavam-se em Mato Grosso do Sul e Goiás (em média, aproximadamente 97 e 91%, respectivamente). A liderança no controle de pragas encontrava-se nas microrregiões de Rio Vermelho (GO) e de Frutal (MG), com cerca de 99% de seus estabelecimentos, seguidas de Cassilândia (MS) e Alto Araguaia (MT), ambas com 98% dos estabelecimentos. Na Figura 10A, pode-se visualizar, com maior propriedade, o controle de pragas pelos estabelecimentos em quase todas as microrregiões.

Em termos microrregionais, essa prática é comum, levando-se em consideração os baixos coeficientes de variação. A exceção fica por conta de Piauí, apresentando disparidades entre suas microrregiões.

Tabela 13 – Percentual de estabelecimentos com controle de pragas nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,874	0,102	0,944	0,709
Piauí	0,349	0,871	0,557	0,000
Mato Grosso do Sul	0,967	0,019	0,984	0,936
Minas Gerais	0,891	0,143	0,987	0,608
Bahia	0,667	0,091	0,736	0,591
Goiás	0,906	0,231	0,991	0,076
Maranhão	0,356	0,603	0,788	0,135
Mato Grosso	0,884	0,164	0,984	0,577

Fonte: IBGE (1995-1996).

No tocante à **irrigação**, o percentual de estabelecimentos que a utiliza é, em média, relativamente baixo (Tabela 14). O estado com maior percentual de uso foi a Bahia (aproximadamente 12%). Constatou-se, no entanto, que as microrregiões de Sete Lagoas (MG) e Santa Maria da Vitória (BA) foram as que fizeram maior uso da irrigação, com cerca de 33 e 23% de seus estabelecimentos, respectivamente. Foram assinalados também elevados coeficientes de variação, indicando grandes disparidades de uso da irrigação entre as microrregiões. Na Figura 11A, mostram-se espacialmente as microrregiões que faziam uso desse recurso.

Quanto ao uso de **energia elétrica**, em média 60, 59 e 55% dos estabelecimentos do Cerrado em microrregiões de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás possuíam eletrificação (Tabela 15). Em termos microrregionais, os estabelecimentos com maior uso de eletricidade concentravam-se em Goiânia (GO), Uberaba (MG) e Primavera do Leste (MT), com 89, 85 e 83%, respectivamente. A Figura 12A ilustra a distribuição das microrregiões que faziam uso de energia elétrica.

Tabela 14 – Percentual de estabelecimentos com irrigação nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,015	0,794	0,029	0,001
Piauí	0,017	1,661	0,050	0,000
Mato Grosso do Sul	0,025	0,992	0,070	0,010
Minas Gerais	0,076	0,928	0,334	0,027
Bahia	0,116	0,809	0,232	0,029
Goiás	0,052	0,958	0,188	0,002
Maranhão	0,009	1,120	0,033	0,002
Mato Grosso	0,025	1,053	0,086	0,006

Fonte: IBGE (1995-1996).

Tabela 15 – Percentual de estabelecimentos com eletrificação nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,111	0,593	0,192	0,020
Piauí	0,057	1,154	0,129	0,000
Mato Grosso do Sul	0,597	0,206	0,728	0,457
Minas Gerais	0,583	0,379	0,848	0,163
Bahia	0,121	0,663	0,235	0,046
Goiás	0,553	0,420	0,888	0,059
Maranhão	0,057	0,642	0,120	0,018
Mato Grosso	0,481	0,405	0,827	0,250

Fonte: IBGE (1995-1996).

A **assistência técnica** recebida está relatada na Tabela 16. Em média, menos da metade dos estabelecimentos recebia assistência técnica. Mato Grosso e Minas Gerais foram os que apresentaram maior envolvimento com algum tipo de assistência técnica. As maiores proporções verificadas (em média, 45 e 41%) couberam a Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, respectivamente. A microrregião que mais se destacou em relação a esse quesito foi Primavera do Leste (MT), onde 77% de seus estabelecimentos recebiam assistência técnica, seguida de Uberaba (MG) com 67% e Meia Ponte (GO) com 55%, dentre outras microrregiões, o que pode ser visualizado na Figura 13A.

Tabela 16 – Percentual de estabelecimentos com assistência técnica nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,160	0,413	0,241	0,059
Piauí	0,028	1,117	0,063	0,000
Mato Grosso do Sul	0,412	0,135	0,498	0,362
Minas Gerais	0,381	0,501	0,669	0,039
Bahia	0,065	0,560	0,116	0,030
Goiás	0,301	0,393	0,553	0,027
Maranhão	0,028	1,062	0,100	0,008
Mato Grosso	0,446	0,376	0,771	0,207

Fonte: IBGE (1995-1996).

Do exposto, verificou-se que o uso de equipamentos mecanizados ficou distribuído com maior intensidade entre as microrregiões Primavera do Leste (MT), Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois (GO).

Em Minas Gerais, as microrregiões de Bom Despacho, Uberaba, Araxá e Ituiutaba, dentre outras, exibiram também significativa concentração de máquinas.

O emprego de tecnologia químico-biológica foi mais intenso nas microrregiões de Patrocínio, Patos de Minas, Piuí, Uberlândia e Frutal, em Minas Gerais; e nas microrregiões de Três Lagoas e Alto Taquari, em Mato Grosso do Sul. São microrregiões com maior cultivo de lavouras (MG) e produção animal/bovinocultura (MS). Verificou-se também que o controle de pragas é feito em todos os estabelecimentos e em praticamente todas as microrregiões, com destaque para Rio Vermelho (GO), Frutal, Ituiutaba (MG), Cassilândia (MS) e Alto Araguaia (MT).

A irrigação e a energia elétrica encontram-se dispersas entre algumas microrregiões, concentradas em Minas Gerais, Goiás, Bahia e Mato Grosso. O mesmo raciocínio pode ser aplicado à assistência técnica recebida pelos estabelecimentos.

3.3. Pessoal ocupado e condição do produtor

O **pessoal ocupado** refere-se a todas as pessoas que, com ou sem remuneração, trabalhavam em estabelecimentos agropecuários (IBGE, 1995-1996).

O total de pessoal ocupado na agropecuária se reveste de importância ao refletir os aspectos econômico e social.

Na Tabela 17, nota-se que, em média, no Maranhão predominou maior quantidade de pessoas ocupadas por 1.000 hectares (aproximadamente 86), enquanto Mato Grosso do Sul e Mato Grosso apresentaram as menores quantidades (7 e 8, respectivamente).

Tabela 17 – Pessoal ocupado por área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	10,959	0,238	13,544	6,897
Piauí	54,679	0,925	99,865	0,000
Mato Grosso do Sul	7,509	0,317	10,269	5,022
Minas Gerais	34,926	0,610	96,426	13,225
Bahia	36,724	0,447	52,632	13,736
Goiás	22,779	0,679	59,350	7,502
Maranhão	86,237	0,565	148,532	21,443
Mato Grosso	7,747	0,616	18,094	1,915

Fonte: IBGE (1995-1996).

A microrregião de Coelho Neto (MA) foi a que mais se destacou, com cerca de 149 pessoas ocupadas. Mato Grosso do Sul e Mato Grosso foram as que menos empregaram mão-de-obra por 1.000 hectares e tiveram nas microrregiões de Campo Grande (MS) e Rosário do Oeste (MT) o seu ponto máximo de ocupação de mão-de-obra (10 e 18 pessoas/1.000 hectares, respectivamente) e nas microrregiões de Três Lagoas (MS) e Médio Araguaia (MT), o seu ponto mínimo (2 e 52 pessoas/1.000 hectares, respectivamente).

Na Tabela 18, mostra-se que a ocupação de pessoas por trator (348) ainda é predominante no Estado do Maranhão, sendo a microrregião Chapadas do Alto Itapecuru (MA) a que mais empregava mão-de-obra em relação a cada trator disponível (736) e a Gerais de Balsas (MA) a que menos empregava (52). Entretanto, nota-se, nessa tabela, grande heterogeneidade nas microrregiões, em termos de ocupação de pessoal, devido a coeficientes elevados e à exceção de Mato Grosso do Sul, que manteve certa similaridade microrregional.

Tabela 18 – Pessoal ocupado por trator nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	44,049	1,301	158,715	9,390
Piauí	54,027	0,963	103,830	0,000
Mato Grosso do Sul	4,532	0,182	5,802	3,812
Minas Gerais	29,509	1,533	187,571	4,596
Bahia	91,171	0,617	133,650	12,239
Goiás	14,061	0,479	26,356	5,326
Maranhão	348,455	0,743	736,342	51,690
Mato Grosso	8,029	0,682	19,196	2,787

Fonte: IBGE (1995-1996).

O produtor rural foi analisado na Tabela 19 e classificado na **categoria de proprietário**⁵, uma vez que a proporção desse segmento apresentou-se significativo, em relação às demais categorias.

Em média, a área aproveitável dos estabelecimentos é explorada, em sua maioria, pelos proprietários (91 a 87%). As exceções ficam por conta de Maranhão e Piauí, que apresentaram baixo percentual de proprietários e com dados das microrregiões bastante distanciados da média, ou seja, elevado coeficiente de variação, refletindo maiores heterogeneidades microrregionais (Tabela 19).

⁵ A caracterização do produtor, segundo IBGE (1995-1996), é a pessoa física ou jurídica que detivesse a responsabilidade de exploração do estabelecimento (terras próprias ou de propriedade de terceiros) e classificada em proprietária, arrendatária, parceira e ocupante.

Tabela 19 – Condição de produtor (proprietário) por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	0,909	0,059	0,985	0,820
Piauí	0,389	0,868	0,606	0,000
Mato Grosso do Sul	0,912	0,024	0,943	0,886
Minas Gerais	0,897	0,041	0,965	0,816
Bahia	0,865	0,036	0,894	0,822
Goiás	0,907	0,054	0,969	0,778
Maranhão	0,367	0,635	0,809	0,099
Mato Grosso	0,896	0,055	0,943	0,804

Fonte: IBGE (1995-1996).

Vale destacar que a maior quantidade de pessoas ocupadas por área aproveitável e por trator foi verificada nas microrregiões de Coelho Neto, Codó, Presidente Dutra, Chapadas do Alto Itapecuru, Alto Mearim e Grajaú, todas pertencentes ao Estado do Maranhão. É conveniente salientar que Maranhão e Piauí representam uma das mais novas fronteiras agrícolas de ocupação, com agricultores vindos de outras regiões do País, como Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Maranhão mostrou-se também o estado com maior percentual de estabelecimentos agropecuários de porte inferior a 500 hectares, ou seja, de menor porte, conforme definido no presente estudo. Isso explica e complementa os resultados encontrados.

Nessa linha de pensamento, verificou-se que as microrregiões do Maranhão e Piauí foram as que exibiram os mais baixos percentuais de proprietários no gerenciamento dos estabelecimentos rurais, em relação a Gurupi (TO), Curvelo (MG) e Rio Vermelho, Entorno de Brasília, São Miguel do Araguaia e Vão do Paraná (GO). Provavelmente isso se deva ao fato de ali terem aportado agricultores e, ou, posseiros sem serem ainda detentores do título de propriedade da terra, e, portanto, não era o proprietário que se encontrava na gerência do estabelecimento.

3.4. Utilização de capital

Sob a dimensão econômica, caracterizou-se o setor agropecuário, utilizando dados censitários pertinentes a **investimentos, financiamento, despesas, receitas e produtividade** por hectare de área aproveitável nas microrregiões que compõem o núcleo do Cerrado e integrantes dos Estados de TO, PI, MS, MA, BA, GO, MA e MT⁶.

A Tabela 20 assinala, com relação aos **investimentos** realizados por hectare de área aproveitável, que Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás encontram-se à frente, contrapondo-se a Maranhão, com menor investimento. As microrregiões de Ituiutaba (MG) e Anicuns (GO) são as que apresentaram maior investimento (R\$57,00 e R\$50,00, respectivamente), por área aproveitável.

No tocante a **financiamentos**, notou-se que Piauí obteve, em média, mais financiamentos por hectare de área aproveitável, em relação aos demais estados. Tocantins foi o que conseguiu menos financiamentos (Tabela 21). Todavia, o coeficiente de variação nas microrregiões de todos os estados variou significativamente, ou seja, a disponibilidade de crédito não foi igual para todos. As maiores variações foram percebidas em Goiás, Piauí e Mato Grosso, significando diferenças na concessão de financiamentos.

⁶ Para o IBGE (1995-1996), o valor total dos **investimentos** corresponde à aquisição de terras, prédios, instalações e outras benfeitorias, novas culturas permanentes e matas plantadas, veículos e outros meios de transporte, compra de animais de reprodução, outros fins, máquinas e instrumentos agrários (novos e usados). Os **financiamentos** incluem as modalidades de investimento, custeio ou comercialização aplicados em atividades de exploração agropecuária. As **despesas** são gastos com manutenção e custeio das atividades, bem como salários, valor da cota-parte, entregues a parceiros, arrendamento e parceria de terras, adubos e corretivos, sementes e mudas, agrotóxicos, medicamento para animais, alimentação dos animais, compra de ovos fertilizados e de pinto de um dia, aluguel de máquinas e implementos, serviço de empreitada, transporte da produção, juros e despesas bancárias, impostos e taxas, sacaria e outras embalagens, combustíveis e lubrificantes, energia elétrica e outras despesas. As **receitas** referem-se ao valor auferido pela venda da produção e à exploração das atividades, como venda de produtos vegetais, de flores, plantas ornamentais e gramas, de animais e produtos de origem animal, de rãs e peixes, produtos transformados nos estabelecimentos, serviços industriais ou outros serviços prestados a terceiros, exploração mineral, venda de máquinas, veículos e implementos, ou outras receitas.

Tabela 20 – Valor de investimentos por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	6,509	0,585	11,575	1,613
Piauí	18,218	1,004	36,566	0,000
Mato Grosso do Sul	29,154	0,253	37,489	19,930
Minas Gerais	29,106	0,591	57,306	5,625
Bahia	7,850	0,299	10,697	5,604
Goiás	27,199	0,446	50,377	9,209
Maranhão	5,522	0,425	9,855	2,946
Mato Grosso	14,882	0,640	35,155	6,396

Fonte: IBGE (1995-1996).

Tabela 21 – Valor de financiamentos por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	1,897	0,652	4,067	0,397
Piauí	23,350	1,116	51,472	0,000
Mato Grosso do Sul	5,551	0,629	11,257	2,303
Minas Gerais	7,749	0,832	23,302	1,066
Bahia	10,738	0,733	18,746	1,706
Goiás	10,670	1,221	43,834	1,312
Maranhão	2,644	0,652	5,515	0,767
Mato Grosso	6,380	1,034	19,666	0,177

Fonte: IBGE (1995-1996).

As maiores **despesas** por hectare de área aproveitável ficaram por conta de Minas Gerais (R\$95,00), bem acima de Goiás, com R\$56,00; e de Mato Grosso do Sul, com R\$52,00 (Tabela 22). Desses estados, as microrregiões de Divinópolis (MG), Goiânia (GO) e Cassilândia (MS) foram as que tiveram maiores despesas por área aproveitável.

Tabela 22 – Valor de despesas por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	10,167	0,541	19,014	2,595
Piauí	28,028	0,875	45,634	0,000
Mato Grosso do Sul	51,946	0,251	71,276	38,538
Minas Gerais	94,966	0,632	234,824	10,739
Bahia	24,870	0,860	55,920	8,802
Goiás	55,875	0,624	136,267	12,708
Maranhão	18,581	0,746	54,203	8,477
Mato Grosso	47,034	0,918	139,418	11,239

Fonte: IBGE (1995-1996).

Notaram-se grandes dispersões entre microrregiões, ou seja, diferenças muito grandes entre os que gastaram e os que não gastaram, conforme se pode depreender pelos elevados coeficientes de variação.

No que tange às **receitas** (Tabela 23), em média Minas Gerais foi o Estado que auferiu maior valor (R\$143,00), seguido de Goiás (R\$100,00) e de Mato Grosso do Sul (R\$93,00). As microrregiões correspondentes a esses estados com maior receita foram Divinópolis, Goiânia e Cassilândia, respectivamente. Observou-se certa coerência entre as despesas efetuadas e receitas auferidas nas microrregiões desses estados.

Tabela 23 – Valor de receitas por hectare de área aproveitável nos estados com microrregiões localizadas no Cerrado, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	16,065	0,512	27,759	4,876
Piauí	32,697	0,873	52,618	0,000
Mato Grosso do Sul	92,633	0,163	112,445	72,370
Minas Gerais	142,759	0,676	417,482	31,775
Bahia	40,631	0,736	83,393	14,569
Goiás	100,433	0,572	207,484	25,178
Maranhão	32,574	0,264	49,073	20,854
Mato Grosso	65,718	0,773	151,759	13,530

Fonte: IBGE (1995-1996).

Notou-se também que os coeficientes de variação são elevados, apontando disparidades microrregionais, o que significa diferenças entre os que auferiram maiores ou menores receitas.

A **rentabilidade** analisada foi definida como a razão entre valor da produção vegetal e animal e as despesas totais (em reais).

Em média, Maranhão foi o que se destacou como tendo a maior rentabilidade, ou seja, para cada real gasto gerou um valor de produção na ordem de R\$3,10 (Quadro 24). Em seguida, apareceram Minas Gerais, com R\$2,058 por hectare em área aproveitável; Bahia e Tocantins, ambos com R\$2,036; e Mato Grosso do Sul, com R\$1,916, cabendo a menor média de rentabilidade a Piauí (R\$1,107). Das microrregiões, Grão-Mogol (MG), Codó, Chapadas do Alto Itapecuru (MA) e Jalapão (TO) foram as que obtiveram maior valor de produção, com aproximadamente R\$8,00, R\$5,00, R\$4,90 e R\$3,50, respectivamente. Em Mato Grosso, embora não tenha exibido maior rentabilidade, suas microrregiões apresentaram maior semelhança em termos desse componente, conforme se pôde depreender de seu coeficiente de variação. A Figura 14A ilustra a distribuição espacial das microrregiões, no que tange à rentabilidade.

Tabela 24 – Rentabilidade dos estados com microrregiões localizadas no Cerrado (em reais), 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente de Variação	Máximo	Mínimo
Tocantins	2,036	0,377	3,509	1,267
Piauí	1,107	0,870	1,751	0,000
Mato Grosso do Sul	1,916	0,194	2,571	1,669
Minas Gerais	2,058	0,724	8,237	1,315
Bahia	2,036	0,191	2,444	1,569
Goiás	1,704	0,301	2,873	0,676
Maranhão	3,108	0,415	5,000	1,065
Mato Grosso	1,448	0,153	1,831	1,159

Fonte: IBGE (1995-1996).

