



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**GITAIR MOREIRA DOS SANTOS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA E RADIOMÉTRICA DE PASTAGENS
CULTIVADAS NO CERRADO GOIANO**

Goiânia – GO, novembro de 2010.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

GITAIR MOREIRA DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA E RADIOMÉTRICA DE PASTAGENS
CULTIVADAS NO CERRADO GOIANO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA/UFG para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Natureza e Produção do Espaço
Orientador: Prof. Dr. Laerte G. Ferreira Jr.

Goiânia – GO, novembro de 2010.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG

S237c Santos, Gitair Moreira dos.
Caracterização biofísica e radiométrica de pastagens
cultivadas no Cerrado Goiano [manuscrito] / Gitair Moreira
dos Santos - 2010.
64 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Júnior.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás,
Instituto de Estudos Sócio-Ambientais, 2010.
Bibliografia.
Apêndices.

1. Cerrado - Pastagens cultivadas 2. Pastagens -
Características biofísicas. 4. Sensoriamento remoto. I. Título.

CDU: 910.27:574.4(213.54)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

GITAIR MOREIRA DOS SANTOS

CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA E RADIOMÉTRICA DE PASTAGENS
CULTIVADAS NO CERRADO GOIANO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA/UFG para obtenção do título de Mestre em Geografia. Área de concentração: Natureza e Produção do Espaço
Orientador: Prof. Dr. Laerte G. Ferreira Jr.

Goiânia – GO, novembro de 2010.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Autor (a):	Gitair Moreira dos Santos				
E-mail:	Gita.pucgoias@gmail.com				
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não					
Vínculo empregatício do autor	PUC-Goiás				
Agência de fomento:	Capes			Sigla:	CAPES
País:	Brasil	UF:	DF	CNPJ:	00889834/0001-08
Título:	Caracterização biofísica e radiométrica de pastagens cultivadas no Cerrado Goiano				
Palavras-chave:	Pastagens cultivadas, características biofísicas, degradação de pastagens, sensoriamento remoto.				
Título em outra língua:	Biophysic characterization and radiometer of pastures cultivated in Goiano Cerrado				
Palavras-chave em outra língua:	Cultivated pastures, biophysical characteristics, degraded pastures, remote sensing				
Área de concentração:	Natureza e Produção do Espaço				
Data defesa: (dd/mm/aaaa)	17/12/2010				
Programa de Pós-Graduação:	Geografia - IESA				
Orientador (a):	Laerte Guimarães Ferreira Júnior				
E-mail:	laerte@iesa.ufg.br				

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

3. Informações de acesso ao documento:

Liberação para disponibilização?¹ ☒ **total** ☐ **parcial**

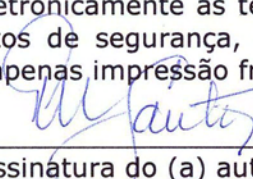
Em caso de disponibilização parcial, assinale as permissões:

☐ **Capítulos. Especifique:** _____

☐ **Outras restrições:** _____

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF ou DOC da tese ou dissertação.

O Sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.



Assinatura do (a) autor (a)

Data: **21 / 02 / 2011**

¹ Em caso de restrição, esta poderá ser mantida por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Todo resumo e metadados ficarão sempre disponibilizados.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**CARACTERIZAÇÃO BIOFÍSICA E RADIOMÉTRICA DE PASTAGENS
CULTIVADAS NO CERRADO GOIANO**

Dissertação de Mestrado apresentada por Gitair Moreira dos Santos ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA/UFG.

APROVADO POR:

Prof. Dr. Laerte Guimarães Ferreira Jr.
(ORIENTADOR)

Prof. Dr. Edson Eyji Sano
(EXAMINADOR)

Prof. Dr. Eguimar Felício Chaveiro
(EXAMINADOR)

Goiânia-GO, novembro de 2010.

DEDICATÓRIA

Dedico esta em memória da minha mãe, que sempre acreditou em mim e está sempre viva em minhas lembranças, e à minha família, presente em todos os momentos da minha formação acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus pela força, disposição e saúde para enfrentar as adversidades da vida, que não foram poucas, e por poder realizar mais esta fase da minha vida. Em seguida, à minha família, que sempre me apoiou e me ajudou na realização dos meus projetos.

À FUNAPE, na pessoa do Prof. Dr. Laerte G. Ferreira Jr., pelo apoio financeiro na realização das etapas de campo.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação (Prof. Eguimar e Prof^a. Lana), pela condução das atividades do departamento, e aos funcionários Charles, Joraia e Natália. Ao amigo e Prof. Dr. Laerte G. Ferreira Jr. pela competência, seriedade, sinceridade, dedicação, organização e disposição na orientação e desenvolvimento da pesquisa. Aos professores do curso pela competência e ensinamentos.

Aos amigos Marlon e Genival pela disposição, paciência e boa vontade com que sempre me atenderam.

De forma especial aos “meninos” Arielle e Sílvia pela grande ajuda na produção de dados.

Aos vários amigos do LAPIG pela convivência e amizade demonstradas durante a minha permanência no laboratório.

À EMBRAPA pelo apoio nas atividades de laboratório e à equipe técnica do Prof. Dr. Edson Sano e Msc. Heleno Bezerra, pela experiência e dedicação na condução dos trabalhos de campo.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste estudo e torceram para que meus objetivos fossem atingidos, deixo expressa minha eterna gratidão.

Meus sinceros agradecimentos.

MEMORIAL

O discente iniciou suas atividades profissionais como servidor público estadual na função de auxiliar de desenhista na CODEG – Companhia de Desenvolvimento do Estado de Goiás, em 1971. Após cursar Agrimensura na Escola Técnica Federal de Goiás, passou à função de desenhista cartográfico. A partir da sua formação em Geografia (1980), atuou como técnico de nível superior (geógrafo) até o ano de 1995 quando se aposentou. É licenciado em Geografia pela Universidade Católica de Goiás em 1980. Em 1990 bacharelou-se em Geografia pela Universidade Federal de Goiás (primeira turma). Foi professor convidado no período de julho de 1981 a julho de 1982, quando passou, a partir dessa data, a professor efetivo (concursado) na Pontifícia Universidade Católica de Goiás, função que exerce até a presente data. Durante este período participou de banca de seleção de professor, banca de monografia, banca de vestibular, comissão de vestibular; foi Diretor-Substituto de Departamento, pesquisador do Instituto Goiano de Pré-História e Arqueologia da PUCGOIÁS; compôs a equipe que implantou o Instituto do Trópico Subúmido/ITS da PUCGOIÁS (Memorial do Cerrado). Ao longo desses anos, teve oportunidade de participar de importantes projetos desenvolvidos e executados pelo Governo de Goiás: Projeto Prodoeste, Rio Formoso, Alto Paraíso, Prodiat – Projeto de Desenvolvimento Integrado Araguaia-Tocantins e Prodecer – Projeto de Desenvolvimento do Cerrado. Foi chefe do Setor de Cartografia no IDAGO – Instituto de Desenvolvimento Agrário de Goiás; gerente de Projetos e Geógrafo do Centro de Sensoriamento Remoto da EMCIDEC – Empresa Estadual de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico de Goiás. Teve a oportunidade de fazer Especialização *Lato Sensu* (452 h) sob o tema “Princípios e interpretação de imagens de satélite”, na Universidade Estadual de São Paulo “Júlio de Mesquita Filho”, no período de 01 de outubro a 16 de dezembro de 1990. Atuou também como Consultor Técnico na elaboração de vários Projetos/Pareceres registrados no CREA: Parecer Técnico “Processos Erosivos do Autódromo de Goiânia: origem e evolução”, Projetos de Reflorestamento Ambiental e EIA/RIMA do Distrito Agroindustrial de Quirinópolis – GO e EIBH Rio do Peixe. Ingressou em março de 2009 no Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais – IESA da Universidade Federal de Goiás. Participou do XIV Congresso Brasileiro de Sensoriamento Remoto, realizado em Natal – RN, com apresentação de trabalho (pôster) **“Geração de mosaicos MODIS EVI espacialmente e temporalmente consistentes para o bioma Cerrado”**, em conjunto com outros profissionais. Desenvolveu ainda, atividades de interpretação visual (software ENVI) no Projeto Pastagem desenvolvido

pelo LAPIG utilizando imagens Landsat/2008. Participou de vários cursos de extensão na área de geoprocessamento e sensoriamento remoto, palestras, além de realizar duas pesquisas de campo.

ÉPIGRAFE

“Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo recomeço, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim”.

(Chico Xavier)

“Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, não teria saído do lugar. As facilidades nos impedem de caminhar. Mesmo as críticas nos auxiliam muito”. (Idem)

ADENDO

Este trabalho foi elaborado em conformidade com as novas regras gramaticais convencionadas no Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa – estabelecido entre os países de língua portuguesa (Angola, Brasil, Cabo Verde, Guiné-Bissau, Moçambique, Portugal e São Tomé e Príncipe) e promulgado no Brasil pelo Decreto nº 6.583/2008 e pela 5ª Edição do Vocabulário da Língua Portuguesa, VOLP, de 2009. Assim é que o termo “superpasto” forma uma única palavra e “consequência” perde o trema. Nos trechos onde há citações anteriores ao Acordo Ortográfico de 2008 os vocábulos mantêm-se grafados de acordo com a escrita à época vigente.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo identificar as características biofísicas e radiométricas das pastagens cultivadas do bioma Cerrado através de dados de campo e sensoriamento remoto, obtidos em agosto (período seco) e fevereiro (período chuvoso). A área de estudo localiza-se na região Centro-Oeste do Brasil, com 77.806 km², coordenadas geográficas latitude 14° 00'S a 16° 30'S e longitude 48° 30' e 51° 10'W. Com base em nossos dados e resultados há uma diferença significativa entre os dois períodos analisados, no que diz respeito aos valores de biomassa verde e porcentagem de verde, com exceção dos valores de biomassa total. Enquanto para a biomassa total os valores são 7,3 e 7,4 toneladas por hectare, em agosto e fevereiro, respectivamente, a biomassa verde varia de 1,2 para 3,1 toneladas por hectare entre agosto e fevereiro. No caso dos valores de % de verde, esta variação é ainda muito mais significativa, variando de 6 a 65%, respectivamente. A expectativa é de que estes dados, gerados e analisados no âmbito de um projeto maior de pesquisa, que envolve vários componentes temáticos e uma equipe multidisciplinar, permitam uma ocupação mais efetiva e ambientalmente sustentável das pastagens no bioma Cerrado.

Palavras-chave: pastagens cultivadas, características biofísicas, degradação de pastagens, sensoriamento remoto

ABSTRACT

The goal of this research was a thorough assessment of the biophysical and radiometric characteristics of the cultivated pastures in the Cerrado biome, based on both field and remote sensing data acquired in August 2009 and February 2010. The study area, located in the State of Goiás, Central Brazil, comprises an area of approximately 77.806 km², between latitudes 14° 00'S and 16° 30'S, and longitudes 48° 30' and 51° 10'W. Based on our data and results, we found a substantial difference between the two periods investigated, particularly concerning the green biomass and % green cover. While the total biomass remains mostly unchanged, the green biomass varies from 1.2 to 3.1 t/ha between August and February. Likewise, the % green cover increases as much as 65%. All these data and results, situated within the context of a larger initiative, certainly may be instrumental in promoting a more effective and sustainable pasture management in the Cerrado biome.

Keywords: cultivated pastures, biophysical characteristics, degraded pastures, remote sensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparação da lotação bovina e da área de pastagem no Brasil entre 1996 e 2006 (IBGE – Censo Agropecuário).....	17
Figura 2. Distribuição das pastagens no Brasil, com destaque para o bioma Cerrado (PROBIO/2002)	19
Figura 3. Uso e cobertura da terra no Cerrado brasileiro (PROBIO/2002).....	21
Figura 4. (a) Localização da área no Brasil e (b) em Goiás; e roteiro de campo (IBGE, e PROBIO, 2002)	26
Figura 5. Mapa de Solos da área de estudo (Fonte: SIC - Superintendência de Geologia e Mineração, 2006)	27
Figura 6. Mapa Geomorfológico da área de estudo (Fonte: SIC- Superintendência de Geologia e Mineração 2006)	28
Figura 7. Mapa Hipsométrico da área de estudo (Fonte: SRTM, 2000)	29
Figura 8. Processamento de índice de verde das fotos verticais	31
Figura 9. a) Coberturas de imagens MODIS e b) Landsat TM na área de estudo. Fonte: IBGE, PROBIO	33
Figura 10. Localização de ponto sobre uma imagem TM, matriz de pontos (nove) com amostras selecionadas naquele ponto (Fonte: Lapig/UFG)	34
Figura 11. Cena MODIS com a localização dos vinte e sete pontos (Fonte: LAPIG/UFG)	35
Figura 12. Histograma de Biomassa total em agosto e Tabela de Valores	37
Figura 13. Histograma de Biomassa total em fevereiro e Tabela de Valores	24
Figura 14. Histograma de Biomassa total de agosto e fevereiro e Tabela de Valores.....	38
Figura 15. Histograma de Biomassa verde e Tabela de Valores	38
Figura 16. Histograma de Biomassa verde em fevereiro e Tabela de Valores.....	39
Figura 17. Histograma de Biomassa verde de agosto e fevereiro e Tabela de Valores.....	39

Figura 18. Histograma de Porcentagens de verde em agosto e Tabela de Valores	40
Figura 19. Histograma de Porcentagens de verde em fevereiro e Tabela de Valores.....	41
Figura 20. Histograma de Porcentagens de verde de agosto e fevereiro e Tabela de Valores	41
Figura 21. Histograma de Índices de NDVI de imagens Landsat 5 TM (agosto) e Tabela de Valores	42
Figura 22. Histograma de Índices de NDVI de imagens Landsat 5 TM (fevereiro) e Tabela de Valores	42
Figura 23. Histograma de Índices de NDVI de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores	43
Figura 24. Histograma de Índices de NDVI de imagens MODIS de fevereiro e Tabela de Valores	43
Figura 25. Histograma de Índices de EVI de imagens Landsat 5 TM (agosto) e Tabela de Valores	44
Figura 26. Histograma de Índices de EVI de imagens Landsat 5 TM (fevereiro) e Tabela de Valores	44
Figura 27. Histograma de Índices de EVI de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores	45
Figura 28. Histograma de Índices de EVI de imagens MODIS de fevereiro e Tabela de Valores	45
Figura 29. Histograma de Índices de temperatura da superfície de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores	46
Figura 30. Histograma de Índices de temperatura da superfície de imagens MODIS de fevereiro e Tabela de Valores	46
Figura 31. Localização das pastagens selecionadas em níveis de degradação	47
Figura 32. Pastagem com baixo nível de degradação	48
Figura 33. Pastagem com nível moderado de degradação	48
Figura 34. Pastagem com nível forte de degradação	49
Figura 35. Pastagem com nível muito forte de degradação	49
Figura 36. Correlações Biomassa Total x LST (agosto e fevereiro).....	51
Figura 37. Correlações Biomassa Total x % Verde (agosto e fevereiro).....	52

Figura 38. Correlações EVI x LST (agosto e fevereiro).....	53
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis de Degradação de Pastagens	23
Tabela 2. Pontos utilizados, erro quadrático	32
Tabela 3. Variáveis analisadas, conforme respectivos valores médios (VM), desvios padrões (DP) e coeficientes de variação	36
Tabela 4. Variáveis, R^2	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Síntese dos dados de campo e laboratório	50
--	----

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2 DESENHO EXPERIMENTAL	24
2.1 Área de Estudo	24
2.2 Coleta e Processamento dos dados de campo	30
2.2.1 Cálculo da biomassa	30
2.2.2 Cálculo do percentual de verde	31
2.3 Dados de sensoriamento remoto	32
2.3.1 Processamento das imagens	34
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
3.1 Biomassa	37
3.2 Biomassa verde	38
3.3 Porcentagens de verde	40
3.4 Índices de NDVI	41
3.5 Índices de EVI	44
3.6 Índices de temperatura da superfície	46
3.7 Classificação e análises de pastagens	47
3.8 Correlações Biomassa Total x Temperatura de Superfície (LST)	51
3.9 Correlações Biomassa Total x Temperatura de Superfície (LST)	52
3.10 Correlações EVI x LST (Agosto e fevereiro)	53
3.11 Análise da Tabela R ²	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÊNDICE 1	63
APÊNDICE 2	64

INTRODUÇÃO

O setor agropecuário brasileiro é detentor do segundo maior rebanho bovino comercial do mundo (acima de 170 milhões de cabeças em 2006) e considerado o maior exportador mundial de carne bovina, tendo peso significativo na balança comercial do País (CNPQ, 2009). Entretanto, é importante ressaltar que a taxa de lotação do rebanho ainda é muito baixa, em média, uma cabeça por hectare. Assim, a partir de melhorias no manejo, com emprego de mais tecnologias e adubação, este índice pode ser em muito melhorado sem a necessidade de aumentar áreas de pastagens cultivadas. De fato, mudanças nesse sentido já vêm ocorrendo, haja vista o aumento de 12,1% no tamanho do rebanho, quando se comparam os dados de 1996 e 2006 (IBGE, 2006) (Figura 1).

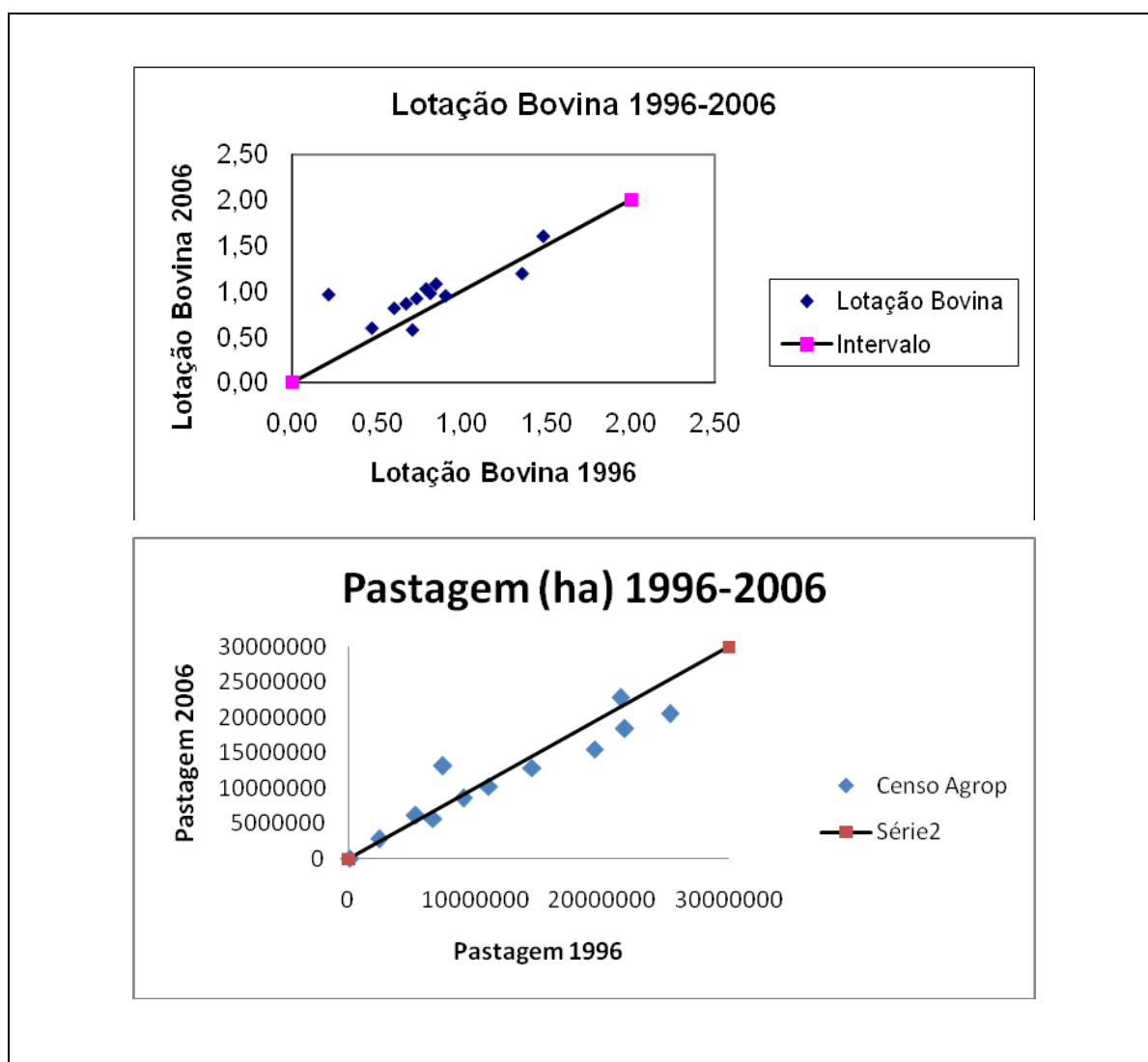


Figura 1 – Comparação da lotação bovina e da área de pastagem no Brasil entre 1996 e 2006 (IBGE – Censo Agropecuário).

Esta atividade econômica está distribuída de forma heterogênea em todo território brasileiro, porém, considerando todos os biomas, a concentração maior ocorre sobre o bioma Cerrado, tido como um dos 34 *hot spots* de biodiversidade no mundo (Myers *et al.*, 2000) tanto por seus aspectos naturais, quanto pela intensa ocupação agropastoril que o transformou na principal fronteira de expansão agrícola brasileira (Miziara e Ferreira, 2008; i.e., em pouco mais de quatro décadas, 26% e 10% do território compreendido pelo bioma Cerrado foi transformado em áreas de pastagem cultivada e agricultura, respectivamente (Sano *et al.*, 2008; Rocha *et al.*, 2008).

