

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETECÇÃO DE ÁREAS DE FISIONOMIAS
DE PASTAGEM UTILIZANDO NDVI**

**Andréa de Oliveira Passos
Tecnóloga em Gestão Ambiental**

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DETECÇÃO DE ÁREAS DE FISIONOMIAS
DE PASTAGEM UTILIZANDO NDVI**

Andréa de Oliveira Passos

Orientador: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Coorientador: Prof. Dr. Renato Farias do Valle Jr.

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Ciência do Solo.

2017

Passos, Andréa de Oliveira
P289d Detecção de Áreas de Fisionomias de Pastagem Utilizando NDVI
- SP / Andréa de Oliveira Passos. -- Jaboticabal, 2017
iv, 73 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017
Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Coorientador: Renato Farias do Valle Júnior
Banca examinadora: Jansle Viera Rocha; Sérgio Campos
Bibliografia

1. Degradação. 2. Erosão. 3. Formação Vale do Rio do Peixe. 4.
Formação Marília. 5. Solo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.4:528.8

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DETECÇÃO DE ÁREAS DE FISIONOMIAS DE PASTAGEM UTILIZANDO NDVI

AUTORA: ANDREA DE OLIVEIRA PASSOS

ORIENTADORA: TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA

COORIENTADOR: RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. JANSLE VIEIRA ROCHA (Participação por Videoconferência)
UNICAMP / Campinas, SP

Prof. Dr. SÉRGIO CAMPOS
Departamento de Engenharia Rural / UNESP - Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, SP

Jaboticabal, 15 de fevereiro de 2017.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ANDRÉA DE OLIVEIRA PASSOS - Filha de Ricardo Coimbra Passos e Saionara Saldanha de Oliveira. Nasceu em Brasília – DF em 12 de novembro de 1969. Graduiu-se em Tecnologia em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro (IFTM) – Câmpus Uberaba em 2009. Fez especialização em Gestão Ambiental – Diagnóstico e Adequação Ambiental no IFTM – Câmpus Uberaba em 2012. Durante a graduação, atuou como bolsista em projetos de iniciação científica e de extensão, em estudos relacionados ao sensoriamento remoto, uso e ocupação do solo, qualidade de água e determinação do potencial de uso do solo em bacias hidrográficas. Foi bolsista CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - 2015/2016.

*“Os sonhos determinam o que você quer. A ação determina o que você conquista”
(anônimo)*

AGRADECIMENTOS

Aos meus filhos André Luiz e Leonardo Gabriel por sempre acreditarem que sou capaz e me apoiarem nas minhas decisões.

Ao amigo e companheiro André Badin e sua família pelo apoio e por fazerem parte da minha jornada.

Às minhas avós pelo apoio, sem o qual nada disso seria possível.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Câmpus de Jaboticabal, pelo apoio e infraestrutura necessária para a realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES pelo auxílio concedido.

Ao Prof. Dr. Renato do Valle Júnior pela amizade e coorientação neste projeto.

À Profa. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pela amizade, orientação e por acreditar no desenvolvimento deste trabalho, estando sempre à disposição e contribuindo com a sua experiência e ensinamento.

A todos os professores pelo aprendizado e pela troca de conhecimento ao longo desta etapa.

À Banca Examinadora pelas contribuições.

Aos companheiros de estrada e do dia-a-dia. Neste período estivemos juntos e dividimos boa parte dos ensinamentos junto às disciplinas cursadas.

Aos amigos e colegas que ao longo desta passagem contribuíram com muitas gargalhadas e companheirismo no Laboratório de Geomática: Renata, Rafael, Gabriela e Izilda. Espero que continuemos assim, com uma amizade sincera e duradoura.

À todos que de forma direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho e de minha formação pessoal e profissional. Um muitíssimo obrigado.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Importância da pecuária bovina na economia.....	14
2.2 Sistemas de produção de carne bovina – Pastagem.....	15
2.3 Pastagem.....	16
2.4 Atributos físicos do solo	22
2.5 Sensoriamento Remoto	23
2.5.1 Sensor Modis.....	26
2.5.2 NDVI	30
3 OBJETIVOS	33
3.1 Objetivo geral.....	33
3.2 objetivos específicos	33
3.3 Hipótese.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1 Caracterização da área de estudo	34
4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO	37
4.2.1 Amostragem	37
4.2.2 Métodos de Análise física de Solo	38
4.3 Processamento Digital	41
4.3.1 Mapeamento dos polígonos identificadores de áreas de pastagem	41
4.3.2 Importação das imagens orbitais	41
4.3.3 Sensor MODIS - NDVI.....	41
4.3.4. Coleta dos valores de pixel por imagem e análise da correlação dos dados amostrais	42
4.3.5. Forma de análise dos resultados.....	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
5.1 Atributos físicos do solo	43

5.2 Atributos físicos do solo por formação	49
5.3 Resultados do NDVI para a Fisionomia	52
5.4 Análise temporal do NDVI	57
6 CONCLUSÃO.....	63
7 REFERÊNCIAS.....	64

DETECÇÃO DE ÁREAS DE FISIONOMIAS DE PASTAGEM UTILIZANDO NDVI

RESUMO - A degradação em áreas de pastagem é um dos fatores mais limitantes para a produção agropecuária e causa o empobrecimento e a compactação do solo, propiciando processos erosivos intensos. O objetivo deste trabalho foi utilizar o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) para identificar o estado de degradação na fisionomia de pastagens (saudável-PS; invasora-PI; cupim-PC) na Formação Vale do Rio do Peixe (vrp) e na Formação Marília (Ma). A obtenção dos índices de vegetação por diferença normalizada (NDVI) foi a partir de imagens orbitais do produto MOD13Q1 do sensor MODIS, a bordo do satélite TERRA/AQUA para um período de 3 anos, totalizando 69 imagens. Em cada fisionomia, amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0-10cm e os atributos físicos densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade e umidade atual foram determinados. Os dados foram analisados estatisticamente e a análise espacial das variáveis foi realizada no sistema de informação geográfica (SIG) com técnicas de geoprocessamento. Os valores de NDVI apresentaram diferenças estatísticas para $P < 0,001$ para os dados médios, mínimos e máximos na separação das fisionomias de pastagens nas formações geológicas. Equações da estimativa dos valores de NDVI ao longo do ano foram geradas para fins de diagnóstico das fisionomias.

Palavras-Chave: Degradação; Erosão; Formação Vale do Rio do Peixe; Formação Marília; Solo.

DETECTION OF PASTURE PHYSIOGNOMY AREAS USING NDVI

ABSTRACT - Degradation in pasture areas is one of the most limiting factors for agricultural production and causes soil impoverishment and compaction, leading to intense erosive processes. The objective of this work was to use the normalized difference vegetation index (NDVI) to identify the state of degradation in physiognomy grasslands - pasture (healthy-PS; invasive-PI; termite-PC) at the geologic formations: Vale do Rio do Peixe Formation (vrp) and Marília Formation (Ma). The normalized difference vegetation indices (NDVI) were obtained from orbital images of the MOD13Q1 product of the MODIS sensor, aboard in the TERRA / AQUA satellite for a period of 3 years, totaling 69 images. In each physiognomy, soil samples were collected at 0-10 cm depth and the physical attributes density, total porosity, macroporosity, microporosity and soil moisture were determined. The data were analyzed statistically and the spatial analysis of the variables was performed in the geographic information system (GIS) with geoprocessing techniques. The NDVI values presented statistical differences for $P < 0.001$ for the mean, minimum and maximum data on the separation of pasture physiognomies in the geological formations studied. Equations for the estimation of NDVI values throughout the year were generated for the purpose of physiognomy diagnosis.

Keywords: Degradation; Erosion; Vale do Rio do Peixe Formation; Marília Formation; Soil.

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o processo de substituição de pastagens nativas por pastagens cultivadas a partir de 1970 foi de grande importância e possibilitou o crescimento do rebanho e, principalmente, da produção de carne e leite. Este processo ocorreu devido ao baixo valor das terras, às ofertas de crédito, ao surgimento de espécies forrageiras com alta capacidade de adaptação ao clima e à baixa fertilidade do solo (MOREIRA; ASSAD, 2000; PERON e EVANGELISTA, 2004).

Uma extensa área de pastagem, quase em monocultivo, em solos de baixa fertilidade e com manejo inadequado, apresenta grande risco para a pecuária nacional tendo em vista o acelerado processo de degradação (ZIMMER et al., 2012). Levando-se em conta, apenas a fase de engorda de bovinos, a produtividade de carne de uma pastagem degradada gira em torno de 3 arrobas $ha^{-1} ano^{-1}$, enquanto que, numa pastagem sadia pode-se obter, em média, 16 arrobas $ha^{-1} ano^{-1}$ (KICHEL; COSTA; ALMEIDA, 2012; ANDRADE et al., 2013).

A recuperação de pastagens degradadas é uma das alternativas tecnológicas que compõem os compromissos voluntários assumidos na Política Nacional sobre Mudanças do Clima (Lei no 12.187/09) e regulamentados pelo Decreto n° 7390/10. Para Dias-filho (2015), o aumento da eficiência produtiva com a reutilização de áreas de pastagem degradadas que se encontram abandonadas ou subutilizadas deve ser a base da modernização dos sistemas de produção no País, tornando possível o aumento de produção sem a expansão das áreas diminuindo o desmatamento (ANDRADE, 2015).

O grande desafio tem sido aliar a alta tecnologia de produção de carne bovina e a formação de pastagens sadias que apresentem a sustentabilidade econômica e ambiental. Considerando-se que a maioria da produção animal no Brasil é realizada a pasto, pondera-se que a degradação das pastagens é um dos problemas da pecuária brasileira, refletindo diretamente na sustentabilidade do sistema produtivo.

Com o uso de técnicas de sensoriamento remoto pode-se obter imagens orbitais da superfície das pastagens e discriminar as fisionomias e os respectivos

níveis de degradação. Estas imagens contêm valores dos índices de vegetação, dentre eles o índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) que é sensível às características biofísicas da vegetação, e que possibilita à análise do comportamento espectral do alvo.

De acordo com Dias-Filho (2015), a classificação do estágio de degradação é importante, tanto para saber o potencial produtivo da propriedade rural e planejamento de estratégias de manejo e recuperação, quanto para a criação de políticas públicas de melhoria do processo de uso da terra, além da criação ou fortalecimento de linhas de crédito para a recuperação de pastagens.

Na caracterização das áreas de pastagem por fisionomias pode ser definida a classe de degradação das pastagens e aliado às análises dos atributos físicos do solo, pode-se indicar técnicas e práticas de manejo conservacionistas.

O sistema solo-planta-água-atmosfera é complexo e a qualidade do solo pode ser mensurada por atributos físicos que possibilitam a avaliação das mudanças no estado de qualidade desses solos a médios e longo prazo, e os quais podem ser correlacionados ao NDVI. Estes índices são obtidos a partir da razão entre a subtração e a soma das refletâncias das bandas da região do infravermelho próximo e vermelho do espectro eletromagnético e são sensíveis à clorofila possibilitando compreender o desenvolvimento das gramíneas por monitoramento, o que possibilita a construção de perfis sazonais e temporais do comportamento espectral da vegetação e das áreas degradadas.

Neste contexto, o principal objetivo deste trabalho foi identificar as áreas de fisionomias de pastagem a partir de séries temporais de imagens do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) do sensor MODIS a bordo do satélite AQUA / TERRA e correlacionar os valores dos atributos físicos de um Argissolo, com o intuito de gerar informações sobre a degradação de pastagens.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da pecuária bovina na economia

De acordo com o Anuário da Pecuária Brasileira (ANUALPEC, 2015), o Brasil possui o maior rebanho comercial do mundo, é o maior exportador de carne bovina e o segundo maior produtor, ocupando posição de destaque na produção de bovinos. Em 2015, o sistema agroindustrial da pecuária representou 6,82% do PIB brasileiro e gera 18% das exportações do agronegócio nacional, sendo uma das atividades mais importantes do agronegócio nacional (Cepea, 2016).

Aproximadamente 90% da carne produzida no país é oriunda de rebanhos mantidos exclusivamente em pastos (PEDREIRA, SILVA e ALONSO, 2015; DE OLIVEIRA SILVA et al., 2016), o que possibilita o baixo custo de produção, algo em torno de 60% e 50% dos custos da Austrália e Estados Unidos, respectivamente, (FERRAZ e FELÍCIO, 2010), colocando o país como um dos maiores fornecedores mundiais de carne bovina.

Com o uso das pastagens para a produção do sistema da carne bovina, a função da planta forrageira é de extrema importância e reflete no aspecto econômico e na sustentabilidade do sistema.

Para Da Silva et al. (2008), as pastagens são a fonte mais econômica e prática de alimentação de ruminantes e deve ser conduzida para prover aos animais suprimento diário de forragem de boa qualidade e para atender as exigências nutricionais, maximizando a produção animal sem afetar a persistência das plantas forrageiras na exploração agropecuária (FERREIRA e MOURA ZANINE, 2007). Assim, para a melhoria da economia da pecuária bovina e melhor eficiência do sistema de exploração, é primordial o conhecimento do manejo do gado no sistema de produção de carne, considerando o suporte de lotação e a determinação das diferentes fisionomias de pastagens (MOTTA et al., 2015).