Do exposto, constatou-se que Ituiutaba, Patos de Minas, Uberaba, Divinópolis e Patrocínio (MG) e Anicuns (GO) promoveram mais investimentos por área aproveitável (AA). Todavia, foram Alto Médio Gurguéia (PI), Vale do Rio dos Bois, Entorno de Brasília, Meia Ponte (GO) e Patrocínio (MG) que obtiveram mais financiamentos. Essa constatação talvez esteja relacionada, em parte, a financiamentos de equipamentos mecânicos, conforme analisado anteriormente na dimensão padrão tecnológico. Ou ainda, por serem essas últimas microrregiões carentes de suporte financeiro para custeio do negócio, ao passo que as primeiras já se encontravam em condições financeiras mais sólidas, possibilitando o reinvestimento sem fazer uso de financiamentos.

No tocante a receitas por área aproveitável (AA), Divinópolis, Patrocínio, Patos de Minas, Uberaba e Uberlândia (MG), Goiânia (GO) e Cassilândia (MS) foram as microrregiões que auferiram maiores receitas e também maiores despesas. Pode estar associada com atividades que demandam maiores quantidades de recursos produtivos e que apresentam maiores custos.

Em relação à rentabilidade, a maior média coube a Maranhão, que foi também o Estado que apresentou maior média de pessoal ocupado por 1.000

hectares, com mão-de-obra própria. Isso indica que a despesa era familiar e provavelmente não computada, tendo-se, assim, elevada rentabilidade.

3.5. Conclusões

Existem indícios de que os Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul são os que mais se destacam em termos de algumas características da exploração agropecuária, sobressaindo em relação aos demais. Contrastam em alguns pontos com Maranhão e Piauí, uma vez que esses estados representam a mais nova fronteira agrícola de ocupação.

Mesmo procedendo à análise preliminar, é possível, num primeiro momento, perceber a grande heterogeneidade na exploração agropecuária na região do Cerrado. Embora alguns estados sejam predominantes em relação a alguns aspectos, é muito difícil definir com precisão que estados ou microrregiões sobressaem em relação aos demais e em relação a todos esses indicadores.

Dessa forma, dada a multivariabilidade das características da agropecuária, torna-se necessária uma análise que possa identificá-las e associá-las.

É conveniente adotar a Análise Fatorial no sentido de capturar a complexidade da intensidade da exploração agropecuária, permitindo, no caso, um estudo mais criterioso dessas características. Possibilita indicar, de forma objetiva, os fatores intervenientes e as microrregiões, cuja exploração agropecuária seja mais intensa e, portanto, com maior potencial de degradação. O propósito principal é o de compreender as inter-relações entre as variáveis que quantificam e qualificam a degradação.

O próximo capítulo visa identificar os fatores indicadores de intensidade da exploração agropecuária em suas várias dimensões, os índices de degradação ambiental e os padrões espaciais observados.

4. INTENSIDADE DE EXPLORAÇÃO AGROPECUÁRIA E DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NO CERRADO

"Enriquecemo-nos pela utilização pródiga dos nossos recursos naturais e podemos, com razão, orgulhar-nos do nosso progresso. Chegou, porém o momento de refletirmos seriamente sobre o que acontecerá quando as nossas florestas tiverem desaparecido, quando o carvão, o ferro e o petróleo se esgotarem, quando o solo estiver mais empobrecido ainda, levado para os rios, poluído as suas águas, desnudando os campos e dificultando a navegação."

(Théodore Roosevelt)

Considerando que a ocorrência da degradação ambiental está associada à intensidade de exploração agropecuária, pretendeu-se neste tópico identificar os principais fatores associados às práticas das atividades agropecuárias e que representam risco iminente de degradação do Cerrado. Identificar esses fatores é condição *sine qua non* para melhor aproveitamento dos recursos naturais, permitindo considerar, de forma sistêmica, as três funções econômicas dos ambientes naturais: fornecedores de insumos, assimiladores de resíduos e produtores diretos de amenidades positivas. O estudo foi sendo construído a partir dessas concepções específicas e organizado de forma a modelar sistemicamente as variáveis influenciadoras desse processo de degradação.

Para identificar os fatores explicativos da relação entre exploração agropecuária e degradação ambiental no Cerrado, a aplicação da análise fatorial

foi a técnica da análise multivariada que mais se adequou a esse propósito, considerando-se a gama de variáveis envolvidas.

Em seguida, visando detectar as microrregiões com maior ou menor probabilidade de enfrentarem problemas de degradação, foi 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.

A análise exploratória de dados espaciais (AEDE) foi também desenvolvida neste capítulo para verificar a ocorrência de padrões de associação espacial. Trata-se de conhecer a heterogeneidade e dependências espaciais, objetivando visualizar espacialmente onde ocorrem as variações dos fenômenos.

4.1. Análise fatorial

Considerando o elevado número de variáveis necessárias para caracterizar a exploração da agropecuária e seus efeitos sobre o Cerrado e, ainda, por não existir uma variável dependente que pudesse condensar as informações multidimensionais de um grupo de variáveis, optou-se pela metodologia de análise fatorial, por ser a que melhor se ajustou aos objetivos do presente estudo. Outros estudos têm utilizado essas técnicas para atender a objetivos semelhantes, a exemplo de HADDAD et al. (1989), KAGEYAMA e LEONE (1990), HOFFMANN (1992), CORREIA (1993), PEREIRA (1993), AGUIAR (1994), SALES (1995), LORENSINI (1999) e MEYER e BRAGA (2001).

A Análise Multivariada representa um conjunto de métodos estatísticos e tem por objetivo "otimizar a interpretação de grandes conjuntos de dados. Ela analisa medições múltiplas que tenham sido efetuadas em uma ou diversas amostras de indivíduos" (FERREIRA e SOUZA, 1997).

Como uma das técnicas de Análise Multivariada, a Análise Fatorial transforma grandes conjuntos de dados em um número reduzido de fatores, explicando, de forma clara, as variáveis originais (MANLY, 1998). Esta fundamenta-se na descoberta de padrões de características, denominados fatores.

Kim e Mueller (1978), citados por SOUZA (2000), afirmaram que a técnica de análise fatorial pauta-se na suposição de que existem diversos fatores causais gerais, que dão origem às relações entre as variáveis observadas. Como as relações entre as variáveis se devem ao mesmo fator causal geral, então o número de fatores é consideravelmente menor que o de variáveis. Considera-se, dessa forma, como objetivos da análise fatorial a descoberta de fatores gerais presentes entre as variáveis em estudo, responsáveis pela geração das relações entre elas, além de determinar as relações quantitativas, associando-se àquelas que apresentam padrão semelhante.

Os fatores, ou "variáveis latentes" (não observadas diretamente), são combinações lineares de variáveis correlacionadas entre si e que têm como base um grupo original de **n** variáveis e **m** observações, de modo a explicar 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 = o valor m-ésimo do fator comum para a j-ésima observação; a_{im} = as cargas fatoriais ou coeficientes de conexão do m-ésimo fator para a i-ésima variável; e $d_i u_{ij}$ = resíduo, em que d_i são coeficientes e u_{ij} é o valor do i-ésimo fator único para a j-ésima observação.

De outra forma, pode-se dizer que cada variável (**n**) é descrita linearmente como função de **m** fatores comuns (f_j), que se relacionam por meio das cargas fatoriais ou coeficientes de conexão (a_{ij}) e revelam em que medida e direção as variáveis (X_i) se relacionam com o fator (f_j). O fator único (u_i) responde pela variância remanescente.

Para determinar a relação entre as variâncias de Z_i , identificam-se quais são os fatores gerais influenciadores. Para tanto, faz-se necessário dividir a variância total (σ_i^2) em três componentes ou fatores:

- **Fatores comuns** são aqueles que influenciam duas ou mais (ou todas) variáveis. Agregam um conjunto de variáveis que variam devido a uma causa comum, constituem a variância comum ou comunalidade (h_i^2) e explicam a variação total para cada variável.
- **Fatores específicos** são os que contribuem para a variação observada de uma única variável, sendo também a variância específica ou a especificidade (s_i^2). Nesse caso, a proporção da variância total não indica associação com a variância das demais variáveis.
- **Erro ou distúrbio** (e_i^2) é a proporcionalidade da variância total que cabe aos erros nas observações ou variáveis, mas não considerada.

Como pressuposições do modelo, têm-se que:

- a) Os fatores únicos (u_i) são ortogonais entre si ($i = 1, 2, \dots, n$) e cada qual em relação a todos os **m** fatores comuns (f_j , sendo $j = 1, 2, \dots, m$).
- b) Os fatores comuns são ortogonais entre si.

Considerando-se os pressupostos anteriores de não-correlação entre os fatores únicos e comuns e entre si, então o modelo indica que:

Varição total de X_i = variação comum (comunalidade) + variação específica (unicidade) + erro.

De outra forma, a variância total de Z_i (σ_i^2) pode ser assim expressa:

$$\sigma_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 + d_i^2 \quad (2)$$

em que os a_{ij}^2 representam a percentagem de conexão, correspondente à proporção da variância total de X_i , explicada pelos respectivos fatores. O somatório desses percentuais (h_i^2) é equivalente à comunalidade de X_i :

$$h_i^2 = a_{i1}^2 + a_{i2}^2 + \dots + a_{im}^2 \quad (3)$$

A unicidade, representada pelo termo d_i^2 , é a contribuição do fator único. É composta pela variância específica ou especificidade (s_i^2), devido à seleção das variáveis; e pelo erro (e_i^2), decorrente da não-confiabilidade das medidas. Assim:

$$d_i^2 = s_i^2 + e_i^2 \quad (4)$$

Com as explicações anteriores, o modelo linear (1) pode ser assim reescrito:

$$X_i = a_{i1}f_1 + a_{i2}f_2 + \dots + a_{im}f_m + s_iS_i + e_iE_i \quad (5)$$

em que S_i e E_i representam, respectivamente, os fatores específico e erro e s_i e e_i , seus coeficientes.

Resumidamente, as etapas da análise fatorial são assim constituídas:

a) Cálculo da matriz de correlações (**R**) entre as variáveis – Visa descobrir os padrões de inter-relações entre elas.

b) Análise da adequabilidade da análise fatorial – Como o objetivo da análise fatorial é identificar fatores que possam explicar as correlações entre grupos de variáveis, torna-se imprescindível verificar a adequação da amostra ao procedimento estatístico. As variáveis, por serem pouco relacionadas, indicam tendência de baixa proporção da variância "explicada" pelos fatores comuns; por esse motivo, devem ser retiradas da análise. Examina-se a matriz de correlações (**R**) de forma a tentar visualizar algum padrão de relacionamento entre as variáveis. Dessa forma, variáveis pouco relacionadas estarão alocadas em fatores diferentes e muito relacionadas no mesmo fator. É necessário também examinar as correlações parciais entre as variáveis, as quais indicam que a variação específica ou única da variável representará a unicidade. Assim, as variáveis que fizerem parte do mesmo fator deverão apresentar correlação parcial baixa. Se existir alta proporção de coeficientes altos, a análise fatorial não será adequada.

Para medir a adequabilidade da análise fatorial, utiliza-se o Teste de Esfericidade de Bartlett, que verifica a correlação entre as variáveis (SOUZA e LIMA, 2003) e testa a hipótese nula de que a Matriz de Correlação é estatisticamente igual à Matriz Identidade. Havendo igualdade entre as matrizes R e I , as variáveis não são correlacionadas, e ocorrendo rejeição a amostra é

significativa estatisticamente, devendo, então, considerar o uso do modelo de análise fatorial.

A medida de adequabilidade de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) é um indicador que visa comparar a magnitude entre os coeficientes de correlações observados e os parciais; o KMO varia de 0 a 1. Hair et al. (1995), citados por SOUZA (2000), forneceram uma classificação em que valores acima de 0,5 indicam que a amostra é adequada, e pequenos valores implicam inadequabilidade da análise fatorial, uma vez que a correlação entre os pares de variáveis não pode ser explicada pelas demais variáveis. O KMO pode ser encontrado conforme a expressão a seguir:

$$KMO = \frac{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K r_{ij}^2}{\sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K r_{ij}^2 + \sum_{i=1}^K \sum_{j=1}^K a_{ij}^2} \quad (6)$$

em que r_{ij} é o coeficiente de correlação simples e a_{ij} , o coeficiente de correlação parcial.

c) Extração dos fatores iniciais - Consiste na estimação das cargas fatoriais (coeficientes a_{ij}) necessárias para representar o conjunto de dados e o método de cálculo para sua obtenção. No presente estudo, o método a ser utilizado é o de Componentes Principais, que tem como objetivo básico a construção de um conjunto de variáveis Z_1, Z_2, \dots, Z_k ortogonais, que sejam estatisticamente independentes, após a transformação linear operada em um conjunto de variáveis observadas X_1, X_2, \dots, X_k (HADDAD et al., 1989). As variáveis Z_i são os componentes principais, sendo o primeiro componente principal a combinação linear com a variância máxima; o segundo, a combinação linear com a variância remanescente máxima; e, assim, sucessivamente.

A extração dos fatores iniciais deve respeitar o princípio da ortogonalidade, ou seja, os fatores devem ser ortogonais (não-correlacionados/independentes) entre si e de modo a maximizar a contribuição desses fatores para a comunalidade. São definidas, então, as cargas fatoriais de

cada variável, a comunalidade e a raiz característica associada a cada fator, bem como as proporções da variância total explicada pelo fator:

- As cargas fatoriais (a_{ij}) são os coeficientes da matriz de correlações entre os fatores e as variáveis (associação entre as variáveis e os fatores).
- A comunalidade (h^2) é obtida pelo somatório dos quadrados das cargas fatoriais e indica quanto o fator comum consegue explicar ou captar da variância das variáveis. Todos os fatores são incluídos na análise e a comunalidade é igual a 1.
- A raiz característica (*eigenvalue*) associada a cada fator informa a variância total explicada pelo fator.
- As proporções da variância explicada pelo fator são obtidas por meio da divisão da raiz característica pelo número de variáveis.

A rotação dos fatores consiste em modificar as cargas fatoriais para facilitar a interpretação dos fatores, com vistas a melhor definir as relações entre as variáveis e os fatores. No presente estudo, em caso necessário, adotou-se o método de rotação ortogonal *varimax*, o que permite respeitar a ortogonalidade dos fatores, mantendo-os não-correlacionados e independentes, procurando minimizar o número de variáveis fortemente relacionadas com cada fator.

Na determinação dos escores fatoriais, semelhantemente ao método da regressão, foram usadas as cargas fatoriais das variáveis como parâmetros estimados da equação que, multiplicadas pelos respectivos valores daquelas variáveis que compõem aquele fator, davam origem ao escore fatorial. Os escores fatoriais foram obtidos em cada microrregião, mediante a multiplicação da matriz de coeficientes fatoriais pela matriz de dados originais padronizados.

Os escores fatoriais foram utilizados para definir o nível de intensidade de exploração agropecuária e degradação nas microrregiões.

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

$$F_j = \sum W_{ji}X_i = W_{j1}X_1 + W_{j2}X_2 + \dots + W_{jp}X_p \quad (7)$$

em que F_j são os escores fatoriais, W_{ji} os coeficientes dos escores fatoriais e p o número de variáveis.

4.2. Índice de degradação ambiental

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

A análise fatorial, dessa forma, 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).

O indicador de degradação ambiental, denominado Índice Geral de Degradação (IGD), é uma *proxy* da intensidade de exploração agropecuária que representa mais degradação.

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

$$IGD_i = \sum_{j=1}^p \frac{\lambda_j}{\Sigma \lambda_j} F_{ji}^* \quad (8)$$

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

$$F_{ji}^* = \frac{F_{ji} - F_j^{\min}}{F_j^{\max} - F_j^{\min}} \quad (9)$$

em que F_j^{\min} é o menor escore observado no j-ésimo fator e F_j^{\max} , o maior escore verificado no j-ésimo fator.

4.3. Definição das variáveis

Para a determinação dos fatores, selecionaram-se 15 variáveis para cada microrregião, representando diferentes aspectos da agropecuária, com o objetivo de verificar a intensidade da exploração agropecuária e suas implicações/efeitos sobre a degradação do Cerrado.

Considerando o caráter multidimensional da degradação e as heterogeneidades microrregionais, variáveis foram trabalhadas com valores relativos no contexto global de cada microrregião, permitindo proceder-se à melhor análise comparativa entre elas e expressando, com maior propriedade, a sua contribuição relativa.

Praticamente todas as variáveis foram razões em que o denominador era 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, de acordo com HOFFMANN (1992).

A seguir é apresentada a lista das 15 variáveis de cada microrregião localizada no núcleo do Cerrado:

- **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; e
- **X15** = área irrigada/AA dos estabelecimentos.

Observou-se que é possível reunir as variáveis em diferentes dimensões.

Representativos 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 e, conseqüentemente, também caracterizar a extensão da intervenção humana ou ação antrópica nas microrregiões que compõem o núcleo do Cerrado. 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.

No intuito de analisar o núcleo do Cerrado, desconsiderando-se as áreas periféricas que se mesclam com outros biomas, o estudo tomou como unidades de análise as 73 microrregiões (MRH) dos Estados do Tocantins, do Piauí, de Mato Grosso do Sul, de Minas Gerais, da Bahia, de Goiás, do Maranhão e de Mato Grosso.

Relativamente à fonte de dados foi utilizado o Censo Agropecuário de 1995/96 da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para a composição dos 15 indicadores.

Para o processamento dos dados foi utilizado o pacote estatístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

4.4. Análise exploratória de dados espaciais

Os dados analisados no capítulo 3 permitiram perceber heterogeneidades espaciais. Denotam a variação de fenômenos, fazendo-se necessário determinar onde ocorre essa variação. Já se tem conhecimento sobre o atributo do fenômeno que está sendo estudado; resta, portanto, detectar a natureza espacial, fornecendo referências sobre a localização geográfica desse atributo.

A existência de padrões de associação espacial pode ser detectada pela análise exploratória de dados espaciais (AEDE). É uma forma de analisar estatisticamente as informações geográficas, de modo que os dados espaciais "falem" por eles próprios. Isso significa que é possível conhecer, com mais propriedade, a natureza da estrutura e da interação do processo espacial, ou seja, os padrões espaciais, como a heterogeneidade espacial e a dependência espacial, que indicam coincidência de valores similares entre regiões vizinhas.

Nesse sentido, a AEDE visa descrever "as distribuições espaciais, identificar observações discrepantes no espaço, descobrir padrões de associação espacial e sugerir clusters espaciais" (ALMEIDA, 2004).

No caso específico deste estudo, a AEDE é apropriada, considerando-se que as variáveis analisadas são espacialmente intensivas, por serem divididas pela área aproveitável, que é um indicador de intensidade.