A distribuição de pastagens no bioma Cerrado é mostrada na figura 2. Embora distribuídas heterogeneamente, as pastagens cultivadas predominam na porção sul do bioma, onde existem mais de 70% de área convertida para pastagens, além da área mínima que, “conforme preconizado pelo Código Florestal Brasileiro, deve ser mantida na forma de reserva legal (20% na região core do Cerrado) e áreas de proteção permanente (valor médio de 10% em cada propriedade / bacia, assumindo um *buffer* de 100m em torno de toda linha de drenagem detectável à escala de 1:250.000) (Bonnet *et al.*, 2006).”

A consolidação da pecuária brasileira ocorre de forma concomitante à expansão das fronteiras agropecuárias no bioma, principalmente após a década de 70. Alguns aspectos foram fundamentais nesse processo, principalmente a localização geográfica, a facilidade na aquisição de áreas, a topografia favorável. Em trabalhos recentes, Martha Jr. *et al.* (2007a) e Mueller e Martha Jr. (2008) assinalam que

[c]ontribuíram, decisivamente, a disponibilidade de terras baratas (e com expectativa de rápida valorização em termos reais); os programas de promoção da ocupação de terras na fronteira e de desenvolvimento regional; o desenvolvimento do ensino e da pesquisa para dar resposta aos problemas da agricultura tropical; conjuntura macroeconômica instável do período, com elevadas taxas de inflação, incentivando a procura por terra e atividades de produção com baixo risco e alta liquidez (Mueller e Martha Jr., 2008).

Tendo por base dados de campo e de sensoriamento remoto, esta pesquisa tem como objetivo principal identificar as principais características (biofísicas e radiométricas) das pastagens cultivadas no Cerrado goiano, com vistas a subsidiar um melhor manejo e ocupação dessas áreas.

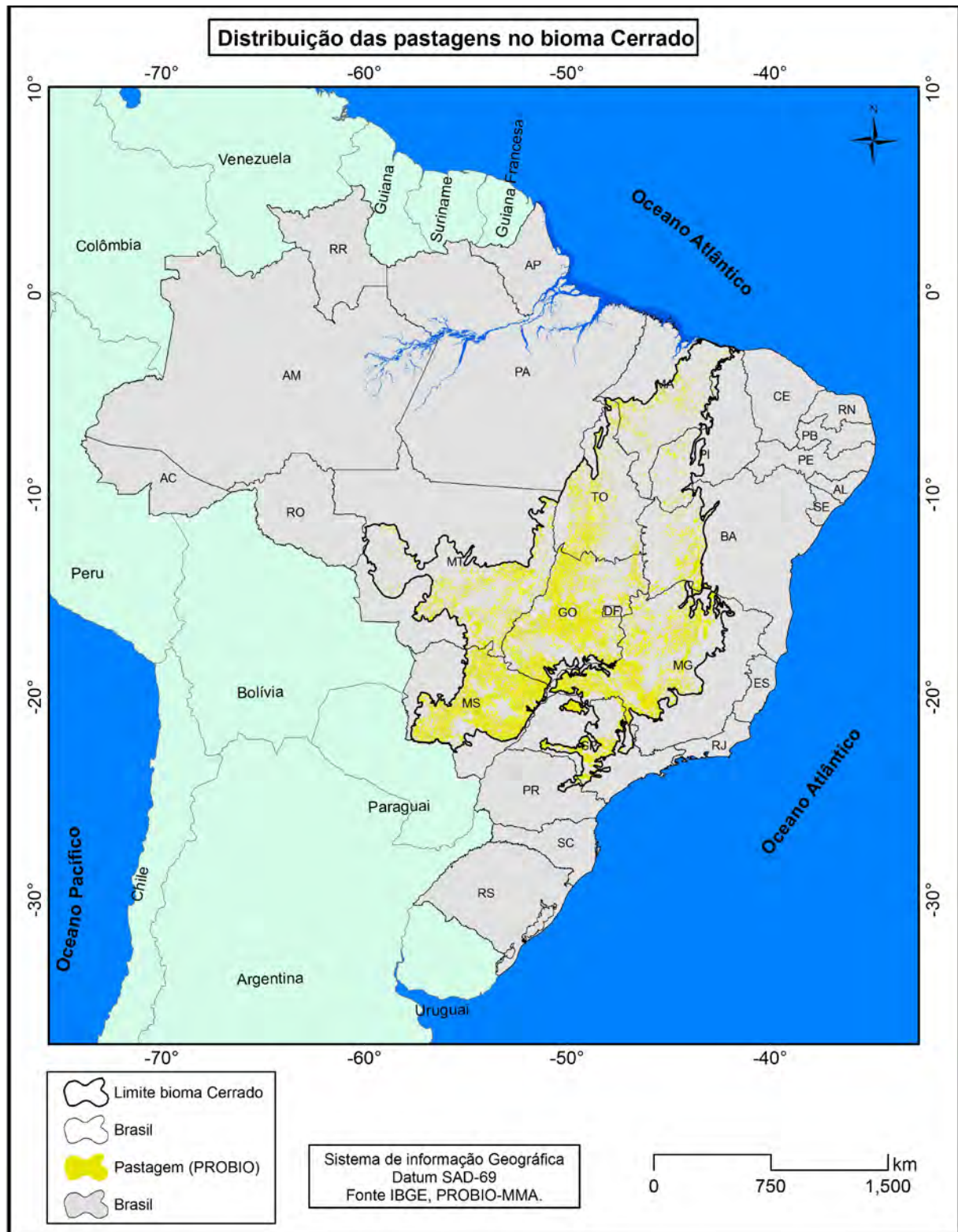


Figura 2 – Distribuição das pastagens no Brasil com destaque para o bioma Cerrado (PROBIO/2002).

1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A fundamentação teórica utilizada neste trabalho teve como base a definição dos objetivos propostos que direcionaram para a busca e coleta de publicações com as quais estavam relacionados. Possibilita-se, dessa forma, identificar conteúdos, metodologias e resultados similares com vistas a facilitar o desenvolvimento da pesquisa. Em síntese, foram estabelecidos três eixos principais sobre o assunto: a) caracterização biofísica das pastagens; b) dados de sensoriamento orbital e c) monitoramento da qualidade e padrões de degradação.

Dados atualizados mostram que as áreas de pastagens em território brasileiro tiveram um pequeno decréscimo, pois de um total de 177,7 milhões de hectares passou-se a 158,75 milhões de hectares, o que revela uma diminuição de 10,66%, com a destinação de 18,95 milhões de hectares para outras atividades. No entanto, essa diminuição ocorreu apenas nas áreas de pastagens naturais, que diminuíram de 78,0 milhões para 57,3 milhões de hectares. Por outro lado, as áreas de pastagens cultivadas passaram de 99,6 milhões de hectares, em 1996, para 101,4 milhões de hectares, em 2006 (IBGE, 2006).

Especificamente em relação ao bioma Cerrado – que engloba praticamente a totalidade dos estados de Goiás e Tocantins, oeste de Minas Gerais e Bahia, leste dos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sul dos estados de Maranhão e Piauí e Distrito Federal, com área aproximada de 204.600 milhões de hectares (IBGE, 2004) e, reconhecido como a savana mais rica do mundo em biodiversidade, com a presença de diversos ecossistemas e riquíssima flora (Eiten, 1994; Rocha et al., 2008) – este tem nos seus domínios aproximadamente 54.625.100 de hectares de pastagens plantadas as quais representam 37% da área total de pastagens no Brasil (Sano *et al.*, 2010).

No entanto, a análise das grandes regiões brasileiras indica que houve, de forma heterogênea, um pequeno acréscimo de pastagens plantadas em torno de 1,7 milhão de hectares. Por outro lado, algumas regiões apresentaram redução, a exemplo da Centro-Oeste, que reduziu 533 mil hectares ou menos 1,2%, concentrados nos estados do Mato Grosso do Sul (981 mil hectares ou -6,2%) e Goiás, com redução de 1,6 milhão de hectares (-11,9%). O quantitativo final da região ficou balanceado, pois houve aumento de 2,1 milhões de hectares em Mato Grosso (14,1%) (IBGE, 2006).

A maioria das pastagens plantadas no Brasil pertence às espécies *Brachiaria*, *Panicum* e *Andropogon*, todas originárias da África (Nascimento Jr. *et al.*, 2000). Em particular, estima-se que no cerrado aproximadamente 50% das áreas de pastagens são

cultivadas com a *Brachiaria decumbens*, além de outras espécies de grande importância: *Brachiaria brizantha*, *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum*” (Zimmer *et al.*, 1994; Nascimento Jr. *et al.*, 2000)

Apesar da adaptação dessas gramíneas africanas em solos ácidos e de baixa fertilidade natural, alguns fatores, quando não observados de forma criteriosa – tais como época do plantio, definição de espécies conforme as características do solo da região, condições climáticas e bióticas, práticas culturais e manejos adequados, sobrepastejo do gado – contribuem para a degradação das pastagens. “O declínio da capacidade produtiva da forrageira ao longo do tempo resulta em uma menor condição de suporte animal, sendo, assim, um dos responsáveis pela baixa produtividade da pecuária extensiva de corte nacional (Oliveira *et al.*, 2004).”

De fato, estima-se que ao menos 50% das pastagens cultivadas no bioma Cerrado encontrem-se em estágios avançados de degradação (Oliveira *et al.*, 2004), evidenciados, entre outros, pela perda de fertilidade dos solos e diminuição de biomassa, que resultam em significativas perdas de carbono no solo (Elmore & Asner, 2006; Garci-Oliva *et al.*, 2006, Ferreira *et al.*, 2010). Ressalta-se também que outros fatores contribuem para o processo de degradação, conforme afirmam Oliveira *et al.* (2004): “Processos físicos, como compactação do solo e superpastejo, são apontados como os principais responsáveis por alguns autores, enquanto que a baixa fertilidade do solo e a ausência de adubações de manutenção seriam mais limitantes do que o manejo animal e a compactação do solo.”

O processo de degradação ocorre de forma dinâmica e degenerativa com a queda relativa na produtividade. Segundo Macedo (1993), Macedo e Zimmer (1993) e Nascimento Jr. *et al.* (2000), uma pastagem pode ser considerada em estágio de degradação quando se dá

“o processo evolutivo de perda de vigor, de produtividade, de capacidade de recuperação natural das pastagens para sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, assim como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais, em razão de manejos inadequados.”

Ademais, uma prática comum e incorreta bastante utilizada pelos produtores e que contribui para o primeiro estágio da degradação é o superpastejo ou sobrepastejo. Esse procedimento inadequado contribui para o desequilíbrio entre a reciclagem de nutrientes acumulados do resíduo vegetal e o crescimento da gramínea, haja vista que os nutrientes da

forragem não consumida que permanecem no solo são reaproveitados pelas plantas forrageiras. Afirmam Nascimento *et al.* (2000) que a consequência do superpastejo sobre a pastagem será “menor produtividade e menor capacidade de competição com as invasoras e as gramíneas nativas.”

Por conta da diversidade de fatores no processo de degradação torna-se uma tarefa muito difícil estabelecer critérios de níveis de degradação de pastagens cultivadas, tendo em vista as características morfológicas das diferentes espécies, estágio fenológico das forrageiras, manejo etc. Contudo, qualquer critério que seja proposto para avaliar estágio de degradação necessariamente deve considerar densidade da população de espécie (quantidade de biomassa verde), altura, presença de solo exposto, plantas invasoras e cupins (Davidson *et al.*, 2008).

A propósito, Spain & Gualdrón (1988) definiram quatro níveis de degradação baseados nesses indicadores (Tabela 1).

Tabela 1 – Níveis de Degradação de Pastagens

Níveis de degradação	Parâmetros limitantes	Deterioração
Pastagem 1	Bom vigor e boa qualidade.	Leve (não identificado)
Pastagem 2	Baixo vigor, qualidade e baixa população.	Moderado
Pastagem 3	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associados com presença de invasoras e /ou cupins.	Forte
Pastagem 4	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associados com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto.	Muito forte

Fonte: Adaptado de Spain & Gualdrón (1988) e Moreira & Assad (2000).

Uma possibilidade de monitoramento e identificação dos diferentes níveis de pastagens quanto à produção de biomassa verde e seca, espécie cultivada e nível de degradação consistem no uso da tecnologia de sensoriamento remoto, principalmente devido à sua eficiência em disponibilizar dados confiáveis para o levantamento e identificação dos elementos da paisagem. Assad *et al.* (1991) confirmam: “[o] estudo do comportamento espectral pode permitir a diferenciação de espécies que apresentam arquitetura e comportamentos fisiológicos diferentes”. Epiphânio e Formaggio (1990); Assad (2004), afirmam que: z

[os] Índices de Vegetação (IV) podem ser definidos como sendo transformações lineares das bandas espectrais, geralmente na faixa do vermelho e do infravermelho próximo do espectro eletromagnético (estas duas bandas contêm mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação). Estes índices realçam o comportamento espectral da vegetação, correlacionando-os com os parâmetros biofísicos desta, tais como: biomassa, índice de área foliar e percentagem da cobertura vegetal (EPIPHÂNIO e FORMAGGIO, 1990; ASSAD et al., 2004).

Em outra oportunidade, Sano *et al.* (1999) “utilizaram dados do RADARSAT e LANDSAT na identificação dos principais tipos de pastagens cultivadas do cerrado, com vistas ao levantamento de informações sobre as condições de degradação de pastagens.”

Além desses existem vários outros fatores naturais e físicos como: condições climáticas, características do solo (granulometria, umidade, nutrientes), espécies das gramíneas (dimensão foliar, altura, densidade), índice de área foliar (cobertura da gramínea por área), que possibilitam a identificação e que interferem na medida da reflectância espectral da vegetação. Nesse raciocínio Rosa et al. (2004) contribuem com a seguinte afirmativa: “ A reflectância de uma cobertura vegetal é, em termo percentual, consideravelmente menor do que uma folha isolada. Isto decorre da presença de diversos fatores como a influência de superfícies desfolhadas, mudanças de ângulo de iluminação e orientação das folhas”; “[...] Esclarece ainda, “Essas técnicas permitem prognosticar e avaliar características da cobertura vegetal, tais como biomassa, produtividade, área por folha e/ou sua percentagem de cobertura areal.”

Outro exemplo de aplicação de sensoriamento remoto é o uso de imagens ASTER na identificação de pastagens na região da Zona da Mata de Minas Gerais, em relação às quais Nascimento *et al.* (2005) concluem que “[a] imagem possibilita a identificação de três níveis de degradação das pastagens de *Melinis minutiflora* na região da Zona da Mata de Minas Gerais (moderado, forte e muito forte).”

Outro parâmetro bastante utilizado na obtenção de dados biofísicos da vegetação com o uso de sensoriamento remoto são os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), entre outros. Segundo Ponzoni *et al.* (2007), “[e]stes índices são relacionados a parâmetros biofísicos da cobertura vegetal, como biomassa e índice de área foliar, além de minimizarem os efeitos de iluminação da cena, declividade da superfície e geometria de aquisição que influenciam os valores de reflectância da vegetação.”

Ainda segundo Ponzoni (2007), o EVI visa “otimizar o sinal da vegetação, melhorando a sensibilidade de sua detecção em regiões com maior densidade de biomassa e

para reduzir a influência do sinal do solo e da atmosfera sobre a resposta do dossel”. Por exemplo, mudanças sazonais e interanuais no desenvolvimento e na atividade da vegetação podem ser monitoradas, afirmam Epiphanyo *et al.* (2009), podendo, ainda, ser aplicadas em estudos sobre os ecossistemas savânicos – Ferreira *et al.*, (2003); Rudorff *et al.*, (2007).

Outros estudos relacionados a pastagens degradadas também utilizaram dados radiométricos e índice de vegetação, obtendo bons resultados. Por exemplo, Franco *et al.* (2004) concluíram que “[n]os três níveis de degradação a relação entre o IAF (Índice de Área Foliar) e o NDVI é equivalente, pois o NDVI é a relação de valores da reflectância entre as bandas TM4 e TM3 e esta reflectância está ligada diretamente a área verde da cobertura da vegetação.”

2 DESENHO EXPERIMENTAL

2.1 Área de Estudo

A definição da área para a realização dessa pesquisa levou em conta, principalmente, o predomínio e a facilidade de acesso às pastagens cultivadas. Dessa forma definiu-se por uma área localizada na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 4a), com perímetro que engloba parte das microrregiões centro-oeste, norte e noroeste goiano, trecho compreendido entre a BR-153 e margem direita do médio leito do rio Araguaia. Inicia-se nas proximidades de Goiânia, sentido sul-norte pela rodovia BR-153, contornando o extremo norte (municípios de Porangatu, São Miguel do Araguaia e outros), chegando à margem direita do rio Araguaia; percorre este no sentido sul no trecho definido como médio Araguaia, fechando no município de Goiás (Figura 4c), o que totaliza um perímetro de aproximadamente 1.100 km. Em âmbito estadual, considera-se esta região de estudo a de maior concentração de pastagens cultivadas em Goiás. Do total de 77.806 km² compreendidos pela área de estudo, aproximadamente 55,43% (ou 43.132 km²) correspondem à área com pastagem cultivada.

A maioria dos municípios tem suas atividades econômicas predominantemente dedicadas à pecuária bovina intensiva, com manejo mais desenvolvido, utilizando técnicas de rotação de pastos e melhoramento genético. Entre os principais municípios estão: São Miguel do Araguaia, Crixás, Porangatu, Novo Planalto, Mundo Novo, Nova Crixás e Mozarlândia. A área localiza-se entre as coordenadas geográficas latitude 14° 00’S a 16° 30’S e longitude 48° 30’ e 51° 10’W, aproximadamente (Figura 4b), (IBGE, 2004).

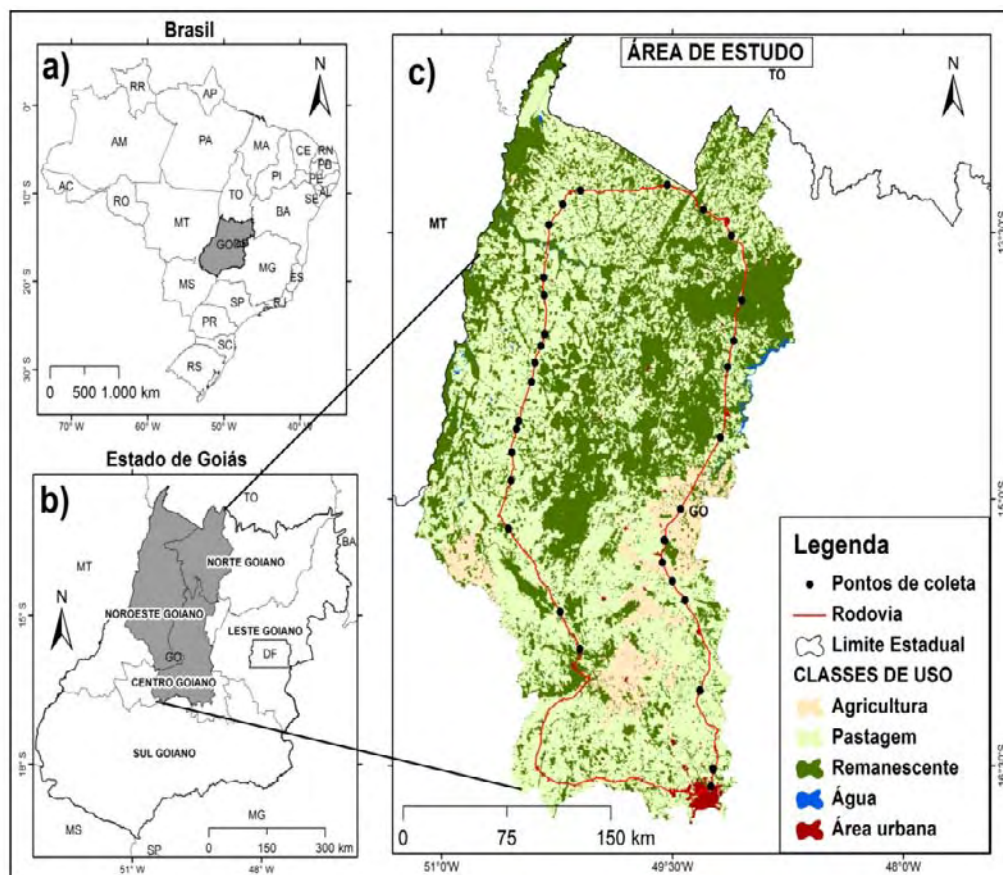


Figura 4 – (a) Localização da área no Brasil, (b) em Goiás e (c) roteiro de campo (IBGE e PROBIO, 2002).

Dados obtidos na EMBRAPA (2008) mostram que as características climáticas do Cerrado na região Centro-Oeste sofrem influências das massas de ar equatorial continental (Ec), que atuam com a máxima intensidade no período do verão, e a tropical continental (Tc). Essa massa de ar quente e seca, em condições de baixa pressão, conforme Assad *et al.* (2001) e Sano *et al.* (2008), é responsável pelos frequentes veranicos ou períodos de estiagem durante a estação chuvosa, que ocorrem nesta região nos meses de janeiro e fevereiro. Na área de estudo observa-se uma precipitação média anual variando entre 1.400 a 1.800mm e temperatura mínima anual de 18 graus centígrados e máxima de 32 graus centígrados. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região pertence ao grupo AW com verão úmido e inverno seco.