2.2 Sistemas de produção de carne bovina – Pastagem

A dimensão continental do país, a variedade de ecossistemas e a diversidade socioeconômica propiciam uma série de sistemas de produção de carne bovina, que se caracterizam por um conjunto de tecnologias e práticas de manejo, bem como o tipo de animal, o propósito da criação, a raça ou grupamento genético e a ecorregião onde a atividade é desenvolvida.

Os principais sistemas de produção são classificados por sistema extensivo; semi-extensivo e intensivo. Cezar et al., (2005) propuseram a classificação dos sistemas de produção conforme os “regimes alimentares” dos rebanhos predominantes do país. A produção nacional se caracteriza pelo *sistema extensivo* (DE CARVALHO e DE ZEN, 2017), que consiste na criação a pasto, geralmente sem grandes investimentos e com a ocupação de grandes áreas em pastagens nativas e cultivadas como únicas fontes de alimentos energéticos e proteicos (CEZAR et al., 2005).

O sistema *semi-intensivo* tem como base alimentar as pastagens nativas e cultivadas e os suplementos minerais, além de suplementos proteico-energéticos. Tem como objetivo uma pecuária de ciclo mais curto e conforme a meta de produção existe a suplementação durante fases do crescimento. O sistema Creep feeding – consiste em suplementar o bezerro a partir de até 60 dias, utilizando instalação construída dentro do próprio pasto, impedindo acesso das vacas ao suplemento. O sistema de Sal proteico – Tem como função reduzir as perdas de peso, assegurar a manutenção ou permitir leves ganhos de peso. Seu uso não visa atender as demandas proteicas do bovino em pastejo, mas a deficiência de nitrogênio para as bactérias ruminais. E o sistema concentrado tem a função de garantir o ganho de peso independente da época do ano. A quantidade fornecida é definida em função do ganho de peso desejado e da qualidade da pastagem.

E, os sistemas *intensivos* diferenciam-se basicamente por inserir a prática de confinamento ou semi-confinamento na terminação de machos. São desenvolvidas as atividades de cria, recria e engorda, cada uma delas como uma atividade isolada e associada com o uso mais intensivo de pastagens cultivadas. Nos últimos anos houve a introdução de novas tecnologias neste sistema de produção de carne

bovina visando o aumento da produtividade, impulsionando os sistemas intensivos de produção brasileiros (DE CARVALHO e DE ZEN, 2017).

2.3 Pastagem

A exploração pecuária depende de pastagens em condições sadias e econômicas para a manutenção, crescimento ou produção de animais. Na definição de Moraes (1995), entende-se por pastagem o trato de terra coberto por vegetação nativa ou cultivada artificialmente e naturalizado por gramíneas, destinado para o pastejo do gado.

A pastagem natural é uma pastagem onde a vegetação original ou a vegetação clímax é composta por espécies herbáceas e arbustos em ecossistemas naturais. Podemos citar os campos do Rio Grande do Sul e os pampas da Argentina (COSTA, s.d.).

A vegetação nativa espontânea de algum valor forrageiro que surge após a destruição parcial ou total da vegetação original como savana, campo cerrado, agreste, caatinga é designada como pastagem nativa. Também pode surgir em áreas de cultura abandonada ou terras de pastagens artificiais ou cultivadas abandonadas (COSTA, s.d.). As pastagens nativas são encontradas em diferentes ecossistemas das regiões Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sul e tem alto valor econômico para a produção de carne bovina no Brasil (CEZAR et al., 2005).

Pastagens estabelecidas com espécies exóticas ou nativas onde a vegetação original composta de floresta, campo cerrado, caatinga, agreste, savana ou campo natural de espécies herbáceas foi excluída, são chamadas de pastagens artificiais ou cultivadas. As pastagens artificiais são classificadas em permanentes quando estabelecidas com espécies exóticas ou nativas perenes, e temporárias que geralmente são estabelecidas com espécies anuais (COSTA,s.d.).

As pastagens cultivadas oferecem maior rendimento e melhor qualidade, porque são originárias de sementes selecionadas, tratando-se naturalmente de espécies adaptadas e indicadas para cada região. Seu valor nutritivo é bastante superior às pastagens nativas e presta-se para um melhor equilíbrio nas mesclas de gramíneas e leguminosas forrageiras (MACEDO, KICHEL e ZIMMER, 2000). Nas

regiões tropicais, apresentam capacidade de suporte que varia de 0,5 a 2,5 UA/ha decorrente das técnicas adotadas no estabelecimento, manutenção e manejo (CEZAR et al., 2005).

A pastagem ecológica é uma estratégica revisitada por autores no sentido de aumentar a sustentabilidade de longo prazo de determinadas áreas diminuindo ao mesmo tempo o impacto ecológico e proporcionado bem-estar aos animais (SALMAN, 2007), a exemplo do Sistema Racional de Pastoreio de Voisin.

O método Voisin consiste nas leis universais do pastoreio racional postuladas por André Voisin baseadas em leis da natureza com aplicação universal, ou seja, que se aplicam para diferentes condições de área, clima e solo (SALMAN, 2007). Dentre seus requisitos estão a busca por diversidade de forrageiras, a arborização adequada das pastagens e a exclusão do uso de adubações químicas, herbicidas, roçadas sistemáticas e o fogo (SALMAN, 2007).

A baixa produtividade é modelada pela degradação da pastagem (CEZAR et al., 2005). Uma pastagem degradada não produz o suficiente com base na necessidade de consumo diário de animais em produção. A degradação de pastagens tem contribuído para que a pecuária de corte apresente índices zootécnicos muito baixos há décadas (CORSI et al., 1996).

Estabelecer critérios de degradação de pastagens pode estar relacionada aos aspectos relativos à região ou ao nível tecnológico da propriedade rural (DIAS-FILHO, 2006). Porém, alguns estágios de degradação são peculiares e podem ser prontamente identificados como o distúrbio fisiológico da espécie dominante, a mudança na composição botânica e a invasão de novas espécies, reduzindo a qualidade e a quantidade da pastagem que podem levar ao desaparecimento da espécie dominante e invasoras, comprometendo as condições de estabilidade do solo ou grau de erosão (NASCIMENTO JUNIOR, QUEIROZ e SANTOS 1994; NASCIMENTO et al., 2006).

De acordo com Nascimento Junior, Queiroz e Santos (1994), a Escola Americana de Manejo de Pastagens Naturais utiliza dois conceitos clássicos para o estudo e manejo de pastagens naturais. O primeiro conceito, sítio ecológico é definido como uma sequência que difere da área adjunta pela sua produção e proporção de espécies presentes. É nele que se pode correlacionar tratamento e

respostas com dados de pesquisa e retrata uma visão no curto prazo da situação da pastagem e não esta relacionada ao potencial de produção da área. O segundo conceito é o estado de saúde da pastagem. Este sim, ao longo prazo, é uma amostra da quantidade de forragem presente relacionada com a espécie e o total que a área pode produzir sob condições de bom manejo. Desse modo, quatro classes de condição de pastagem e de forragem produzida em cada situação podem estar:

- Excelente: quando produz de 75-100% de toda a forragem, sob um manejo prático;
- Boa: quando produz de 50-75%;
- Razoável: quando produz de 25-50%;
- Pobre: quando produz menos que 25% de toda forragem.

Esse critério pode ser usado também exclusivamente, em relação à composição botânica, em que se avalia o clímax (Figura 1)

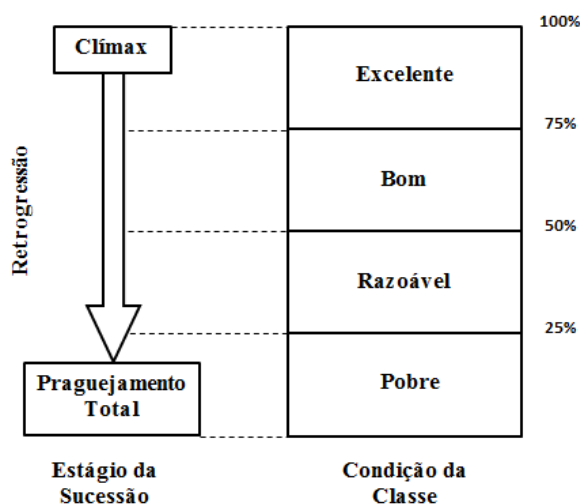


Figura 1. Critério de avaliação de pastagem, em relação à composição botânica, em que se avalia o clímax. Fonte: STTODART, SMITH e BOX (1975) Modificado por NASCIMENTO JUNIOR, QUEIROZ e SANTOS (1994).

Humphreys (1962), citado por Nascimento Junior, Queiroz e Santos (1994), apresenta ainda outras abordagens para conceituar a condição de campo designado dentre elas ao potencial do sítio, ao clímax, e as duas fases.

O potencial do sítio se baseia na quantidade média de forragem que pode produzir sob a condição de manejo prático e sob a quantidade presente que pode

ser expressa como fração daquele máximo. O clímax fundamenta-se no conceito de que a condição da pastagem melhora à medida que se aproxima do clímax, necessitando saber qual o momento que se atinge o ápice para comparação.

Na primeira fase, a vegetação é avaliada e considera-se a qualidade e a quantidade da forragem, o vigor das plantas e a reprodução das plantas desejáveis. Na segunda fase, é avaliado a proteção do solo por vegetação, a vulnerabilidade do solo à erosão, o processo de enxurrada superficial em decorrência da condição do solo, a estabilidade do solo e o estado de erosão presente.

Barcelos (1986), apud Spain e Gualdrón (1988) apresentou quatro graus de degradação que variam entre 1 a 4. No grau 1 ocorre a redução de forragem, na qualidade, altura e volume durante a época de crescimento. No grau 2, há a diminuição na área coberta pela vegetação com pequeno número de plantas novas. No grau 3, ocorre a presença de invasoras de folhas largas e o início de processo erosivo pela ação das chuvas. E, no maior estado de degradação - grau 4 - apresenta, em alta proporção, as espécies invasoras, o aparecimento de gramíneas nativas e os processos erosivos acelerados (Tabela 1)

Tabela 1. Fases de degradação de pastagens segundo os parâmetros limitantes e seu nível de degradação.

Fases da Degradação	Parâmetros limitantes	Deterioração
1	Vigor e qualidade	Leve
2	Fase 1 + baixa população	Moderado
3	Fase 1 + 2 + e invasoras	Forte
4	Fase 1+ 2 + 3 + formigas e cupins	Muito forte
5	Fase 1+ 2 + 3 + 4 e baixa cobertura do solo	Muito forte

Fonte: Adaptado de SPAIN e GUALDRÓN (1988).

Uma pastagem degradada está em um processo evolutivo da perda do vigor e de produtividade e o sistema não se recupera naturalmente para sustentar os níveis de produção e qualidade exigida pelos animais, bem 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 (MACEDO e ZIMMER, 1993; MACEDO, 1995; ZIMMER ET AL., 2012). A Figura 2 ilustra esse conceito.

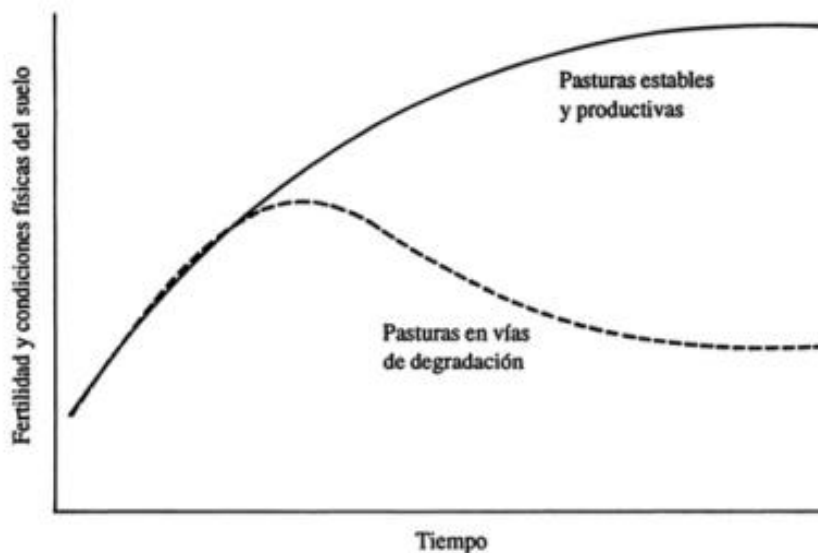


Figura 2. Efeito de uma pastagem estável e outra instável na condição física e fertilidade do solo. Fonte: SPAIN e GUALDRON (1988).

Uma pastagem é considerada degradada ou em degradação dentro de uma amplitude de condições biológicas situadas entre dois extremos (DIAS-FILHO, 2006). Em uma ponta, a degradação se caracterizaria pela mudança na composição botânica da pastagem, denominada de degradação agrícola, com o aumento de invasoras e diminuição na proporção de capim ou forrageiras. Neste caso, não há necessariamente, deterioração das propriedades físico-químicas do solo, que de acordo com o autor, é devido ao aumento da cobertura arbóreo-arbustiva da invasora. No outro extremo ocorre a intensa diminuição da vegetação da área pela degradação biológica, provocada por razões de natureza química (perda dos nutrientes e acidificação), física (erosão e compactação) ou biológica (perda de matéria orgânica). Estes processos fazem com que o solo perca a capacidade de sustentar a produção vegetal significativa (Figura 3).