O teste de Moran é uma estatística que mede a associação espacial, como forma de testar a presença de autocorrelação espacial, o que pode ser feito em termos Globais ou Locais (Local Indicators of Spatial Association - LISA). No primeiro caso, a análise global é o resultado da associação espacial dos dados de uma região como um todo. Na análise local, as estatísticas indicam a dependência de cada localidade em relação à situação média de uma vizinhança definida *a priori* (ANSELIN, 1994).

Formalmente, o indicador I de Moran pode ser assim expresso:

$$I = \frac{n}{\sum \sum w_{ij}} \frac{\sum \sum w_{ij} (y_i - \bar{y})(y_j - \bar{y})}{(y_i - \bar{y})} \quad (10)$$

em que y_i é a variável de interesse, n é o número de unidades espaciais e w_{ij} é o peso espacial para o par de unidades i e j , para medir grau de interação entre elas.

O indicador de Moran tem como hipótese nula a aleatoriedade espacial, ou seja, os valores do atributo (y) não são dependentes de sua localização, isto é, são independentes espacialmente. Nesse caso, seu valor seria zero, indicando a inexistência de autocorrelação espacial significativa entre os valores da região e seus vizinhos (DRUCK et al., 2004).

No caso de autocorrelação espacial global, a correlação direta é indicada por valores positivos (entre 0 e + 1). É positiva quando os valores (altos ou baixos) de uma variável aleatória tendem a se aglomerar no espaço sinalizando a existência de autocorrelação positiva, ou seja, os indicadores locais permitem a formação de significativas aglomerações de valores similares. A correlação inversa por valores negativos (entre 0 e -1) denota a existência de

heterogeneidade espacial. Indica autocorrelação espacial negativa, em que áreas geográficas tendem a ser cercadas por vizinhos com valores muito dissimilares, com formação de significativas regiões heterogêneas (LE GALLO e ERTUR, 2003).

De outra forma, pode-se dizer que a estatística I de Moran indica a defasagem, a dispersão espacial no eixo horizontal da variável de interesse (média do atributo dos vizinhos) e, no eixo vertical, o valor dessa mesma variável. ALMEIDA (2004) assinalou que a interpretação da estatística I de Moran pode ser feita como o coeficiente angular da regressão da defasagem espacial (Wy) contra a variável de interesse (y). Assim, quando o coeficiente angular for positivo, haverá indícios de que a autocorrelação é positiva; se negativo, a autocorrelação será negativa.

Os *clusters* (agrupamentos) são informações que podem ser fornecidas pela análise dos dados espaciais. Por eles, podem-se obter quatro tipos de associação linear espacial.

O Mapa (*Moran Scatterplot*) fornece informações espaciais do indicador I de Moran, permitindo visualizar esses quatro tipos de associação linear espacial (ANSELIN, 1996).

A associação linear espacial tipo Alto-Alto (AA) indica unidades espaciais de um agrupamento com valores altos da variável de interesse circundados por unidades espaciais com valores também altos (no primeiro quadrante do diagrama), ou seja, são regiões com altos valores, cujas vizinhanças apresentam também altos valores.

O agrupamento Baixo-Baixo (BB) significa unidades espaciais com valores baixos rodeados por unidades espaciais com valores também baixos (terceiro quadrante).

No agrupamento Alto-Baixo (AB), uma unidade espacial apresenta alto valor da variável de interesse circundada de unidades espaciais com um baixo valor (quarto quadrante). São regiões que apresentam altos valores e os vizinhos, baixos.

Em relação a um agrupamento Baixo-Alto (BA), o *cluster* refere-se a uma unidade espacial, com um baixo valor da variável de interesse circunvizinha de unidades espaciais com alto valor (segundo quadrante).

Na análise empírica, utilizaram-se os *softwares SpaceStat* e o *ArcView 3.2a*. (ANSELIN, 1999). Os resultados foram plotados no mapa digital das 73 microrregiões que compõem o núcleo do Cerrado, objeto do presente estudo.

4.5. Resultados da análise fatorial

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 das Unidades da Federação (Tocantins, Piauí, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Goiás, Maranhão e Mato Grosso).

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%, o que significa 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-se 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, 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 25), considerando-se a sua contribuição para a explicação da variância em 52,69%, 14,84% e 12,09%,

respectivamente, de modo que eles, em conjunto, explicam 79,63% da variância total, o que é um percentual bastante significativo. No caso, foram desconsiderados os componentes principais com variância menor que a variância média das variáveis originais, o que significa desconsiderar componentes associados a $\lambda < 1$.

Tabela 25 – Valores das raízes características e percentagem da variância total explicada pelos três primeiros fatores identificados na análise fatorial, antes e depois da rotação

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. Assim é que valores iniciais das cargas fatoriais não definiram, com precisão, os fatores mais intimamente relacionados a determinados grupos de variáveis. Alguns desses valores se posicionavam bem próximos, dificultando a sua interpretação. Após a rotação, a contribuição dos fatores F1, F2 e F3 para a explicação da variância total dos indicadores foi de aproximadamente 38,58%, 22,25% e 18,79%, respectivamente, permitindo melhor definição das relações entre as variáveis e os fatores. Em conjunto, continuaram a explicar 79,63% da variância total (Tabela 25).

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. A comunalidade de cada indicador representa proporção da variância captada ou explicada pelos três fatores para cada indicador.

Na Tabela 26, mostra-se que o fator F1 se encontra positiva e fortemente correlacionado com os indicadores de exploração da terra com culturas temporárias (X₂); 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 38,58% da variação total.

Tabela 26 – Cargas fatoriais, comunalidades e variância explicada na análise fatorial dos 15 indicadores de degradação ambiental dos estados com microrregiões 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 – despesas 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.

Verificou-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 desses fatores de produção. Isso posto, esse fator será denominado nível de *intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica*.

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 capturadas, de forma significativa, pelos três fatores extraídos. Não obstante o interesse inicial de se concentrar 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 intensidade 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 (X3) 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 da produção e 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 (9) e varia em uma escala de 0 a 1, sendo 0 o menor escore e 1, o maior.

As Tabelas 27 e 1A 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 27) apresentam maior resultado em Mato Grosso, com estabelecimentos que praticam intensivamente a exploração do solo com culturas temporárias, com destaque para a plantação de grãos (soja, milho e arroz) e ampla utilização de insumos modernos. É o Estado com maior concentração fundiária no cultivo da soja e em áreas acima de 500 hectares, conforme Tabela 1. Primavera do Leste é a que lidera a produção de soja. Coube a essa microrregião o maior escore e também a esse Estado, o maior coeficiente de variação, indicando que existem heterogeneidades microrregionais em relação a F1, uma vez que seus escores variam de 1,00 a 0,081.

Tabela 27 – 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	Coefficiente 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, sendo 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, 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. Ressalte-se que são culturas que exigem cuidadoso trato, em especial o tomate, por ser bastante sensível a pragas e doenças, requerendo uso intenso de tecnologias bioquímicas.

Em Tocantins, a média do escore foi a menor (0,104), ressaltando-se que, entre as microrregiões desse Estado, Rio Formoso apresentou o maior escore (0,153). Observou-se ainda que o coeficiente de variação foi o menor de todos e, portanto, o que apresentou maior homogeneidade microrregional em relação aos demais estados. Dentre as microrregiões com menores escores médios, sobressaíram também as do Piauí (0,148) e as do Maranhão (0,161). Piauí destacou-se em termos de ocupação do solo com lavouras (arroz, feijão e milho) e pastagens (Tabelas 2, 3, 4 e 5), todavia sem fazer uso intensivo de tecnologias mecânica e bioquímica (Tabelas 8, 9, 11, 12 e 13). Parece tratar-se de culturas de subsistência em propriedades de pequeno porte (Tabela 1). As microrregiões do Maranhão também apresentaram perfil similar às de Piauí. Acrescente-se ainda que os cerrados do Tocantins, Piauí e Maranhão são considerados como novas fronteiras agrícolas, o que pode também justificar os menores índices de degradação.

É interessante notar que, analisando-se as Tabelas 11, 12 e 13, os estados que apresentaram, em média, maiores valores de despesas com adubos e agrotóxicos ou que praticaram o controle de pragas (tecnologia bioquímica) foram Minas Gerais e Goiás. Quanto ao uso de tratores e máquinas de colheita e de plantio, ou seja, de tecnologia mecânica, aparecem os Estados de Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso, conforme Tabelas 8, 9 e 10.

Esses resultados indicam a estreita relação do perfil da agropecuária, analisado no capítulo anterior, com os escores fatoriais de F1.

Na Figura 9, permite-se melhor visualização das microrregiões, segundo o nível do fator F1, verificando 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).

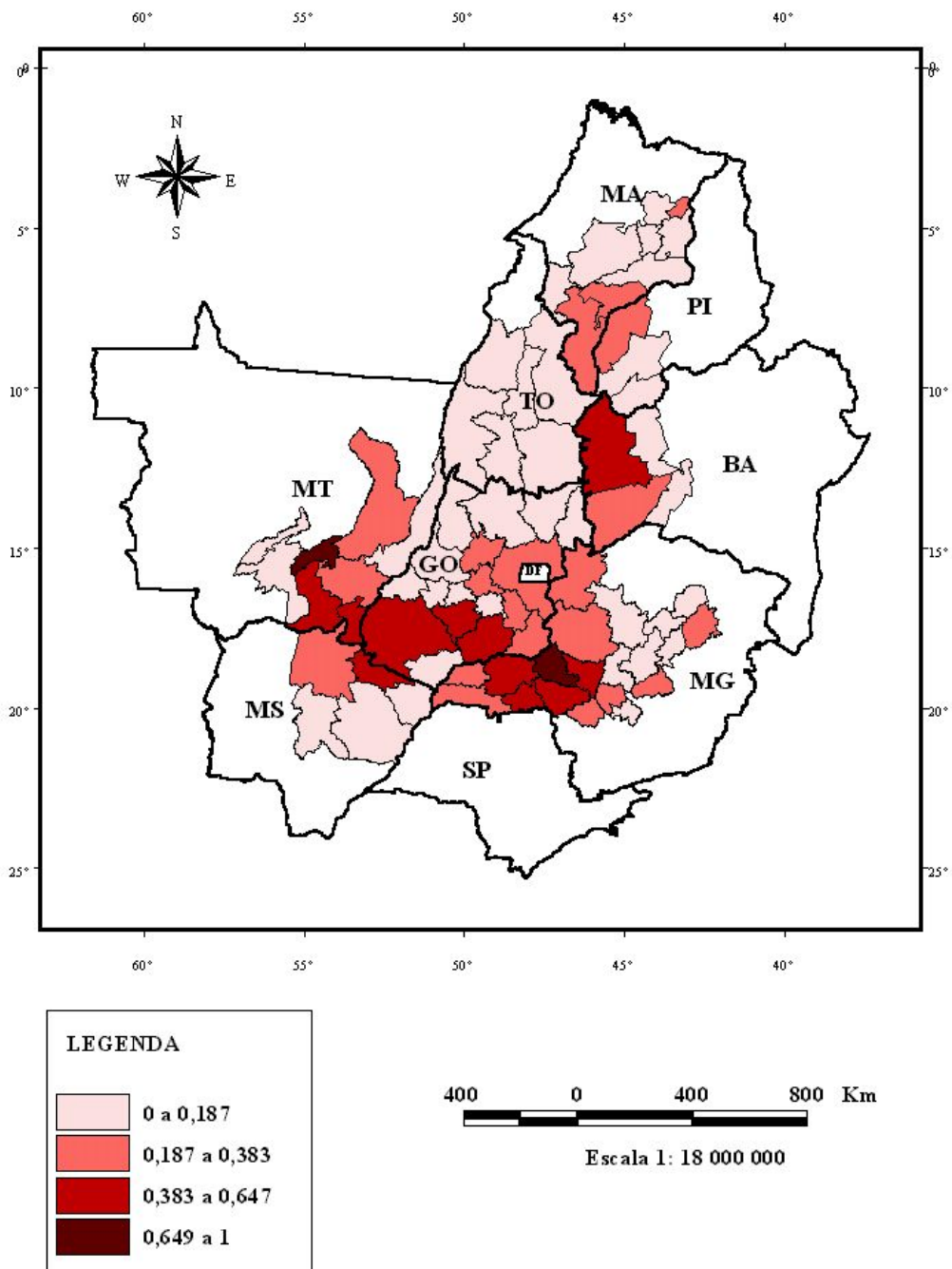


Figura 9 – Escore fatorial de F1 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

As Tabelas 28 e 1A e a Figura 10 indicam as estatísticas descritivas e a distribuição espacial do escore fatorial do Fator 2. Os resultados evidenciaram que as microrregiões de Minas Gerais apresentaram maior média em relação às demais. O Estado de Goiás também apresentou escore médio significativo e, pelo fato de ter mostrado elevado coeficiente de variação, pode-se inferir que existem diferenças significativas no valor dos escores entre suas microrregiões. Essa situação pode ser verificada ao se compararem os valores máximo (1,000) e mínimo (0,164). Observou-se, ainda, que a menor média aconteceu em Mato Grosso, porém, pela análise do coeficiente de variação, verificou-se que esse Estado apresentava muita heterogeneidade microrregional. Já no caso do Maranhão, que além de ter exibido valores médios relativamente pequenos do escore fatorial, os resultados foram semelhantes nas suas microrregiões.

Tabela 28 – Estatística descritiva do escore fatorial (F2)* 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	0,348	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.

As 10 microrregiões com escores de F2 mais elevados encontravam-se em Goiânia (GO), Sete Lagoas, Divinópolis, Patos de Minas, Patrocínio e Piuí (MG), Anápolis (GO), Bom Jesus da Lapa (BA), Uberlândia e Curvelo (MG). Ou seja, 70% dessas microrregiões localizavam-se em Minas Gerais, 20% em Goiás e 10% na Bahia (Tabela 1A). Na Figura 10, pode-se visualizar a distribuição espacial de todas as microrregiões, segundo F2.

Fica assim evidenciada a forte conexão dessas microrregiões com as características da agropecuária retratadas nas Tabelas 14 e 15 do capítulo 3 e que trabalhavam com outras dimensões da agricultura.

As estatísticas descritivas do escore do Fator 3 encontram-se nas Tabelas 29 e 1A. Levando em consideração que o F3 está associado à intensidade da exploração pecuária, pode-se verificar 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 heterogeneidade microrregional, em comparação com o Estado de 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 (1.000 a 0,183).

A menor média do escore fatorial encontrava-se no Estado de Tocantins. Além de ser menos intensivo em pecuária, comparado com os demais estados, apresentou maior heterogeneidade microrregional.

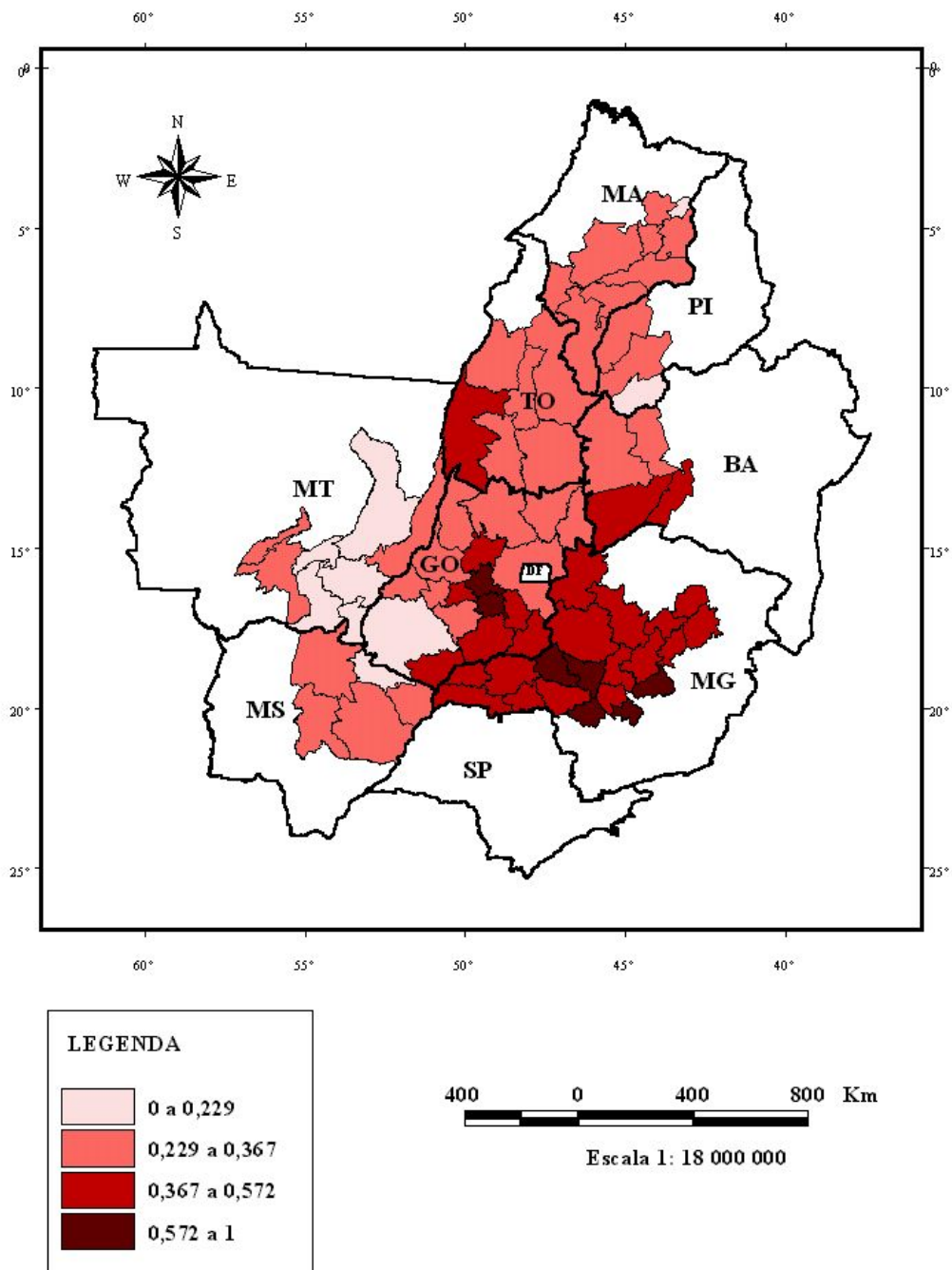


Figura 10 – Escore fatorial de F2 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

Tabela 29 – Estatística descritiva do escore fatorial (F3)* das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT – 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente 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.

Observando a Figura 11 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 representadas por 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).

São os mesmos estados que apresentaram, em média, elevados índices de pastagens por área aproveitável e bovino por pastagens (Tabelas 5 e 7), descritos e analisados no capítulo precedente.