Conforme os dados do Mapa de Solos obtido na SIC-Superintendência de Geologia e Mineração (2006) (Figura 5), na área de pesquisa notam-se manifestações de vários tipos de solos, porém com predominância do latossolo (com suas variações vermelho e amarelo), manchas uniformemente distribuídas por toda a área. Há também uma mancha representativa de Cambissolos localizada nas cabeceiras dos afluentes (margem direita) do rio

Araguaia. Outras manifestações pedológicas como Argissolos localizam-se próximas ao município de Goiânia. Os Neossolos encontram-se praticamente concentrados no médio norte goiano. Os Gleissolos aparecem como uma mancha isolada, localizada no município de S. Miguel do Araguaia. Os Plintossolos também aparecem concentrados numa área no norte goiano, enquanto os Chernossolos encontram-se margeando a rodovia BR-153.

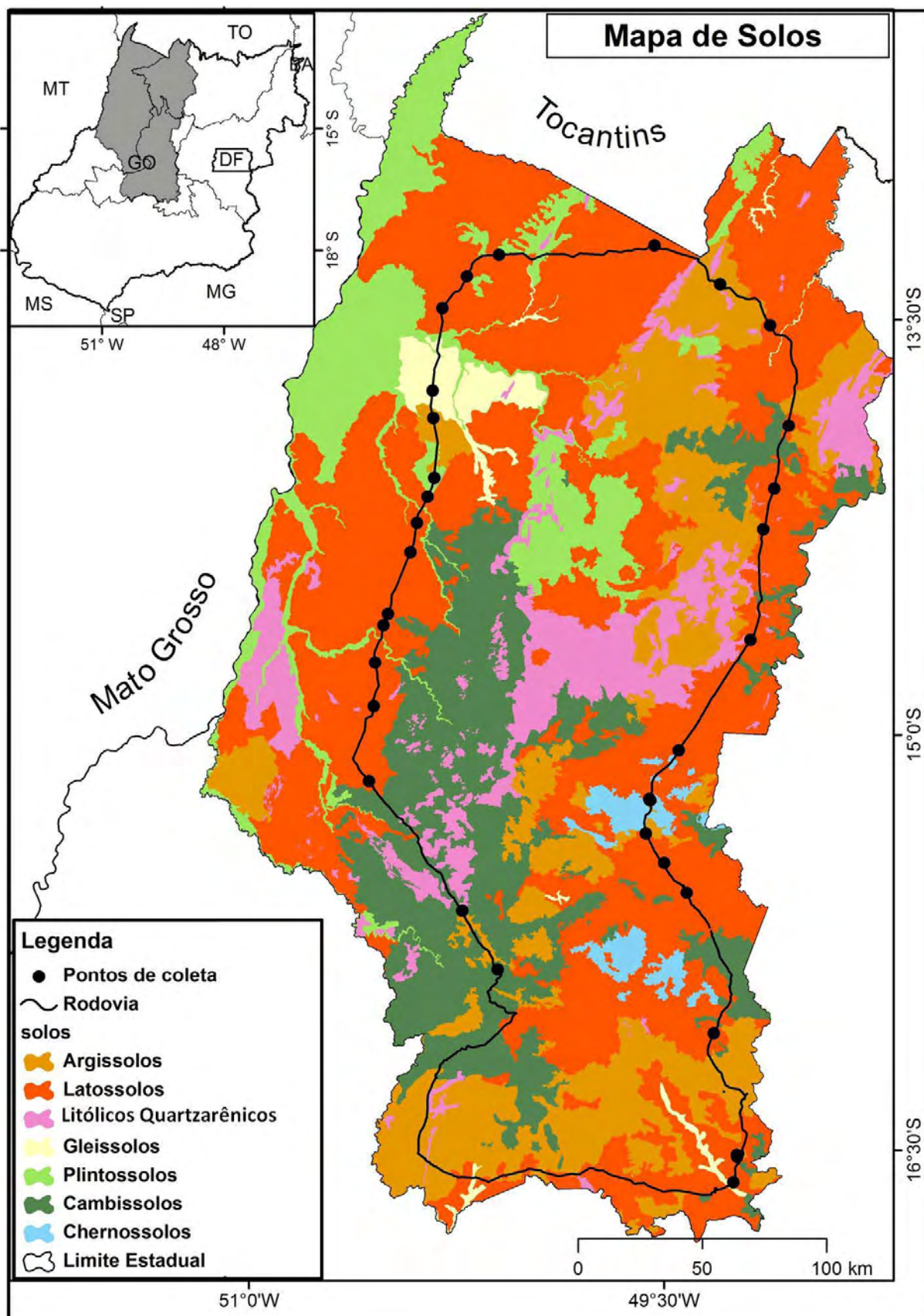


Figura 5 – Mapa de Solos da área de estudo (Fonte: SIC - Superintendência de Geologia e Mineração, 2006).

Segundo as informações geomorfológicas mostradas na figura 6, predomina na região a Superfície Regional de Aplainamento, distribuída uniformemente, com exceção de uma grande mancha de Relevo de Morros e Colinas, cortando a área de oeste para leste. Aparece, também, uma pequena mancha nas proximidades de Goiânia da Zona de Erosão Recuante.

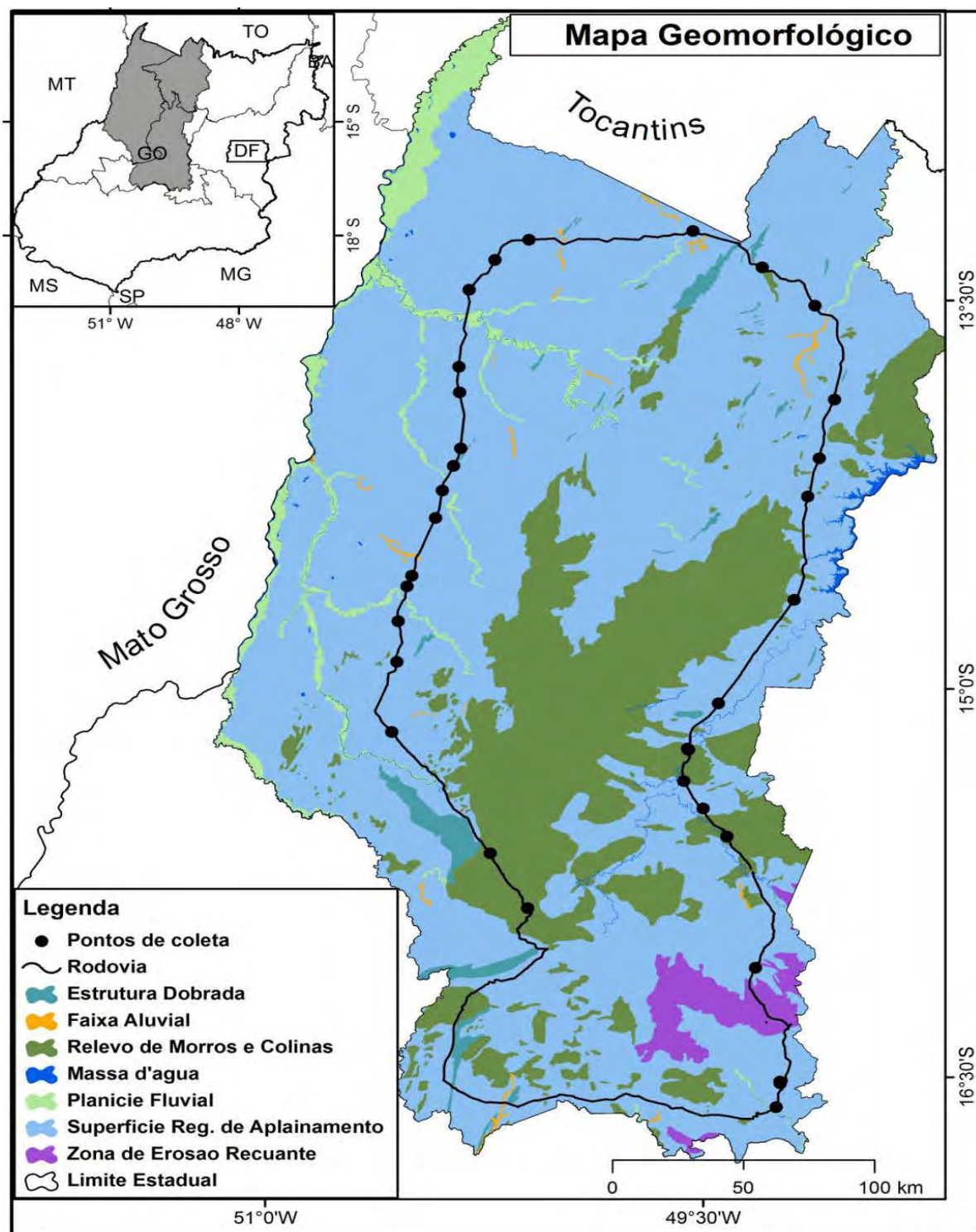


Figura 6 – Mapa Geomorfológico da área de estudo (Fonte: SIC-Superintendência de Geologia e Mineração 2006).

O relevo da área apresenta-se de forma extremamente heterogênea, com altitudes variando de menos de 200m até mais de 1.100m. Há predomínio de faixas hipsométricas que alcançam até 500m, dispostas desde a planície do Araguaia (margem direita) até as cabeceiras de seus afluentes. As maiores altitudes estão localizadas na parte centro-leste da área, mais precisamente no espigão divisor das águas que abastecem a bacia do rio Tocantins (Figura 7).

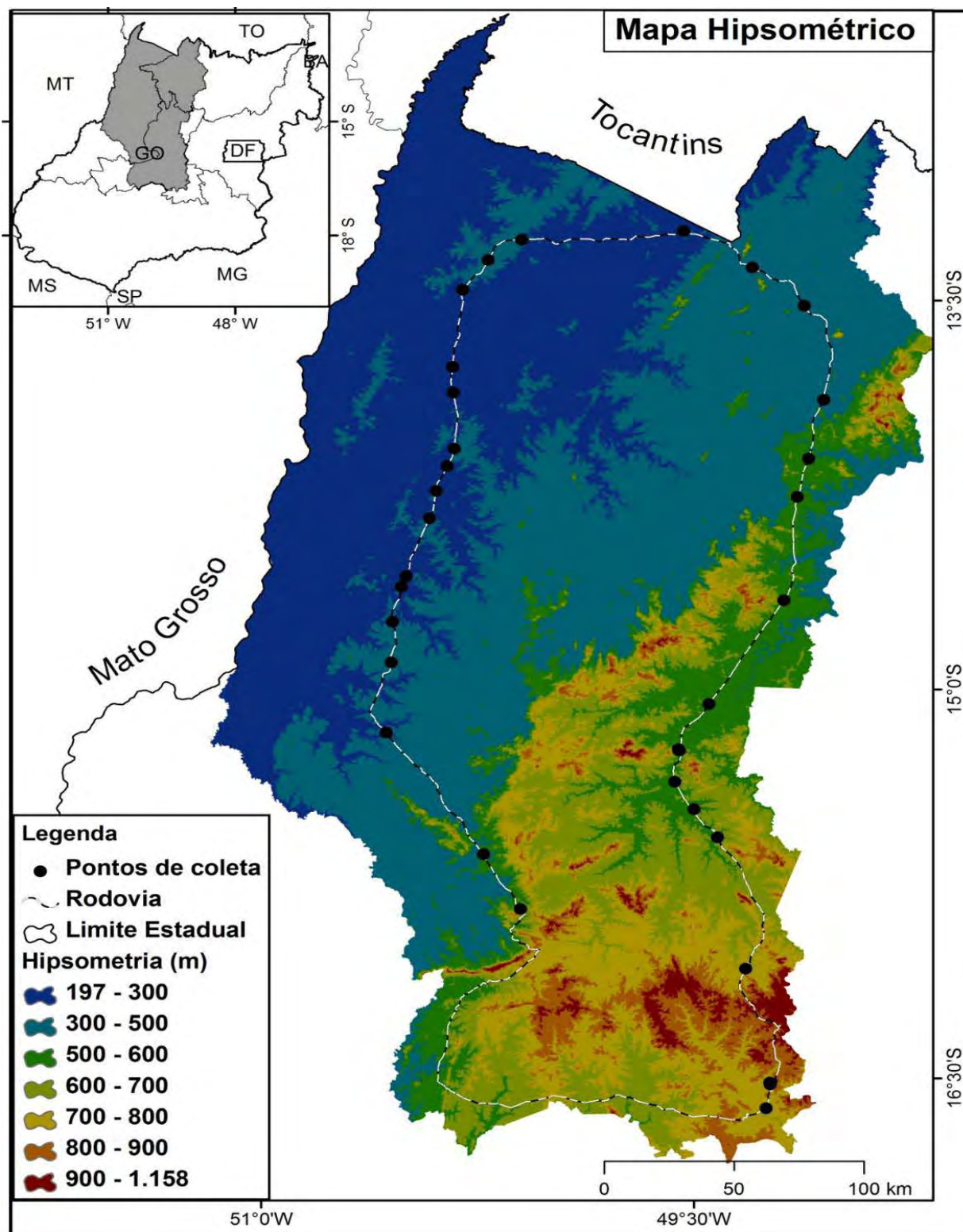


Figura 7 – Mapa Hipsométrico da área de estudo (Fonte: SRTM, 2000)

2.2 Coleta e Processamento dos dados de campo

Os dados foram obtidos quando da realização das duas pesquisas de campo entre 02 e 05 de agosto de 2009 e 15 e 18 de fevereiro de 2010. A coleta das amostras de gramíneas (biomassa verde e seca) foi realizada numa área correspondente a 0,25m² (gabarito de campo de 0,50m x 0,50m). Posteriormente, em laboratório, foi calculada a biomassa total em kg/m² ou t/m². Nos pontos de amostragens foram definidos os transectos, em que a cada 10m obteve-se a altura das gramíneas. Também foi feito o registro fotográfico vertical a uma altura de um metro da superfície, com uma máquina fotográfica Sony Cyber Shot, 7.2 mega pixels, para posterior cálculo da percentagem de cobertura verde. Fotos panorâmicas também foram tiradas com vistas à análise da paisagem e posterior classificação das pastagens. As amostras foram catalogadas da seguinte forma: NW (região noroeste), 01 a 27 (número dos pontos), letras A, B e C (denominação das amostras) e S e V (referente à gramínea seca e verde, respectivamente). Das três amostras coletadas em cada uma das propriedades, duas delas foram selecionadas para a separação de biomassa verde.

2.2.1 Cálculo da biomassa

Segundo Grisi (2000) e Rosa *et al.* (2003) o termo biomassa refere-se à quantidade de matéria orgânica viva presente num determinado tempo e por unidade de área da superfície terrestre. É geralmente expressa em termos de matéria seca em (g/m², kg/m² ou t/ha).

As amostras (biomassa total e verde coletadas em agosto/2009 e biomassa total e verde coletadas em fevereiro/2010), em específico, foram colocadas em estufa a 65 graus centígrados por um período de 96 horas (4 dias) e pesadas em uma balança de precisão de duas casas decimais. Após o processo de desidratação do material procede-se à pesagem do conteúdo dos sacos de papel (tanto as gramíneas verdes quanto as secas), para posterior cálculo da biomassa.

Esse cálculo foi efetuado por meio da seguinte equação:

$$B = \text{Ppd}/A$$

Onde B é a biomassa, Ppd é o peso da pastagem desidratada subtraído o peso da embalagem e A é a área do gabarito de campo (0,25 m²). Esses procedimentos foram feitos tanto para as gramíneas verdes quanto para as secas.

2.2.2 Cálculo do percentual de verde

A porcentagem de verde para cada ponto de coleta e para cada período considerado (i.e. agosto/2009 e fevereiro/2010) foi obtida a partir da classificação das fotografias digitais verticais, utilizando-se o software ENVI 4.5. Especificamente, cada fotografia, particionada nas respectivas bandas azul, verde e vermelho, foi analisada por meio da equação:

$$-1 \leq \frac{v}{v} \frac{e}{e} \frac{-n}{+n} \frac{de}{de} \frac{\sigma}{\sigma} \frac{m}{m} \leq 1$$

Assim, um pixel foi considerado como verde toda vez que o valor da banda “verde”, em nível de cinza, fosse maior ou igual ao nível de cinza da banda “vermelho”. Para cada transecto, a porcentagem de verde correspondeu à média de 10 fotos. Ao todo, foram analisadas 270 fotos referentes ao mês de agosto/2009 e outras 270 fotos referentes ao mês de fevereiro/2010 (Figura 8).

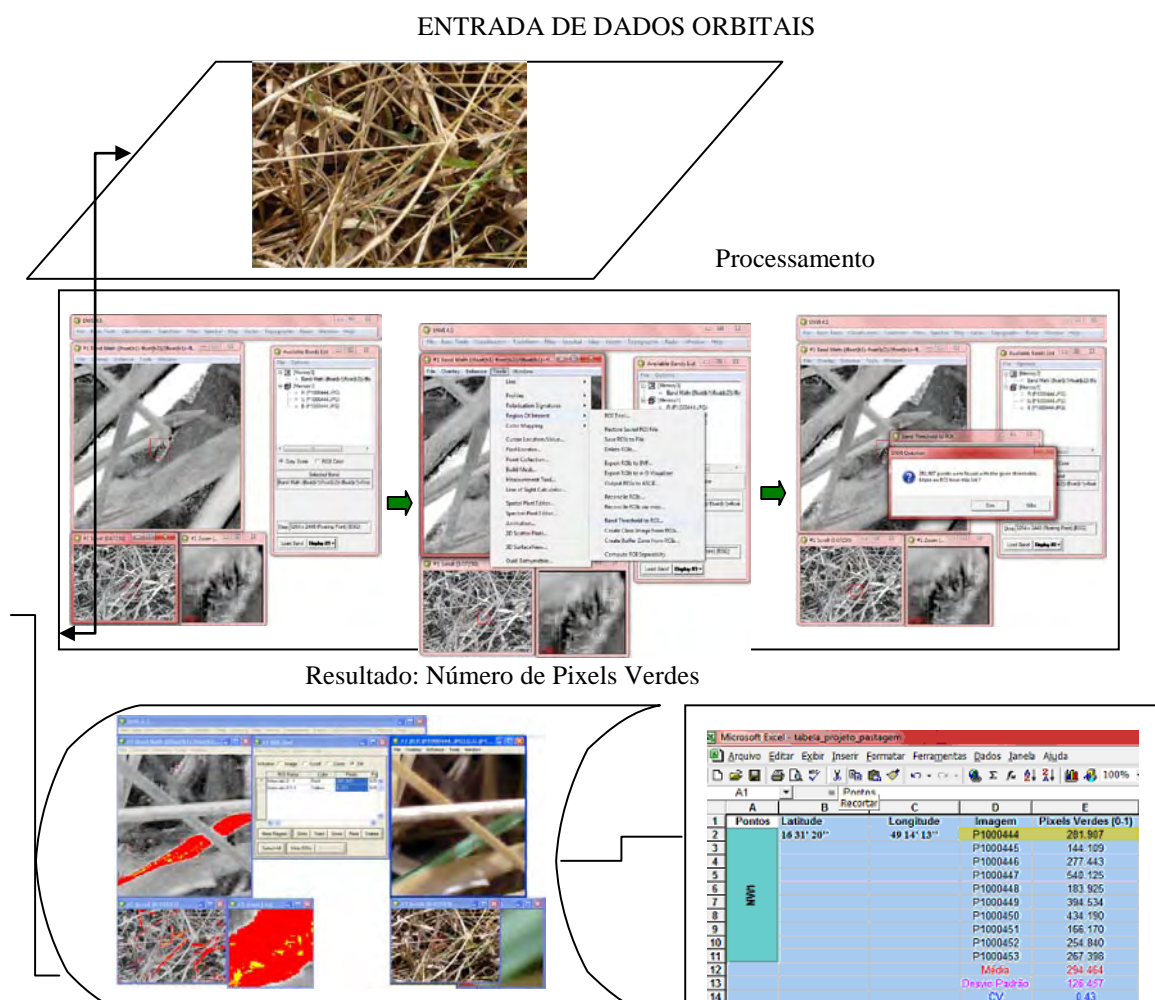


Figura 8 – Processamento de índice de verde das fotos verticais.

2.3 Dados de sensoriamento remoto

Para avaliar os dados radiométricos (resposta espectral) das pastagens cultivadas do bioma Cerrado nos períodos seco (agosto) e chuvoso (fevereiro), foram utilizadas imagens de satélite Landsat 5 TM (Figura 9b), resolução espacial de 30m, seis bandas (1,2,3,4,5 e 7), adquiridas no Catálogo de Imagens¹ do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e corrigidas geometricamente (registradas) no *software RSI ENVI 4.5*, com base nos mosaicos ortorretificados das imagens Landsat-TM GeoCover² e imagens MODIS (MOD13Q1) (Figura 9a) e (MOD11A2), mosaicadas, recortadas para o bioma Cerrado e filtradas, disponíveis na página do Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento – LAPIG/UFG.

As imagens foram selecionadas com base na qualidade radiométrica e ausência de cobertura de nuvens (menos de 10% de cobertura de nuvens). Assim, selecionou-se um conjunto de seis cenas: o período da seca 222_69 (25/07/2009), 222_70 e 222_71 (10/08/2009), 223_69, 223_70 e 223_71 (17/08/2009). Para o período chuvoso foram escolhidas as seguintes cenas/datas: 222_69 (18/02/2010), 222_70 e 222_71 (02/02/2010).