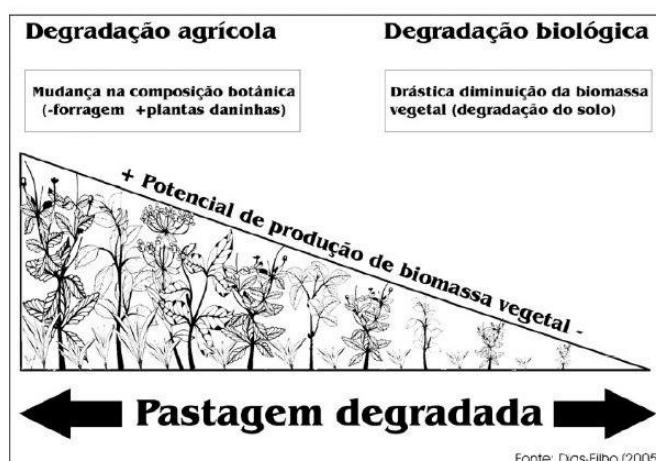


Figura 3. Representação simplificada do conceito de degradação de pastagens. Fonte: DIAS-FILHO (2006).

Moreira e Assad (2000) desenvolveram um trabalho de segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas e utilizaram o parâmetro de cobertura vegetal para representar um dos elementos de discriminação da fase de degradação das pastagens. A cobertura do solo, associada à outros componentes bióticos como revegetação por espécies nativas e exóticas e termiteiros, constitui um indicador do processo de perda da capacidade produtiva das pastagens (SPAIN e GUALDRÓN, 1988; BARCELLOS et al., 1997; MOREIRA; ASSAD, 2000, NASCIMENTO et al., 2006) e estão apresentadas na Tabela 1 e na Figura 4.

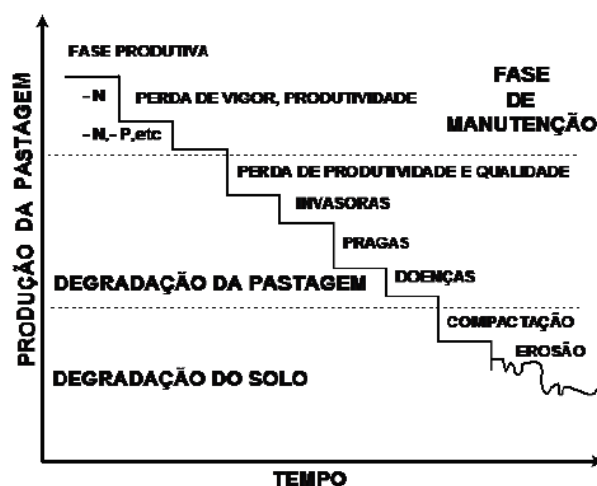


Figura 4. Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens cultivadas em suas diferentes etapas no tempo. Fonte: MACEDO (2001).

São vários os fatores que podem levar à degradação das pastagens, dentre estes destacam-se: a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem. A falha em alguns desses fatores pode acelerar o processo de degradação (PERON e EVANGELISTA 2004; KICHEL; MIRANDA; ZIMMER, 1999), (Figura 5).

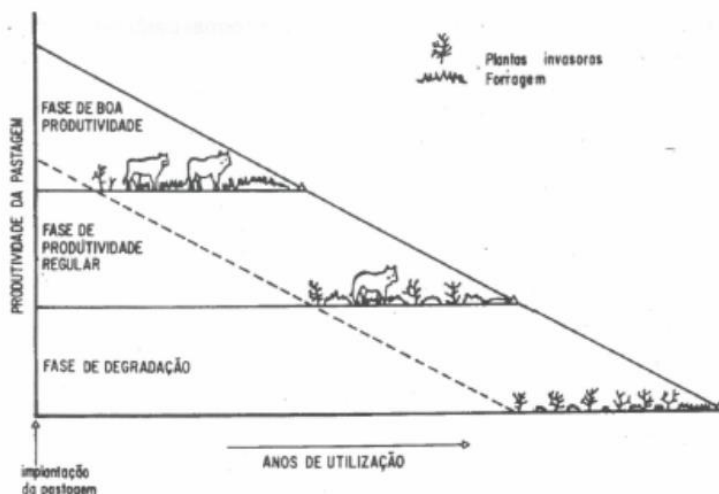


Figura 5. Esquema das perdas de produtividade de pastagens estabelecidas em área de Floresta Amazônica, após a derrubada e queima. Fonte: TOLEDO e SERRÃO (1984) (Modificado).

2.4 Atributos físicos do solo

Nos solos, a análise dos atributos físicos demonstra o nível de degradação. Considerando que suas características podem ser modificadas pela técnica de manejo utilizada, este fato interfere diretamente no potencial produtivo da cobertura vegetal (SILVA et al., 2009). Assim, a avaliação criteriosa dos atributos do solo pode contribuir para a sustentabilidade do sistema e aprimorar o sistema de gestão do sistema de produção (CARNEIRO et al., 2009; SPERA et al, 2004).

A compactação ocorre devido às tensões recebidas em uma área durante algum tempo através da mecanização ou pelo pisoteio animal (REICHERT, REINERT e BRAIDA, 2003). Com a compactação há um aumento da densidade e da resistência do solo, ocorre a redução da porosidade, principalmente macroporosidade ou porosidade de aeração. A densidade do solo (D_s) tem sido um

dos atributos mais utilizados para a avaliação do estado estrutural do solo (SPERA et al., 2004; McGARRY, BRIDGE e RADFORD, 2000). A D_s expressa a relação entre a quantidade de massa de solo seco por unidade de volume do solo, incluindo o volume de sólidos e o de poros do solo e é indicador de compactação do solo.

A densidade e a porosidades não recebem maior impacto com a modificação da estrutura do solo, entretanto, têm sido largamente usadas para análise da estrutura física do solo pela facilidade de determinação e por receberem pequena influência do teor de água no momento da coleta de amostra de solo (REICHERT; REINERT; BRAIDA, 2003).

A microporosidade, mais presente em solos argilosos, é uma classe de tamanho dos poros que é capaz de reter a água contra a gravidade. Enquanto que, a macroporosidade, predominante em solos arenosos, não tem a mesma capacidade, e pode ser prejudicada pelo manejo tendo efeitos negativos para a aeração do solo com sua redução (SPERA et al., 2004; ALBUQUERQUE, SANGOI, ENDER, 2001). A movimentação das partículas do solo pode aumentar o volume dos macroporos, tendo como consequência a diminuição da densidade (CAVENAGE et al, 1999).

2.5 Sensoriamento Remoto

O Sensoriamento Remoto (SR) é a tecnologia que permite obter informações sobre objetos ou fenômenos, com a utilização de sensores passivos ou ativos sem que haja contato físico entre eles (NOVO, 2008), tendo como princípio básico a transferência de dados do objeto para o sensor através da medida da radiação eletromagnética (REM).

Pelo princípio da conservação da energia, quando a REM incide sobre a superfície de um material, parte dela será refletida por esta superfície, parte será absorvida e parte pode ser transmitida, caso a matéria possua alguma transparência. A soma desses três componentes (Reflectância, Absorbância e Transparência) é sempre igual, em intensidade, à energia incidente (NOVO, 2008).

Os sensores remotos medem as intensidades do espectro eletromagnético e, com essas medidas pode-se obter imagens nas regiões do visível (azul, verde e

vermelho) e no intervalo do infravermelho. A intensidade de cada intervalo de radiação eletromagnética refletida é determinada pelo comprimento de onda e sua frequência.

As imagens coletadas por sensores remotos possuem algumas características que as diferenciam de outras imagens digitais e que são necessárias para entender os fundamentos do processamento digital. São elas: a estrutura e a resolução (NOVO, 2008).

A estrutura das imagens de sensoriamento remoto é constituída por um arranjo de elementos sob a forma de matriz, de dimensões “x” linhas por “y” colunas, com cada elemento possuindo um atributo z (nível de cinza). O nome dado a cada célula da matriz é pixel, derivado do inglês “picture element”. O nível de cinza de um pixel, (ou DN, de “digital number”) corresponde sempre a media da intensidade da energia refletida ou emitida pelos diferentes materiais presentes nesse pixel (MENESES e ALMEIDA, 2012), (Figura 6).

A resolução é a limitação operacional de um sistema de SR para produzir uma imagem nítida e bem definida. Existem quatro resoluções que permitem diferenciar os produtos ou imagens geradas pelos diferentes sensores a bordo de satélites. Cada sistema sensor tem uma capacidade de definição do tamanho do pixel, que corresponde a menor parcela imageada.

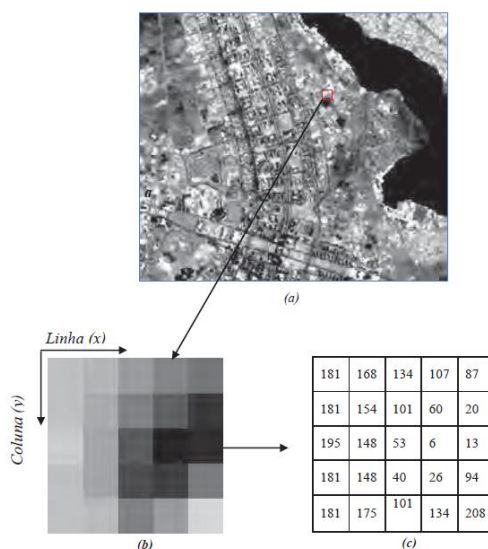


Figura 6 – Pixel e a resolução na imagem digital. Fonte: MENESES e ALMEIDA, 2012.

A resolução espacial é a mínima distância ente dois objetos que um sensor pode distinguir no terreno e é expressa em metros (resolução terrestre), ou em radianos (resolução do sensor). Quando um sistema possui uma resolução de 30 metros, significa que objetos distanciados entre si menos que 30 metros não serão, em geral, discriminados pelo sistema. Assim, quanto menor a dimensão do pixel, maior é a resolução espacial da imagem, ou seja, maior o seu poder de distinguir entre objetos muito próximos (NOVO, 2008).

A resolução espectral se refere ao número ou largura das bandas espectrais que o sensor pode discriminar. Quanto mais estreita for a largura de faixa ou banda em que opera um determinado sensor ou quanto maior o número de bandas nele existente, maior é a resolução espectral (CHUVIECO e SALAS, 1996).

A resolução temporal é o intervalo de tempo que o satélite analisa uma mesma área do terreno para obter duas imagens consecutivas da mesma região sobre a terra. A periodicidade com que o sistema sensor adquire imagens da mesma porção da superfície terrestre varia de acordo com as características orbitais do satélite como altura, velocidade e inclinação e o ângulo total de abertura do sensor. Enquanto satélites meteorológicos demandam informações em curtos períodos de tempo, os satélites de recursos naturais oferecem maior periodicidade, pois não estão coletando informações de fenômenos tão dinâmicos.

A resolução radiométrica mede a sensibilidade do sistema em detectar níveis de intensidade de radiação, ou seja, trata-se da capacidade de um determinado sensor em distinguir entre os níveis distintos de intensidade do sinal de retorno. Assim, quanto maior a resolução radiométrica maior será a quantidade de níveis de brilho que o sensor poderá distinguir (Figura 7).

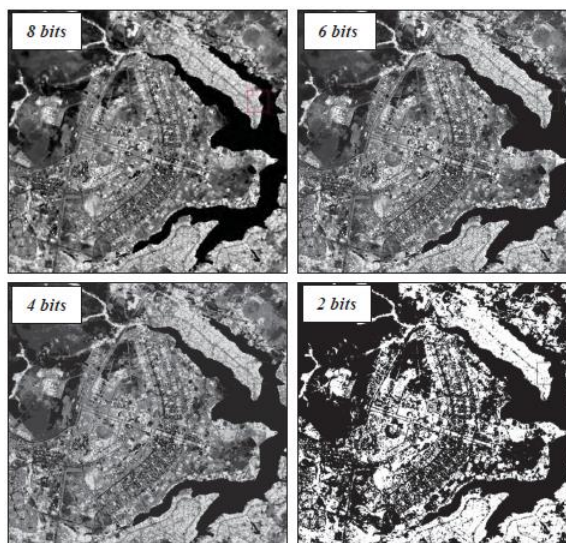


Figura 7. Diferentes níveis de resolução radiométrica.
Fonte. MENESES e ALMEIDA, 2012

O sensoriamento remoto e as técnicas de geoprocessamento permitem a elaboração dos índices de vegetação que operam com os níveis de reflectância dentro dos comprimentos de ondas eletromagnéticas das faixas espectrais, permitindo distinguir a vegetação através de seu registro fotossintético por meio de técnicas aplicadas aos níveis orbitais, utilizando sensores multiespectrais e hiperespectrais (DE SANTANA e GALVÍNCIO, 2013).