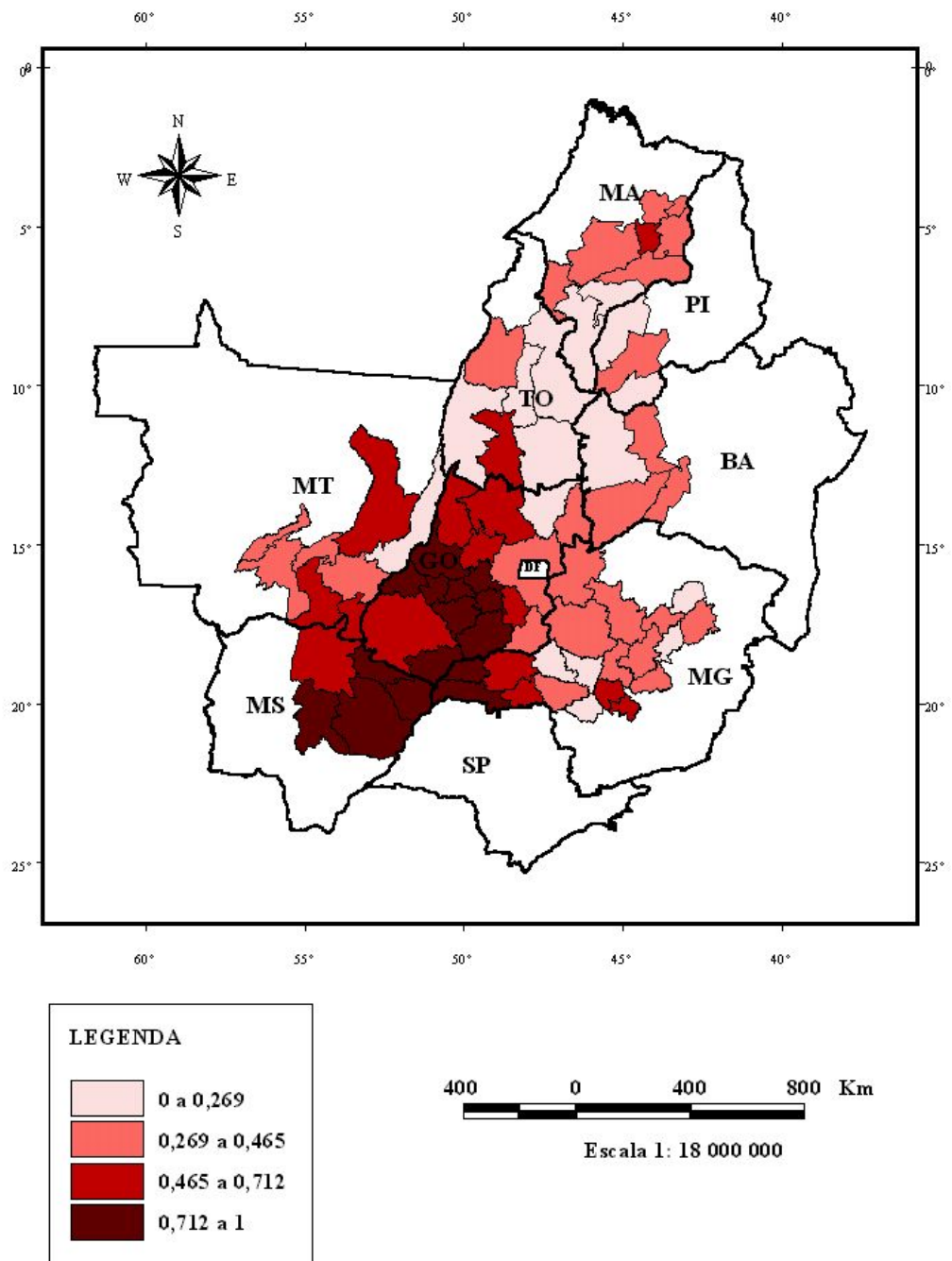


Figura 11 – Escore fatorial de F3 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

4.6. Resultados do 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 levarem 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 (8). Esse índice permitiu classificar as 73 microrregiões do núcleo do Cerrado, em termos do grau de degradação.

Nota-se nas Tabelas 30 e 2A, em que se encontram as estatísticas descritivas do Índice Geral de Degradação (IGD), que Minas Gerais apresentou maior média do índice (0,376), seguido de Mato Grosso (0,330), Estado onde as microrregiões eram bastante heterogêneas em relação às de Minas Gerais, conforme se pôde depreender da análise do coeficiente de variação. A heterogeneidade pôde ser verificada pela grande diferença entre os valores máximo (0,705) e mínimo (0,152).

A microrregião que apresentou maior índice (0,705) foi Primavera do Leste (MT) e a de Jalapão (TO), o menor (0,206).

Os menores valores médios do índice foram verificados 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 30 – 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 e MT, 1995-1996

Estados	Média	Coefficiente 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.

A Figura 12 ilustra a distribuição das microrregiões em estratos e a Tabela 2A, as microrregiões, segundo o nível de degradação.

Analisando o índice geral de degradação no Cerrado (Tabela 2A e Figura 12), constatou-se que, entre as 73 microrregiões, Primavera do Leste (MT) liderou o *ranking*, com maior índice geral de degradação, enquanto Jalapão (TO) exibiu o menor IGD.

É no estrato 4 que se encontravam as microrregiões com maior nível de degradação (Figura 12). 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 estavam altamente comprometidas com a exploração agropecuária e apresentavam elevada degradação.

Em nível um pouco menor no estrato 3, significativo de degradação médio-alta, foram 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.

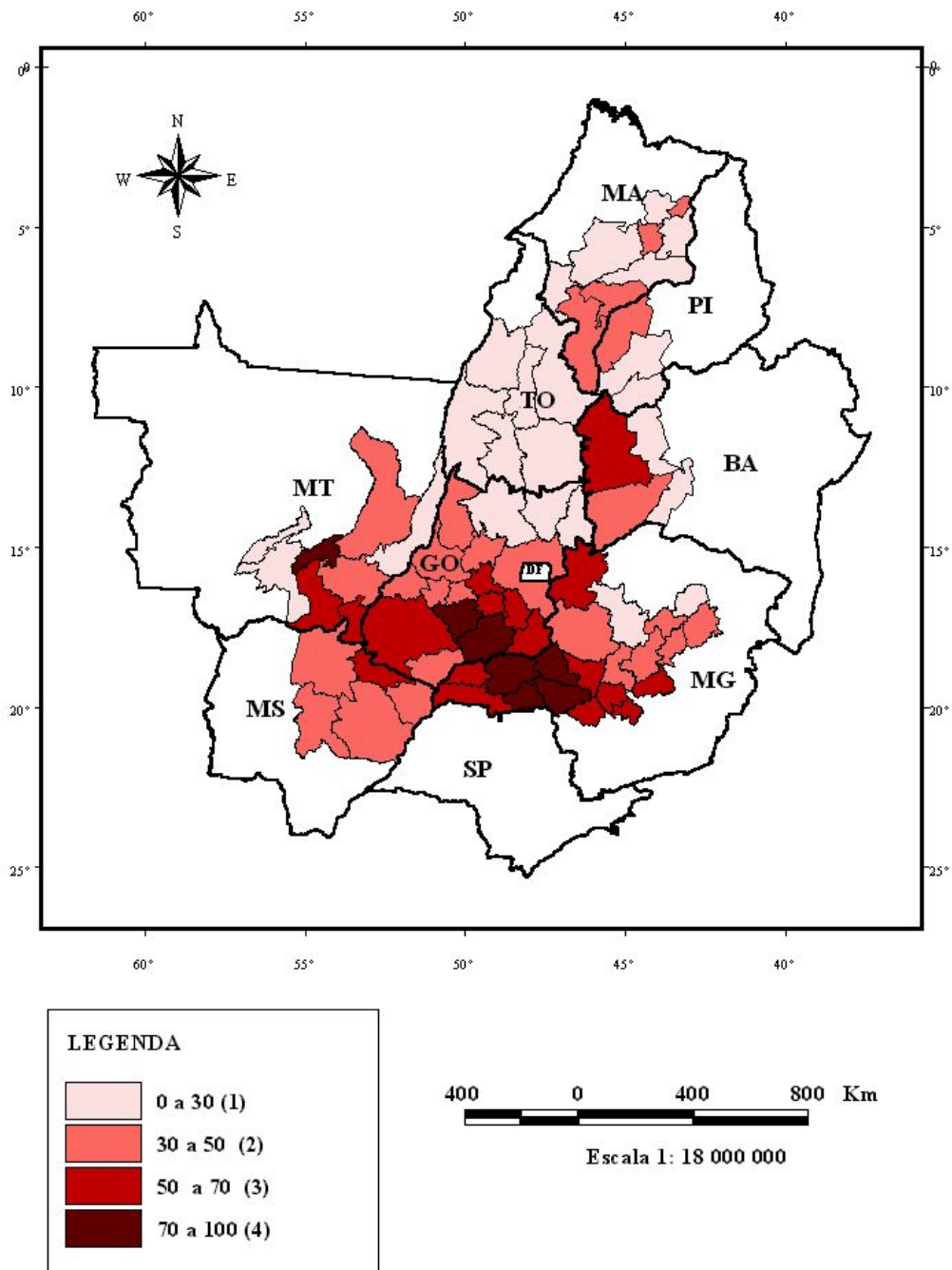


Figura 12 – Mapa do Índice Geral de Degradação (IGD) das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

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

Analisando em conjunto os estratos 3 e 4, com um total de 24 microrregiões (Figura 12 e Tabela 2A), 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 estados com o restante.

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.

A microrregião Jalapão (TO), que obteve o menor IGD, refletiu a menor intensidade de degradação. Foi também em Tocantins que se observaram os menores IGDs, haja vista que todas as suas microrregiões se posicionaram no estrato 1 e, conseqüentemente, com o menor valor médio de IGD.

Esses resultados estão coerentes e confirmam os dos capítulos 3 e 4.5.

4.7. Resultados da Análise Exploratória dos Dados Espaciais (AEDE)

Levando em consideração que os dados são georreferenciados, realizou-se a análise exploratória dos dados espaciais (AEDE)⁷, para verificar como essa heterogeneidade se manifestava no espaço geográfico e testar a existência de padrões espaciais, indicando coincidências de valores similares entre regiões vizinhas.

O I de Moran foi utilizado para medir a dependência espacial. Na Tabela 31, mostram-se os resultados do indicador de dependência espacial global de

⁷ Os procedimentos adotados foram de acordo com ANSELIN (1999).

Moran em relação a quatro parâmetros (F1, F2, F3 e IGD), que caracterizam a intensidade de exploração agropecuária e a degradação ambiental nas 73 MRH pertencentes ao Cerrado.

Tabela 31 – Indicadores globais de autocorrelação espacial (I de Moran) e o nível de significância em relação a F1, F2, F3 e IGD nas 73 microrregiões do Cerrado, 1995-1996

Parâmetros	I de Moran	Valor - Z	Significância
F1 – intensidade de exploração agrícola do solo e uso de tecnologia	0,3113	4,1916	0,00003
F2 – outras dimensões da agricultura	0,4817	6,3893	0,00000
F3 – intensidade de exploração pecuária	0,6406	8,4379	0,00000
IGD – índice geral de degradação	0,4389	5,8370	0,00000

Fonte: Resultados da pesquisa.

Observa-se, nessa tabela, que todos os indicadores guardam relação positiva e altamente significativa, em nível de 1% de significância, em todos os parâmetros, o que indica a existência de autocorrelação espacial positiva. O maior valor (0,6406) ocorreu no parâmetro de F3, indicando que a intensidade da pecuária captada por este fator apresenta maior semelhança entre os vizinhos mais próximos.

No geral, os resultados permitem evidenciar a existência de padrões espaciais em relação a todos os parâmetros referenciados, e os vizinhos tendem a apresentar características semelhantes entre si e diferentes das demais microrregiões mais distantes.

Essas evidências podem ser mais bem visualizadas e analisadas através das Figuras 13, 14, 15 e 16.

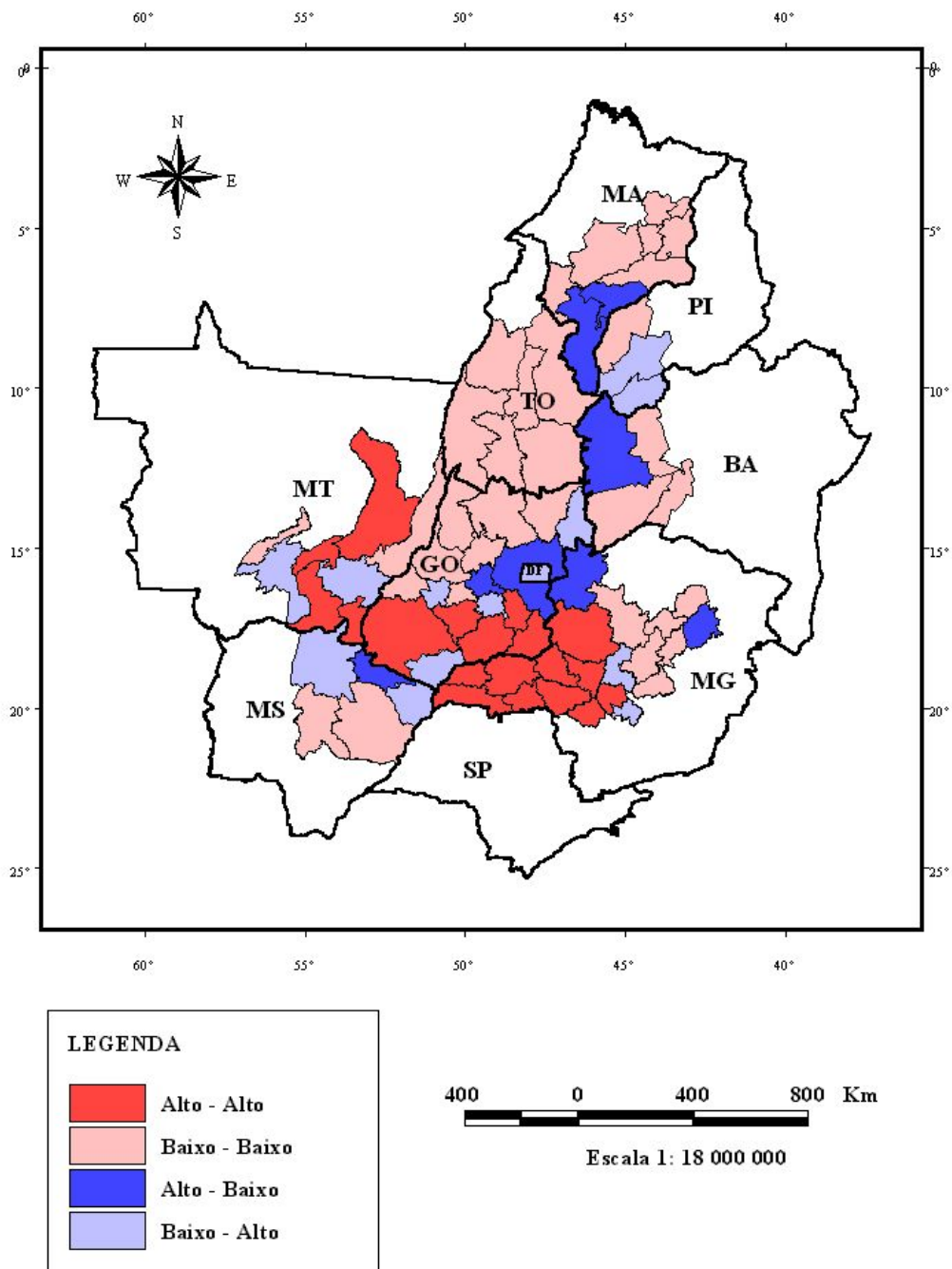


Figura 13 – Resultados do Moran Scaterplot do escore fatorial F1 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

Na Figura 13, representativa da distribuição espacial dos escores do fator 1, é possível observar grupos de microrregiões com características agropecuárias homogêneas/semelhantes, por exemplo as que englobam Triângulo Mineiro (MG), Sudoeste de Goiás e parte de Mato Grosso. O agrupamento em vermelho indicou que as unidades espaciais apresentaram valores altos de F1, indicativo de intensidade de uso do solo, principalmente com culturas temporárias, e de tecnologias mecânica e bioquímica. Esse *cluster* encontra-se circundado por unidades espaciais que apresentam também valores médios elevados do tipo Alto-Alto (AA). As demais microrregiões também se encontravam reunidas segundo o critério de similaridade, mas com valores inferiores e rodeadas por unidades espaciais ostentando valores médios baixos ou altos. Isso reflete semelhanças entre microrregiões vizinhas e diferenças significativas em relação às mais afastadas, de acordo com o grau de intensidade dos escores de F1.

O fator 2, representado na Figura 14, indica nitidamente semelhanças microrregionais. Retrata, de forma similar, a situação encontrada anteriormente em F1, em que *clusters* com elevados valores se encontram próximos dos demais, com elevados valores médios.

O fator 3, que retrata a intensidade de pecuária, aparece na Figura 15. É interessante observar, com bastante nitidez, como algumas microrregiões apresentavam valores similares em termos dos escores fatoriais, em relação aos vizinhos. É bom ressaltar que esse parâmetro foi o que apresentou maior valor do I de Moran.

Resultados semelhantes também foram observados em relação ao IGD (Figura 16).