Tabela 2 – Pontos utilizados com respectivos erros médios.

Obita/ponto	Agosto/2009		Fevereiro/2010	
	total pontos	Erro médio	total pontos	Erro médio
222 69	35	0.49	34	0.60
222 70	30	0.51	37	0.53
222 71	20	0.60	31	0.65
223 69	33	0.55	X	X
223 70	26	0.61	X	X
223 71	20	0.50	X	X

A Tabela 2 mostra os parâmetros utilizados para o georreferenciamento destas cenas, as quais foram corrigidas para efeitos atmosféricos e transformadas para valores de reflectância aparente por meio das seguintes equações:

a)
$$P_{app} = \frac{L_{s\lambda} \times \pi}{E_{0,\lambda}} \Rightarrow \frac{L_{s\lambda} \times \pi \times d^2}{E_{0,\lambda} \times \cos(\theta_z)}$$

¹ Catálogo disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>

² Imagens Landsat-TM GeoCover disponíveis em <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>

b)

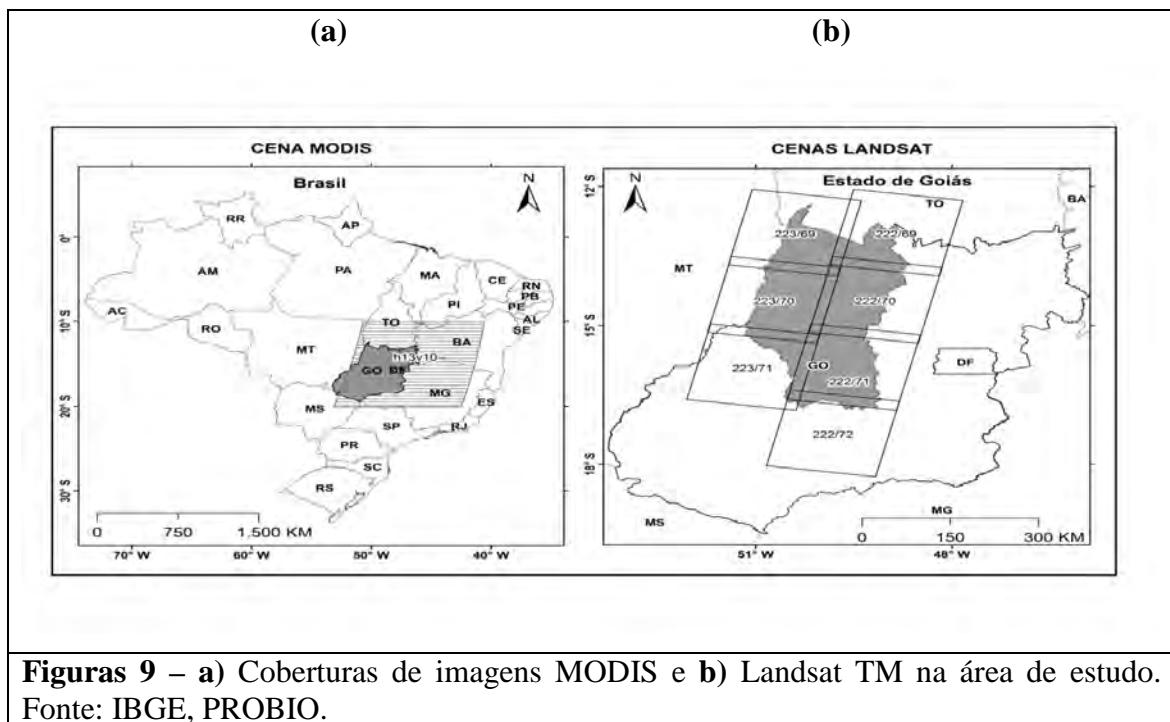
$$P^* = \frac{\frac{P_{app}}{t_{o3}} - P_{a,r}}{T_r}$$

onde:

a) **P_{app}** é a reflectância aparente no "topo da atmosfera"; $L_s(\lambda)$ (W/m²/mm) é a radiância no sensor; E_o, λ é a radiação solar fora da atmosférica relacionada a cada intervalo espectral TM; θ_z é o ângulo zenital solar; d é a distância da Terra ao Sol em unidades astronômicas;

b) **P^*** é a relação do Ozônio Rayleigh corrigido; t^{o3} é a transmitância (absorção) do ozônio; **$P_{a,r}$** , é a reflectância atmosférica Rayleigh; T_r é a transmitância atmosférica total de Rayleigh.

Em relação ao produto MOD13Q1 (índices de vegetação NDVI e EVI, produzidos globalmente com a resolução de 1 km, 500 m e 250 m em composições de imagens ou mosaicos de 16 dias - Huete *et al.*, 2002; Rudorff *et al.*, 2007), foram utilizadas as cenas DOY 209 (28 de julho a 12 de agosto de 2009) e 033 (02 a 17 de fevereiro de 2010). Sobre o produto MOD11A2 (temperatura da superfície da Terra, com resolução temporal de oito dias e espacial de 1 km), foram utilizados DOY 209 (28 de julho a 04 de agosto de 2009) e 041 (10 a 17 de fevereiro de 2010).



2.3.1 Processamento das imagens

As imagens de satélite Landsat 5 TM e MOD13Q1 e MOD11A2 foram utilizadas para calcular os índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e EVI (Índice de Vegetação Realçado/Melhorado) e temperatura da superfície terrestre LST.

O índice NDVI é calculado pela razão simples entre a banda do infravermelho próximo e o vermelho, conforme a fórmula:

$$-1 \leq \frac{I V - R V}{I V + R V} \leq 1$$

onde, IVP corresponde ao Infravermelho próximo e V ao vermelho (faixa do visível) da região do espectro eletromagnético, resultando dessa razão uma imagem com valores -1 a +1.

Procedeu-se, em seguida, ao cálculo do EVI tanto para as imagens Landsat, quanto para a cena MODIS, obtido por meio de (Justice et al., 1998):

$$EVI = 2,5 (IVP - ver)/(L + IVP + C1ver - C2azul). 1$$

Em relação às imagens de temperatura de superfície, foram utilizadas aquelas disponíveis na página do LAPIG, já convertidas em graus Celsius.

Quanto à amostragem destas cenas, para as cenas Landsat foram obtidos – para cada um dos vinte e sete (27) pontos (considerando os períodos de agosto e fevereiro) – nove pixels, a partir dos quais chegou-se às médias dos valores NDVI e EVI (Figura 10). Por sua vez, quanto às cenas MODIS (MODIS13Q1 e MODIS11A2), para cada uma foi obtida apenas uma amostra (figura 11).

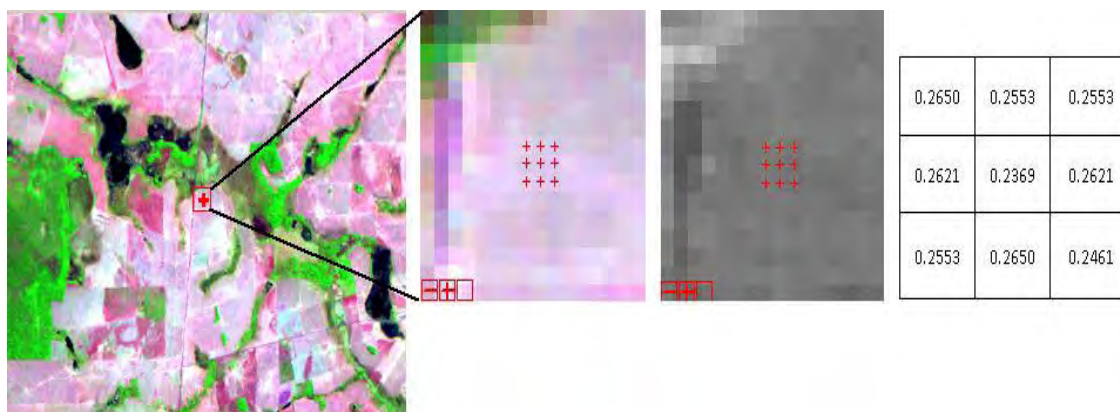


Figura 10 – Localização de ponto sobre uma imagem TM, matriz de pontos (nove) com amostras selecionadas àquele ponto (Fonte: LapiG/UFG).

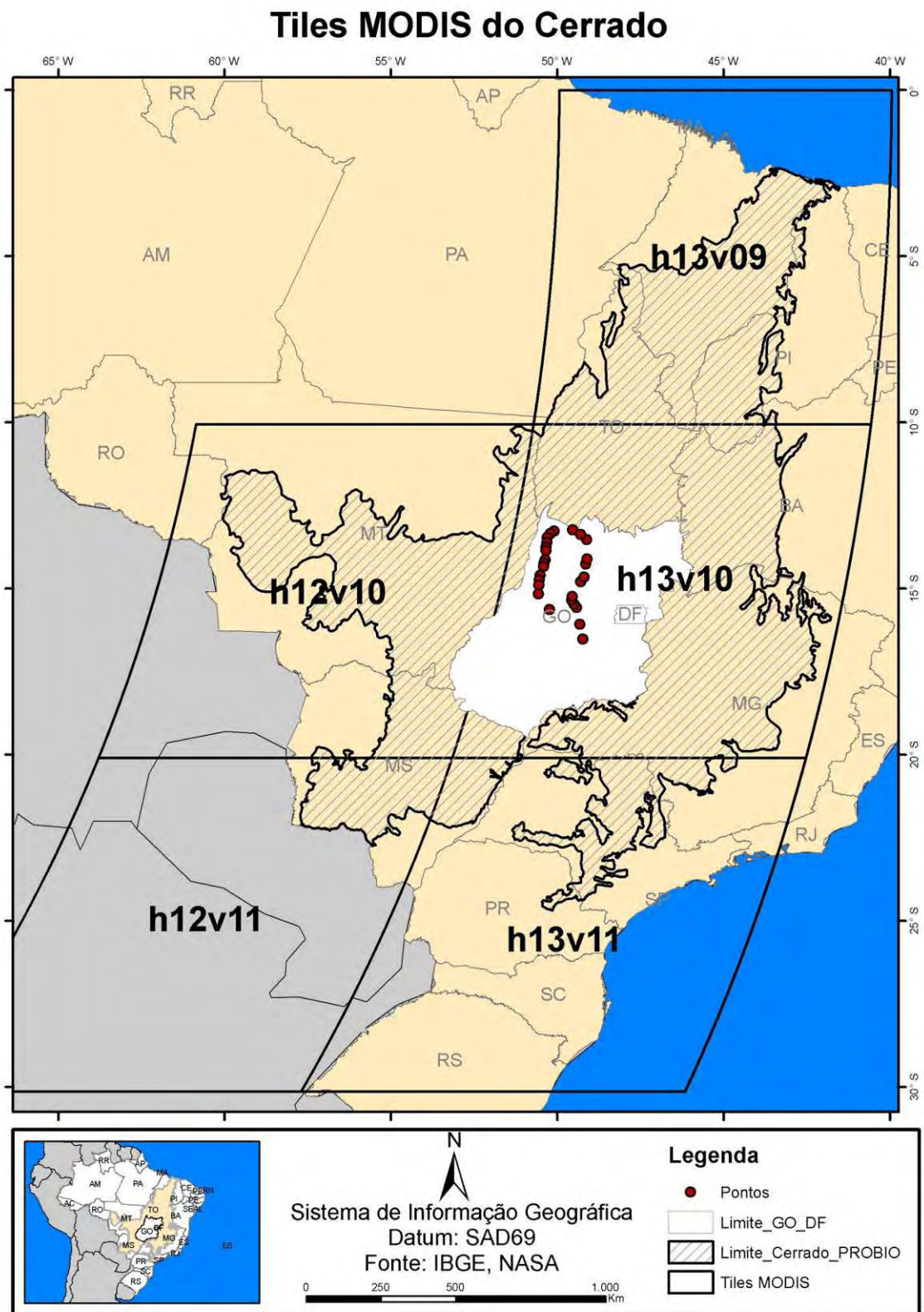


Figura 11 - Cena MODIS com a localização dos vinte e sete pontos (Fonte: LAPIG/UFG).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O conjunto de variáveis obtidas e analisadas nesta pesquisa é apresentado na tabela do apêndice 1, enquanto que a localização dos pontos de amostragem acompanhada de informações de biomassa total, biomassa verde e índice de verde (%) é mostrada no mapa do apêndice 2.

Analisando a tabela 3, verifica-se, de maneira geral, que os valores médios para todas as variáveis apresentaram-se maiores no período chuvoso, ainda que entre agosto e fevereiro os valores de biomassa total (BT) sejam muito próximos, com um pequeno aumento pouco significativo. Em relação aos valores de biomassa verde (BV), esta variação (i.e. entre agosto e fevereiro) mais do que dobra. Da mesma forma, os valores de % verde (IV) são substancialmente maiores em fevereiro (9,7 vezes).

Os coeficientes de variação para a BT apresentam valores muito próximos, indicando que os padrões espaciais referentes à variação espacial desta variável são muito próximos entre agosto e fevereiro. Em relação aos valores de BV e IV, os coeficientes de variação são significativamente maiores em agosto, o que sugere maior heterogeneidade espacial destas variáveis no período seco. Por outro lado, é interessante observar que no período chuvoso estas duas variáveis, comparativamente à biomassa total, apresentam um comportamento mais homogêneo, com menos variação entre os 27 pontos amostrados.

Tabela 3 - Variáveis analisadas, conforme respectivos valores médios (VM), desvios padrões (DP) e coeficientes de variação (CV).

Variáveis	Valores Médios		Desvios Padrões		Coeficientes de Variação	
	Ago/09	Fev/10	Ago/09	Fev/10	Ago/09	Fev/10
Biomassa Total (t/ha)	7,290	7,430	2,586	2,484	0,373	0,360
Biomassa Verde (t/ha)	1,240	3,090	0,794	1,146	0,587	0,353
Índice de Verde (%)	6,350	65,455	5,558	11,798	0,664	0,181

A propósito do mapa apresentado no apêndice 2, é possível ter uma visualização panorâmica das pastagens pesquisadas com os respectivos valores biomassa total, biomassa verde e percentual de verde. Este mapa também possibilita perceber que há variação nos níveis de degradação das pastagens à medida que se desloca em sentido latitudinal para o norte.

3.1 Biomassa

Nas figuras 12, 13 e 14 são mostradas as variações da biomassa total nos períodos seco e chuvoso e também uma comparação entre os dois períodos. Em relação ao mês de agosto (Figura 12) os dados mostram que a produtividade máxima da biomassa ultrapassa 11 t/ha, enquanto que a produtividade mínima ficou em torno de 2,3 t/ha. Em destaque, 22% das propriedades (06) tiveram produtividade entre 9 e 10 t/ha, sendo que somente duas (9%) apresentaram produtividade entre 10 e 11,48 t/ha.

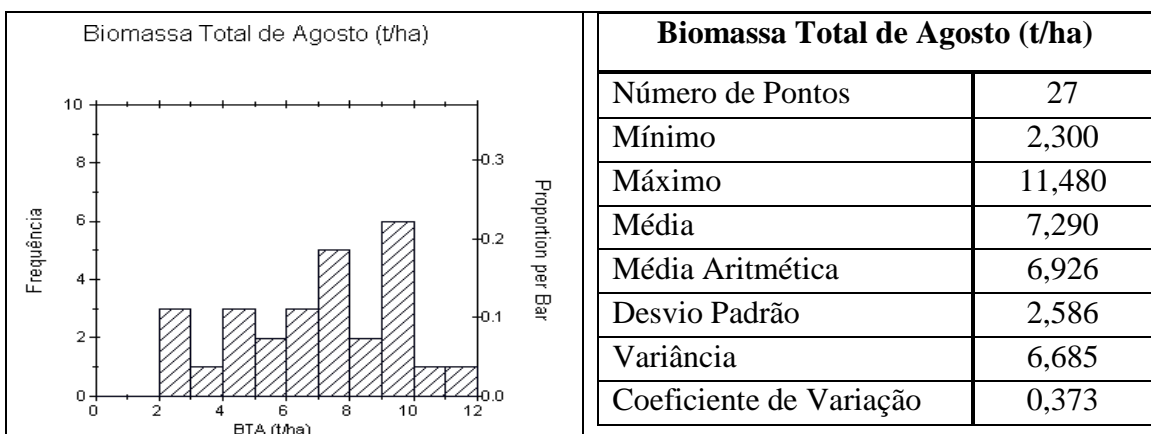


Figura 12 – Histograma de Biomassa total em agosto e Tabela de Valores.

Em fevereiro (Figura 13), a máxima produtividade encontrada foi em torno de 10,8 t/ha e a mínima pouco mais de 1,6 t/ha. Nesse período, a maior concentração de biomassa foi em torno de 4 a 5 t/ha, o que corresponde a seis propriedades (22%); em seguida, 7 e 8 t/ha em cinco propriedades (19%), enquanto que em seis propriedades (22%) a produção de biomassa ficou entre 9 a 11 t/ha.

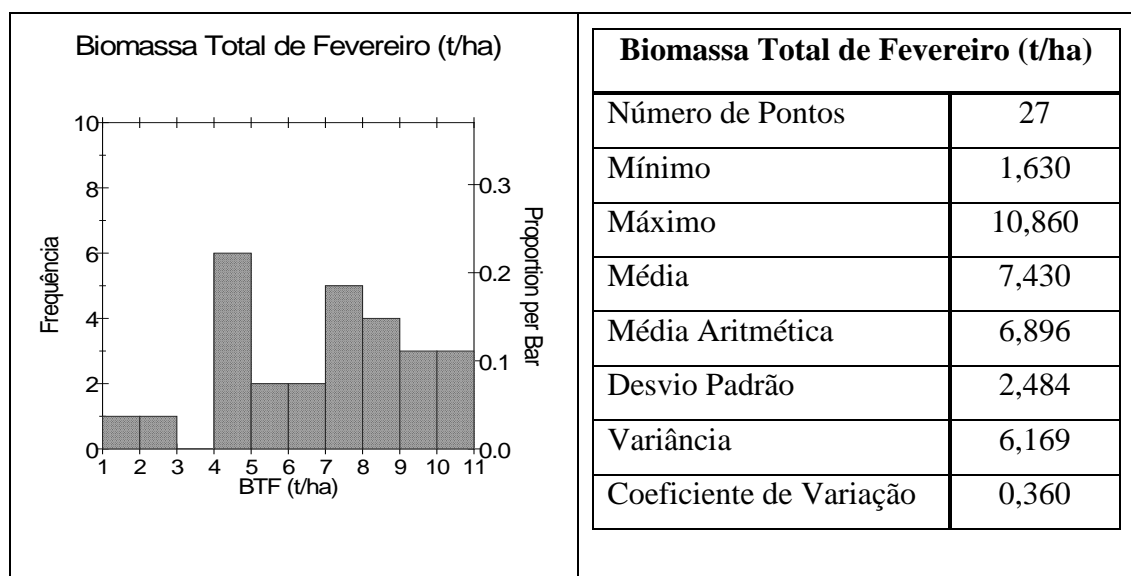


Figura 13 – Histograma de Biomassa total em fevereiro e Tabela de Valores.

Analisando comparativamente os dois períodos (Figura 14) da produção de biomassa total verifica-se que em uma propriedade a biomassa total ficou num intervalo de 1,0 a 2,10 t/ha (3,7 %), sendo que 37,0 % das propriedades (10) alcançaram uma produção de 7,60 a 8,70 t/ha, enquanto que somente uma alcançou a produção de 10,9 a 11,48 t/ha.

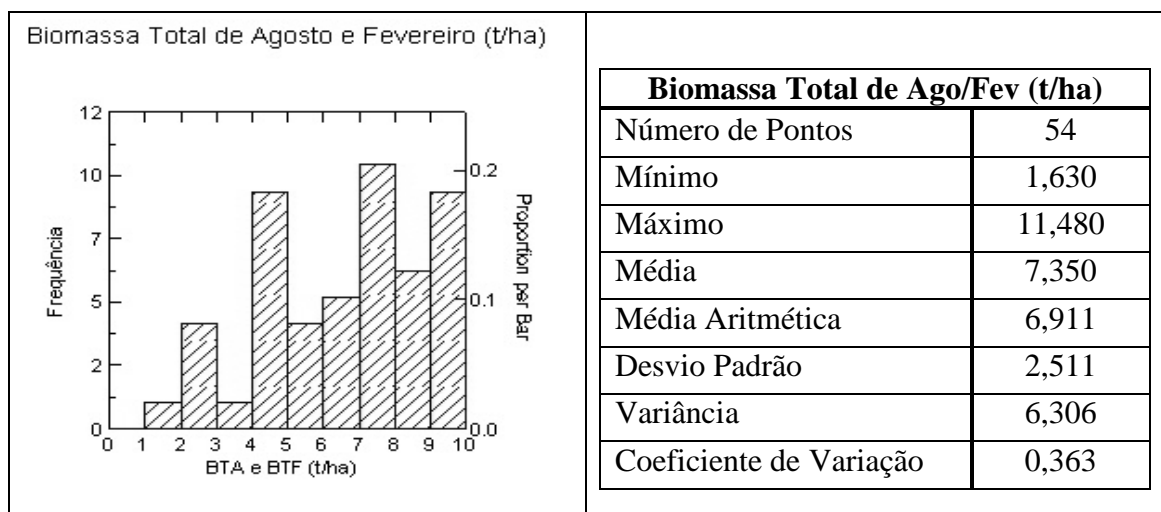


Figura 14 – Histograma de Biomassa total de agosto e fevereiro e Tabela de Valores.