2.5.1 Sensor Modis

Com o objetivo de determinar as mudanças na Terra e suas consequências, o comitê espacial norte americano mantém um programa de observação das superfícies terrestre, oceanos e atmosfera, incluídos nas medições do projeto *Earth Observing System* (EOS) financiado pelo programa da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), chamado *Earth Science Enterprises* (ESE). Dentre os vários satélites lançados pelo projeto, estão os satélites TERRA (EOS-AM1) e AQUA (EOS-PM1). Estes satélites carregam cinco sensores: MISR, ASTER, CERES, MOPITT, e o principal é o sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), que contém 36 bandas espectrais e uma resolução radiométrica de 12 bits (Figura 8).

Órbita	705 Km, síncrona com o Sol, polar; 10:30 a.m descendente; 1:30 p.m ascendente.
Alcance Espectral	0.4-14.4 μm
Cobertura Espectral	$\pm 55^\circ$, 2330 km em fileira ("scans" contínuos em nadir no equador)
Resolução Espacial	250 m (2 bandas), 500 m (5 bandas), 1000 m (29 bandas) em nadir
Precisão Radiométrica	5% Absoluto, $<3 \mu\text{m}$; 1% Absoluto, $>3 \mu\text{m}$; 2% de reflectância
Cobertura de repetição	Diária, a norte da latitude 30° e a cada dois dias, para latitudes inferiores a 30°
Quantização	12 bits
Taxa de Dados	6.2 Mbps (média), 10.8 Mbps (dia), 2.5 Mbps (noite)
Força	162.5 W (média para uma órbita), 168.5 W (pico)

Figura 8. Especificações técnicas do sensor MODIS. Fonte: ANDERSON et al., 2003.

A órbita do satélite TERRA ao redor do planeta é cronometrada de modo que ela passe de norte a sul na linha do equador pela manhã, enquanto o satélite AQUA passa de sul a norte sobre o equador à tarde. TERRA MODIS e AQUA MODIS estão em órbita de observação da superfície da Terra a cada 1 a 2 dias (MIURA et al., 2008), adquirindo dados em 36 faixas espectrais, ou grupos de comprimentos de onda.

Projetado para aprimorar os estudos sobre a atmosfera, oceano e terra em cobertura global quase diária por meio de bandas de resolução espectral e espacial designadas para diferentes necessidades, o sensor MODIS foi a primeira ferramenta dos satélites EOS na condução das pesquisas de mudanças globais e apresenta inúmeras características tais como uma ampla cobertura espacial e espectral, complementando informações de outros satélites (BARKER et al, 1992).

As 36 bandas espectrais são localizadas em função do comprimento de onda para a observação de feições específicas para evitar as bandas de absorção atmosférica durante a observação e monitoramento da superfície. Strahler et al. (1999), ressalta que o sensor MODIS possui uma alta sensibilidade radiométrica fornecendo uma resposta ótima para cada banda, singulares para as necessidades da comunidade científica, como pode ser visto na Tabela 2. As bandas do sensor MODIS para o estudo da superfície terrestre (*land bands*) possuem resolução espacial de 250 m (para os canais do vermelho e infravermelho próximo) e 500 m (para a banda do azul) que são os valores nominais para pixels ao nadir.

Tabela 2. Bandas Espectrais do Sensor MODIS.

	Banda	Largura da Banda	Radiância
Terra/Nuvens/Aerossóis	1	620 - 670	21,8
	2	841 - 876	24,7
Terra/Nuvens/Aerossóis	3	459 - 479	35,3
	4	545 - 565	29
	5	1230 - 1250	5,4
	6	1628 - 1652	7,3
	7	2105 - 2155	1
Cor do oceano/Fitoplancton/ Biogeoquímica	8	405 - 420	44,9
	9	438 - 448	41,9
	10	483 - 493	32,1
	11	483 - 493	27,9
	12	546 - 556	21
	13	662 - 672	9,5
	14	673 - 683	8,7
	15	743 - 753	10,2
	16	862 - 877	6,2
Vapor d'água atmosférico	17	890 - 920	10
	18	931 - 941	3,6
	19	915 - 965	15
Temperatura superfície/nuvens	20	3,660 - 3,840	0,45 (300K)
	21	3,929 - 3,989	2,38 (335K)
	22	3,929 - 3,989	0,67 (300K)
	23	4,020 - 4,080	0,79 (300K)
Temperatura atmosférica	24	4,433 - 4,498	0,17 (250K)
	25	4,482 - 4,549	0,59 (275K)
Vapor d'água de nuvens Cirrus	26	1,360 - 1,390	6
	27	6,535 - 6,895	1,16 (240K)
	28	7,175 - 7,475	2,18 (250K)
Propriedade de nuvens	29	8,400 - 8,700	9,58 (300K)
Ozônio	30	9,580 - 9,880	3,69 (250K)
Temperatura de superfície/nuvens	31	10,780 - 11,280	9,55 (300K)
	32	11,770 - 12,270	8,94 (300K)
Altitude de topo de nuvens	33	13,185 - 13,485	4,52 (260K)
	34	13,485 - 13,785	3,76 (250K)
	35	13,785 - 14,085	3,11 (240K)
	36	14,085 - 13,385	2,08 (220K)

Fonte: Rudorff et al. (2007). Bandas 1 a 19 estão em nm e as Bandas 20 a 36 estão em μm . Radiância espectral em ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$)

O sensor MODIS possui um intervalo quase diário para a revisita de uma área, o que lhe confere uma grande capacidade para estudos de dinâmicas ecológicas tanto terrestres, quanto oceânicas. Constituído de um instrumento eletro-óptico de varredura mecânica que utiliza o movimento do satélite para fornecer um imageamento na direção de voo, o sensor MODIS imagea, simultaneamente, em cada banda, 10 fileiras de "pixels" para os detectores de 1Km; 20 para os detectores de 500m; e 40 para os detectores de 250m de resolução espacial. A REM refletida ou emitida da superfície é direcionada para um telescópio pela rotação de um

espelho de duas faces e então focada para os diferentes detectores cobertos por estreitos filtros espectrais.

Os produtos gerados pelo sistema MODIS estão basicamente na quantificação e detecção das mudanças da cobertura terrestre, e nos processos naturais e antrópicos, auxiliando em diversos modelos regionais e globais existentes (STRAHLER et al., 1999). As suas imagens são disponibilizadas gratuitamente pela NASA e possuem alta resolução temporal, que varia de 1 a 16 dias (JUSTICE et al., 2002). Além disso, são oferecidas imagens corrigidas dos efeitos atmosféricos (nuvens, aerossóis, entre outros) e georreferenciadas. Dentre os produtos MODIS relacionados ao estudo da vegetação estão: (a) MOD13 – Índices de Vegetação, (b) MOD15 – Índice de Área Foliar/ FPAR e (c) MOD17 – Produtividade Primária Líquida/Fotossíntese Líquida (Tabela 3).

Dentre os produtos MODIS está o MOD13 relacionado aos índices de vegetação que fornecem comparações consistentes de dados temporais e espaciais das condições da vegetação global, para monitorar a atividade fotossintética da vegetação em suporte a detecção de mudança e interpretações biofísicas e da fenologia (CORREIA et al., 2006).

Seus objetivos são gerar índices de vegetação em imageamentos sem nuvens; maximizar a cobertura global e temporal na resolução espacial mais fina possível; padronizar dados de acordo com a posição sol-sensor-alvo; assegurar a qualidade e a consistência dos dados; descrever e reconstituir dados de variações fenológicas e discriminar com precisão variações interanuais na vegetação (NASA, 2005). O produto MOD13Q1 possui o índice da diferença normalizada (NDVI) e o índice de vegetação melhorado (EVI), que são produzidos globalmente com 250 m, 500 m e 1 Km de resolução e composições no período de 16 dias. BAYMA e SANO (2015) utilizaram séries temporais de índices de vegetação EVI e NDVI do sensor MODIS para detecção de desmatamentos no bioma cerrado.

Tabela 3 – Alguns dos produtos gerados pelo sistema MODIS

PRODUTO	APLICABILIDADE
PRODUTOS RELACIONADOS AO BALANÇO ENERGÉTICO	
MOD 9	Reflectância de superfície
MOD 11	Temperatura da superfície da Terra e emissividade
MOD 43	BRDF/Albedo
MOD 10 E 29	Cobertura de neve e extensão de gelo na superfície do mar
PRODUTOS VOLTADOS À VEGETAÇÃO	
MOD 13	Grades de índices de vegetação (Máximo NDVI e MVI integrado)
MOD 15	Índice de área foliar (LAI) e FPAR
MOD 17	Fotossíntese líquida e produtividade primária
PRODUTOS VOLTADOS À COBERTURA TERRESTRE	
MOD 12	Cobertura da terra e mudança na cobertura da terra
MOD 14	Anomalias termais, fogo e queima de biomassa
MOD 44	Conversão da cobertura vegetal

Fonte: Adaptada de JUSTICE et al (2002).

Benedetti et al. (2013) utilizaram o sensor Modis para produzir mapas temporais que descrevessem o comportamento espectral da vegetação, concluiu que os valores de referência para a imagem MOD13Q1 podem ser usados para distinguir classes de uso e cobertura da terra em imagens de baixa resolução espacial (250 m).

2.5.2 NDVI

Os índices de vegetação foram determinados a partir da relação entre as amplitudes dos valores do comprimento de onda do espectro eletromagnético para ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (realçar o contraste espectral entre a vegetação o solo). Esses índices podem ser obtidos tanto de dados coletados por satélites como por equipamentos próximos O índice de vegetação da diferença normalizada – NDVI proposto por Rouse et al. (1973) permite analisar da melhor forma as variações que ocorrem na cobertura vegetal ao longo do tempo, sendo muito utilizado por sua

acurácia em relação aos índices de vegetação (LIMA et al., 2015), identificando melhor as mudanças em relação aos alvos vegetativos, ressaltando a vegetação densa (SANTIAGO et al., 2009).

É uma relação entre medidas espectrais (reflectância - r) de duas bandas, a do infravermelho próximo (800-1100 nm) e a do vermelho visível (600-700 nm), e visa eliminar diferenças sazonais do ângulo do Sol e minimiza os efeitos da atenuação atmosférica, observados para dados multitemporais.

Os valores obtidos com o NDVI são contidos em uma mesma escala de valores, entre - 1 e 1, de modo que quanto mais próximo do 1, maior indício de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior indício de presença de solos descobertos e rochas.

Na faixa do vermelho a clorofila absorve a energia solar ocasionando uma baixa reflectância, enquanto na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta reflectância da energia solar incidente (LOURENÇO e LADIM, 2004).

O NDVI possibilita mapear áreas com diferentes estádios de cobertura vegetal e vigor de biomassa verde (SILVA, 2015). Este índice é sensível à clorofila enquanto que o EVI (*Enhanced Vegetation Index*) é mais sensível às variações na resposta estrutural do dossel complementando-se e fornecendo informações sobre detecção de mudanças vegetais e parâmetros biofísicos do dossel (HUETE et al. 2002).

Aguiar et al. (2010) utilizou séries temporais do sensor Modis para avaliar pastagens, distinguindo pastagens com plantas invasoras e pastagens em bom estado, porém sem diferir pastagens com cupins e solo nú de outras classes de pastagem. Santana et al. (2010) modelaram para a pastagem as mudanças fisionômicas à partir de dados do NDVI-MODIS para a bacia do rio Paracatu.

Risso (2012), avaliando o desempenho do EVI e do NDVI para discriminar áreas de soja das de cana de açúcar, pastagem, cerrado e floresta obteve melhor desempenho na discriminação da soja na entressafra enquanto o EVI obteve melhor atuação no período pleno de desenvolvimento da cultura.

Anjos et. al. (2013), analisando séries temporais de imagens orbitais no triângulo mineiro verificaram que a substituição da pastagem por outros tipos de

cobertura de terras (por exemplo, culturas agrícolas e vice-versa) é facilmente identificada na série temporal do MODIS.

Andrade (2013) diferenciou três níveis de degradação em pastagens utilizando uma imagem do sensor TM (*Thematic Mapper*) do satélite Landsat-5 e posteriormente identificou cerca de 18,4 milhões de hectares em pastagens plantadas no cerrado com algum indicativo de degradação utilizando o NDVI do sensor SPOT *Vegetation* no bioma Cerrado (ANDRADE, 2015).

Li et al. (2017) detectou a mudança do ambiente ecológico a partir da análise combinada da cobertura do solo e NDVI, enquanto Zewdie, Csaplovics e Inostroza (2017) utilizaram o NDVI para monitorar a dinâmica dos ecossistemas e avaliar as tendências da cobertura vegetal de longo prazo.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Detectar áreas de fisionomia de pastagem utilizando séries temporais do índice de vegetação por diferença normalizada obtidos nas imagens do sensor MODIS a bordo do satélite AQUA / TERRA, produto MOD13Q1.

3.2 objetivos específicos

Caracterizar as áreas de fisionomias pastagens;

Analisar as propriedades físicas de um Argissolo em áreas de fisionomias de pastagens.

Correlacionar com as propriedades do solo.