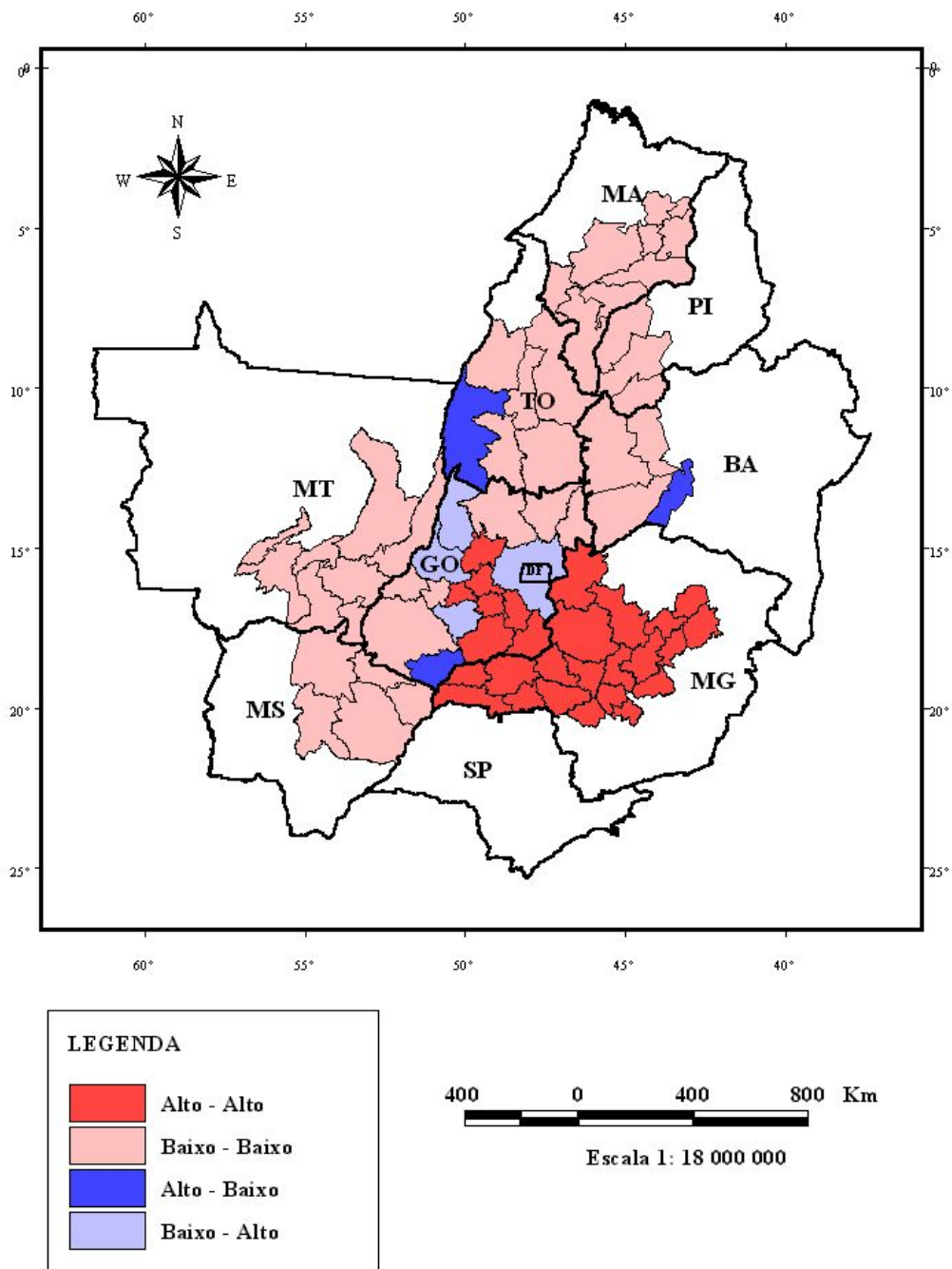


Figura 14 – Resultados do Moran Scaterplot do escore fatorial F2 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

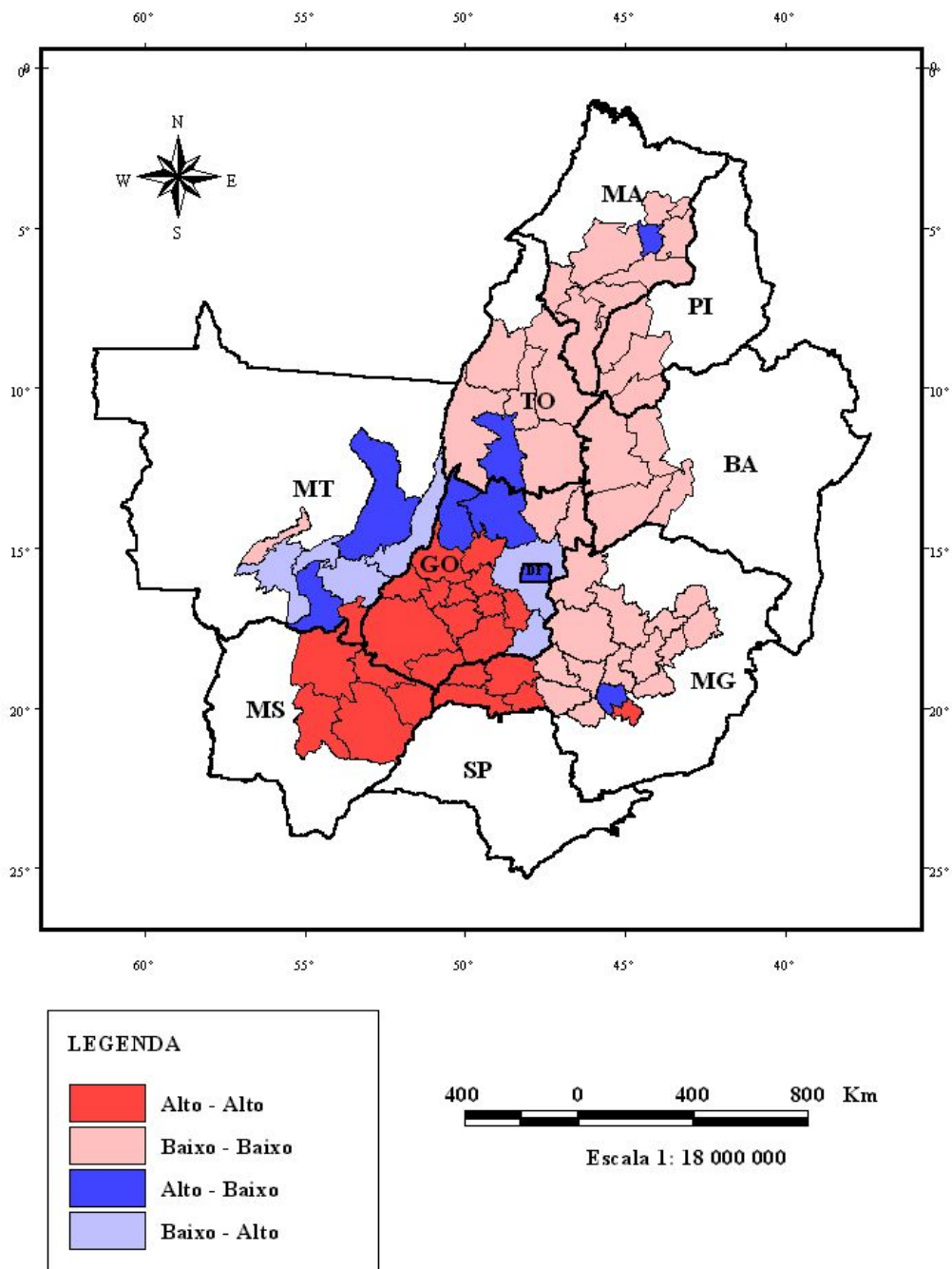


Figura 15 – Resultados do Moran Scaterplot do escore fatorial F3 das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

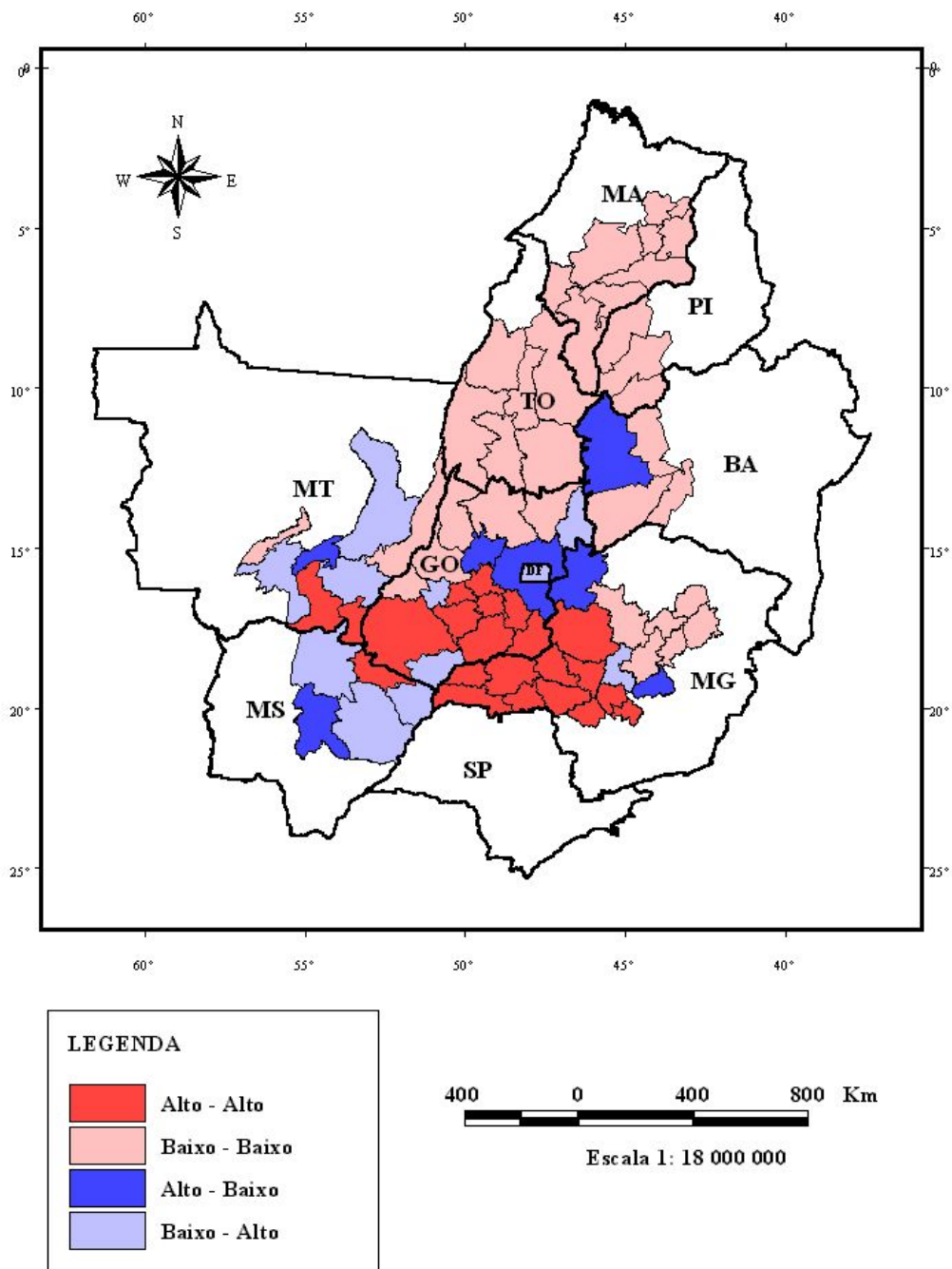


Figura 16 – Resultados do Moran Scaterplot do IGD das 73 MRH do núcleo do Cerrado localizadas nos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

Os resultados da análise exploratória espacial permitiram verificar certa homogeneidade espacial dos indicadores nas microrregiões analisadas. O I de Moran indicou que no agregado os vizinhos tendiam a apresentar resultados semelhantes entre si. Entretanto, para melhor visualização e interpretação, eles foram plotados nos mapas, conforme Figuras 13, 14, 15 e 16 (*Moran Scatterplot*), no sentido de evidenciar os diferentes tipos de associação (AA, AB, BB e BA) das microrregiões.

A análise dos mapas permitiu perceber, com maior propriedade, as diferenças microrregionais em termos da distribuição espacial da intensidade de exploração agrícola (capturada pelos escores fatoriais e o IGD) nas vizinhanças. Os resultados, de certa forma, indicam que o padrão de exploração e degradação não se manifesta de forma difusa no espaço, mas sim existe certa dependência espacial, em que os vizinhos apresentam padrões semelhantes entre si e relativamente diferentes em relação aos demais mais afastados.

4.8. Conclusões

Conclui-se 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.

Políticas que tenham como parâmetros o desenvolvimento agropecuário e o respeito à capacidade de suporte do bioma Cerrado têm condições de prover a sustentabilidade, provendo as bases para a gestão e uso de recursos ambientais locais.

É fundamental, pois delinear diretrizes e políticas capazes de orientar a exploração agropecuária, principalmente em microrregiões, onde a degradação se faz mais patente. A importância deste capítulo é permitir detectar, de forma pontual, as microrregiões com maior intensidade de degradação e para elas direcionar ações preventivas ou corretivas.

Para completar e atender os objetivos propostos, no próximo capítulo serão analisadas as variáveis que possam explicar e justificar as disparidades microrregionais em termos da intensidade da exploração da agropecuária.

5. ANÁLISE DOS DETERMINANTES DA EXPLORAÇÃO DA AGROPECUÁRIA E DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL NAS MICRORREGIÕES DO CERRADO

Como foi exposto ao longo do trabalho, a degradação do Cerrado tem relação estrita com a intensidade de exploração da agropecuária nas microrregiões. Ficou evidente que a exploração agropecuária apresentou valores e intensidades diferentes nas microrregiões. Essa situação pode ser justificada pelas disparidades regionais na disponibilidade de crédito rural, estrutura fundiária, assistência técnica, pressão demográfica e rentabilidade da atividade, entre outros fatores.

Neste capítulo, objetivou-se analisar o impacto de algumas variáveis relevantes na exploração da atividade agropecuária e na degradação das microrregiões do Cerrado. Para isso, foram ajustados modelos de regressão em que os fatores F1, F2 e F3 e o Índice Geral de Degradação foram tomados como variáveis dependentes. Como variáveis explanatórias foram consideradas cinco variáveis associadas à exploração agropecuária (Tabela 32) e cuja forma funcional é a seguinte:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \dots + \beta_k X_{ik} + e_i \quad (11)$$

em que para cada microrregião i , $i = 1, 2, \dots, 73$; Y_i é F1, F2, F3 ou IGD, variáveis dependentes referentes à i -ésima microrregião; e X_{ik} são as K -variáveis explanatórias (X_1, X_2, X_3, X_4 e X_5) da i -ésima microrregião.

Tabela 32 – Relação das variáveis dependentes e explanatórias

Variáveis	Definições
F1	Valor do fator F1 nas 73 MRH (intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica)
F2	Valor do fator F2 nas 73 MRH (intensidade de cultura permanente e outras dimensões da agricultura)
F3	Valor do fator F3 nas 73 MRH (intensidade de exploração pecuária)
IGD	Índice Geral de Degradação nas 73MRH
X1	Valor dos financiamentos por área aproveitável nas 73 MRH
X2	Estrutura fundiária (percentual de estabelecimentos agrícolas grandes acima de 500 hectares)
X3	Percentual de estabelecimentos que recebem assistência técnica nas 73 MRH
X4	Mudança da população no período de 1991-2000 (<i>proxy</i> de pressão demográfica)
X5	Índice de rentabilidade (receitas/despesa)

Fonte: Dados da pesquisa.

Os escores fatoriais de F1, F2 e F3 relacionam-se com aspectos que indicam intensidade de exploração agropecuária nas microrregiões, assim como o índice geral de degradação (IGD), que nada mais é do que um indicador agregado da intensidade de exploração.

Os valores dos fatores, do IGD e das variáveis utilizados na regressão estimada são aqueles apresentados nos capítulos 3 e 4 e que foram obtidos a

partir dos dados publicados no Censo Agropecuário do IBGE. Os modelos foram ajustados pelo método dos mínimos quadrados, efetuando-se o processamento dos dados pelo EVIEWS versão 4.1.

Os resultados da regressão encontram-se na Tabela 33, em que são mostrados os coeficientes estimados, os valores da estatística *t*, os coeficientes de determinação (R^2) e os valores da estatística *F* de cada regressão.

Tabela 33 – Coeficientes estimados, estatística *t*, coeficientes de determinação e estatística *F* das regressões estimadas

Parâmetro	IGD	F1	F2	F3
Constante	-0,0252 (-0,2165) ^{NS}	-0,2632 (-1,4193) ^{NS}	0,4193 (2,3345) ^{**}	0,4667 (1,5778) ^{NS}
X1-Valor financiamento	0,0041 (3,4583) [*]	0,0062 (3,3240) [*]	-0,0028 (-1,5167) ^{NS}	0,0030 (1,0095) ^{NS}
X2-Estrutura fundiária	-0,3318 (-3,3158) [*]	-0,2104 (-1,3200) ^{NS}	-1,0551 (-6,8347) [*]	0,0271 (0,1064) ^{NS}
X3-Assistência técnica	0,4690 (7,0108) [*]	0,4264 (4,0002) [*]	0,4609 (4,4652) [*]	0,6649 (3,9113) [*]
X4-Pressão demográfica	0,1985 (1,9632) ^{***}	0,3961 (2,4580) ^{**}	0,0289 (0,1849) ^{NS}	-0,4540 (-1,7666) ^{**}
X5-Índice rentabilidade	-0,0014 (-0,0579) ^{NS}	-0,0346 (-0,9033) ^{NS}	-0,0204 (-0,5510) ^{NS}	0,1665 (2,7287) [*]
R2	0,6033	0,4950	0,4357	0,2595
R2 ajust	0,5733	0,4567	0,3929	0,2034
F (prob)	20,0785 (1%)	12,9366 (1%)	10,1901 (1%)	4,6250 (1%)
Log verossimilhança	74,8614	41,3248	43,6415	7,7190

Fonte: Resultados da pesquisa.

*** significativo a 10%; ** significativo a 5%; * significativo a 1%; NS não-significativo.

Obs.: Entre parênteses significa estatística *t*.

De forma geral, pôde-se verificar que os resultados foram coerentes com o que se esperava (Tabela 33). O valor do coeficiente de determinação (R^2), interpretado como medida do grau de ajuste da equação de regressão, foi regular, apresentando maior valor para a regressão em que o IGD foi variável dependente. O menor valor de R^2 foi verificado na regressão em que o escore F3 foi utilizado como variável dependente. O teste F (probabilidade), como medida de significância global de regressão estimada, mostra-se altamente significativo no nível de 1%, em todas as regressões. Em conjunto com R^2 , é também um teste de significância do coeficiente de determinação.

Em relação às variáveis utilizadas na análise, notou-se que a variável X1 (crédito rural) foi significativa nas regressões com IGD e F1 como variáveis dependentes. A variável X2 (estrutura fundiária) apresentou-se significativa nas regressões com IGD e F2 atuando como variáveis dependentes. A assistência técnica (X3) foi a única variável que manifestou significância em todas as regressões. A variável *proxy* da pressão demográfica (X4) foi significativa em todas as regressões, à exceção da F2. Finalmente, a variável X5 (rentabilidade) apresentou significância estatística apenas na regressão com variável F3. De certa forma, todas essas variáveis foram importantes na determinação da intensidade da exploração agropecuária.

Considerando o sinal dos parâmetros, pode-se concluir que, em relação a X1, *proxy* da disponibilidade de crédito, por apresentar sinal positivo e ser significativa nas regressões IGD e F1, os resultados estão de acordo com o que se esperava na teoria. A disponibilidade de crédito é um fator relevante na determinação da intensidade de exploração agropecuária na região, principalmente em relação às culturas temporárias, insumos modernos (agrotóxicos, adubação, corretivos etc.) e mecanização.