3.2 Biomassa verde

As produtividades de bioma verde de agosto, fevereiro e dos dois períodos juntos são apresentadas nas Figuras 15, 16 e 17. No período seco (Figura 15) o valor máximo de produtividade ficou em torno de 3,1 t/ha, enquanto o valor mínimo ficou em torno de 0,04 t/ha. Somente em duas propriedades (7%) os valores variaram de 0,04 a 0,40 t/ha. Por outro lado, em sete propriedades os valores encontrados ficaram entre 0,40 a 0,80 t/ha, enquanto em duas propriedades (7%), entre 2,40 a 3,20 t/ha.

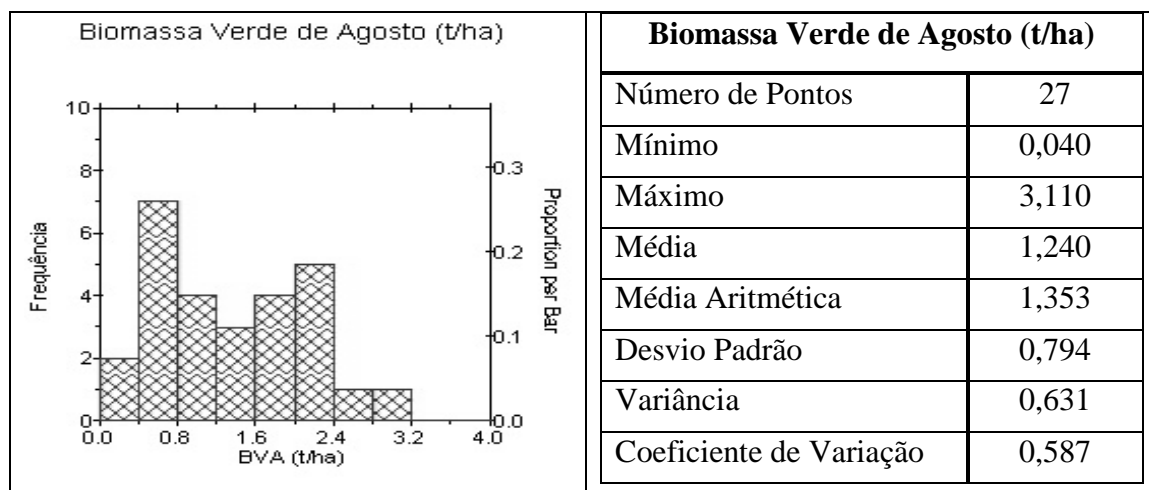


Figura 15 – Histograma de Biomassa verde de agosto e Tabela de Valores.

Os dados da Figura 16 mostram que, em fevereiro, o valor máximo da biomassa verde foi de aproximadamente 5,7 t/ha e o valor mínimo encontrado foi de 1,08 t/ha. Em análise da distribuição entre as propriedades, notou-se que em uma foi encontrado intervalo de 1,0 a 1,50 t/ha e em 10 propriedades o intervalo de 3,0 a 3,50 t/ha; somente em uma propriedade o intervalo encontrado foi de 5,50 a 6,0 t/ha.

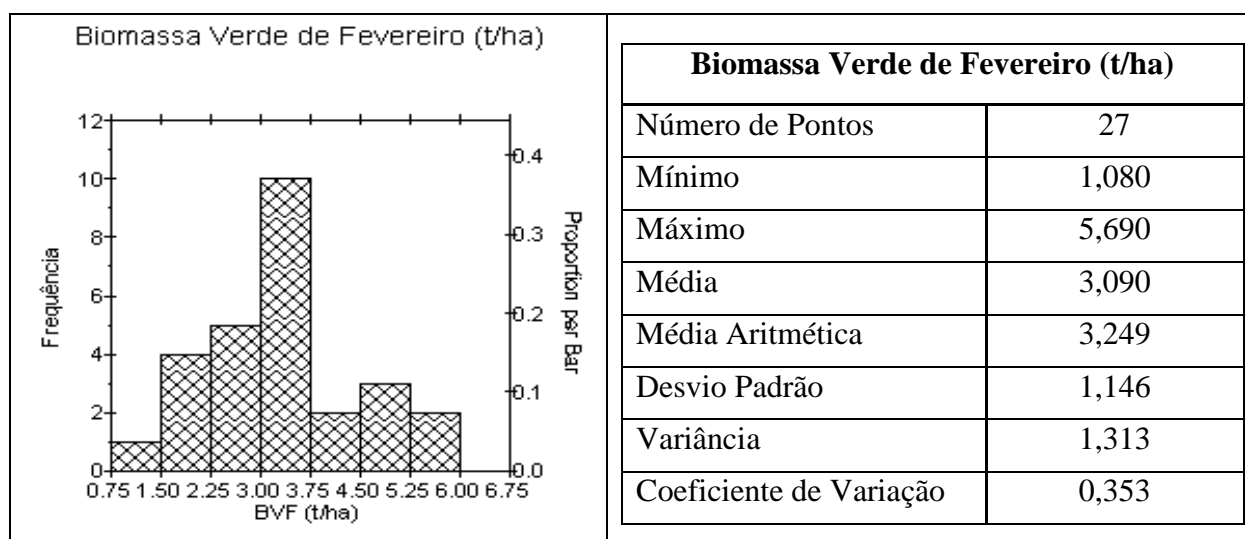


Figura 16 – Histograma de Biomassa verde em fevereiro e Tabela de Valores.

De forma comparativa, para os dois períodos conjuntamente (Figura 17) os valores variaram de 0,04 (mínimo) a 5,69 t/ha. A distribuição dos valores nas propriedades variou de 0,04 a 0,60 t/ha, sendo que em dez propriedades (3,7%) variaram de 3,0 a 3,60 t/ha e de 5,40 a 6,0 t/ha em duas propriedades.

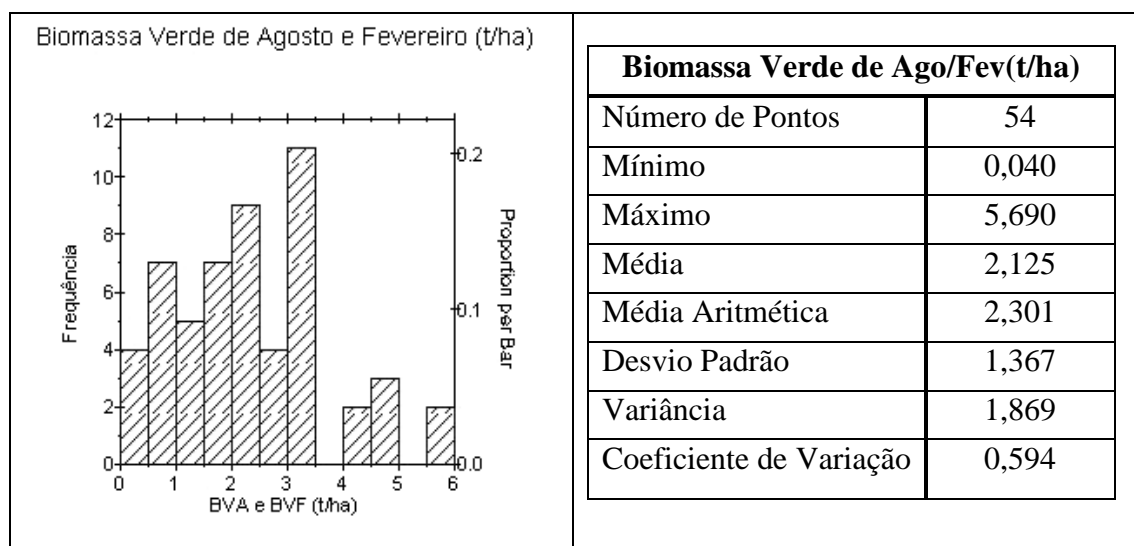


Figura 17 – Histograma de Biomassa verde de agosto e fevereiro e Tabela de Valores

3.3 Porcentagens de verde

Os índices de verde encontrados nos período seco e chuvoso (Figuras 18, 19 e 20) mostram variação significativa entre os dois períodos. Na seca (Figura 18), o valor máximo corresponde a 20,63 % de verde e valor mínimo de 2,28 %. Em agosto, três propriedades apresentaram % de verde variando entre 1 e 3,10%, enquanto que em oito propriedades os intervalos encontrados ficaram entre 3,10 a 5,20%. Somente em uma propriedade os percentuais de verde ficaram entre 19,90 a 22,00% .

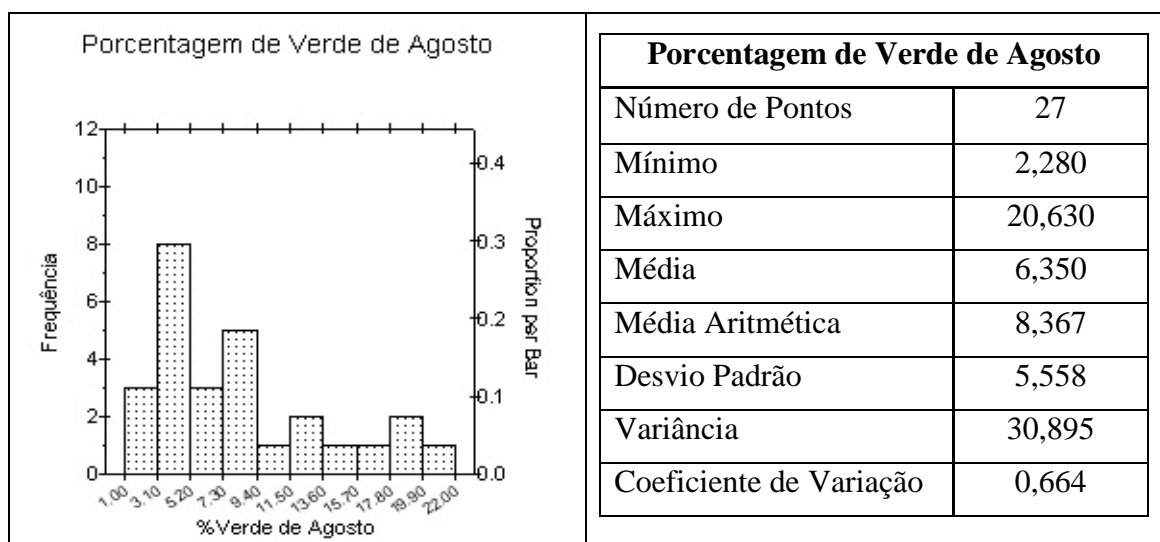


Figura 18 – Histograma de Porcentagens de verde em agosto e Tabela de Valores.

Para o período chuvoso, as porcentagens de verde (Figura 19) encontradas apresentaram valor máximo de 91,07 % e valor mínimo de 37,25 %, assim distribuídas: uma propriedade com valores na faixa de 37 a 44% de verde, oito propriedades com percentuais situados entre 65 a 72% de verde e, duas propriedades com valores entre 86 a 93%.

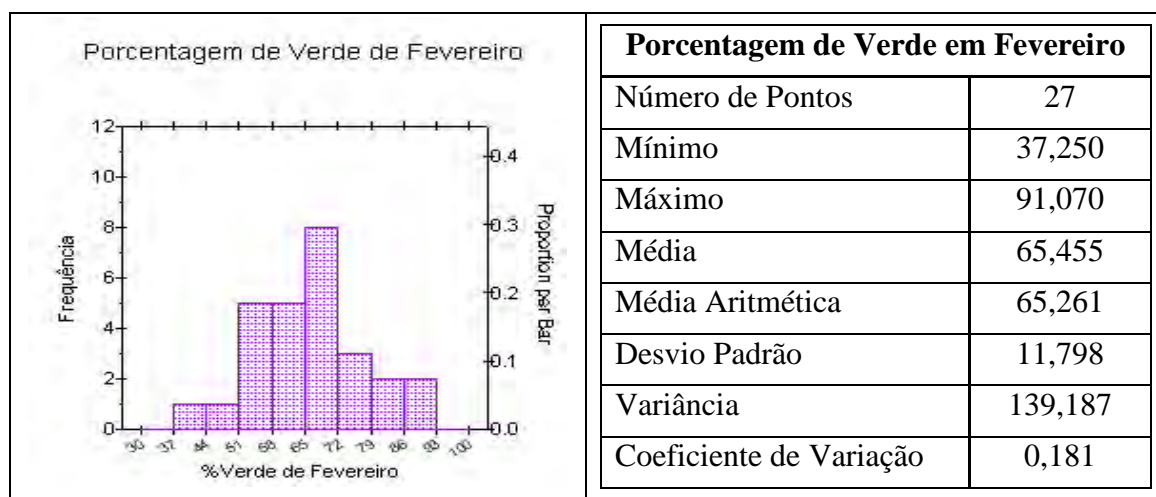


Figura 19 – Histograma de Porcentagens de verde em fevereiro e Tabela de Valores.

A representação dos dados dos períodos seco e chuvoso (Figura 20) apresenta valor mínimo com 2,28% e valor máximo com 91,07%. Em quatorze propriedades, a variação de verde ficou entre 1% e 8%, enquanto que uma propriedade apresentou intervalo de 34% a 41% e em duas propriedades o intervalo de verde foi de 87% a 93%.

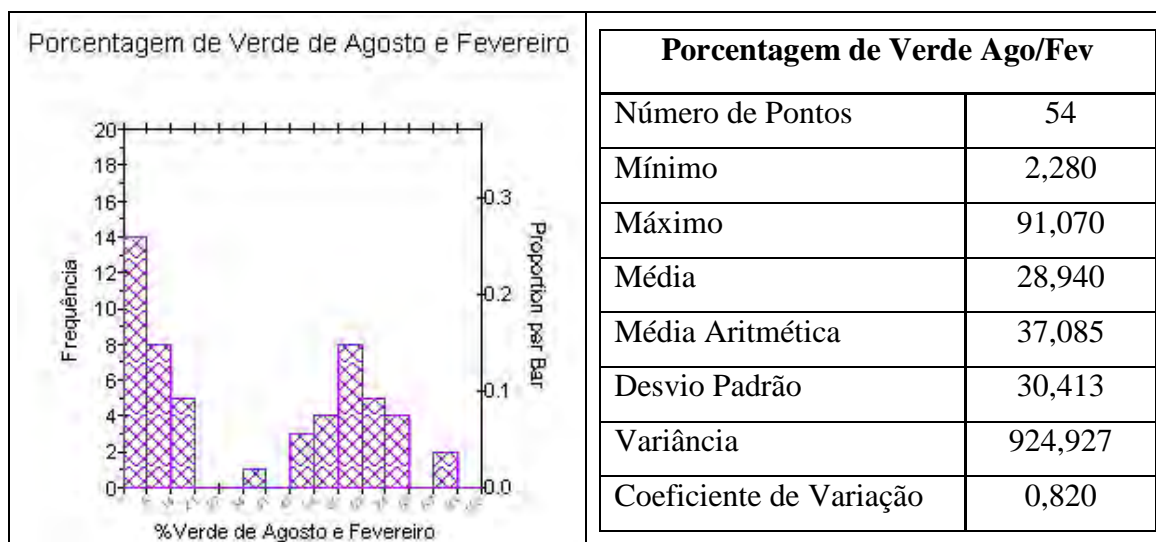


Figura 20 – Histograma de Porcentagens de verde de agosto e fevereiro e Tabela de Valores.

3.4 Índices de NDVI

Os valores que representam agosto e fevereiro são mostrados nas Figuras 21 e 22, respectivamente. Neles, os dados se apresentam com os intervalos variando de 0,314 máximo e 0,186 mínimo. Na distribuição, estão relativamente simétricos, pois em uma propriedade o intervalo é de 0,160 a 0,190; e de forma bem concentrada: vinte propriedades se encontram em intervalos de 0,220 a 0,280; duas com intervalos de 0,280 a 0,310 e, por último, uma propriedade com intervalo de 0,310 a 0,340.

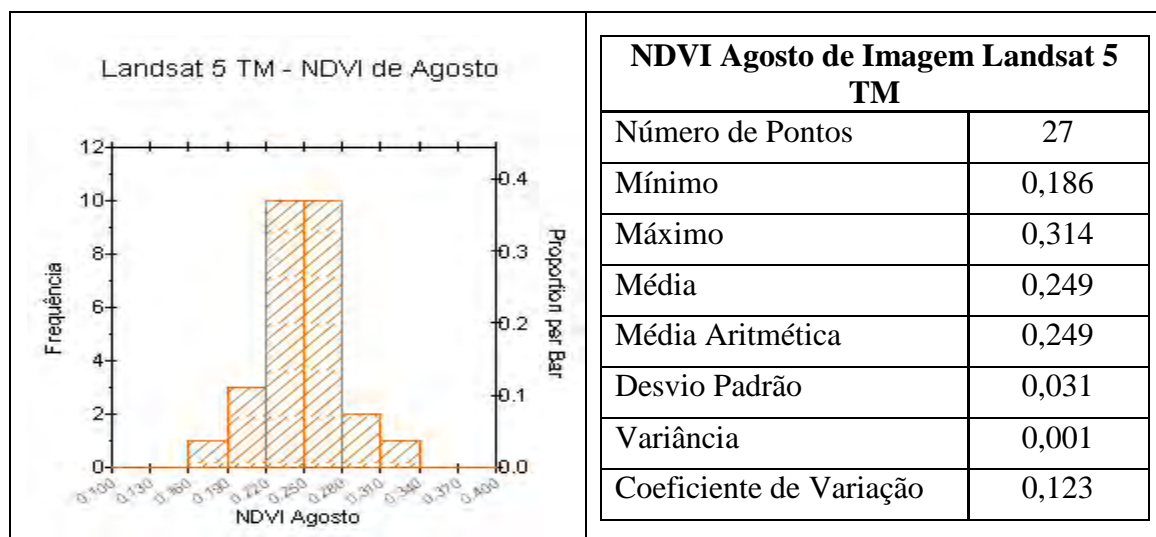


Figura 21 – Histograma de Índices de NDVI de imagens Landsat 5 TM (agosto) e Tabela de Valores.

Os valores apresentados na Figura 22 mostram que os intervalos no período chuvoso variaram de 0,490 mínimos e de 0,681 máximos. Entre tais intervalos, uma propriedade encontra-se com intervalo de 0,475 a 0,500, outras três com valores entre 0,500 a 0,525 e uma com valores NDVI na faixa de 0,675 a 0,681.

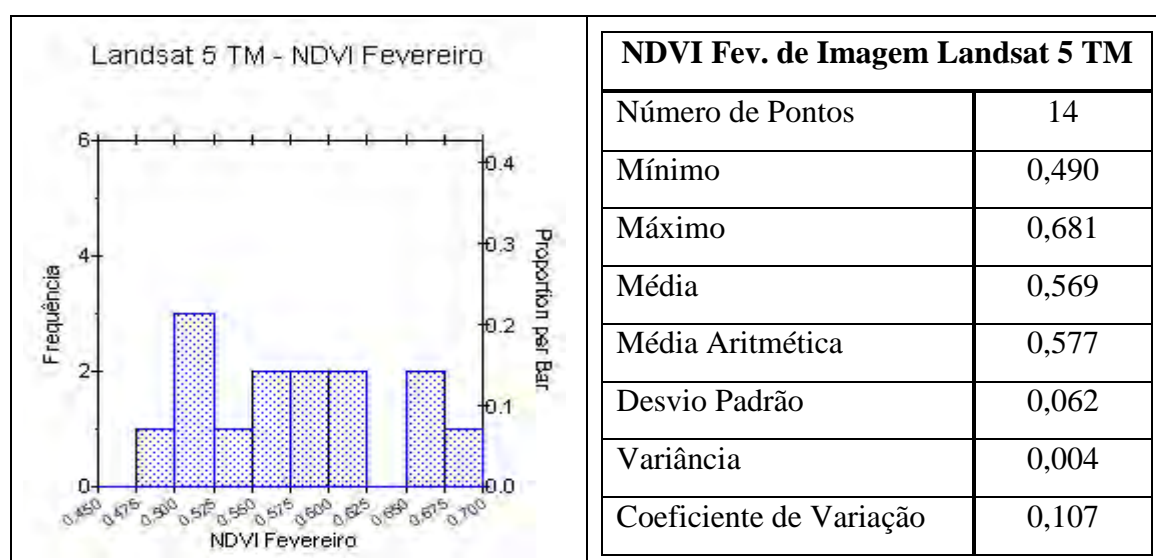


Figura 22 – Histograma de Índices de NDVI de imagens Landsat 5 TM (fevereiro) e Tabela de Valores.

Os índices encontrados nas imagens MODIS no período seco e chuvoso (Figuras 23 e 24) em agosto foram de 0,287 para mínimo e de 0,541 para máximo. Com valor mínimo, foi encontrada somente uma propriedade, cujo NDVI ficou na faixa de 0,287 a 0,320. Por sua

vez, com valores muito próximos, foram concentradas vinte e duas propriedades variando entre 0,320 a 0,42 e uma propriedade com valores máximos de 0,520 a 0,541 (Figura 23).