3.3 Hipótese

H0: As imagens de satélite de observação da terra do sensor Modis produto MOD13Q1 podem ser empregadas para avaliar os processos de degradação das pastagens tropicais.

H1: As imagens de satélite de observação da terra do sensor Modis produto MOD13Q1 não podem ser empregadas para avaliar os processos de degradação das pastagens tropicais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Para identificar as fisionomias das pastagens na superfície terrestre no intuito de correlacionar com os índices de vegetação normalizada (NDVI), com os atributos do solo e com as áreas em avançado estado de erosão acelerada (áreas degradadas), foram selecionados 13 polígonos - definidos como as áreas de estudo - pastagens.

4.1 Caracterização da área de estudo

As áreas de pastagem foram selecionadas mediante visita técnica e estão localizadas nos municípios de Taiúva, Jaboticabal, Monte Alto, Taiaçu, Taquaritinga, Santa Adélia, Vista Alegre do Alto e Pirangi, nordeste do Estado de São Paulo (Figura 9).

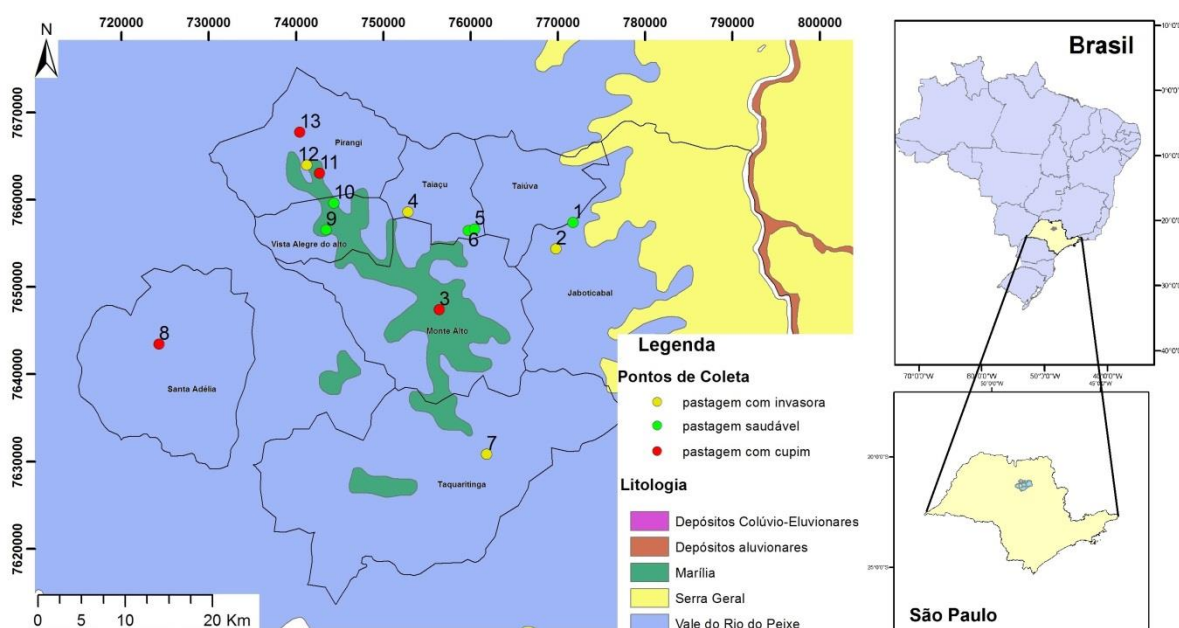


Figura 9. Cadastro das áreas de estudo e litologia - pastagens nos municípios do Estado de São Paulo.

Fonte: Elaborada pelo autor.

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cwa, com verão quente e inverno seco, precipitação média anual de 1.400 mm e temperatura média de 23°C, (CEPAGRI, 2016).

A vegetação natural original é composta por floresta latifoliada tropical e trechos de Cerrado. O uso e a ocupação atual do solo compreendem principalmente áreas com o cultivo de cana-de-açúcar, cítrus, pastagem, culturas temporárias e fragmentos florestais remanescentes.

O solo da área de estudo é o Argissolo Vermelho-Amarelo eutrófico (PVAe), desenvolvido dos arenitos do Grupo Bauru, sob a Formação Vale do Rio do Peixe (antiga Formação Adamantina) e da Formação Marília.














As amostras e fotos dos polígonos foram coletadas no período de 26 de março a 09 de abril de 2017.

Os 13 polígonos foram avaliados e tratados tanto pela fisionomia da paisagem: Pastagem saudável - PS, área não degradada; Pastagem com invasora – PI, área considerada degradada; Pastagem com cupim – PC, área considerada degradada; quanto pela formação geológica (Formações Vale do Rio do Peixe e Marília). (Tabela 4 e Figura 12).

Quanto à formação geológica, os polígonos P1, P2, P4, P5, P6, P7, P8 e P13 estão localizados na Formação Vale do Rio do Peixe e os polígonos P3, P9, P10, P11 e P12 estão localizados na Formação Marília.

Para considerar a fisionomia, os polígonos P1, P5, P6, P9 e P10 estão contidos em áreas de pastagem saudável e os polígonos P2, P4, P7, P8, P11, P12 e P13 estão em áreas de pastagem consideradas degradadas.

Tabela 4. Fisionomia da pastagem e imagens das áreas de estudo.

Identificação	Imagem	Identificação	Imagem
1. Taiúva Pastagem Saudável (PS)		8. Santa Adélia Pastagem c/ Cupim (PC)	
2. Jaboticabal Pastagem c/ Invasora (PI)		9. Vista Alegre do Alto Pastagem Saudável (PS)	
3. Monte Alto Pastagem c/ Cupim (PC)		10. Vista Alegre do Alto Pastagem Saudável (PS)	
4. Taiapu Pastagem c/ Invasora (PI)		11. Pirangi Pastagem c/ Cupim (PC)	
5. Taiapu Pastagem Saudável (PS)		12. Pirangi Pastagem c/ Invasora (PI)	
6. Taiapu Pastagem Saudável (PS)		13. Pirangi Pastagem c/ Cupim (PC)	
7. Taquaritinga Pastagem c/ Invasora (PI)			

4.2 ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO

Para determinar os atributos físicos de um Argissolo em áreas de pastagens degradadas e não degradadas, foram coletadas as amostras de solos.

4.2.1 Amostragem

A amostragem dos solos para fins de análise física foi realizada nos 13 polígonos em áreas de pastagens próximas às rodovias que passam por oito municípios do Estado de São Paulo. Estas áreas de pastagem foram consideradas na caracterização visual de três fisionomias: Pastagem saudável (PS), Pastagem com a presença de plantas invasoras (PI) e Pastagem com presença de cupinzeiros (PC) (Tabela 4).

Foram coletadas quatro amostras de solo indeformadas com anéis volumétricos em cada polígono com intervalos regulares de aproximadamente 20 metros de cada ponto de coleta, totalizando 52 amostras. Estas amostras foram coletadas na profundidade de 0 – 0,10 m, utilizando cilindros com volume interno de aproximadamente de 52,05 cm³, com o posicionamento do centro dos anéis volumétricos a profundidade de 0,05 m, desprezando o solo na camada superficial (0 - 0,025 m) e da camada profunda (0,075 – 0,10m) (Figura 10).



Figura 10: Imagem da amostragem de solo.
Fonte: Acervo próprio

4.2.2 Métodos de Análise física de Solo

As amostras de solo foram coletadas nos cilindros de alumínio com bordas biseladas (volume de 52,05 cm³). As amostras no cilindro foram pesadas (peso seco) e em seguida saturadas, sendo então realizado o procedimento para obtenção das análises físicas, conforme descrito em EMBRAPA (2011).

A. Umidade atual

O teor de umidade (U) presente na amostra de solo, transportada no cilindro vedado foi determinado a partir do peso seco e do peso em estufa a 105°C durante 24 horas. O cilindro foi retirado da estufa, colocado em dessecador, esfriado e pesado. Os equipamentos utilizados foram estufa e balança. O cálculo foi determinado conforme as seguintes equações:

Unidade gravimétrica (kg.kg⁻¹)

$$Ug = \left(\frac{a - b}{b} \right)$$

Unidade volumétrica (m³.m⁻³)

$$Uv = \left(\frac{a - b}{b} \right)$$

$$Uv = Ug \times d_s$$

Ug = Umidade gravimétrica (kg.kg⁻¹); Uv = Umidade volumétrica (m³.m⁻³)

a = massa da amostra úmida (kg); b = massa da amostra seca (kg)

c = volume da amostra (dm³); Ds = densidade do solo (kg dm³)

Umidade obtida com a mesa de tensão

As amostras de solo foram colocadas sobre a mesa de tensão e saturadas. Ajustou-se a altura da coluna de água abaixo da mesa para 100 cm para se obter uma tensão de 0,01 MPa, que provocou a drenagem da água retida nos poros do solo, através de sucção provocada pelo vácuo formado na mesa de tensão. Material utilizado: mesa de tensão, estufa e balança.

O cálculo foi obtido com a seguinte fórmula:

$$U = \left(\frac{a - b}{b} \right)$$

U = umidade (kg.kg⁻¹)

a = massa da amostra após ser submetida à pressão utilizada

b = massa da amostra seca a 105°C

B. Densidade do solo

A densidade do solo (Ds) foi obtida a partir da coleta de amostras de solo com estrutura indeformada em um cilindro de bordas abissoladas e volume interno de 52,05 cm³. O volume do cilindro foi anotado e foi pesado o conjunto e anotada a massa pesada. Em seguida a amostra foi colocada na estufa a 105 °C, durante 48 h, da amostra de solo do cilindro volumétrico e o volume do mesmo cilindro (Embrapa, 2011). Material utilizado: Cilindro volumétrico e estufa.

O cálculo foi obtido pela fórmula:

$$D_s = \frac{a}{b}$$

Ds = densidade do solo (kg.dm⁻³)

a = massa da amostra seca a 105°C (kg)

b = volume do anel ou cilindro (dm³).

C. Microporosidade

A microporosidade (Mip) foi determinada pelo método Mesa de Tensão. As amostras saturadas foram colocadas sob a mesa de tensão a retirou a água dos macroporos (poros com diâmetro Ø ≥ 0,05 mm). Após pesagem, antes e depois de ir a estufa à 105°C, obteve-se o volume de macro e microporos contidos na amostra. Material utilizado: Mesa, estufa e balança.

$$Mip = \left(\frac{a - b}{c} \right)$$

Mip = Microporosidade (m³ m⁻³)

a = massa da amostra após ser submetida a uma tensão de 60 cm de coluna de água (kg)

b = massa da amostra seca à 105°C (kg)

c = volume do cilindro (m^{-3})

D. Macroporosidade

A macroporosidade (Map) é o volume do solo que corresponde aos poros com diâmetro $\geq 0,05$ mm. Material utilizado: Cilindro, estufa e balança.

$$Map = Vs - Mip$$

Map = macroporosidade ($m^3 m^{-3}$)

Vs = Volume de saturação ($m^3 m^{-3}$)

Mip = Microporosidade ($m^3 m^{-3}$)

$$VS = \left(\frac{a - b}{c} \right)$$

VS = Volume de saturação ($m^3 m^{-3}$)

a = massa do bloco de solo saturado (kg)

b = massa do bloco seco a 105°C (kg)

c = volume do cilindro (m^3)

E. Porosidade total

A porosidade total (PT) determina o volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar.

$$Porosidade\ total = (microporosidade + macroporosidade)$$

4.3 Processamento Digital

4.3.1 Mapeamento dos polígonos identificadores de áreas de pastagem

Os polígonos foram digitalizados utilizando o *Google Earth*, exportados para o AUTOCAD no formato .kml, “*Keyhole Markup Language*” e salvos no formato .dxf; “*Drawing Exchange Format*” sendo posteriormente importados para o IDRISI e convertidos do formato “vector” para o formato “raster”.

4.3.2 Importação das imagens orbitais

Para que fosse possível adquirir as imagens orbitais do satélite Modis, foram baixadas as imagens MODIS no site *Earth Explorer*, opção (NASA LPPAAC *Collection – Modis Vegetation Index – produto MOD13Q1*, quadrante h13v12, resolução espacial 250 metros, datadas de janeiro de 2013 a dezembro de 2015 no formato *.hdf – *Hierarchical Data Format*); importando a imagem para o sistema de informação geográfico (SIG).

As informações no SIG a partir dos polígonos amostrais pré-delimitados no formato vetorial, foram transformadas para o formato imagem (Raster) para cada fisionomia e mediante a ferramenta *Image Calculator* foi realizada a multiplicação de mapas (Polígonos x Imagem Modis) e extraídos os valores correspondentes do pixel para cada imagem, analisadas nos histogramas.

4.3.3 Sensor MODIS - NDVI

Neste trabalho foi utilizado o produto MOD13Q1 para elaboração do NDVI (Eq. 1), ao longo do ano, totalizando 23 imagens geradas por ano, que possibilitaram originar equações que identificaram os padrões de refletância de áreas de pastagem e pastagem degradadas no município.

$$NDVI = \frac{(\rho_{IVP} - \rho_V)}{(\rho_{IVP} + \rho_V)}$$

(1)

Em que, ρ_{VP} 'e o valor da refletância no infravermelho próximo (800-1100 nm) e ρ_V 'e a refletância na faixa do vermelho (600-700 nm). Esse índice minimiza as interferências relativas às variações provenientes do ângulo solar e dos efeitos atmosféricos, observados para dados multitemporais.