A variável X2 (estrutura fundiária), utilizada na análise como forma de averiguar a relação do tamanho de propriedade e intensidade de exploração agropecuária, foi significativa nas regressões com o IGD e F2 como variáveis dependentes. O sinal negativo não está de acordo com o que se esperava, porém é um indicador de que a intensificação da exploração agropecuária está associada a

propriedades de menor porte. Esse resultado pode ainda ser justificado pelo fato da subjetividade na determinação do tamanho de área considerada de grande porte (acima de 500 ha). Os resultados levam a inferir que o aumento da exploração agropecuária está associado às propriedades de menor porte, que na realidade são a maioria. De outra forma, pode-se verificar que resultados anteriores baixos apontam que áreas acima de 500 ha não influenciam a degradação.

Variável considerada fundamental na intensidade da exploração agropecuária, a assistência técnica (X3), medida pela variável *proxy* – proporção de estabelecimentos com assistência técnica – apresentou significância estatística em todas as regressões, corroborando a idéia de que a assistência técnica é importante determinante da intensidade da exploração agropecuária e tende a influenciar positivamente a degradação. O sinal positivo indica coerência dos resultados e está de acordo com o que se esperava.

O aumento da demanda por alimentos é considerado fator que explica o aumento da exploração agropecuária. Nesse sentido, foi utilizada a variável pressão demográfica (X4), que apresentou sinal coerente com o esperado nas regressões com IGD e F1 como dependentes. O sinal positivo indica que a pressão demográfica é uma variável importante na intensificação da produção agrícola. Em relação à regressão com F3 como dependente, o sinal foi diferente do esperado, situação que pode ser justificada pelo fato de que o fator F3, que está fortemente associado à intensidade de pecuária, não é muito afetado pela pressão demográfica, sendo a pecuária muito direcionada a atividades de exportação. Nesse sentido, existe certa coerência no sinal apresentado, indicando também que maior pressão demográfica por alimentos implica substituição de pastagens por lavouras.

Na análise, utilizou-se uma *proxy* da rentabilidade da agropecuária como uma variável importante na determinação da intensidade da exploração. A variável X5 apresentou significância estatística apenas na regressão em que F3 apareceu como dependente. O sinal positivo indicou que a intensificação da

exploração depende da rentabilidade, principalmente em se tratando da exploração intensiva da pecuária.

5.1. Conclusões

A análise confirmou, em parte, a relação esperada entre exploração agropecuária/degradação ambiental e o crédito rural, assistência técnica e pressão demográfica. De certa forma, esses resultados indicam que o governo tem colaborado na exploração da agropecuária e esta, por sua vez, contribuído para a degradação ambiental, portanto não cabendo a ele apenas o papel de provedor de financiamentos e assistência técnica. Há de se ter uma efetiva exigência e monitoramento de práticas conservacionistas pelas autoridades públicas, bem como maior conscientização e comprometimento do setor privado.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

"Com nossa perspectiva global vem uma responsabilidade para com os membros da nossa raça e as muitas formas de vida com as quais compartilhamos o planeta." (Richard Leakey)

Pela sua importância social, econômica e política, a agropecuária em todo o mundo tem recebido ampla intervenção governamental. Não é para menos, considerando-se a dependência de toda a população por suprimento de alimentos de formas estável e confiável, com segurança e elevados níveis de qualidade a custos decrescentes. Além do abastecimento da sociedade cabe, em especial, à agricultura o importante papel de sustentar o ritmo de crescimento econômico, geração de emprego e diminuição do êxodo rural.

No Brasil, tem-se verificado a produção, em grande escala de grãos, com o uso intensivo de tecnologias mecânica e bioquímica substituindo os atuais sistemas tradicionais de produção agropecuária. O incremento populacional e a expansão do comércio internacional têm pressionado a demanda por produtos agropecuários, intensificando a exploração agrícola e o meio ambiente, com o agravamento de impactos agroambientais negativos.

Verificou-se que o aumento na produção agrícola tem ocorrido pelo uso intensivo do solo, emprego da mecanização intensiva, monocultura, fertilizantes

e agrotóxicos, comprometendo, de certa forma, a cobertura do solo e provocando a erosão.

Contribuindo significativamente para a produção de alimentos, o Cerrado destaca-se nos cenários agrícola nacional e mundial, sendo responsável por cerca de 46% da safra brasileira de soja, milho, arroz e feijão, além de abrigar 41% do rebanho bovino do País. São aproximadamente 50 milhões de hectares com pastagens plantadas, mais 12 de culturas temporárias anuais e duas de lavouras permanentes.

Para atender principalmente ao mercado internacional, o Cerrado incorpora o modelo de ocupação e de produção desenvolvido pelo *agribusiness* nos países industrializados e com pouca consideração com o meio ambiente. São 67 milhões dos 204 milhões de hectares que foram desmatados e agregados ao processo produtivo.

A ação antrópica no Cerrado é assunto que tem preocupado não só os ambientalistas. Seu interesse tem-se projetado, em maior nível de consciência, nos cenários nacional e internacional, pelas significativas alterações sofridas, por representar a última fronteira agrícola do mundo e em razão de sua importância na manutenção do equilíbrio do clima, das condições das bacias hídricas e da biodiversidade, nos padrões de chuva e, conseqüentemente, em seus reflexos sobre o macrossistema Terra.

Constituindo-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, principalmente levando-se em conta as conseqüências sobre determinados ecossistemas e os sérios problemas de degradação ambiental.

O cerne das ameaças à biodiversidade nesse bioma encontra-se na expansão da agricultura e da pecuária, que tem sido efetivada de forma inadequada, com perdas da vegetação originária, em decorrência da conversão de áreas de cerrado em áreas de pecuária; uso intensivo de tecnologias bioquímica e mecânica; irrigação sem controle; pisoteio excessivo de animais; e monocultura e cultura em grande escala.

Nesse contexto, a hipótese central deste trabalho foi de que a ocorrência de degradação ambiental no núcleo do Cerrado, associada à exploração agropecuária, não se manifesta de forma homogênea entre as microrregiões desse bioma.

Com base nessa pressuposição e considerando que a degradação ambiental no Cerrado está intimamente relacionada com a intensificação da exploração agropecuária, o presente trabalho teve como foco três pontos fundamentais. De início, foram descritas as principais heterogeneidades microrregionais da agropecuária. Posteriormente, diagnosticaram-se os fatores associados à intensidade de exploração em suas diversas dimensões e, conseqüentemente, a determinação do padrão de degradação ambiental. Em seguida, analisaram-se os impactos de algumas variáveis, consideradas determinantes e responsáveis pela exploração da agropecuária e degradação entre as microrregiões.

No que tange à exploração agropecuária nas microrregiões selecionadas e que fazem parte do núcleo do Cerrado, verificaram-se heterogeneidades significativas. As estatísticas descritivas de variáveis indicativas da exploração da agropecuária permitiram concluir que a intensidade e características da exploração não ocorrem de forma homogênea nas microrregiões dos diferentes estados e nem dentro de uma mesma Unidade da Federação.

Os resultados da análise fatorial, além de estatisticamente coerentes, permitiram conhecer e caracterizar, de forma mais objetiva, as diferentes dimensões em que se manifestam a intensificação da atividade agropecuária na região do Cerrado. Assim, extraíram-se três fatores. O primeiro (F1) relacionou-se com a intensidade de exploração agrícola do solo e do uso de tecnologias mecânica e bioquímica. O F2 captou outras dimensões da agricultura; e o F3 a intensidade de exploração pecuária.

De posse dos escores fatoriais extraídos na análise, foi possível construir um indicador geral da degradação, que nada mais é do que um indicador da intensidade de exploração agropecuária; dada a relação direta entre intensidade

de exploração e degradação, o indicador foi denominado índice geral de degradação, ou melhor, IGD.

Níveis de degradação, associados à intensidade de exploração, apresentam desigualdades microrregionais. A concentração do maior nível de degradação foi verificada, em particular, no noroeste de Minas Gerais, destacando-se as microrregiões mineiras de Patrocínio, Uberaba, Uberlândia e Araxá. Em parte do sul de Goiás, encontram-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, Piuí e Sete Lagoas, concentradas também no noroeste de Minas Gerais; em Goiás, foram as microrregiões 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 do Tocantins lideraram o *ranking* das menos degradadas, expressaram os menores níveis de degradação e todas posicionadas no último estrato (1), sendo, portanto, menos críticas da questão ambiental. Piauí e Maranhão também se posicionaram em patamares inferiores de degradação, com microrregiões nos estratos 1 e 2. Os valores médios dos índices verificados nas microrregiões foram 0,168 (TO), 0,189 (PI) e 0,214 (MA). Esses resultados podem ser justificados pelo fato de que esses Estados representavam, na época, 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 apresentavam degradações, mas se posicionavam 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).

Pelo exposto, verificou-se que tais resultados reforçam aqueles obtidos, quando analisados o perfil da exploração da agropecuária e a sua intensidade de exploração, associada à degradação ambiental.

O IGD permitiu ranquear as microrregiões em termos da intensidade de exploração/degradação e, dessa forma, conhecer a dispersão espacial da exploração agropecuária no Cerrado. Embora a análise das figuras, que indicam os mapas com valores dos escores fatoriais F1, F2, F3 e IGD, permita constatar a existência de certo padrão espacial desses indicadores, foi necessário realizar testes formais de dependência espacial. No presente trabalho, utilizaram-se o indicador I de Moran e o mapa de espalhamento de Moran (Moran Scatterplot), para verificar como a heterogeneidade se manifestava no espaço geográfico e testar a existência de padrões espaciais, indicando coincidências de valores similares entre regiões vizinhas.

O resultado do I de Moran apresentou valores positivos e significativos, indicando a existência de autocorrelação espacial positiva e que existiam semelhanças entre os vizinhos mais próximos.

No geral, os resultados da análise exploratória de dados espaciais permitiram evidenciar a existência de padrões espaciais em relação a todos os parâmetros utilizados, indicando que o padrão de exploração e degradação não se manifestava de forma difusa no espaço, mas que havia certa dependência espacial, em que os vizinhos apresentavam padrões semelhantes entre si e relativamente diferentes em relação aos demais mais afastados.

Uma preocupação adicional deste trabalho foi o fato de tentar analisar os determinantes dessa heterogeneidade, verificada em vários indicadores da exploração agropecuária na região. Utilizou-se, para tanto, uma regressão linear cuja variável dependente foi o IGD (também foram utilizados os escores fatoriais F1, F2 e F3 como dependentes na regressão), e as variáveis independentes foram

a disponibilidade de crédito, estrutura fundiária, assistência técnica, pressão demográfica e rentabilidade da atividade.

Os resultados desta análise foram coerentes com o que se esperava, com a ressalva de que a disponibilidade de crédito, a assistência técnica e a pressão demográfica se destacaram como de fundamental importância na determinação do padrão de intensificação da exploração agropecuária.

A análise das 73 MRH que compõem o núcleo do Cerrado brasileiro apontou que a exploração da agropecuária e a degradação ambiental caminham juntas, mas se distribuem de forma bastante desigual.

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 permitem reforçar a importância do setor agrícola na prevenção e 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 recai, 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. O setor agrícola, responsável pela sustentação do ritmo do crescimento econômico e pela geração de empregos, além de permitir reduzir o custo da produção de alimentos, é fator prioritário à sobrevivência de toda a população, em especial da grande parcela menos aquinhoadada, cuja renda se encontra praticamente comprometida com a alimentação. 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.

Particularmente, este trabalho apontou evidências de que as políticas de apoio ao desenvolvimento do setor agropecuário devem levar em consideração as diferenças microrregionais nas características da exploração agropecuária. Deve-se também considerar o impacto dessas políticas na intensificação da exploração e, por conseguinte, no aumento do potencial de degradação ambiental, comprometendo, de certa forma, a sustentabilidade da atividade na região do Cerrado.

É preciso, pois, compatibilizar-se a capacidade de suporte do meio ambiente com o tipo de exploração utilizado, para que a sustentabilidade ecológica possa acontecer. Há de se analisar, então, a região e verificar as suas condições, ou seja, a sua aptidão agroecológica, procedendo-se ao zoneamento ecológico-econômico. A região dos cerrados, por exemplo, apresenta enorme heterogeneidade de ecossistemas, desde os mais estáveis e resistentes aos mais sensíveis à atividade humana. Deve-se verificar também a intensidade da exploração que varia com o tipo e a técnica de cultura. Assim, as que menor pressão exercem sobre os ecossistemas são o extrativismo vegetal, as pastagens naturais e as florestas cultivadas, em contraposição às lavouras temporárias intensamente mecanizadas que mais agridem o meio ambiente. Não obstante, toda ação antrópica não deixa de apresentar efeitos sobre ecossistemas, de maior ou menor gravidade. Daí a maior conscientização do empresariado rural.

Políticas que visem incrementar a intensidade da exploração da agropecuária devem dispor de instrumentos tanto para a promoção do aumento da produção agrícola sustentável quanto para o uso equilibrado do meio ambiente, com estímulo a práticas de conservação. Assim é que, especificamente, devem-se considerar o apoio governamental no fortalecimento dos sistemas de pesquisa agropecuária e extensão rural e a implantação de instrumentos de monitoramento das ações antrópicas e de seus tomadores de decisão. Incentivo também à geração e à incorporação de tecnologias de produção inovadora com menor impacto ambiental, com reorientação dos sistemas de pesquisa para práticas compatíveis com a ampla conservação do Cerrado, a exemplo do plantio direto; a reeducação dos agentes de mudança e dos tomadores de decisão rumo aos novos paradigmas do sistema econômico circular; a ampla divulgação de novas práticas e de novos sistemas adaptados às condições edafoclimáticas do Cerrado; a criação de outros sistemas e, ou, mecanismos direcionados aos produtores rurais (vinculação do crédito rural ao uso de práticas agropecuárias compatíveis e implantação de linhas de crédito específicas, com vistas à conservação do solo, bacias hidrográficas, biodiversidades etc.; incentivos financeiros para projetos que contemplem o social e o ambiental, dentre outras); a adoção de modernas tecnologias informacionais nas instituições oficiais de pesquisa e de controle; e o fortalecimento das instituições legais e penais no exercício austero de controle e aplicação de sanções àqueles que infringirem e impactarem o meio ambiente, são alguns mecanismos que poderiam minimizar e até mesmo reverter a situação.

Em nível macro, são imprescindíveis maior integração e maior interação entre as várias políticas governamentais de cunhos econômico, social e ambiental, com vistas a conciliar e compatibilizar objetivos, à primeira vista, diametralmente opostos, mas plenamente factíveis na melhoria da interface entre economia e meio ambiente, base da economia circular. É preciso que haja integração de todas as informações de órgãos governamentais e não-governamentais. A implantação de banco de dados, retratando sistemicamente a situação desse e de outros biomas, propiciará condições de fornecer subsídios às

ações de fiscalização e de gestão em níveis municipal, estadual e federal. É essencial haver comunicação integrada e contínua em todos os níveis e, acima de tudo, vontade para fazer acontecer.

Em síntese, conclui-se que a dimensão econômica deve convergir para a dimensão ambiental, interagindo de forma sustentável. E ações estratégicas rumo ao desenvolvimento sustentável são fundamentais na manutenção da estabilidade das funções ecológicas, em especial no Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, J.L.P. **Análise da eficiência técnica em zonas agroecológicas brasileiras**. 136 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1994.

ALMEIDA, E.S. **Curso de econometria espacial aplicada**. Piracicaba: ESALQ-USP, 2004. paginação irregular.

ANDERSON, S.H., BEISWENGER, R.E., PURDOM, P.W. **Environmental science**. 4.ed. New York: MacMillan; Toronto: Maxwell MacMillan Canada, 1993. 488 p.

ANSELIN, L. **Spatial data analysis with SpaceStat and ArcView**. 3.ed. University of Illinois, 1999. (Mimeogr.).

ANSELIN, L. The Moran Scatterplot as an ESDA tool to assess Local Instability in Spatial Association. In: _____. **Spatial analytical perspectives on GIS environmental and socio-economic Sciences**. London: Taylor and Francis, 1996. p. 111-125.

ANSELIN, L. Exploratory spatial data analysis and geographic information systems. In: PAINHO, M. (ed.). **New tools for spatial analysis: proceedings of the workshop**. Luxemburgo: Euro Stat, 1994. p. 45-54.

ARROW, K.J., FISHER, A.C. Environmental preservation, uncertainty, and irreversibility. In: SMITH, V.L. (ed.). **Economics of natural and environmental resources**. New York: Gordon and Beach, 1977. p. 479-488.

AYRES, R.U., KNEESE, A.V. Production, consumption, and externalities. In: SMITH, V.L. (ed.). **Economics of natural and environmental resources**. New York: Gordon and Beach, 1977. p. 348-363.

BACHA, C.J.C. A importância atribuída aos recursos naturais nas formulações econômicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 32, 1994, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: SOBER, 1994. p. 854-875.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - BNDES. Política econômica: o desempenho do PIB em 2003. **Sinopse Econômica**, n. 133, p. 2-3, 2004.

BANFI, A.M. **Clima**. Disponível em: <<http://www.sosmatatlantica.org.br>>. Acesso em: 22 set. 2003.

BAUMOL, W.J., OATES, W.E. **Economics, environmental policy, and the quality of life**. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1979. 377 p.

BEUTER, 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.

BRANCO, S.M. **Cerrado: origem, natureza e curiosidades**. São Paulo: Moderna, 2000. 63 p.

BRANCO, S.M., ROCHA, A.A. **Elementos de ciências do ambiente**. 2.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1987. 206 p.

BRASIL. **Código civil e legislação civil em vigor**. Organização, seleção e notas por Theotônio Negrão, com a colaboração de José Roberto Ferreira Gouvêa. 21.ed. São Paulo: Saraiva, 2002. 1689 p.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Viçosa: UFV, 1988. 193 p.

BRASIL. **Lei n.º 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938org.htm>. Acesso em: 17 nov. 2004.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Documento de apoio ao workshop para discussão e elaboração do Plano de Ação para os Ecossistemas do Cerrado**. Brasília, DF, 1998a.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Primeiro relatório nacional para a convenção sobre diversidade biológica - Brasil**. Brasília, DF, 1998b.

BROWN, L. R. **Qualidade de vida: 1991: salve o planeta!; um relatório do Worldwatch Institute**. São Paulo: Globo, 1991. 308p.

BRUM, H.A. Economia e meio ambiente. In: ÁVILA, F.B. et al. **Meio ambiente**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional do Comércio, 1996. p. 185-205.

CAVALCANTI, C. Condicionantes biofísicos da economia e suas implicações quanto à noção do desenvolvimento sustentável. In: ROMEIRO, A.R., REYDON, B.P., LEONARDI, M.L.A. (Org.). **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. São Paulo: UNICAMP.IE, 1997. p. 61-82.