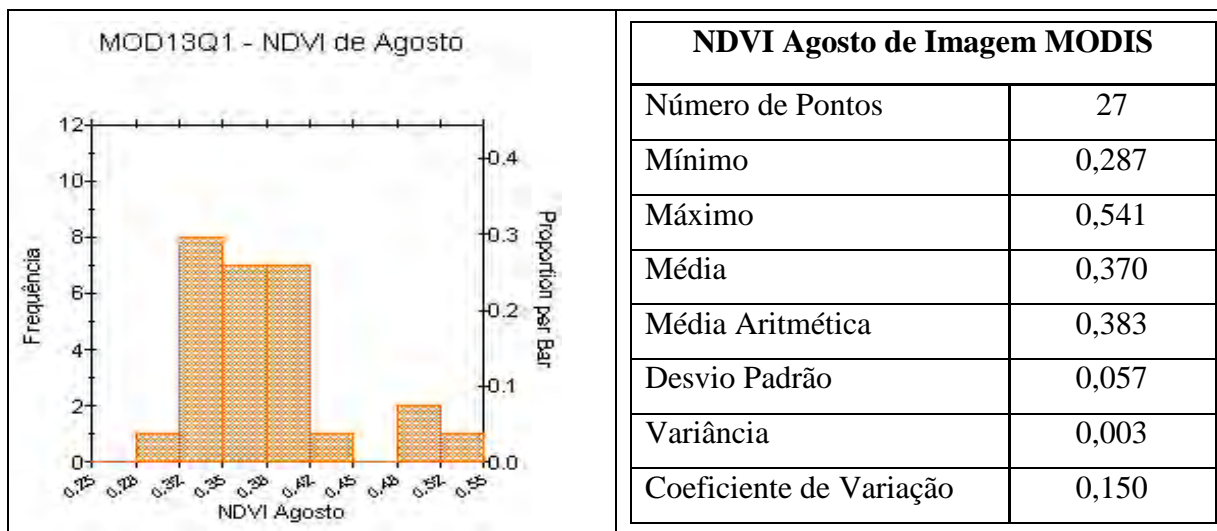


Figura 23 – Histograma de Índices de NDVI de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores.

Os dados encontrados no período chuvoso (Figura 24) mostram que o mínimo foi de 0,604 e máximo foi de 0,763. Nesse intervalo foi encontrada uma propriedade com índices variando entre 0,604 a 0,620. Há concentração de cinco propriedades com valores entre 0,670 a 0,680 e duas com índices maiores entre 0,760 a 0,763.

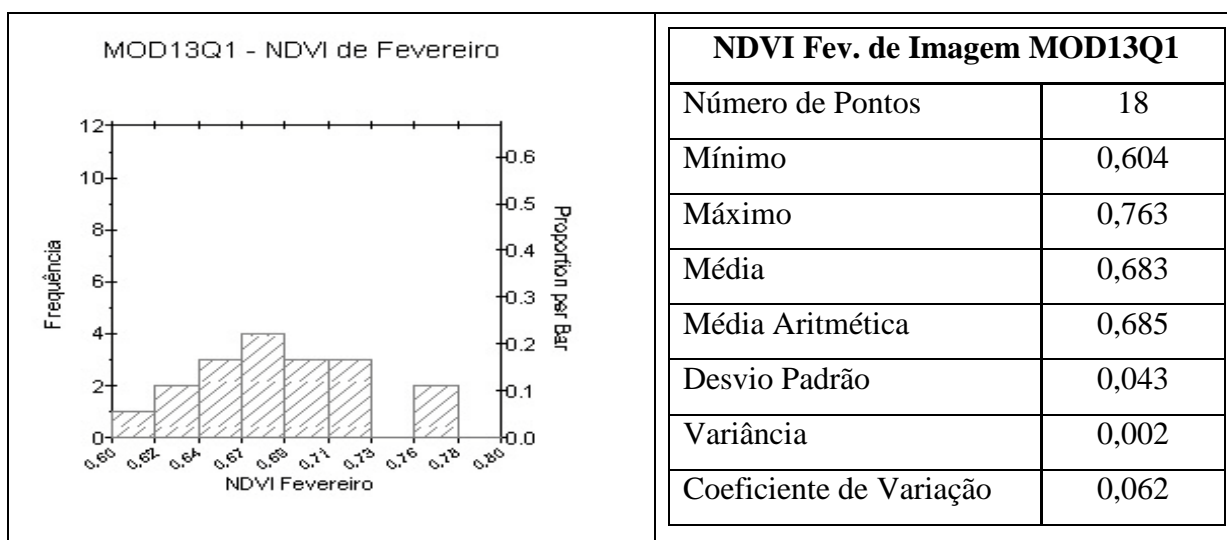


Figura 24 – Histograma de Índices de NDVI de imagens MODIS de fevereiro e Tabela de Valores.

3.5 Índices de EVI

Conforme dados de agosto apresentados na Figura 25, os valores EVI – também bastante simétricos – situam-se entre 0,215 e 0,104. Entre as propriedades, são distribuídos com intervalo de 0,10 a 0,12 em uma, enquanto que em 10 delas o intervalo de valores EVI varia de 0,17 a 0,18 e, em uma propriedade, situa-se na faixa entre 0,20 a 0,215.

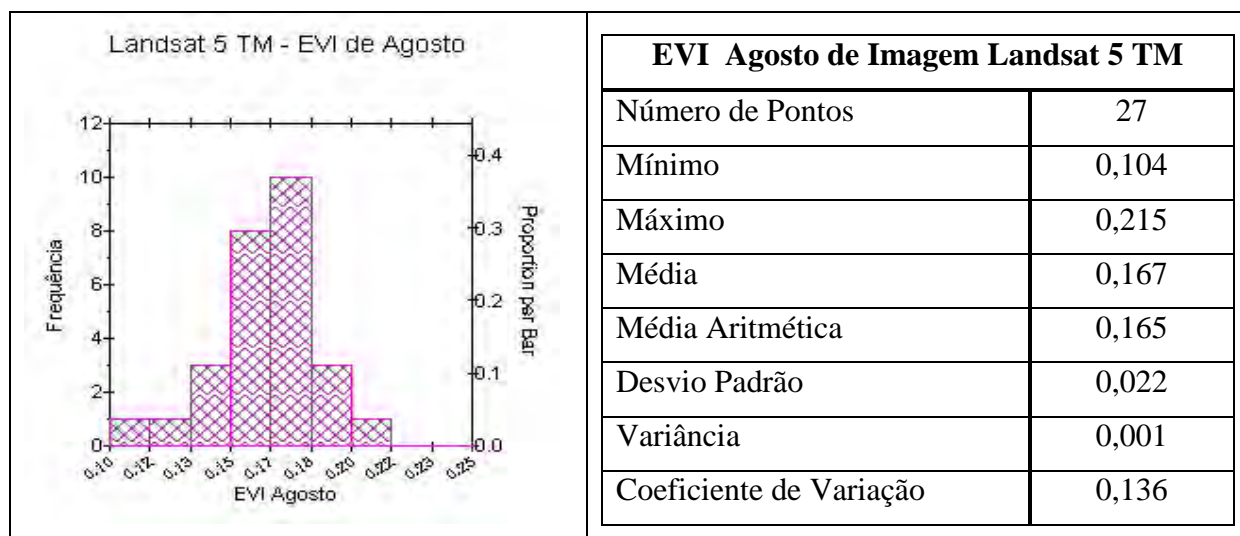


Figura 25 – Histograma de Índices de EVI de imagens Landsat 5 TM (agosto) e Tabela de Valores.

No período chuvoso, os valores EVI (Figura 26) variam de 0,273 a 0,514. Somente em duas propriedades encontra-se intervalo de 0,26 a 0,31; em cinco propriedades um intervalo entre 0,31 a 0,37 e em outras duas um intervalo entre 0,49 a 0,514.

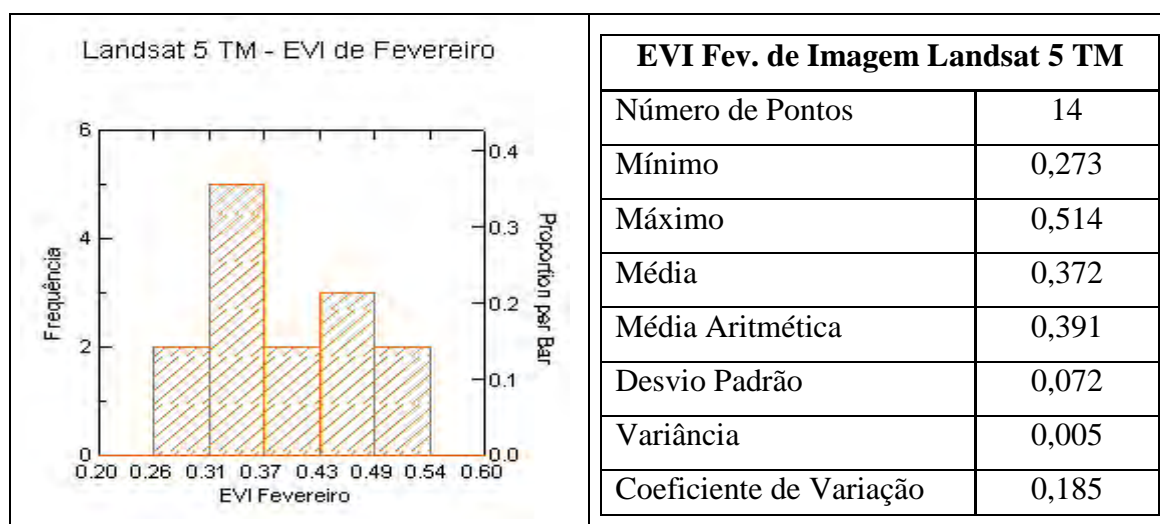


Figura 26 – Histograma de Índices de EVI de imagens Landsat 5 TM (fevereiro) e Tabela de Valores.

Em agosto, os valores EVI MODIS (Figura 27) apresentaram uma variação mínima de 0,158 e máximo de 0,370. Estes valores estão distribuídos de 0,15 a 0,17 em uma propriedade, enquanto que em um conjunto maior, de oito propriedades, há variação de 0,21 a 0,23. Em outro extremo, somente uma propriedade com valores entre 0,33 a 0,35.

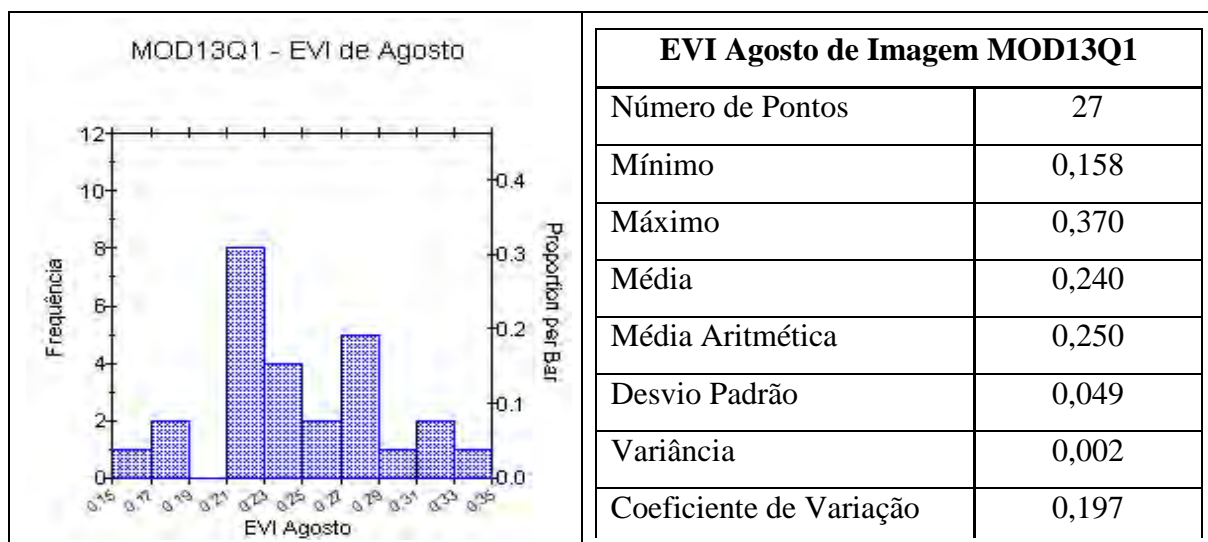


Figura 27 – Histograma de Índices de EVI de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores.

No período chuvoso (Figura 28), os índices variaram entre o mínimo de 0,362 e máximo 0,532. As distribuições de certa forma estão bem homogêneas. Em três propriedades, os valores encontrados foram 0,362 a 0,390, em cinco de 0,390 a 0,420 e em outras duas os valores variaram de 0,510 a 0,532.

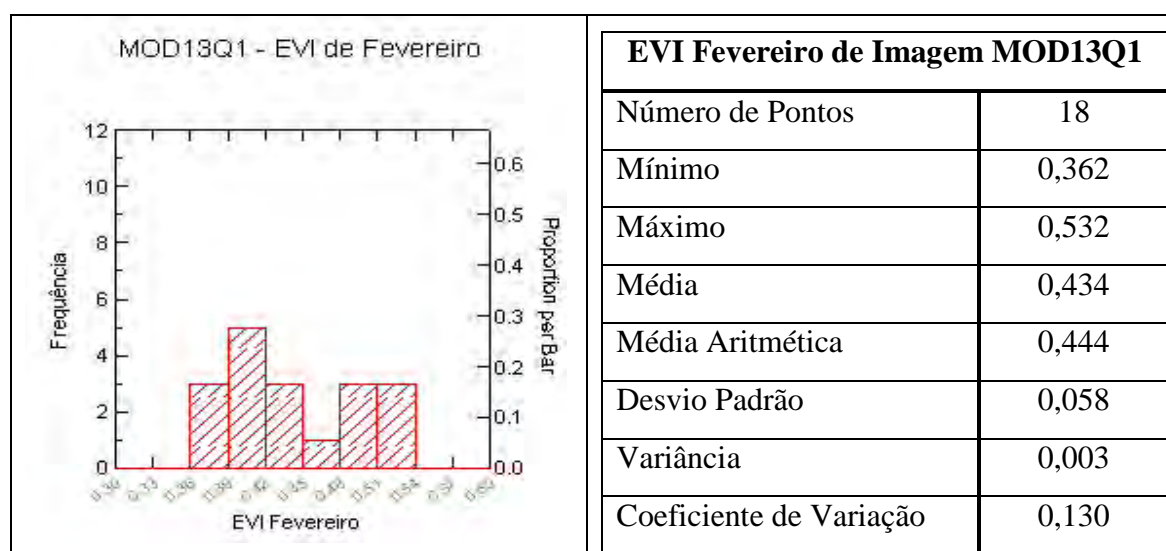


Figura 28 – Histograma de Índices de EVI de imagens MODIS de fevereiro e Tabela de Valores.

3.6 Índices de temperatura da superfície

Os índices de temperatura (Figura 29) variaram no mês de agosto entre o mínimo de 33° C e o máximo de 37,9° C. Em duas propriedades as temperaturas variaram entre 33° a 37,9° C, em quatorze ficaram entre 35° a 37° C, enquanto que em outras seis variaram de 37° a 37,9° C.

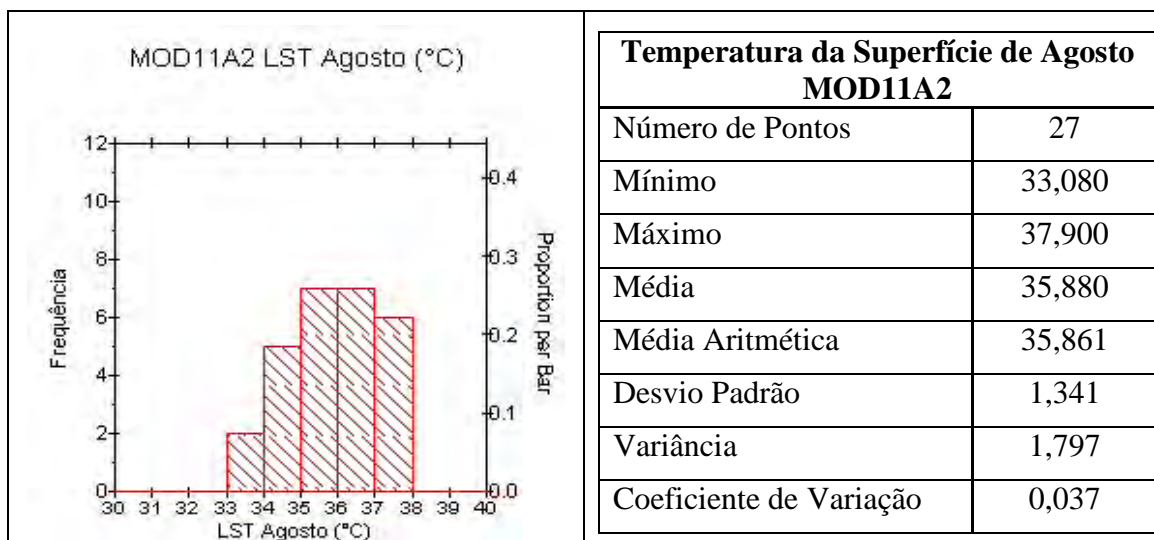


Figura 29 – Histograma de Índices de temperatura da superfície de imagens MODIS de agosto e Tabela de Valores.

Os dados referentes ao período chuvoso mostram que a temperatura da superfície diminuiu, sendo a mínima de 28,7° a 32,6°C. Na Figura 30 a distribuição ficou concentrada em quatro propriedades que variaram entre 28,7° a 30° C, em seis outras de 30° e 31°, em cinco de 31 a 32°C e em duas tiveram temperatura máxima variando entre 32 a 32,6°C.

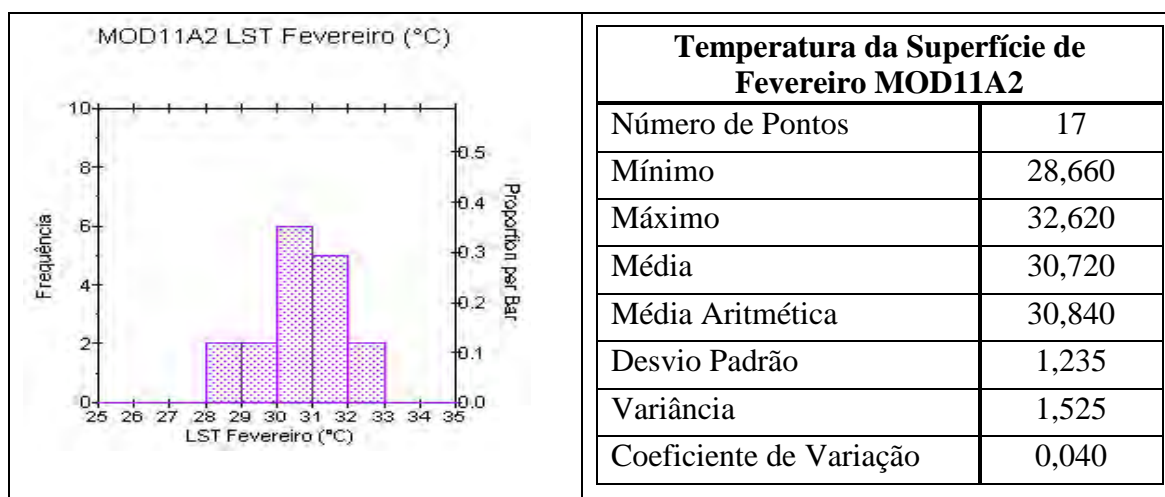


Figura 30 – Índices de temperatura da superfície de imagens MODIS de fevereiro.

3.7 Classificação e análises de pastagens

Das vinte e sete pastagens pesquisadas foram selecionadas quatro para exemplificação fotográfica dos níveis de degradação que se encontravam nos períodos seco e chuvoso. A figura 31 mostra as respectivas localizações geográficas e municipais dos quatro níveis de pastagens.

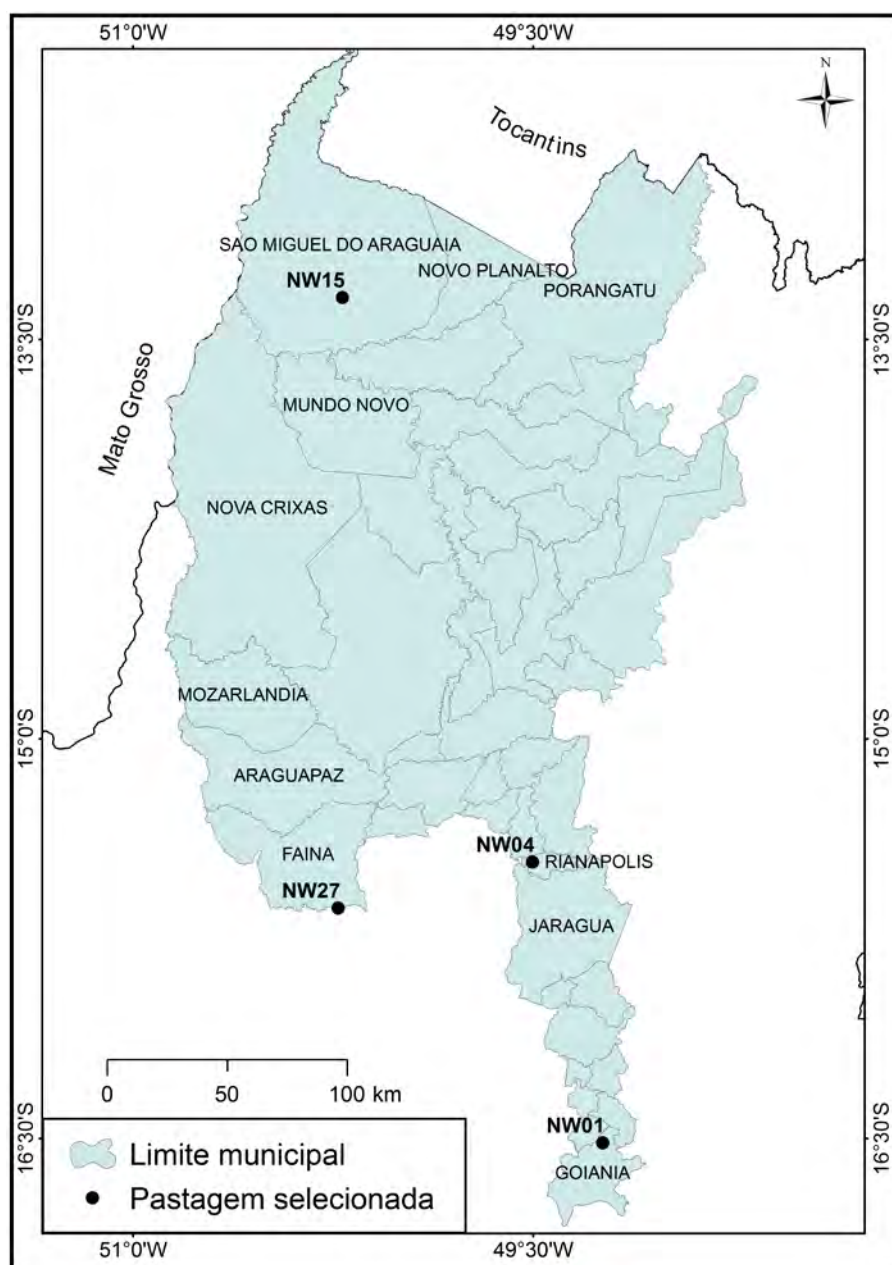


Figura 31 – Localização das pastagens selecionadas em níveis de degradação.