Os valores obtidos com o NDVI são contidos em uma mesma escala de valores, entre -1 e 1. Com base no NDVI, a cobertura vegetal (CV) (Eq.(2) da área de estudo foi calculada pela equação sugerida por Gao et al. (2006):

$$CV = \frac{(NDVI - NDVI_s)}{(NDVI_v - NDVI_s)} \times 100\%$$

(2)

Em que, $NDVI_s$ é o menor valor de NDVI de solo exposto e o $NDVI_v$ é o maior valor de NDVI encontrado na área de estudo.

4.3.4. Coleta dos valores de pixel por imagem e análise da correlação dos dados amostrais

As imagens coletadas pelo satélite Modis (*Modis Vegetation Index*) possuem periodicidade de 16 dias, totalizando 23 imagens por ano. Assim sendo, neste trabalho foram coletados dados referentes a três anos consecutivos totalizando 69 imagens.

Em cada imagem, foram coletados os valores de Pixel (máximo, médio, mínimo e desvios) e, após a análise de variância e regressão, avaliou-se qual a melhor equação de ajuste que representa o valor do pixel ao longo do ano, correspondente às áreas de pastagem degradadas no município.

4.3.5. Forma de análise dos resultados

As equações (valores máximos, médios, mínimos e desvios) que identificam o valor correspondente do pixel das áreas de pastagem degradada, foram avaliadas a partir do coeficiente de determinação (R^2) visando definição do melhor ajuste.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Atributos físicos do solo

Nas análises dos atributos físicos do solo dos 13 polígonos de pastagem, 5 foram considerados de pastagem saudável (Não Degradada), 4 de pastagem com presença de invasoras (Degradada com invasoras) e 4 com a presença de pastagem com cupim (Degradada com cupim). Os dados obtidos da densidade aparente, da porosidade total, da macroporosidade e da microporosidade são apresentados na Tabela 5 e na Tabela 6, no resultado dos atributos físicos por fisionomia.

Densidade do solo

A densidade do solo (média \pm desvio padrão) das amostras de solos obtidas dos polígonos das três fisionomias de pastagens apresentou o menor valor médio de $1,970 \pm 0,118 \text{ kg/dm}^3$ para PI seguido de $1,989 \pm 0,152 \text{ kg/dm}^3$ para PS; enquanto nas áreas de PC foi observada a média de $2,010 \pm 0,106 \text{ kg/dm}^3$. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey, não apresentando diferença significativa nas comparações dos valores de densidade do solo para diferentes fisionomias de pastagens ($p > 0,05$).

O dimensionamento inadequado de animais modifica os atributos físicos do solo, podendo resultar na alteração da estrutura (SOARES et al., 2015), selamento superficial e compactação (PIRES et al., 2012). Os efeitos da compactação podem afetar a produtividade das culturas em maior ou menor grau, restringindo o crescimento e desenvolvimento das raízes dependendo do tipo de solo; infiltração e transporte de água (RODRIGUES et al., 2009), assim como as trocas gasosas entre solo e atmosfera, (CAVENAGE et al., 1999). Reichert, Reinert e Braidá (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais entre $1,30$ a $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$ para solos argilosos, $1,40$ a $1,50 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-argilosos e de $1,70$ a $1,80 \text{ Mg m}^{-3}$ para os franco-arenosos.

Tabela 5. Característica geológica dos polígonos selecionados para análise comparativa das diferentes fisionomias de pastagens.

Ponto de coleta	Mun.	Fisionomia da pastagem	Coordenada		Geologia	Valores médios	Map m ³ /m ³	Mip m ³ /m ³	Pt m ³ /m ³	Ds kg/dm ³
			UTM-WGS 84 (FUSO 22) X	Y						
1	Taiuva	Saudável (PS)	771.702	7.657.390	VRP	Min.	0.09	0.33	0.42	1,96
						Máx.	0.11	0.38	0.49	2,10
						Média	0.10	0.35	0.44	2,04
						DP	0.01	0.02	0.03	0,06
						CV	11%	7%	7%	3%
2	Jaboticabal	Invasora (PI)	769.779	7.654.370	VRP	Min.	0.12	0.25	0.41	1,99
						Máx.	0.16	0.34	0.46	2,04
						Média	0.14	0.29	0.43	2,01
						DP	0.02	0.04	0.02	0,02
						CV	16%	14%	5%	1%
3	Monte Alto	Cupim (PC)	756.384	7.647.390	Marília	Min.	0.13	0.25	0.42	1,92
						Máx.	0.17	0.29	0.43	2,05
						Média	0.16	0.27	0.42	1,97
						DP	0.02	0.02	0.01	0,06
						CV	11%	6%	1%	3%
4	Taiapu	Invasora (PI)	752.787	7.658.600	VRP	Min.	0.11	0.29	0.44	1,88
						Máx.	0.18	0.36	0.49	2,06
						Média	0.14	0.32	0.46	1,98
						DP	0.03	0.03	0.02	0,07
						CV	21%	9%	5%	4%
5	Taiapu	Saudável (PS)	760.456	7.656.630	VRP	Min.	0.20	0.28	0.52	1,75
						Máx.	0.26	0.34	0.54	1,92
						Média	0.23	0.30	0.53	1,86
						DP	0.03	0.03	0.01	0,08
						CV	11%	9%	2%	4%
6	Taiapu	Saudável (PS)	759.741	7.656.440	VRP	Min.	0.13	0.24	0.43	1,72
						Máx.	0.26	0.31	0.57	2,02
						Média	0.19	0.29	0.48	1,93
						DP	0.06	0.03	0.06	0,14
						CV	30%	12%	13%	7%
7	Taquaritinga	Invasora (PI)	761.826	7.630.810	VRP	Min.	0.18	0.16	0.38	2,04
						Máx.	0.22	0.22	0.41	2,17
						Média	0.20	0.19	0.40	2,09
						DP	0.02	0.03	0.02	0,06
						CV	8%	13%	4%	3%
8	Santa Adélia	Cupim (PC)	724.252	7.643.440	VRP	Min.	0.12	0.35	0.49	1,89
						Máx.	0.16	0.39	0.53	1,98
						Média	0.14	0.37	0.51	1,94
						DP	0.02	0.02	0.02	0,04
						CV	12%	5%	3%	2%
9	Vista Alegre do Alto	Saudável (PS)	743.41	7.656.540	Marília	Min.	0.03	0.23	0.26	1,98
						Máx.	0.10	0.36	0.46	2,34
						Média	0.08	0.30	0.38	2,19
						DP	0.03	0.06	0.09	0,15
						CV	41%	19%	23%	7%
10	Vista Alegre do Alto	Saudável (PS)	744.318	7.659.630	Marília	Min.	0.17	0.14	0.44	1,85
						Máx.	0.33	0.28	0.52	2,00
						Média	0.26	0.22	0.48	1,93
						DP	0.07	0.07	0.04	0,07
						CV	28%	34%	8%	3%
11	Pirangi	Cupim (PC)	742.663	7.663.040	Marília	Min.	0.20	0.20	0.41	1,90
						Máx.	0.28	0.23	0.48	2,13
						Média	0.24	0.21	0.45	1,98
						DP	0.04	0.01	0.03	0,11
						CV	15%	7%	7%	5%
12	Pirangi	Invasora (PI)	741.175	7.663.970	Marília	Min.	0.16	0.28	0.52	1,73
						Máx.	0.28	0.38	0.57	1,87
						Média	0.22	0.32	0.54	1,80
						DP	0.05	0.05	0.02	0,06
						CV	23%	14%	4%	3%
13	Pirangi	Cupim (PC)	740.41	7.667.740	VRP	Min.	0.17	0.19	0.36	2,13
						Máx.	0.19	0.26	0.45	2,21
						Média	0.18	0.23	0.41	2,15
						DP	0.01	0.03	0.04	0,04
						CV	5%	14%	9%	2%

PS = Pastagem Saudável; PI = Pastagem com invasora; PC = Pastagem com cupim; U = Umidade atual; Map = Macroporosidade; Mip = Microporosidade; PT = Porosidade Total; VRP = Formação Vale do Rio do Peixe.

Tabela 6. Atributos físicos do solo por fisionomia

Propriedade do Solo	Estatística	PS	PI	PC
Ds kg/dm ³	Mínimo	1,722	1,735	1,887
	Máximo	2,337	2,169	2,213
	Média	1,989	1,970	2,010
	DP	0,152	0,118	0,106
	CV	7,663	5,995	5,264
Mip m ³ /m ³	Mínimo	0,136	0,159	0,185
	Máximo	0,378	0,384	0,388
	Média	0,292	0,279	0,266
	DP	0,060	0,062	0,067
	CV	20,724	22,239	25,040
Map m ³ /m ³	Mínimo	0,030	0,112	0,125
	Máximo	0,327	0,285	0,282
	Média	0,169	0,177	0,180
	DP	0,084	0,046	0,043
	CV	50,037	25,933	24,023
PT m ³ /m ³	Mínimo	0,262	0,378	0,359
	Máximo	0,569	0,566	0,532
	Média	0,460	0,456	0,446
	DP	0,070	0,057	0,046
	CV	15,115	12,457	10,258

PS = Pastagem Saudável; PI = Pastagem com invasora; PC = Pastagem com cupim; U = Umidade atual; Map Macroporosidade= ; Mip = Microporosidade ; PT = Porosidade Total

De acordo com a análise dos dados, os valores de densidade do solo foram superiores a $1,970 \pm 0,118 \text{ kg/dm}^3$, constatando solos densos. Ribon et al (2002), estudando as propriedades físicas de Latossolo e Argissolo em função de práticas de manejo constatou que para os Argissolos Vermelho-Amarelos, uma densidade superior a $1,59 \text{ kg dm}^{-3}$ pode vir a limitar o desenvolvimento das raízes, independentemente do manejo. Argenton et al. (2005), trabalhando em Latossolo Vermelho argiloso, constataram que a deficiência de aeração iniciou-se com densidade do solo próxima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, enquanto Klein (2006), para mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$.

Identificando o limite crítico de densidade de um Argissolo Vermelho cultivado no sistema de plantio direto após o cultivo de plantas de cobertura, Reinert et al. (2008) encontrou deformações na morfologia das raízes em grau médio entre $1,75$ e $1,85 \text{ Mg m}^{-3}$. De acordo com Camargo e Alleoni (1997), a densidade do solo é a medida quantitativa mais direta da compactação do solo e neste estudo foi

considerada alta em todos os pontos, porém houve alguma diferença entre as fisionomias de pastagem para as diferentes formações.

Também foram obtidos valores da densidade do solo semelhantes nas diferentes fisionomias de pastagens, os quais são superiores aos limites críticos descritos na literatura, identificando a presença de comprometimento do crescimento radicular e da infiltração de água nos solos das áreas de pastagens avaliadas. Esses valores considerados superiores aos adequados para a instalação de pastagens pode ser explicado pelo pisoteamento da área pelos animais e o manejo indevido do solo. Verificou-se que não houve diferença considerável entre os resultados de densidade entre as fisionomias com a mesma tendência aos valores médios, porém PC e PI novamente demonstraram valores assimétricos, enquanto PS teve maior amplitude de variação.

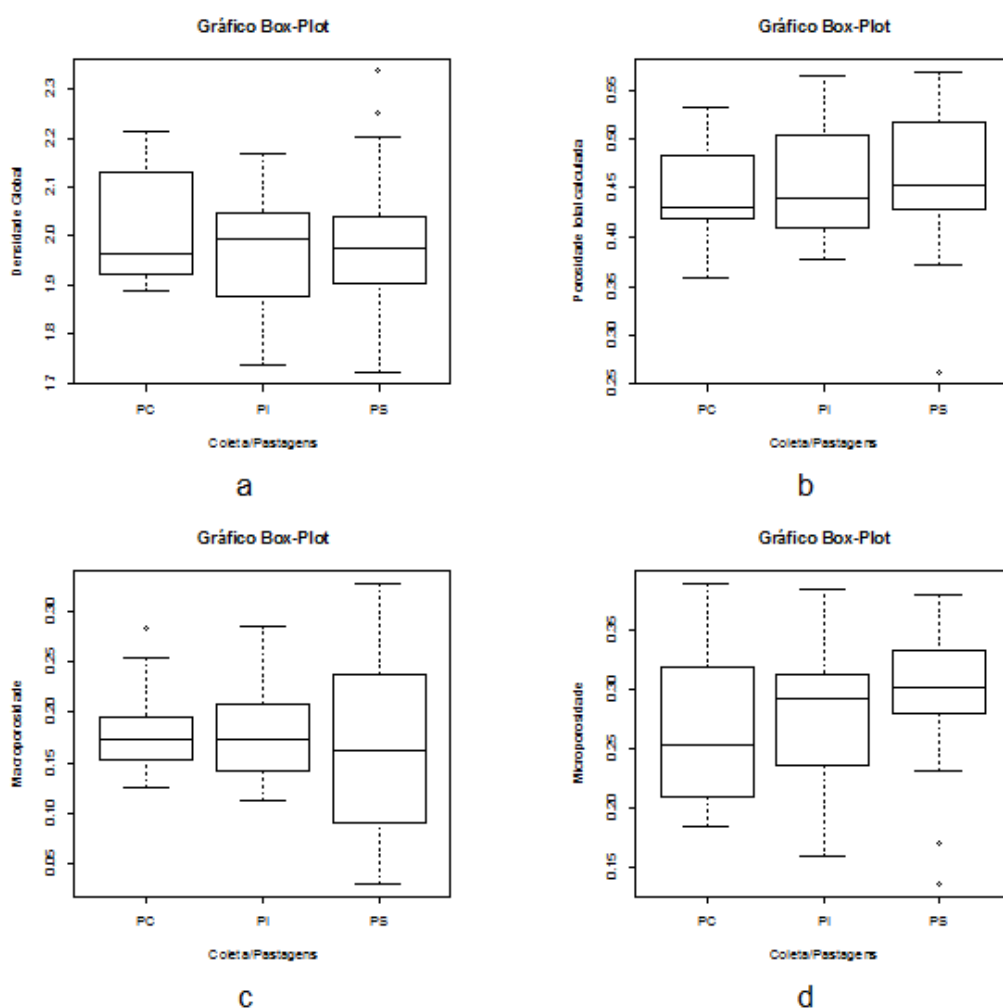


FIGURA 11. Boxplot dos atributos físicos das fisionomias PC, PI e PS.