COMUNE, A.E. Meio ambiente, economia e economistas: uma breve discussão. In: MAY, P.H., MOTTA, R.S. **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 454-459.

CORREIA, J.R. **Uso de técnicas multivariadas no estudo das inter-relações de características do solo e a produtividade do eucalipto**. 106 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.

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

COSTANZA, R. Economia ecológica: uma agenda de pesquisa. In: MAY, P.H., MOTTA, R.S. (org.). **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 111-144.

COSTANZA, R., CUMBERLAND, J., DALY, H., GOODLAND, R., NORGAARD, R. **An introduction to ecological economics**. Boca Raton, Fla.: St. Lucie Press, 1997. 275 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, 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.

CUNHA, A.S. Desenvolvimento agrícola e meio ambiente. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 11-13, 1994.

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).

DALY, H.E. Capacidade de suporte como um instrumento de política e desenvolvimento: a Amazônia Equatorial e o Chaco Paraguai. In: MAY, P.H., MOTTA, R.S. (org.). **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 145-155.

DIEGUES, A.C.S. Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e de recursos naturais. **Cadernos FUNDAP**, v. 9, n. 16, p. 33-45, 1989.

DORST, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**. São Paulo: E. Blücher, 1990. 394 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.

DRUCK, S. et al. (Ed.). **Análise espacial de dados geográficos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2004. 209p.

ELY, A. **Economia do meio ambiente**. Porto Alegre: Secretaria de Coordenação e Planejamento, Fundação de Economia e Estatística, 1990. 180p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Cerrado**. Disponível em: <http://www.embrapa.br/linhas_acao>. Acesso em: 21 jan. 2005.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Agrotec: base de dados**. Planaltina, DF, 2004.

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.

FERREIRA, R. L. C., SOUZA, A. L. Técnicas de análise multivariada aplicadas ao manejo florestal no Brasil. **Boletim Técnico SIF**, Viçosa, MG, n.14, p.1-21, 1997.

FISHER, A.C. **Resource and environmental economics**. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1981. 184 p.

HADDAD, P.R. (org.), FERREIRA, C.M.C., BOISIER S., ANDRADE, T.A. **Economia regional: teorias e métodos de análise**. Fortaleza: BNB-ETEN, 1989. 694 p. (Estudos Econômicos e Sociais, 36).

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.

HOMMA, A.K.O. **A extração de recursos naturais renováveis: o caso do extrativismo vegetal na Amazônia**. Viçosa, MG: UFV, 1989. 575 p. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Geociências**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo agropecuário**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 24 out. 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. **Ecosistemas brasileiros**. Disponível em <<http://www.ibama.gov.br>>. Acesso em: 27 abr. 2004.

KAGEYAMA, A., LEONE, E.T. Regionalização da agricultura segundo indicadores sociais. **Revista Brasileira de Estatística**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 196, p. 5-21, 1990.

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.

LA ROVERE, E.L. Energia e meio ambiente. In: MARGULIS, S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro/Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 11-34.

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.

LE GALLO, J., ERTUR, C. Exploratory spacial data analysis of the distribution of regional per capita GDP in Europe, 1980-1995. **Papers in Regional Science**, v.82, p.175-201. 2003.

LEMOS, 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.

LORENSINI, R. **Sustentabilidade do setor agrícola no Estado do Espírito Santo**. 102 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1999.

MAGRINI, A. A avaliação de impactos ambientais. In: MARGULIS, S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro/Brasília: IPEA/PNUD, 1990. p. 85-108.

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

MARGULIS, S. Economia do meio ambiente. In: MARGULIS, S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro/Brasília: IPEA/PNUD, 1990a. p. 135-155.

MARGULIS, S. Introdução à economia dos recursos naturais. In: MARGULIS, S. **Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos**. Rio de Janeiro/Brasília: IPEA/PNUD, 1990b. p. 157-178.

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

MEYER, L.F.F., BRAGA, M.J. Tipologia do uso agrícola do solo no Estado do Pará: uma aplicação de métodos de análise multivariada. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 39, n. 4, p. 68-91, 2001.

MIRRA, A.L.V. Responsabilidade civil pelo dano ambiental e o princípio da reparação integral do dano. **Revista de Direito Ambiental**, São Paulo, v. 8, n. 32, p. 68-82, 2003.

MUELLER, C.C. Economia e meio ambiente na perspectiva do mundo industrializado: uma avaliação da economia ambiental neoclássica. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 26, n. 2, p. 261-304, 1996.

PEARCE, D.W., TURNER, R.K. **Economics of natural resources and the environment**. 3.ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 1990. 378 p.

PEREIRA, J.A.R. **Classificação de vegetação dos cerrados por meio dos componentes principais de uma imagem LANDSAT-TM**. 46 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, 1993.

PERMAN, R., MA, Y., MCGILVRAY, J., COMMON, M. **Natural resource and environmental economics**. 2.ed. Essex, Engl.: Longman, 1999. 564 p.

PINDYCK, R.S., RUBINFELD, D.L. **Microeconomia**. 4.ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1999. 791 p.

PRONK, J., HAQ, M. **Le developpement durable: de la theorie a la pratique**. La Haye: Ministère de la Coopération au Développement; Ministère des Affaires Étrangères des Pays-Bas; New York: Programme des Nations Unies pour le Développement, 1992. 32 p. (Rapport de La Haye).

QUIRINO, T.R., IRIAS, L.J.M., WRIGHT, J.T.C. **Impacto agroambiental: perspectivas, problemas, prioridades**. São Paulo: E. Blücher, 1999. 184 p.

REDCLIFT, M. **Sustainable development: exploring the contradictions**. London: Routledge, 1992. 221 p.

REYDON, B.P. Agricultura sustentável: uma agenda para o desenvolvimento de produção economicamente viável para a Região Amazônica. In: ROMEIRO, A.R., REYDON, B.P., LEONARDI, M.L.A. (org.). **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais**. São Paulo: UNICAMP/IE, 1997. p. 299-309.

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

RUSCHI, A. Considerações sobre o meio ambiente. In: ÁVILA, F.B. et al. **Meio ambiente**. Rio de Janeiro: Conselho Nacional do Comércio, 1996. p. 77-99.

SALES, M.F.L. **Condicionantes da sustentabilidade do setor agrícola do Estado do Pará**. 240 p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1995.

SERAGELDIN, I. Cómo lograr un desarrollo sostenible. **Finanzas e Desarrollo**, Washington, v. 30, n. 4, p. 6-10, 1993.

SILVA, O.M. Agricultura e economia aberta. **Economia Rural**, Viçosa, v. 13, n. 3-4, p. 32-34, 2002.

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

SOUZA, P.M. **Modernização e mudanças estruturais na agricultura brasileira, 1970 a 1995**. 318 p. Tese (Doutorado em Economia Rural) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

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

TIETENBERG, T.H. Administrando a transição para um desenvolvimento sustentável: o papel dos incentivos econômicos. In: MAY, P.H., MOTTA, R.S. (org.). **Valorando a natureza: análise econômica para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Campus, 1994. p. 93-109.

VARGAS, M.A.T., HUNGRIA, M. (ed.). **Biologia dos solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 2003. 524 p.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT – CMMD. **Our common future**. Oxford: Oxford University Press, 1988. 400 p.

APÊNDICE

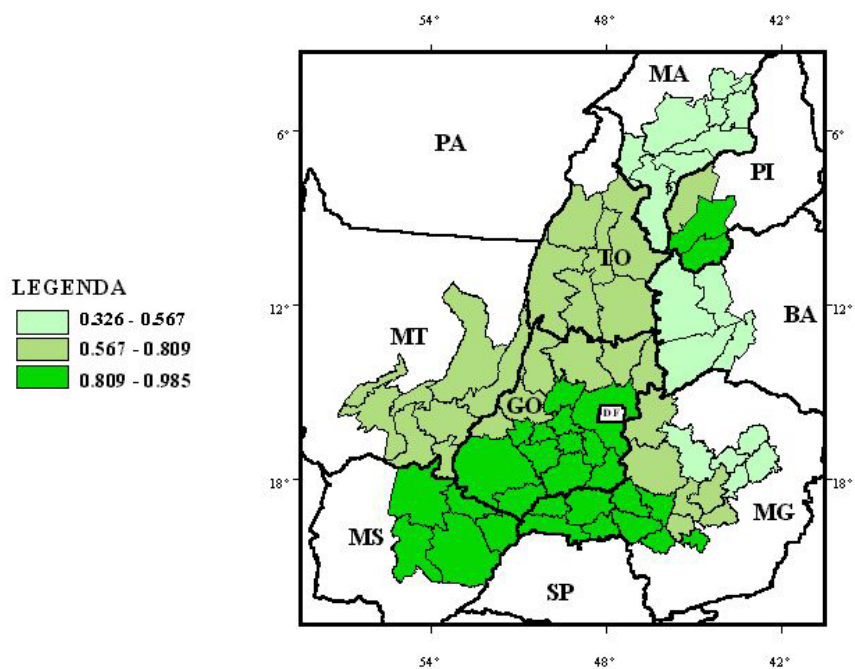


Figura 1A – Distribuição espacial de lavouras e pastagens por hectare de área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

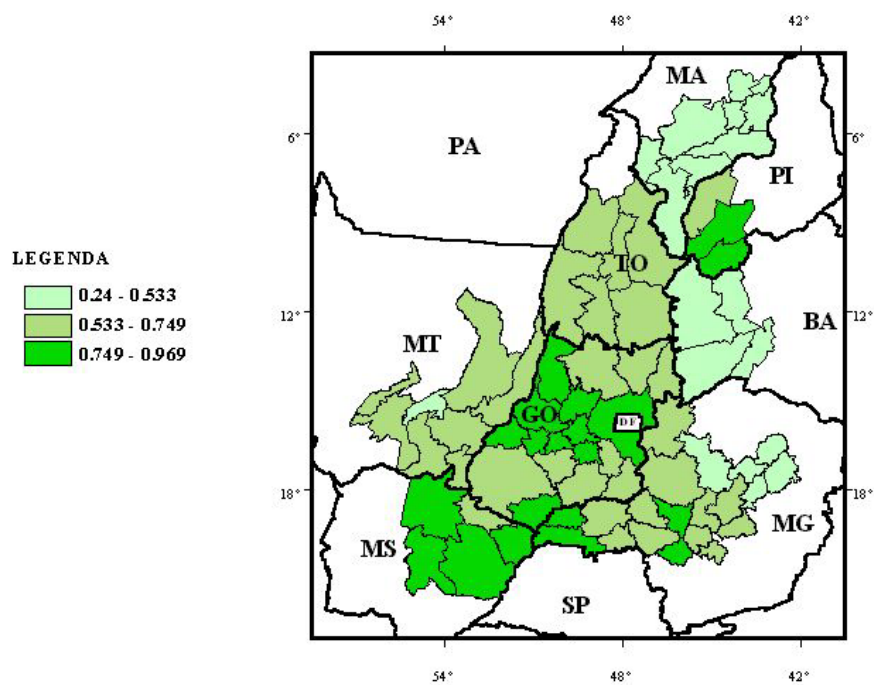


Figura 2A – Distribuição espacial de pastagens por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

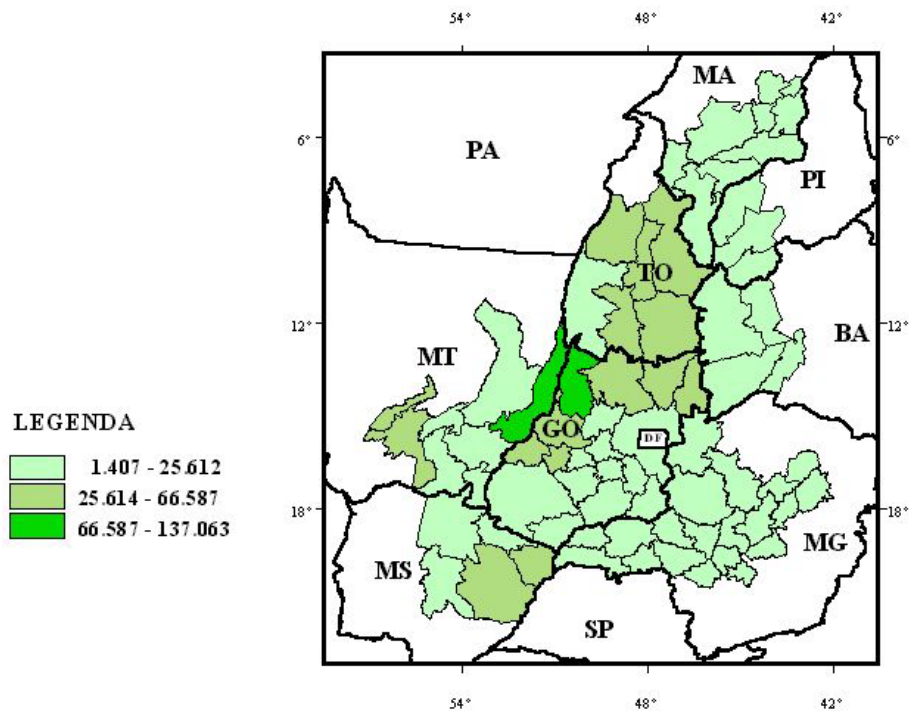


Figura 3A – Distribuição espacial de pastagens por lavouras nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

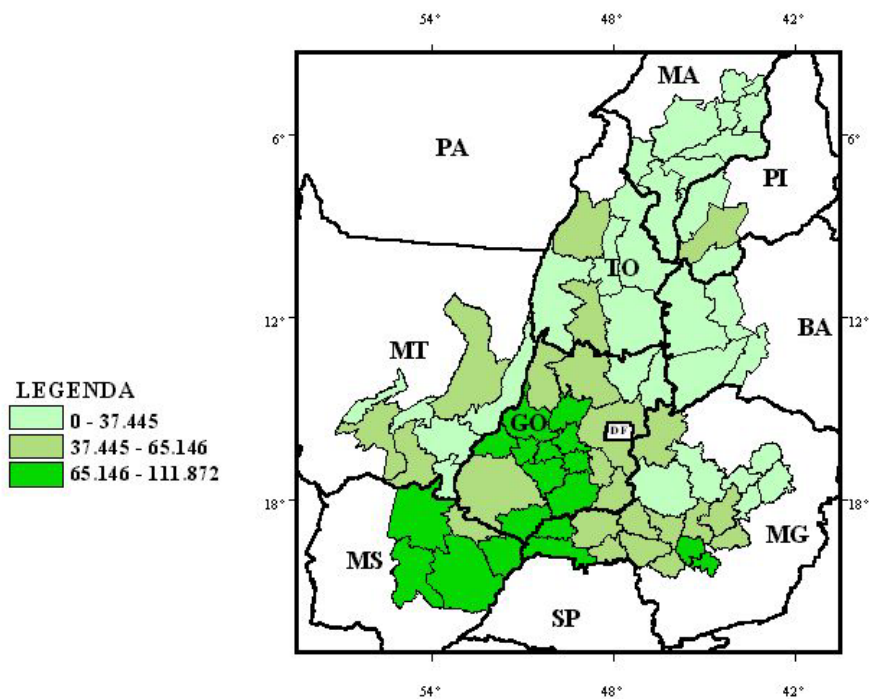


Figura 4A – Distribuição espacial de bovinos por 100 hectares de pastagens nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

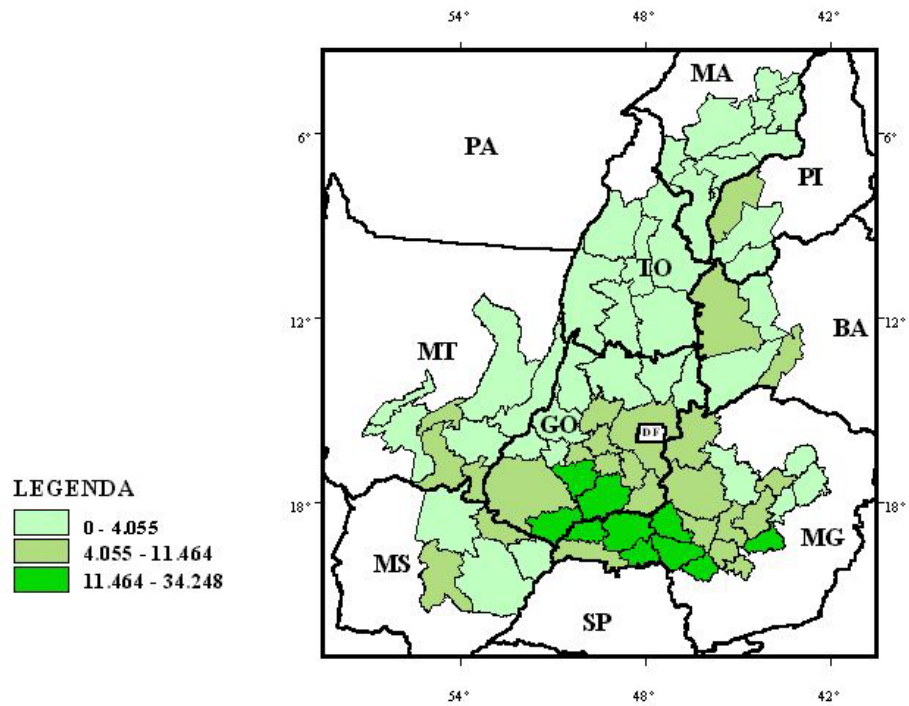


Figura 5A – Distribuição espacial de máquinas de plantio por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

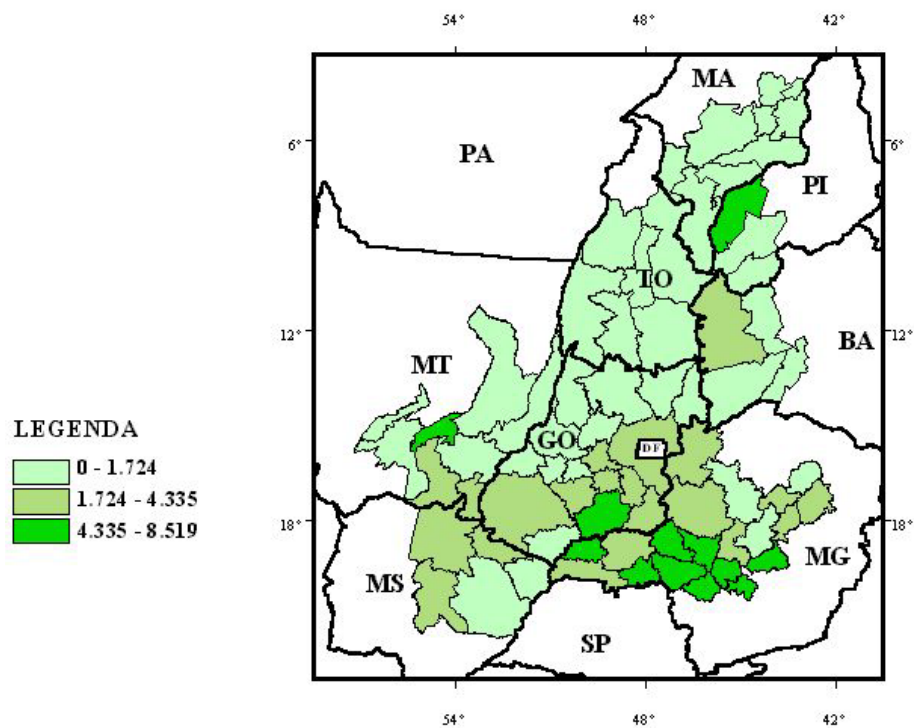


Figura 6A – Distribuição espacial de máquinas de colheita por área aproveitável nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