Para efeito de classificação das pastagens é importante destacar que considera-se uma pastagem de baixo nível de degradação o fato de que na época seca apresentava-se mais conservada, com apenas uma pequena perda em seu aspecto vegetativo, sem a presença de invasoras e espaçadas, não sendo verificada a ocorrência de áreas com solo exposto e observando-se, ainda, altura do capim superior a das demais pastagens. A pastagem enquadrada no baixo nível de degradação pode ser visualizada na figura 32 (período seco e chuvoso).



Figura 32 – Pastagem com baixo nível de degradação.

Já a pastagem enquadrada no moderado nível de degradação é aquela que possui característica intermediária, entre a pastagem de forte nível e a pastagem de baixo nível de degradação, melhor visualizada na figura 33.



Figura 33 – Pastagem com nível moderado de degradação.

A pastagem enquadrada no forte nível de degradação é aquela que apresentou algumas invasoras, pequena percentagem de área com solo exposto e não presença de erosão e de cupins (Figura 34).

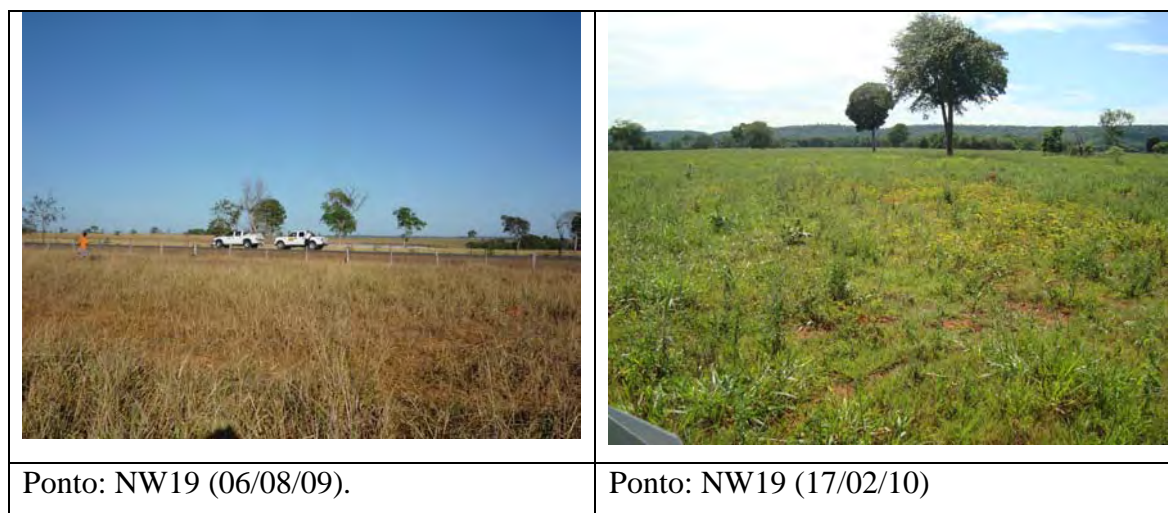


Figura 34 – Pastagem com nível forte de degradação.

No nível de degradação muito forte, as gramíneas se apresentaram com altura muito baixa (rasteira) solo exposto, presença de invasoras e cupins (Figura 35).

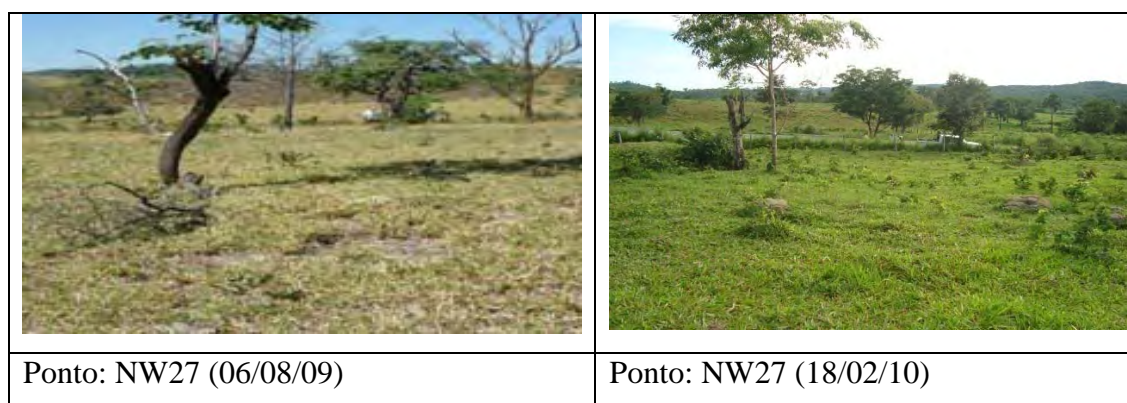


Figura 35 – Pastagem com nível muito forte de degradação.

Após os procedimentos correspondentes à classificação das pastagens encontradas na área de pesquisa, optou-se por fazer um agrupamento por níveis conforme os critérios estabelecidos por Spain e Gualdrón (Quadro 1), i.e, considerando somente os aspectos da paisagem (altura, densidade, presença ou ausência de solo exposto e qualidade das gramíneas). Do total de vinte e sete propriedades pesquisadas, somente sete (7) correspondem na casa de 25,9%, às pastagens selecionadas no nível leve de degradação, ou seja, excelente nível de conservação e utilização de tecnologia.

Outros 48% (13 propriedades) foram incluídos no nível moderado, em razão de apresentarem pouca densidade e presença de solo exposto entre as gramíneas.

Nos níveis considerados mais críticos, ou seja, forte e muito forte em degradação, foram definidos 14,28% (4 propriedades) e 11,1% (3 propriedades), respectivamente, em razão da presença de solo exposto, cupinzeiros e plantas invasoras.

Quadro 1 - Síntese dos dados de campo e laboratório.

Pontos	Níveis de classificação	Características	Alturas (cm)		Biomassa Verde (t/ha)		Índice de Verde (%)	
			Ago/09	Fev/10	Ago/9	Fev/10	Ago/09	Fev/10
01 08 09 10 11 12 14	Leve	Bom vigor vegetativo, altura superior às demais, boa qualidade e ausência de solo exposto.	44,70 28,10 77,30 105,7 38,20 50,60 38,80	49,90 33,10 44,10 110,50 46,70 61,60 50,00	0,65 1,11 1,68 0,62 3,11 1,17 2,39	3,27 3,22 3,29 3,22 3,09 4,52 3,38	4 10 9 5 2 3 15	80,00 75,76 57,38 63,12 71,54 77,11 54,30
02 06 13 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	Moderado	Médio vigor vegetativo, boa qualidade, média população, pouco solo exposto.	18,10 20,50 40,30 43,00 41,00 41,00 45,20 43,60 51,00 52,60 68,70 18,80 94,50	21,30 22,70 52,60 50,90 40,70 38,60 59,20 54,10 63,00 74,20 80,20 20,10 98,10	0,42 0,61 2,05 0,70 1,96 2,21 2,44 1,87 2,15 1,24 0,96 1,50 2,03	1,52 4,50 2,10 2,60 4,31 2,93 3,01 4,43 2,82 3,05 3,04 4,70 5,65	5 8 8 3 6 12 5 8 17 6 5 5 3	37,00 79,50 65,79 61,96 53,56 61,01 65,12 51,69 71,76 55,60 66,49 87,72 68,00
03 04 05 07	Forte	Baixo vigor vegetativo e baixa qualidade e baixa população (solo exposto), associados com presença de invasoras e/ou cupins.	5,80 13,80 28,40 7,60	8,00 14,40 37,10 17,90	0,56 1,94 0,04 0,95	1,08 1,76 2,70 2,01	21 19 3 13	65,91 50,58 73,27 58,03
15 26 27	Muito Forte	Baixo vigor vegetativo e baixa qualidade e baixa população, associados com presença de invasoras, cupins, solo exposto e processo erosivo.	68,30 7,90 8,70	62,40 13,90 13,40	1,46 0,31 0,41	2,46 3,37 5,69	4 8 19	64,05 69,00 69,00

Fonte: Adaptado de Spain & Gualdron (1991) e Moreira e Assad (2000).

3.8 Correlações Biomassa Total x Temperatura de Superfície (LST)

Os valores apresentados na Figura 36 mostram que não há uma correlação entre os dois parâmetros analisados. A correlação lógica esperada era que os pontos com maior biomassa apresentassem menores temperaturas tanto no período de seca (agosto) e chuvoso (fevereiro), fato este que não ocorreu. Por exemplo, alguns pontos que apresentam alta temperatura também são mensurados com alto valor de biomassa (a exemplo do ponto 25 do mês de fevereiro); por outro lado, alguns pontos (tanto o período seco e/ou chuvoso) que apresentam pouca biomassa também aparecem com temperaturas mais amenas, como é o caso do ponto 27 para agosto e do ponto 3 para fevereiro. O fato de haver pouca correlação entre os dados pode ser explicado por dois fatores: primeiramente, pela não coerência do tipo de dado, sendo um volumétrico e outro radiométrico; em segundo plano, pode-se considerar que a resolução espacial do produto MOD11 (temperatura de superfície) de 1kmx1km e o valor de temperatura de cada pixel é a média aritmética de cada alvo presente em 1kmx1km, podendo tornar o dado incompatível com o tipo de coleta de biomassa (in situ), que corresponde a 0,25m².

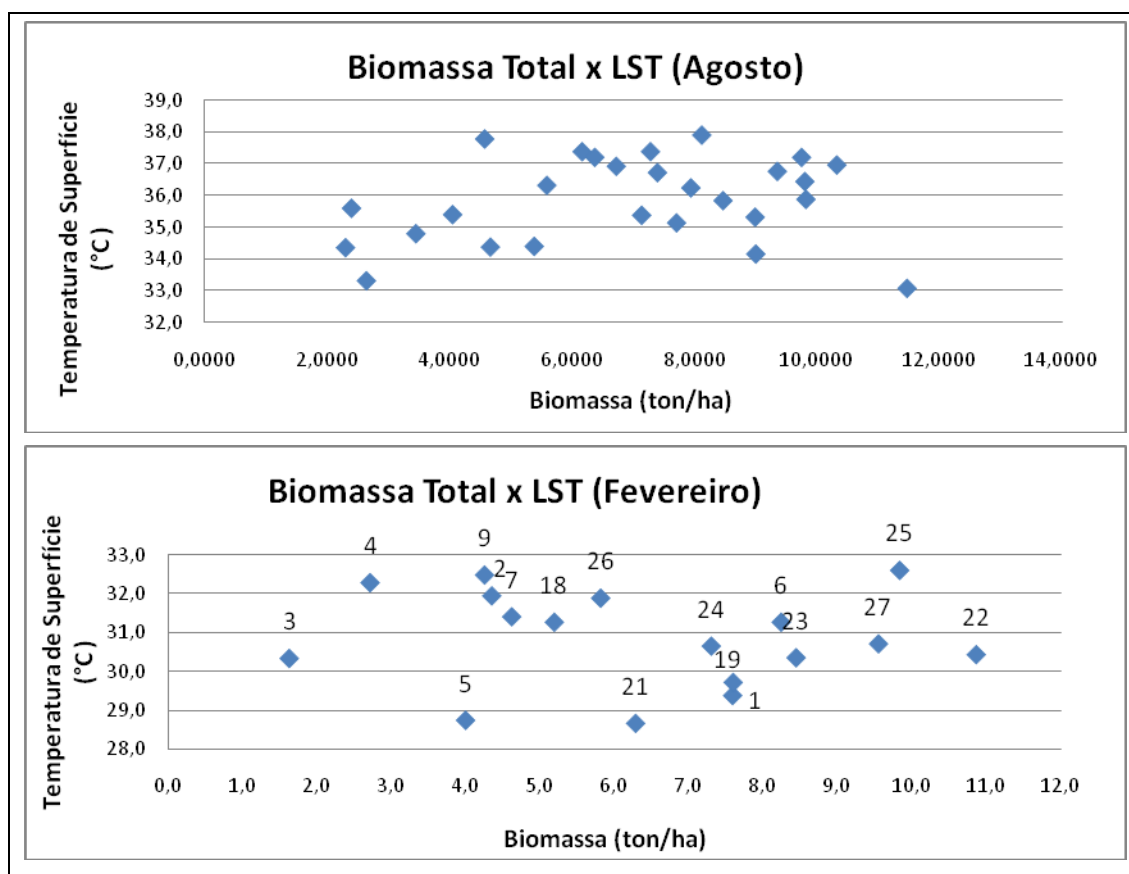


Figura 36 – Correlações Biomassa Total x LST (agosto e fevereiro).

3.9 Correlações Biomassa Total x % Verde (agosto e fevereiro)

Conforme os gráficos (Figura 37) há também uma baixa correlação entre as variáveis biomassa total e % de verde. Em agosto, observa-se que os pontos que apresentam biomassa menor que 5 t/ha apresentam variadas proporções de verde, tal fato demonstra a inexistência de correlação significativa. No período chuvoso (fevereiro), apesar de haver uma elevação significativa no valor de biomassa, os índices de verde máximos não alteraram em relação ao período anterior, portanto, deixando de existir a correlação entre as duas variáveis. Esta falta de variação nos dois períodos entre as duas variáveis pode ser explicada pelo fato de que num curto período temporal (seis meses) entre uma coleta e outra, a presença de um grande número de plantas invasoras encontradas nas pastagens degradadas. Tais plantas são, de modo geral, resistentes à seca, permanecendo verde, o que acaba influenciando no processo de classificação da imagem. Outro aspecto que pode ser relevante, refere ao fato de que, durante o período de estiagem, a palha seca recobre a matéria verde, o que camufla os valores, fazendo com que durante a classificação se obtenha um número menor de células verdes. No mês de fevereiro, o alto nível de degradação, em algumas pastagens, apresentou valores de cobertura verde superiores ao baixo nível de degradação, o que pode ser justificado tanto pelos fatores acima mencionados, como também, pelo mal estado de conservação e da grande quantidade de solo exposto (espaços vazios) verificados.

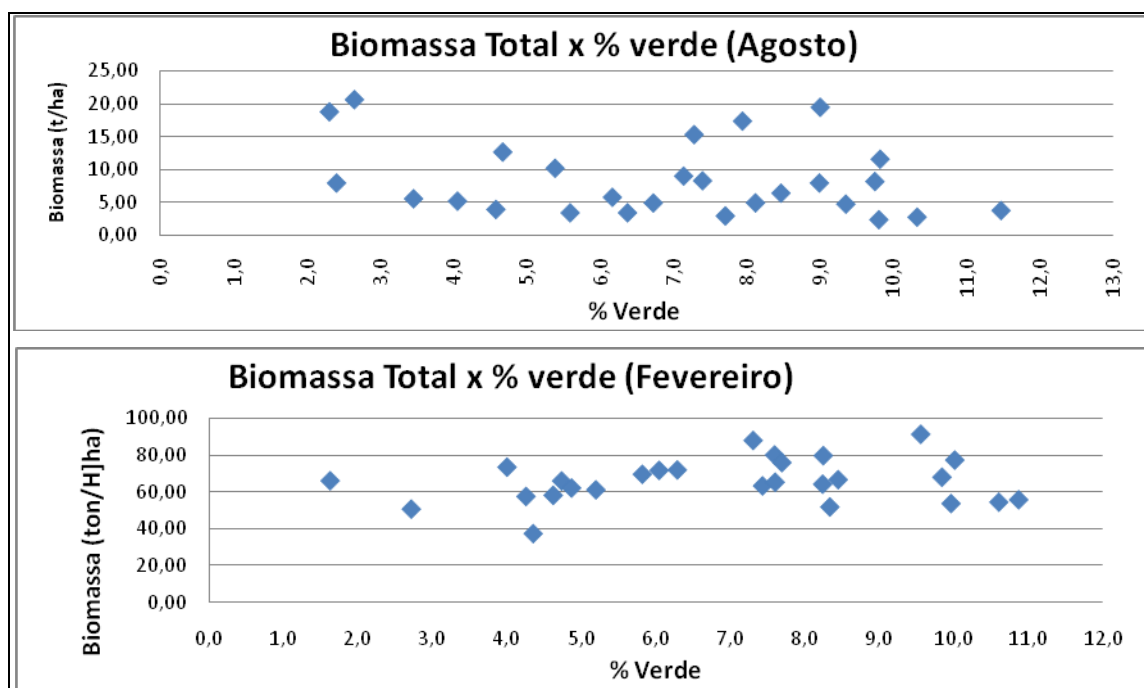


Figura 37 – Correlações Biomassa Total x % Verde (agosto e fevereiro).

3.10 Correlações EVI x LST (Agosto e fevereiro)

Analisando os dados da Figura 38, correspondentes aos períodos seco e chuvoso, observa-se que, de forma geral, não há correlação entre as variáveis EVI e Temperatura de Superfície (LST). Pontos com valores altos de EVI deveriam apresentar baixos valores de temperatura de superfície. No entanto, curiosamente, os pontos 05 e 21 do mês de fevereiro mesmo apresentando valores de temperatura de superfície similares, apresentam grande distinção quanto ao valor EVI coletado. Salienta-se que tanto para fevereiro quanto para agosto não foi o ponto com maior valor EVI que apresentou a menor temperatura.

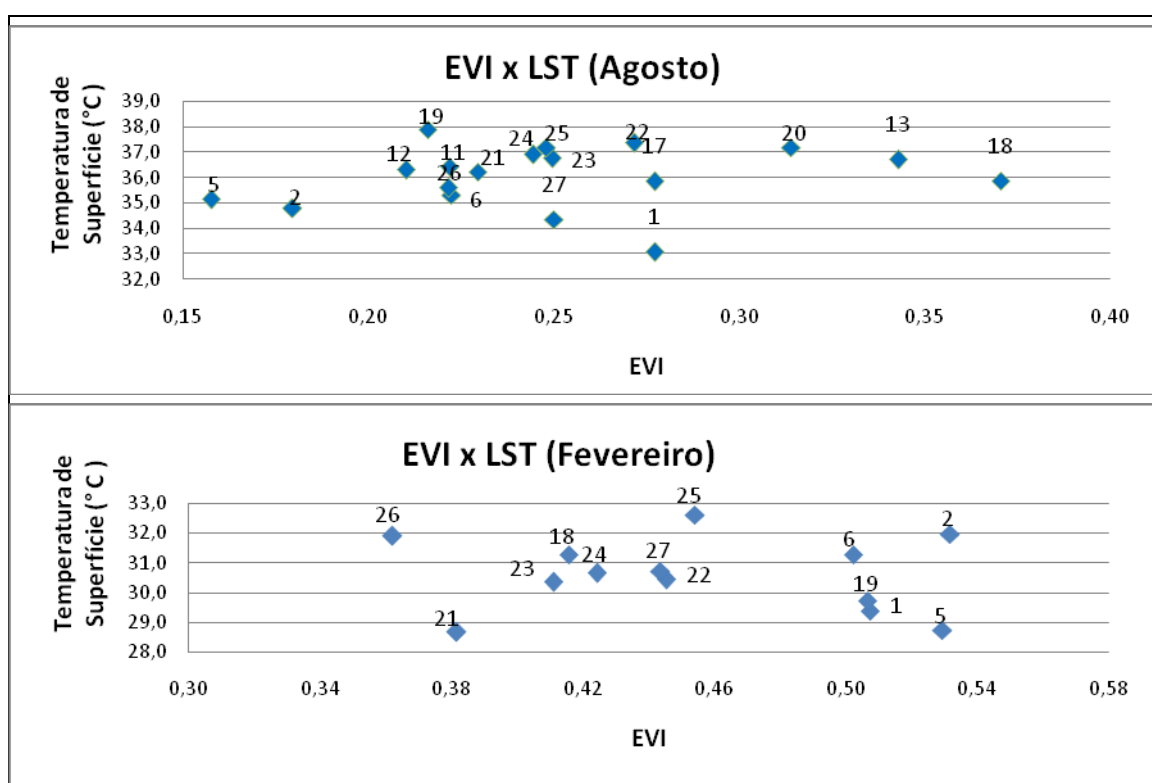


Figura 38 – Correlações EVI x LST (agosto e fevereiro).