Porosidade total

Nas amostras da porosidade total (média \pm desvio padrão) dos solos dos polígonos das três fisionomias de pastagens, foi obtido o valor médio de $0,460 \pm 0,070 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PS; $0,456 \pm 0,057 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PI; enquanto nas áreas de PC foi observada a média de $0,446 \pm 0,046 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey, não apresentando diferença significativa nas comparações dos valores de porosidade total do solo das diferentes fisionomias de pastagens ($p > 0,05$).

Anjos et al. (1994), estudando as propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo verificou que os valores de porosidade total estavam inversamente associados aos de densidade do solo, ou seja, quanto menor a densidade do solo, maior a porosidade total, o que está de acordo com o trabalho de Cavenage et al., (1999).

Maiores valores de porosidade do solo são importantes, dada a influência deste atributo sobre os processos físicos como a aeração e infiltração de água, bem como sobre o desenvolvimento das raízes das plantas (TRAZZI et al., 2009). Hillel (1970), ressalta que a porosidade para solos minerais varia de 0,30 a $0,60 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ e como visto nos dados obtidos no trabalho quanto à porosidade total, todas as fisionomias apresentaram valores dentro do esperado para a produção agrícola, que deve ser de $0,50 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KIEHL, 1979; BRADY e WEIL, 2008). Os valores de média e da mediana para todas as fisionomias foram similares, tendendo a uma distribuição simétrica com valores crescentes de PC para PS.

Macroporosidade

A macroporosidade (média \pm desvio padrão) das amostras de solos dos polígonos das três fisionomias de pastagens apresentou o valor médio de $0,169 \pm 0,084 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PS; $0,177 \pm 0,046 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PI; enquanto nas áreas de PC foi observada a média de $0,180 \pm 0,043 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey, não apresentando diferença

significativa nas comparações dos valores de macroporosidade do solo das diferentes fisionomias de pastagens ($p > 0,05$).

A condição ideal para o desenvolvimento do sistema radicular e para as atividades dos micro-organismos é de $0,10 - 0,16 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (KIEHL, 1979) devendo-se observar a proporção entre a microporosidade e a macroporosidade, pois o aumento da quantidade de sólidos em relação ao volume dos poros pode dificultar o movimento da água e do ar, diminuindo a drenagem interna do solo, comandada pela estrutura (CAVENAGE et al., 1999).

A distribuição dos valores da macroporosidade demonstra que houve uma maior amplitude de valores na PS com dados mais heterogêneos e menor na PC com valores mais próximos à mediana, porém a distribuição dos valores foi simétrica com a mesma tendência central.

Microporosidade

Nas amostras de solo, na microporosidade (média \pm desvio padrão) dos polígonos das três fisionomias de pastagens, foi obtido o valor médio de $0,292 \pm 0,060 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PS; $0,279 \pm 0,062 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para PI; enquanto nas áreas de PC foi observada a média de $0,266 \pm 0,067 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$. Os dados foram submetidos à análise da variância (ANOVA), seguida de teste de Tukey, não apresentando diferença significativa nas comparações dos valores de microporosidade do solo das diferentes fisionomias de pastagens ($p > 0,05$).

Em trabalhos de Spera et al. (2004), não ocorreu diferenças entre os valores de microporosidade nos sistemas de culturas anuais e de pastagens perenes em seu estudo sobre os efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto, demonstrando que, em sistemas de integração lavoura-pecuária, o pisoteio animal, em lotação adequada, não promove alterações adicionais neste atributo do solo, além daquelas advindas do trânsito de máquinas.

Figueiredo et al. (2009) concluíram em seu estudo sobre as propriedades físico-hídricas em Latossolo do cerrado sob diferentes sistemas de manejo, que a utilização de área sob pastagem de braquiária para pastejo animal promoveu

compactação do solo na camada superficial, verificada pela redução da macroporosidade, aumento da microporosidade e densidade do solo.

A microporosidade teve menor amplitude de variação em PS onde a distribuição dos valores foi mais simétrica. A PI teve a maior amplitude de valores que a PS enquanto que na PC os dados foram mais heterogêneos. A microporosidade é pouco sensível à compactação do solo, sendo o efeito do uso do solo na microporosidade relacionado à intensidade da compactação e distribuição do tamanho de partículas. Os diferentes valores apresentam a mesma tendência da porosidade total crescente de PC para PS.

5.2 Atributos físicos do solo por formação

Nas análises dos atributos físicos do solo por formação, foram considerados para cada formação: Formação Vale do Rio do Peixe e Formação Marília (Tabela 7).

TABELA 7. Atributos físicos do solo por formação.

Propriedade do Solo	Estatística	Formação VRP	Formação Ma
Ds kg/dm ³	Mínimo	1,722	1,735
	Máximo	2,213	2,337
	Média	2,000	1,974
	DP	0,098	0,139
	CV	4,914	7,027
Mip m ³ /m ³	Mínimo	0,159	0,136
	Máximo	0,388	0,384
	Média	0,291	0,262
	DP	0,036	0,064
	CV	12,267	24,224
Map m ³ /m ³	Mínimo	0,087	0,030
	Máximo	0,261	0,327
	Média	0,165	0,190
	DP	0,054	0,040
	CV	32,660	21,144
PT m ³ /m ³	Mínimo	0,378	0,262
	Máximo	0,569	0,566
	Média	0,456	0,452
	DP	0,048	0,061
	CV	10,575	13,500

PS = Pastagem Saudável; PI = Pastagem com invasora; PC = Pastagem com cupim; U=Umidade atual; Map=Macroporosidade;Mip= Microporosidade ; PT = Porosidade Total

Os dados de densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram submetidos à análise da variância (ANOVA), seguido do teste de Tukey, sendo identificada diferença estatística na comparação dos dados das fisionomias entre as formações (Tabela 8).

TABELA 8. Resultados médios dos atributos físicos das fisionomias de pastagens e formações.

Formação	U Kg/kg ⁻¹		Ds kg/dm ³		Mip m ³ /m ³		Map m ³ /m ³		PT m ³ /m ³	
PC vrp	0,15	a	2,05	a	0,29	a	0,16	a	0,46	b
PC ma	0,12	ab	1,97	ab	0,24	a	0,20	a	0,43	b
PI vrp	0,13	ab	2,03	a	0,27	a	0,16	a	0,43	b
PI ma	0,09	b	1,80	b	0,32	a	0,22	a	0,54	a
PS vrp	0,16	a	1,94	ab	0,31	a	0,17	a	0,48	ab
PS ma	0,13	ab	2,06	a	0,26	a	0,17	a	0,43	b

U=umidade atual; Ds=Densidade do solo; Mip=microporosidade; Map=macroporosidade; PT=porosidade total; PC vrp=Pastagem com cupim Vale do Rio do Peixe; PC ma= Pastagem com cupim Marília; PI vrp= Pastagem com invasora Vale do Rio do Peixe; PI ma=Pastagem invasora Marília; PS vrp=pastagem saudável Vale do rio do Peixe; PS ma=Pastagem saudável Marília.

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Tabela 8 pode-se observar que, os atributos físicos das fisionomias de pastagem e formação diferiram para umidade, densidade e porosidade total, não apresentando diferenças significativas para microporosidade e macroporosidade.

Os valores máximo e mínimo obtidos em umidade foram 0,16 Kg/kg⁻¹ em PS formação VRP e 0,09 Kg/kg⁻¹ em PI formação MA respectivamente, sendo que, segundo teste tukey a 5% de probabilidade, ocorreu formação de dois grupos distintos, sendo o primeiro grupo composto por PC, PI, e PS formação VRP, PC e PS formação MA; e o segundo grupo composto por PC, PI e PS formação MA e PI formação VRP.

Os valores máximo e mínimo obtidos em densidade do solo foram respectivamente 2,06 kg/dm³ em PS e 1,80 kg/dm³ em PI, ambos na formação MA, sendo que, segundo teste tukey a 5% de probabilidade, ocorreu formação de dois grupos distintos, sendo o primeiro grupo composto por PC, PI, PS formação VRP, e PC, PS formação MA; e o segundo grupo composto por PC, PI formação MA, e PS formação VRP.

O valor máximo obtido para a porosidade total foi de $0,54 \text{ m}^3/\text{m}^3$ em PI formação MA, enquanto que para PC e PS na formação MA; e PI na formação VRP apresentaram os valores de $0,43 \text{ m}^3/\text{m}^3$ sendo que, segundo teste tukey a 5% de probabilidade, ocorreu a formação de dois grupos distintos, sendo o primeiro grupo composto por PI na formação MA e PS na formação VRP; e o segundo grupo composto por PC, PI e PS na formação VRP, e PC e PS na formação MA.

Como observado nos resultados, observa-se que apenas após a separação por formação é que foi possível identificar as diferenças significativas entre os atributos físicos das fisionomias, demonstrando que os processos de formação do solo interferem significativamente nos resultados obtidos.

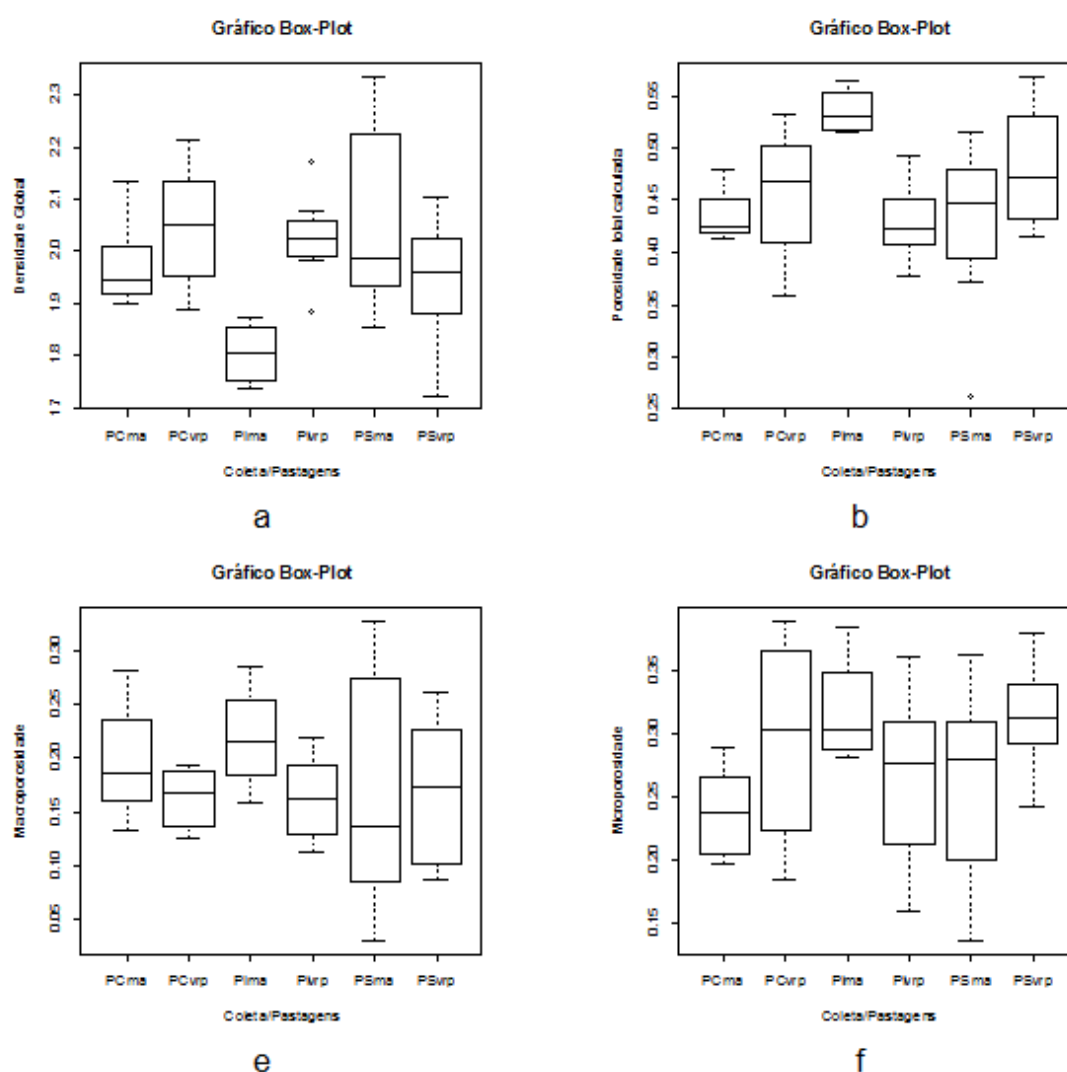


FIGURA 12. Boxplot dos atributos físicos das fisionomias PC, PI e PS versus Formações VRP e Ma.