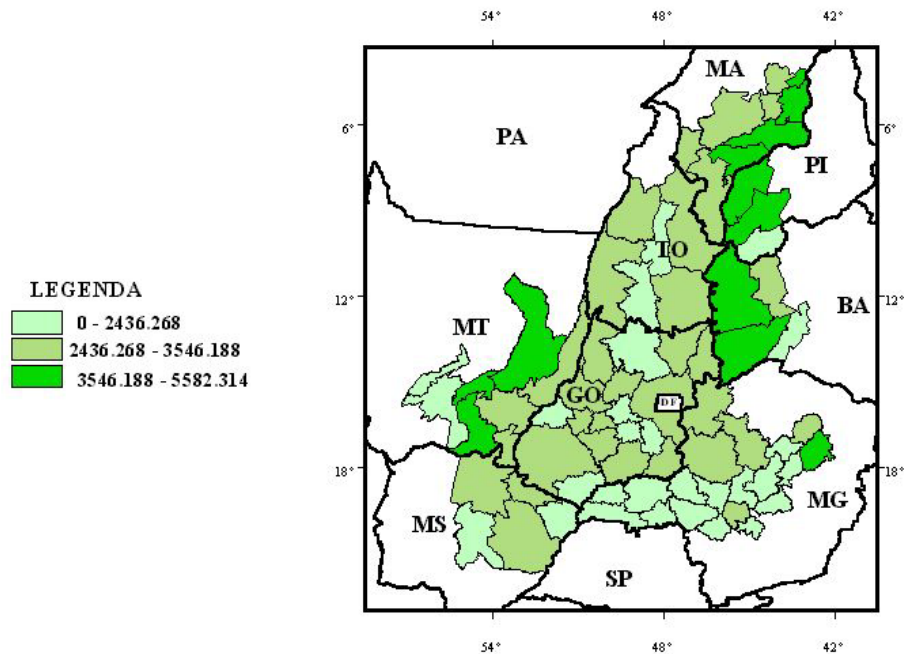


Figura 7A – Distribuição espacial de despesas de combustível e lubrificante por trator nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

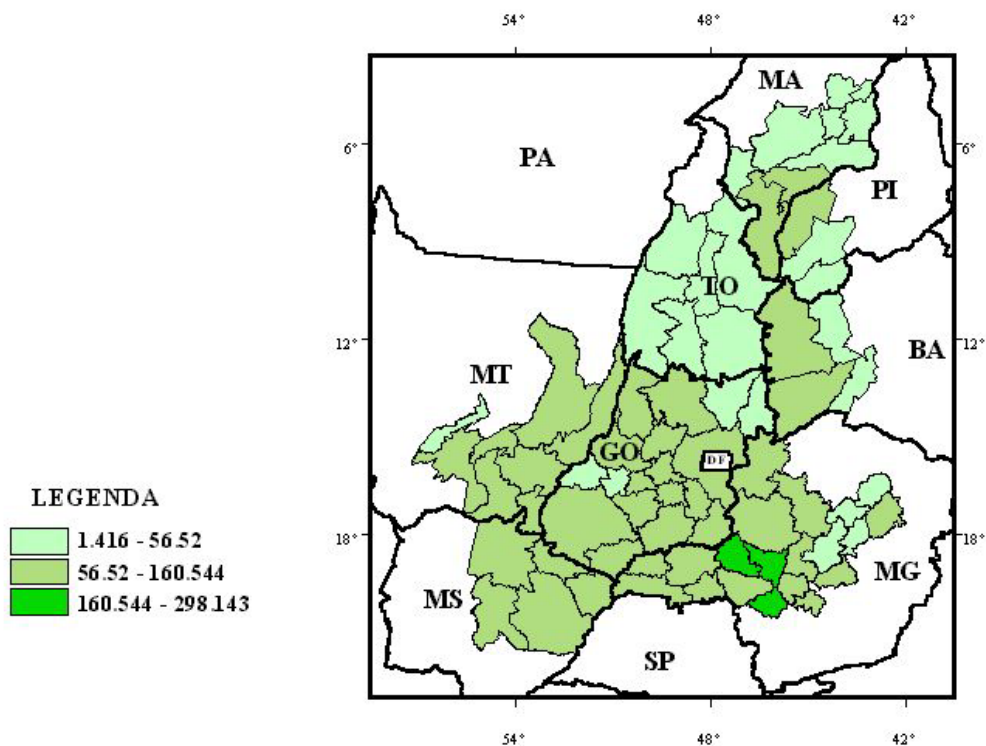


Figura 8A – Distribuição espacial de despesas em adubos nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

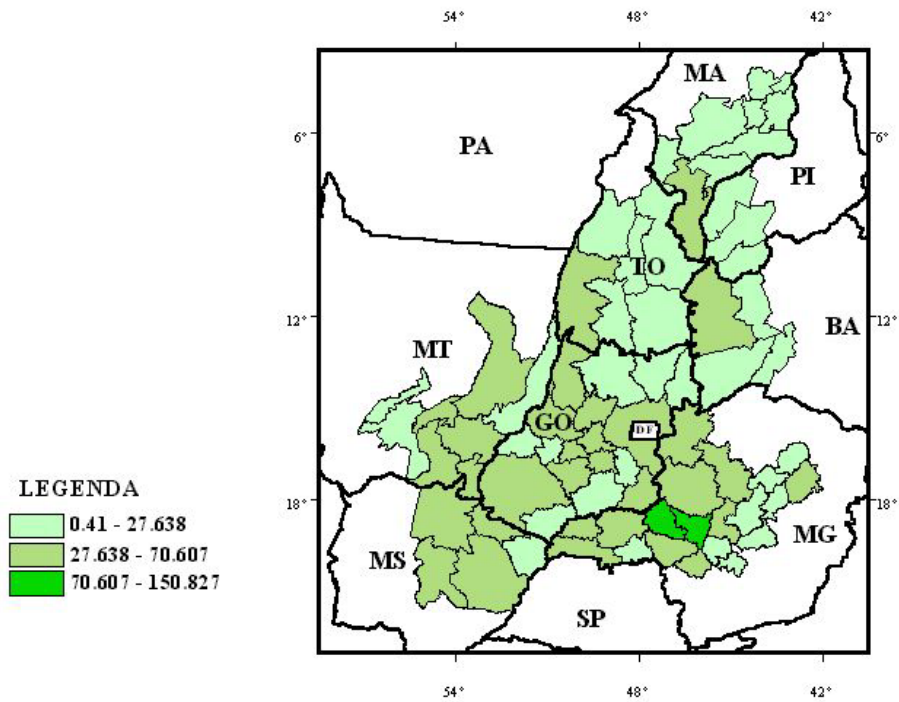


Figura 9A – Distribuição espacial de despesas com agrotóxicos por lavoura temporária nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

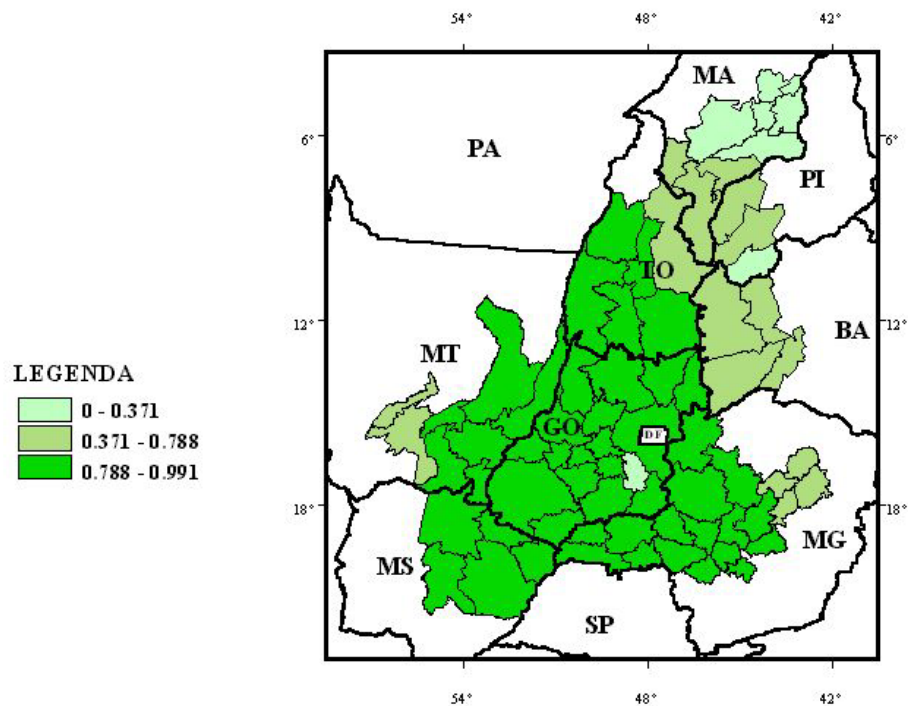


Figura 10A – Distribuição espacial de controle de pragas por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

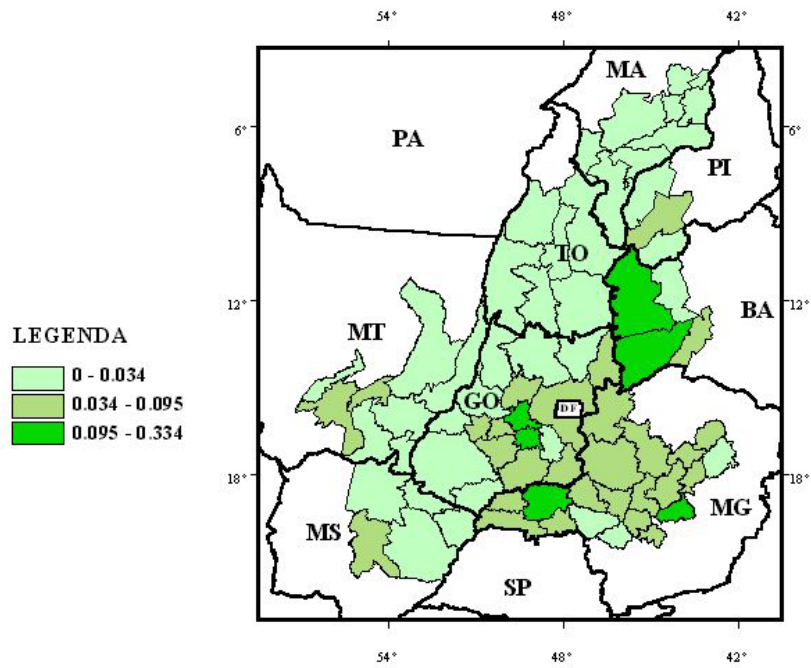


Figura 11A – Distribuição espacial do uso de irrigação por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

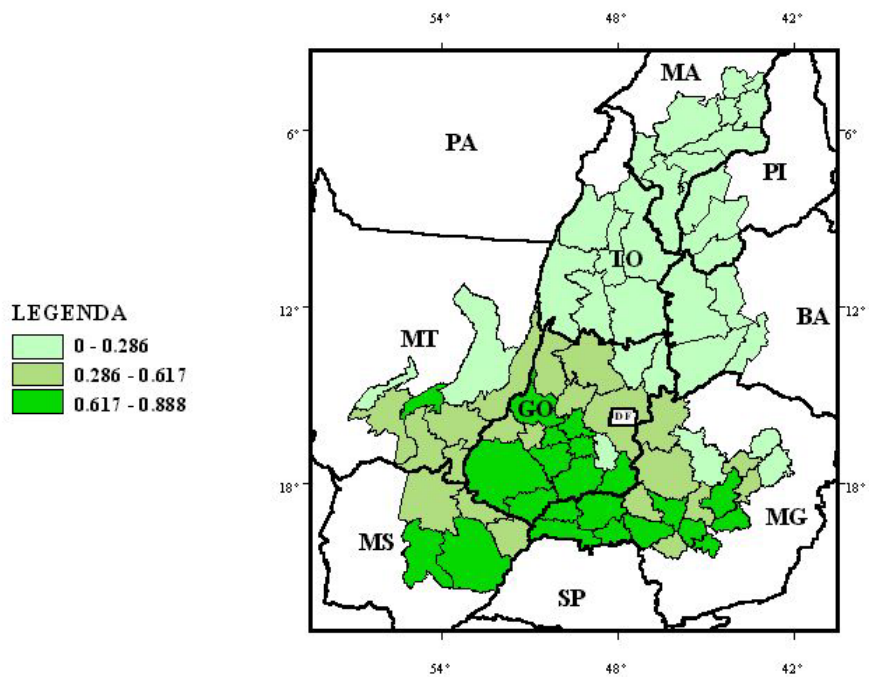


Figura 12A – Distribuição espacial do uso de energia elétrica por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

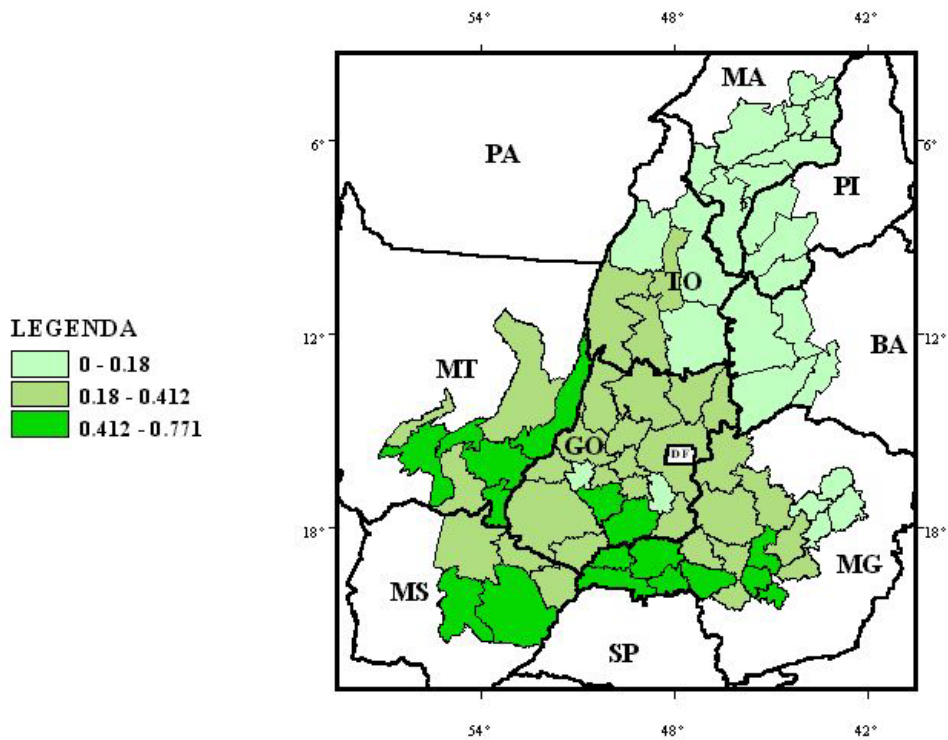


Figura 13A – Distribuição espacial de assistência técnica por estabelecimento nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

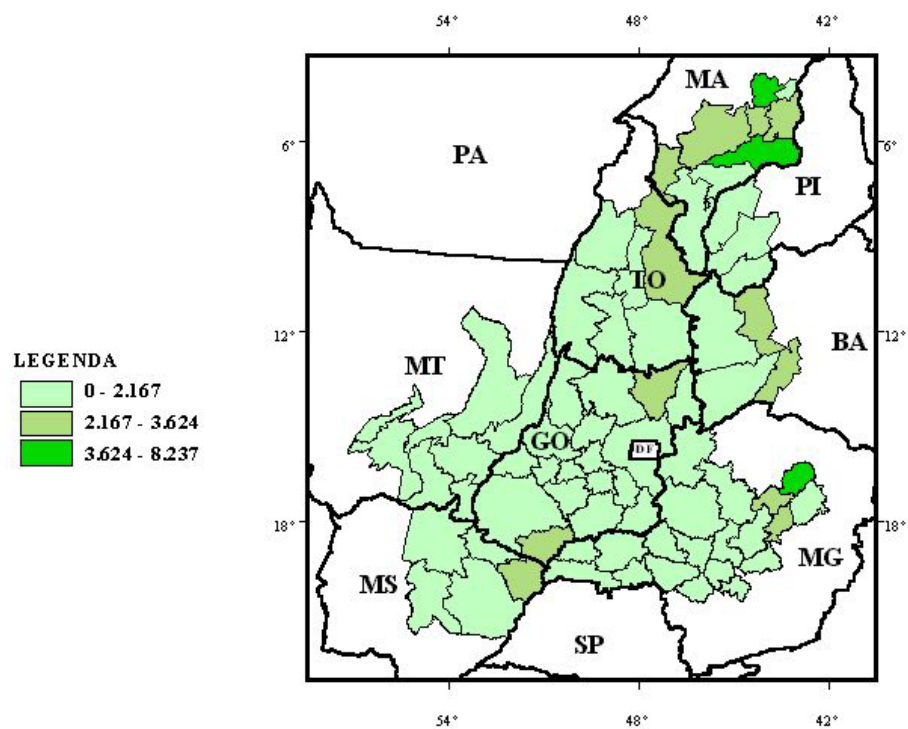


Figura 14A – Distribuição espacial de produtividade nas 73 MRH dos Estados de TO, PI, MS, MG, BA, GO, MA e MT, 1995-1996.

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 Extr. Sul Piauiense	-0,637	-1,050	-0,986	0,119	0,197	0,228	0,150	21,28
Mato Grosso 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 das Mangabeiras	0,031	-0,688	-0,893	0,247	0,261	0,252	0,251	35,55
	Gerais de Balsas	0,065	-0,674	-1,257	0,254	0,263	0,160	0,241	34,22
	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	Unai	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
Piauí	Chapadas Extremo Sul 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.