3.11 Análise da Tabela R²

Tabela 4 – Variáveis, R²

Variáveis	R ²
Biomassa Total x LST (Agosto)	,047
Biomassa Total x LST (Fevereiro)	,010
Biomassa Total x % verde (Agosto)	,079
Biomassa Total x % verde (fevereiro)	,047
EVI x LST (Agosto)	,023
EVI x LST (Fevereiro)	,017

Os dados representados na Tabela 4 indicam baixos valores de R^2 , apontando, portanto para praticamente nenhuma correlação significativa existente entre as variáveis. O índice de correlação R^2 varia de 0 a 1, os valores encontrados indicam que a variação da variável explicativa não influencia na variação da variável r

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a finalização dos procedimentos que envolveram a pesquisa e, naturalmente, a partir dos dados obtidos, de maneira geral, evidenciou-se um acréscimo de área nas pastagens cultivadas no bioma Cerrado, porém, com uma pequena diminuição nas pastagens naturais. Todavia estima-se que 50% dessas pastagens cultivadas encontram-se degradado, fato este extremamente prejudicial à produção pecuária, sendo considerado como um fenômeno freqüente que ocorre em grande parte das extensões territoriais de pastagens cultivadas no Brasil.

Os especialistas indicam que as causas dessa degradação estão relacionadas aos seguintes fatores: manejo do solo, escolha das espécies, técnicas de plantio e de combate a pragas, manejo do gado, dentre outros. Em virtude disso, uma pastagem degradada representa enormes prejuízos de natureza econômica e ambiental para os produtores, tendo em vista a sua expansão nas pastagens cultivadas e, por conseguinte, a necessidade de implantar tecnologia que envolve tanto o diagnóstico como os processos de recuperação.

Nessa pesquisa os dados biofísicos encontrados (altura, biomassa verde e seca t/ha e índices de verde por 0,25m²) que dizem respeito aos níveis de degradação das pastagens, confirmaram esta realidade. Ou seja, das vinte e sete propriedades rurais visitadas, - numa região considerada maior produtora de bovinos e onde se encontram as melhores pastagens cultivadas - somente 25,9% do total enquadra-se num nível bom de conservação. Em nível intermediário de conservação, pode-se considerar 48%, gramíneas com qualidade boa, porém, com sobrepastejo (pastagem com sobrecarga de animais). Outros 14,28% e 11,1%, respectivamente, são considerados nível forte e muito forte de degradação, por apresentarem solo exposto, cupinzeiros e plantas invasoras.

À exceção dos valores de biomassa total, observa-se significativa diferença entre os dois períodos analisados no que diz respeito aos valores de biomassa verde e % de verde. Enquanto para a biomassa total os valores são 7,3 e 7,4 toneladas por hectare, em agosto e fevereiro, respectivamente; enquanto que a biomassa verde varia de 1,2 para 3,1 toneladas por hectare nos mesmos meses. No caso dos valores de % de verde, esta variação é ainda muito mais significativa, variando de 6 a 65%, respectivamente.

Quanto aos coeficientes de variação, para a biomassa total estes são baixos e próximos nos dois períodos analisados, indicando, assim, pouca variabilidade espacial, bem

como um comportamento sazonal pouco pronunciado. Por outro lado, a diferença no coeficiente de variação observada para a biomassa verde indica o maior caráter sazonal desta variável, cuja heterogeneidade espacial é mais observada no período seco. Discrepância semelhante é observada para os valores de % de verde, distribuídos de forma bastante heterogênea durante o período seco. De fato, entre a estação seca e chuvosa, os valores de coeficientes de variação referentes à % verde variam de 0,66 a 0,18, indicando, entre outros, uma paisagem predominante verde em fevereiro.

Do ponto de vista radiométrico, variações significativas também são observadas, independentemente da resolução espacial considerada. No caso dos dados Landsat-TM, realçados via índices de vegetação NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) e EVI (Índice de Vegetação Realçado), há clara diferenciação entre agosto e fevereiro. Em agosto, prevalecem níveis de cinza baixos, indicativos de gramíneas secas, ao contrário de fevereiro, quando a vegetação – com mais vigor fotossintético – está associada a valores mais elevados de índices de vegetação.

No que diz respeito às temperaturas da superfície, os dados MODIS (produto MOD11A2) evidenciaram uma amplitude térmica de 5° C para o mês de agosto (33° a 38°C) e de fevereiro (28° a 33° C). Esses resultados mostram elevação de temperatura para áreas de vegetação seca e com solo exposto; enquanto que no período de chuvas, quando a vegetação apresenta-se com mais biomassa verde e menos solo exposto, naturalmente a temperatura é mais amena, haja vista a maior evapotranspiração dissipando energia na forma de calor latente.

A presente pesquisa reitera a possibilidade de caracterização biofísica e radiométrica das pastagens cultivadas do bioma Cerrado, essencial ao monitoramento sistemático da qualidade destas pastagens. No que diz respeito à caracterização biofísica, destacamos o uso de uma técnica relativamente simples para obtenção de valores de % de cobertura verde. Esta técnica, baseada na classificação não supervisionada de fotografias digitais obtidas em campo, permite que rapidamente sejam levantados, para diferentes períodos do ano, valores de % verde, os quais, por sua vez, são facilmente correlacionados a outros parâmetros biofísicos e mesmo a dados orbitais.

Existe a expectativa de que estes dados, gerados e analisados no âmbito de um projeto maior de pesquisa que envolva vários componentes temáticos e equipe

multidisciplinar, permitam uma ocupação mais efetiva e ambientalmente sustentável das pastagens cultivadas no bioma Cerrado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDON, Myrian de Moura; OLIVEIRA, Marianne Silva; LUCIANO, Ana Cláudia dos Santos; SILVA, João dos Santos Vila da. *Identificação e mapeamento de pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS-2B (CCD e HRC)*. Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.343-352.

ASSAD, E.D.; MADEIRA NETO, J.S.; MOREIRA, L. *Uso de padrões radiométricos para separação de quatro gramíneas em condições de cerrado*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, V-26, n.10, p.1625-1933, 1991.

BONNET, B.R.P.; FERREIRA JR., L.G.; LOBO, F.C.. *Uso de dados srtm como suporte à implementação de um sistema de reserva legal extra-propriedade por bacia hidrográfica no Cerrado Brasileiro*. Revista Brasileira de Cartografia, v. 58, p. 129-137, 2006.

BRANCO, Renata Helena; NASCIMENTO, Jr. Domício. **DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS. DIMINUIÇÃO DA PRODUTIVIDADE COM O TEMPO. CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE**, junho de 2000.

CNPC - Conselho Nacional de Pecuária de Corte (National Beef Cattle Council). *Balanço de Pecuária Bovínea de Corte: 1994-2009*. Available for download: <http://www.cnpc.org.br>. 2009.

COSTA, Benedito Marques da. *Tipos de Pastagens, sob o Ponto de Vista Ecológico*, Prof. Doutor, Titular da Escola de Agronomia UFBA. E-mail. bmarques@ufba.br.

DAVIDSON, E.A.; ASNER, G.P.; STONE, T.A.; NEILL, C.; FIGUEIREDO, R.O. *Objective indicators of pasture degradation from spectral mixture analysis of Landsat imagery*. Journal of Geophysical Research (doi:10.1029/2007JG000622), 2008.

EITEN, G. *Vegetação do Cerrado*. Pp. 17-73. In: M. N. Pinto (org.). *Cerrado: Caracterização, Ocupação e Perspectivas*. Editora Universidade de Brasília, Brasília, p. 17-73, 1994.

ELMORE, A.J.; Asner, G.P. *Effects of grazing intensity on soil carbon stocks following deforestation of a Hawaiian dry tropical forest*. Global Change Biology, v.12, p.1761–1772, 2006.

EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisas de Solos. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª edição, Rio de Janeiro, 2006; *Cerrado: Ecologia e Flora*. Editores técnicos: Suely M. Sano, Semíramis P. Almeida e José F. Ribeiro, Embrapa Cerrados, - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, A.R. *Sensoriamento Remoto de três parâmetros biofísicos de trigo e de feijão*. Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB), 26(10):1615-1624. 1991.

EPIPHANIO, J.C.N.; GLERIANI, J.M.; FORMAGGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T. *Índices de vegetação na cultura do feijão*. Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB), 31(06): 445-454. 1996.

EPIPHANIO, J.C.N.; FORMAGGIO, Antonio R.; SANTOS, Athos R.; RUDORFF, Bernardo F.T.; ALMEIDA, Cláudia M. e GALVÃO, Lênio S. Sensoriamento Remoto: *Uma Perspectiva em Recursos Terrestres* (tradução da Segunda Edição p/ Equipe do INPE), Editora Parêntese, São José dos Campos, SP, Brasil, 2009.

FERREIRA, Jr., L.G.; ROCHA, J.C.S.; PONTES, M.N.C.; ARAÚJO, F.M. *Análise sazonal da qualidade e abrangência de imagens MODIS índice de vegetação para o bioma Cerrado*. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 14, 1347-1352. DVD, On line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.00.00>>. São José dos Campos: INPE, 2009.

FERREIRA, Manuel Eduardo, FERREIRA JR., Laerte Guimarães; HUETE, Alfredo R. e PECCININI, Alejandro Alvarado. *Análise Comparativa dos Produtos MODIS Ecologia Para o Monitoramento Biofísico Ambiental do Bioma Cerrado*. Revista Brasileira de Geofísica, 2007.

FRANCO, J. B. S.; ROSA, R. **METODOLOGIA DE COLETA DE DADOS RADIOMÉTRICOS EM PASTAGENS DO GÊNERO "BRACHIARIA" COM DIFERENTES ESTÁGIOS DE DEGRADAÇÃO**. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 de abril 2003, INPE, p. 2483 - 2491.

FRANCO, J. B. S.; ROSA, R. **ANÁLISE DA POSSIBILIDADE DE IDENTIFICAR PASTAGENS DEGRADAS UTILIZANDO DADOS RADIOMÉTRICOS DE CAMPO**. Sociedade & Natureza, Uberlândia, 16(31):37-55, dez.2004.

HUETE, A. R.; MIURA, T.; DIDAN, K.; RODRIGUES, E. P.; GAO, X.; FERREIRA JR., L. G. *Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices*. Remote Sensing of Environment, v. 83, n. 1-2, p. 195-213, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Geociências, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Censo Agropecuário, 2006.

GARCIA-OLIVA, F.; LANCHO, J.F.G.; MONTANO, N.M.; ISLAS, P. Soil carbon and nitrogen dynamics followed by a forest-to-pasture conversion in western Mexico. Agroforestry Systems, v.66, p.93–100, 2006.

MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. *Sistema Pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária*. In: Simpósio sobre Ecossistema de Pastagens, 2, 1993, Jaboticabal: FUNESP;UNESP, 1993, p.216-245.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no Ecossistema Cerrado: *pesquisa para o desenvolvimento sustentável*. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 22, 1995, Brasília-DF, Anais. Brasília: SBZ, 1995, p. 28-62.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A., MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. da e KENT, J.. *Biodiversity hotspots for conservation priorities*. Nature, v. 403: 853-858, 2000.

MMA - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - *Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado* – PPCerrado, 2009.

MIZIARA, F.; FERREIRA, N.C. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: *subsídios à política ambiental*. In: FERREIRA, L. G. Jr. (Org.). *A encruzilhada socioambiental - biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado*. 1 ed. Goiânia: Editora UFG, v. 1, p. 107-125, 2008.

MOURA, Audilene Almeida de. *Identificação de níveis de degradação de pastagens utilizando dados radiométricos e orbitais*. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2005.

MUELLER, C. C. e MARTHA JR, G. B. A agropecuária e o desenvolvimento sócio-econômico recente do Cerrado In: *Simpósio Nacional Cerrado*, 9.; *Simpósio Internacional Savanas Tropicais*, 2. Brasília: Embrapa Cerrados, 12 a 17 de outubro de 2008.

NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. *Degradação das pastagens e critérios para avaliação*. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P.(eds.). *Simpósio sobre Manejo de Pastagem*, 11, Piracicaba, 1994. Anais. Piracicaba: FEALQ, 1994. 325p.

NASCIMENTO C. Melchior; RIVA, Rogério D. D.; CHAGAS, César da S. OLIVEIRA, Henrique de; DIAS, Luiz E.; FILHO, Elpídio I. Fernandes e SOARES, Vicente P. *Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.10, n.1, p.196–202, 2006 Campina Grande, PB, DEAg/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>.

NOVO, Evelyn M.N.Moraes. Sensoriamento Remoto: *Princípios e Aplicações*, 3ª edição revista e ampliada, Ed. Blucher, São Paulo, SP, 2008.

OLIVEIRA, O.C.; OLIVEIRA, I.P.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.103, p.289-300, 2004.

PONZONI, J. F.; SHIMABUKURO, Y.E. *Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação*, Editora Parêntese, São José dos Campos, 2007.

PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira do Ministério do Meio Ambiente. Embrapa Cerrados/ Universidade Federal de Uberlândia (Departamento de Geografia)/ Universidade Federal de Goiás (Instituto de Estudos Sócio-Ambientais), 2007.

ROCHA G. F; FERREIRA JR, L. G.; FERREIRA, N.C.; FERREIRA, M.E.; ROCHA, J. C. S.. Mapeamento e Análise dos Desmatamentos no Bioma Cerrado Para o Período 2004-2005. IX Simpósio Nacional do Cerrado e II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, Centro de Convenções de Brasília – DF, 12 a 17 de outubro de 2008.

ROSA, R. e FRANCO, J. B. S. Metodologia de Coleta de Dados Radiométricos em Pastagens do Gênero “Brachiaria” com Diferentes Estágios de Degradação. Anais XI SBSR, Belo Horizonte, Brasil, 05 - 10 de abril 2003, INPE, p. 2483 – 2491.

ROSSATI, J. C. *Detecção da Doença “Mela-Das-Sementes da Braquiária” em Gramíneas Forrageiras Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UNESP, Presidente Prudente, São Paulo, 2006.

ROSENDO, J. S. *Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós Graduação em Geografia, 1980.

SANO, E. E. ; BEZERRA, H. S. ; BARCELOS, A. de O. e ROSA, R.. *Metodologia para Mapeamento de Pastagens Degradadas no Cerrado*. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Embrapa Cerrado, Planaltina – DF, 2002.

SANO, E.E.; BARCELOS, A.O.; BEZERRA, H.S. *Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no cerrado brasileiro*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999, 21p. (Embrapa Cerrados, Boletim de Pesquisa, 3).

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.S. e FERREIRA, L.. G. *Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil*. Environmental Monitoring End Assessment, volume 166, n.1-4, p. 113-124, DOI: 10.1007/s10661-009-0988-4, Julho de 2010.

SANTOS, A. M. Análise da Paisagem dos Lagos na Região de Luiz Alves (Médio Araguaia) Aplicada à Preservação do Pirarucu (*ARAPAIMA GIGAS*) a Partir de Métodos Indiretos – *Sensoriamento Remoto*. Dissertação de Mestrado: IESA/UFG, 2007.

SIC - SECRETARIA DE INDÚSTRIA E COMÉRCIO DO ESTADO DE GOIÁS – Superintendência de Geologia e Mineração, 2006 – <http://www.sieg.go.gov.br>.

SHIMABUKURO, Y. E.; CEBALLOS, J. C. (Org.) *O Sensor MODIS e suas Aplicações Ambientais no Brasil*. São José dos Campos: Ed. Parêntese, 2007.

SPAIN, J.M.; GUALDRON, R. *Degradacion y rehabilitacion de Pasturas*. In: Reunión Del Comité de La Riep. 6, Veracruz, México. Establecimiento e Renovacion de Pasturas: memórias, Cali: CIAT, 1988.

SRTM – SHUTTLE RADAR TOPOGRAPHY MISSION, National Geospatial-Intelligence Agency (NGA) e a National Aeronautics and Space Administration (NASA), 2000.

APÊNDICE 1 - CONJUNTO DE VARIÁVEIS OBTIDAS

Municípios	Lat	Long	Bta (g/0,25 m²)	BTa (t/ha)	BTf (g/0,25 m²)	BTf (t/ha)	Variacao_Bt	BVa (g/0,25 m²)	BVa (t/ha)	BVf (g/0,25m²)	BVf (t/ha)	Variacao_Bv	Altura_a (cm)	Altura_f (cm)
Goiânia	-16,52	-49,24	286,97	11,48	189,73	7,59	33,89	16,36	0,65	81,64	3,27	79,96	44,70	49,90
Petrolina de Goiás	-16,08	-49,32	86,33	3,45	108,80	4,35	-26,03	10,41	0,42	37,93	1,52	72,55	18,10	21,30
Jaraguá	-15,57	-49,42	66,11	2,64	40,74	1,63	38,38	14,02	0,56	26,96	1,08	48,00	5,80	8,00
Rianópolis	-15,46	-49,50	225,20	9,01	67,91	2,72	69,84	48,59	1,94	43,95	1,76	-10,56	13,80	14,40
Rialma	-15,36	-49,57	192,81	7,71	100,00	4,00	48,14	0,95	0,04	67,50	2,70	98,59	28,40	37,10
Rialma	-15,23	-49,55	224,91	9,00	206,05	8,24	8,38	15,15	0,61	112,39	4,50	86,52	20,50	22,70
Hidrolina	-15,23	-49,55	116,78	4,67	115,49	4,62	1,10	23,64	0,95	50,24	2,01	52,95	7,60	17,90
Uruaçu	-14,65	-49,19	134,67	5,39	192,20	7,69	-42,72	27,72	1,11	80,39	3,22	65,52	28,10	33,10
Campinorte	-14,26	-49,14	178,55	7,14	106,38	4,26	40,42	42,03	1,68	82,30	3,29	48,93	77,30	44,10
Campinorte	-14,11	-49,10	101,34	4,05	185,68	7,43	-83,23	15,40	0,62	80,57	3,22	80,88	105,70	110,50
Porangatu	-13,52	-49,12	245,23	9,81	151,03	6,04	38,42	77,68	3,11	77,17	3,09	-0,66	38,20	46,70
Porangatu	-13,37	-49,30	139,81	5,59	250,14	10,01	-78,91	29,36	1,17	113,12	4,52	74,04	50,60	61,60
Novo Planalto	-13,23	-49,54	185,02	7,40	118,33	4,73	36,04	51,27	2,05	52,50	2,10	2,34	40,30	52,60
São Miguel do Araguaia	-13,26	-50,10	182,16	7,29	264,94	10,60	-45,44	59,84	2,39	84,50	3,38	29,18	38,80	50,00
São Miguel do Araguaia	-13,34	-50,21	114,45	4,58	205,86	8,23	-79,88	36,62	1,46	61,41	2,46	40,36	68,30	62,40
São Miguel do Araguaia	-13,46	-50,30	258,29	10,33	121,67	4,87	52,90	17,49	0,70	65,00	2,60	73,09	43,00	50,90
Mundo Novo	-13,62	-50,32	211,80	8,47	248,92	9,96	-17,52	49,05	1,96	107,80	4,31	54,50	41,00	40,70
Mundo Novo	-13,76	-50,34	245,67	9,83	129,83	5,19	47,15	55,24	2,21	73,28	2,93	24,62	41,00	38,60
Mundo Novo	-13,85	-50,33	203,10	8,12	189,92	7,60	6,49	60,88	2,44	75,21	3,01	19,05	45,20	59,20
Nova Crixás	-14,14	-50,36	243,89	9,76	208,29	8,33	14,60	46,69	1,87	110,66	4,43	57,81	43,60	54,10
Nova Crixás	-14,23	-50,39	198,65	7,95	157,14	6,29	20,90	53,67	2,15	70,48	2,82	23,85	51,00	63,00
Nova Crixás	-14,34	-50,42	154,23	6,17	271,58	10,86	-76,09	31,01	1,24	76,36	3,05	59,39	52,60	74,20
Nova Crixás	-14,60	-50,51	233,96	9,36	211,08	8,44	9,78	24,09	0,96	75,90	3,04	68,26	68,70	80,20
Mozarlandia	-14,74	-50,54	168,19	6,73	182,55	7,30	-8,54	37,58	1,50	117,51	4,70	68,02	18,80	20,10
Mozarlandia	-14,90	-50,55	159,41	6,38	245,87	9,83	-54,24	50,84	2,03	141,17	5,65	63,99	94,50	98,10
Araguapaz	-15,17	-50,57	60,02	2,40	145,39	5,82	-142,23	7,87	0,31	84,19	3,37	90,65	7,90	13,90
Faina	-15,63	-50,23	57,59	2,30	238,76	9,55	-314,59	10,14	0,41	142,14	5,69	92,87	8,70	13,40
	-16,52	-50,57	57,59	2,30	40,74	1,63	-314,59	0,95	0,04	26,96	1,08	-10,56	5,80	8,00
	-13,23	-49,10	286,97	11,48	271,58	10,86	69,84	77,68	3,11	142,14	5,69	98,59	105,70	110,50
	-14,51	-49,88	173,15	6,93	172,38	6,90	-18,63	33,84	1,35	81,19	3,25	54,25	40,82	45,88
	0,93	0,54	64,61	2,58	62,11	2,48	79,21	19,87	0,79	28,64	1,15	29,59	25,76	25,91
	-0,06	-0,01	0,37	0,37	0,36	0,36	-4,25	0,59	0,59	0,35	0,35	0,55	0,63	0,56

APÊNDICE 2 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM, INFORMAÇÕES DE BIOMASSA TOTAL, BIOMASSA VERDE E ÍNDICE DE VERDE (%).