5.3 Resultados do NDVI para a Fisionomia

O valor atribuído a um pixel (VP), na pastagem sadia (PS) corresponde à soma dos valores de energia refletida pelos elementos que compõem a brachiaria. O valor atribuído a um pixel (VP), na pastagem invasora (PI) corresponde à soma dos valores de energia refletida pelos elementos que compõem a brachiaria + as plantas invasoras. O valor atribuído a um pixel (VP), na pastagem com cupim (PC) corresponde à soma dos valores de energia refletida pelos elementos que compõem a brachiaria + invasora + cupim + solo nu. Sendo assim, observa-se que quanto menor o valor do pixel (VP), mais degradada está a área. (Tabela 9). As discrepâncias no valor do pixel também podem ser causadas pelos diferentes tipos de gramíneas presentes em cada polígono, o que pode variar devido a biomassa, afetando o nível de cinza e conseqüentemente o valor do pixel.

Tabela 9. Valores do Pixel das fisionomias de pastagens e formações.

	Marília			Vale do Rio do Peixe		
	PS	VP PI	PC	PS	VP PI	PC
Mín.	5114.67	3660.75	3424	3852.31	3848.72	4022
Máx.	7493.56	7718.75	7022	7774.69	7503	7208
Média	6561.97	6306.75	5795	6334.03	6095.91	5829
DP	597.6	992.38	921.9	951.68	885.95	794.1

O sensor MODIS é tanto mais sensível, pois apresenta um maior número de bandas, o que facilita a caracterização espectral das distintas coberturas (PS; PC; PI). A alta resolução espectral obtida, tendo em vista as bandas do sistema sensor MODIS, é interessante, pois se utiliza um maior número de bandas espectrais para a análise da pastagem degradada.

O sistema MODIS opera em 36 faixas espectrais do espectro eletromagnético, possuindo, portanto, uma resolução espectral adequada para a análise da degradação ambiental. Fato este observado pela amplitude dos valores

do pixel (VP) entre a pastagem sadia (PS) que variou de 5114,7 e 7496,6 e a pastagem com cupim (PC) que variou de 3424,0 e 7022,0. (Tabela 9)

Como o produto MOD13Q1 do sensor MODIS contém os índices de vegetação NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*), observa-se a análise da degradação, tanto ao longo do tempo (Figuras 13 a 18) quanto no espaço (Tabela 9 a 11), sobre as condições da cobertura vegetal, descrevendo e reconstituindo dados de variações fenológicas da brachiaria e das invasoras, e discriminando as variações interanuais na vegetação das áreas de pastagem (PS; PC e PI) na escala regional (noroeste do Estado de São Paulo).

Os baixos valores do NDVI no inverno estão associados a maior evapotranspiração devido ao solo exposto que sustenta menos a vegetação durante a estação seca afetando de maneira mais pronunciada as áreas de pastagem com estresse hídrico, diminuindo assim a biomassa (KLINK e MACHADO, 2005). Solos nus apresentam uma superfície distinta, enquanto solos com vegetação apresentam valores de reflectância mais altos no comprimento de onda próximo ao infravermelho (EPIPHANIO, 2010).

Assim, a utilização do produto MOD13Q1 do sensor Modis foi eficiente para produzir mapas temporais que descrevem o comportamento espectral da vegetação a partir do NDVI (Tabela 9) e, com base nos limiares de referência, discriminar as áreas degradadas de pastagem, que são determinadas neste trabalho pelas tipologias: pastagem sadia (PS); pastagem com presença de invasoras (PI) e pastagem com presença de cupim + invasoras (PC), nos anos 2013 a 2015.

A maior parte dos atributos dos solos apresentou grande amplitude de variação, fundamental para o estabelecimento de relações. Esta variação pode ser explicada pela gênese diferenciada dos perfis e por alguns pontos amostrais estarem em local de transição entre as formações Marília e Vale do rio do Peixe. Fatores e processos pedogenéticos influenciam a densidade do solo em ambientes não cultivados (REINERT et al. 2008), além do pisoteio do gado também estar associado a este fenômeno (CAVENAGE et al., 1999). (Tabela 10)

Na formação Marília a PS obteve maior valor médio de densidade, assim como o valor médio do NDVI, o que está de acordo com o esperado, pois o valor do pixel corresponde à soma dos valores de energia refletida pelos elementos que

compõem a brachiaria, o que também aconteceu com a PS na formação Vale do Rio do Peixe. O NDVI torna possível diferenciar as áreas em estados de cobertura vegetal e vigor de biomassa verde, conforme se observa na Tabela 10.

A PI na formação Marília, com menor valor de densidade, obteve alto valor de NDVI, o que caracteriza a degradação agrícola (Tabela 10). Andrade (2013), ao utilizar técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens concluiu que a infestação de plantas invasoras pode levar a uma classificação errônea entre pastagens com degradação moderada e degradação leve. Dias-Filho (2006), comenta que com o aumento da cobertura arbóreo-arbustiva invasora, o pixel reflete além da brachiaria, os elementos que as compõem. Na formação VRP, foi encontrado valor maior para a densidade, porém observa-se a diminuição do valor do pixel, onde o princípio da degradação biológica pode ser caracterizada pela diminuição da vegetação na área (DIAS-FILHO, 2006), e pela diferente formação geológica.

TABELA 10. Resultados médios dos atributos físicos e dos valores NDVI das fisionomias de pastagens e formações.

	Marília						Vale do Rio do Peixe					
	Densidade			Conversão em			Densidade			Conversão em		
	Ds			NDVI (-1 a 1)			Ds			NDVI (-1 a 1)		
	PS	PI	PC	PS	PI	PC	PS	PI	PC	PS	PI	PC
Mín.	1,854	1,735	1,899	0.511	0.366	0.342	1,722	1,884	1,887	0.385	0.385	0.402
Máx.	2,337	1,872	2,135	0.749	0.772	0.702	2,103	2,169	2,213	0.777	0.750	0.402
Média	2,061	1,804	1,972	0.656	0.631	0.579	1,942	2,025	2,048	0.633	0.610	0.583
DP	0,178	0,062	0,082	0.06	0.099	0.092	0,103	0,068	0,119	0.095	0.089	0.079
	Porosidade			Conversão em			Porosidade			Conversão em		
	Total			NDVI (-1 a 1)			Total			NDVI (-1 a 1)		
Mín.	0,262	0,516	0,414	0.511	0.366	0.342	0,415	0,378	0,359	0.385	0.385	0.402
Máx.	0,515	0,566	0,479	0.749	0.772	0.702	0,569	0,493	0,532	0.777	0.750	0.402
Média	0,427	0,536	0,435	0.656	0.631	0.579	0,482	0,429	0,457	0.633	0.610	0.583
DP	0,080	0,023	0,024	0.06	0.099	0.092	0,052	0,033	0,060	0.095	0.089	0.079
	Macroporosidade			Conversão em			Macroporosidade			Conversão em		
	Total			NDVI (-1 a 1)			Total			NDVI (-1 a 1)		
Mín.	0,030	0,158	0,133	0.511	0.366	0.342	0,087	0,112	0,125	0.385	0.385	0.402
Máx.	0,327	0,285	0,282	0.749	0.772	0.702	0,261	0,219	0,193	0.777	0.750	0.402
Média	0,168	0,218	0,197	0.656	0.631	0.579	0,169	0,163	0,163	0.633	0.610	0.583
DP	0,111	0,052	0,051	0.06	0.099	0.092	0,052	0,036	0,027	0.095	0.089	0.079
	Microporosidade			Conversão em			Microporosidade			Conversão em		
	Total			NDVI (-1 a 1)			Total			NDVI (-1 a 1)		
Mín.	0,136	0,281	0,197	0.511	0.366	0.342	0,241	0,159	0,185	0.385	0.385	0.402
Máx.	0,362	0,384	0,289	0.749	0.772	0.702	0,378	0,360	0,388	0.777	0.750	0.402
Média	0,259	0,318	0,237	0.656	0.631	0.579	0,313	0,266	0,294	0.633	0.610	0.583
DP	0,077	0,046	0,035	0.06	0.099	0.092	0,056	0,063	0,080	0.095	0.089	0.079

A PC, em ambas as formações obteve, valor alto de densidade demonstrando compactação, tendo em vista que o valor considerado é crítico em função do teor de argila, que é a partir de 1,4 (REICHERT, REINERT e BRAIDA, 2003), (Tabela 2) e o menor valor do NDVI (Tabela 10) o que condiz com a diminuição de biomassa vegetal através dos valores de energia refletida pelos elementos que compõem suas características de solo nu com presença de cupim, plantas invasoras e brachiaria, também caracterizando a degradação biológica.

Cavenage et al., (1999) ressaltam que o uso intensivo de práticas inadequadas em solos utilizados na produção agrícola causa modificações em suas características originais como o aumento da densidade e diminuição da porosidade, que também pode ser evidenciada por mudanças na estrutura resultantes de pisoteio animal ou transito de maquinário. (SPERA et al., 2004) advertem que as plantas com menos desenvolvimento e conseqüentemente de coloração mais amarelada, tendo em vista o impedimento do crescimento radicular, não é considerada uma planta sadia. Isso pode ser confirmado por menores valores para a porosidade e maiores densidades em PS e PC e o maior valor de porosidade para PI e menor densidade na formação Marília.

A porosidade do solo é responsável pela retenção do fluxo de ar e água, permitindo uma boa drenagem e crescimento as raízes em busca de ar, água e nutrientes. É o espaço do solo ocupado pela água e ar. Derpsch, Sidiras e Roth (1986), destacam que o maior valor para porosidade total na camada superficial reflete menor densidade do solo, podendo ser atribuída ao acúmulo de material orgânico na camada superficial, considerando o manejo do solo sem revolvimento.

Na tabela 11, pode-se observar que os valores de NDVI para as fisionomias apresentaram diferenças significativas para as formações.

Os valores de NDVI máximo e mínimos obtidos foram 7326,9 para PS na formação VRP e 5066,8 para PC na formação MA respectivamente, sendo que, segundo teste Tukey a 5% de probabilidade, ocorreu a formação de 2 grupos distintos para valores máximos, mínimos e médios.

Para valores máximos, o primeiro grupo é composto por PS na formação Marília e PS e PI na formação VRP e o segundo grupo é composto por PI e PC na formação MA e PC na formação VRP.

Para valores mínimos, o primeiro grupo é composto por PS, PI na formação MA e PS e PI na formação VRP. O segundo grupo é composto por PC na formação MA e PI e PC na formação VRP.

Para valores médios, o primeiro grupo é composto por PS na formação MA e PS e PC na formação VRP enquanto o segundo grupo é composto por PI e PC na formação MA e PI na formação VRP.

TABELA 11. Resultados médios do NDVI das fisionomias de pastagens e formações.

	Tratamento	Valores máximos		Valores mínimos		Valores médios	
		Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
Formação Marília	Saudável	7199,6 a	520,9	5713,2 a	868,0	6562 a	597,6
	Invasora	6706,9 b	1010,5	5866,9 a	1006,2	6306,8 b	992,4
	Cupim	6457,2 b	970,6	5066,8 b	923,5	5794,7 b	921,9
Formação Vale do Rio do Peixe	Saudável	7326,9 a	725,3	6334,0 a	951,7	4993 a	1331
	Invasora	7117,8 a	775,9	6095,9 ab	886,0	4554 b	892
	Cupim	6648,7 b	837,9	5829,2 b	794,1	5014 a	936

*Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5.4 Análise temporal do NDVI

O modelo de regressão cúbica descreveu significativamente melhor o comportamento dos valores médios do pixel ao longo do ano ($p < 0,0001$), determinado pela análise de variância (ANOVA). No entanto, os valores médios das séries temporais do MODIS - NDVI apresentaram maior coeficiente de ajuste [$\uparrow R^2(\text{aj})$].

Formação Marília - Valores Máximos

A figura 13 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores máximos do pixel da PS, PI e PC na formação Marília utilizando dados do MODIS-NDVI.

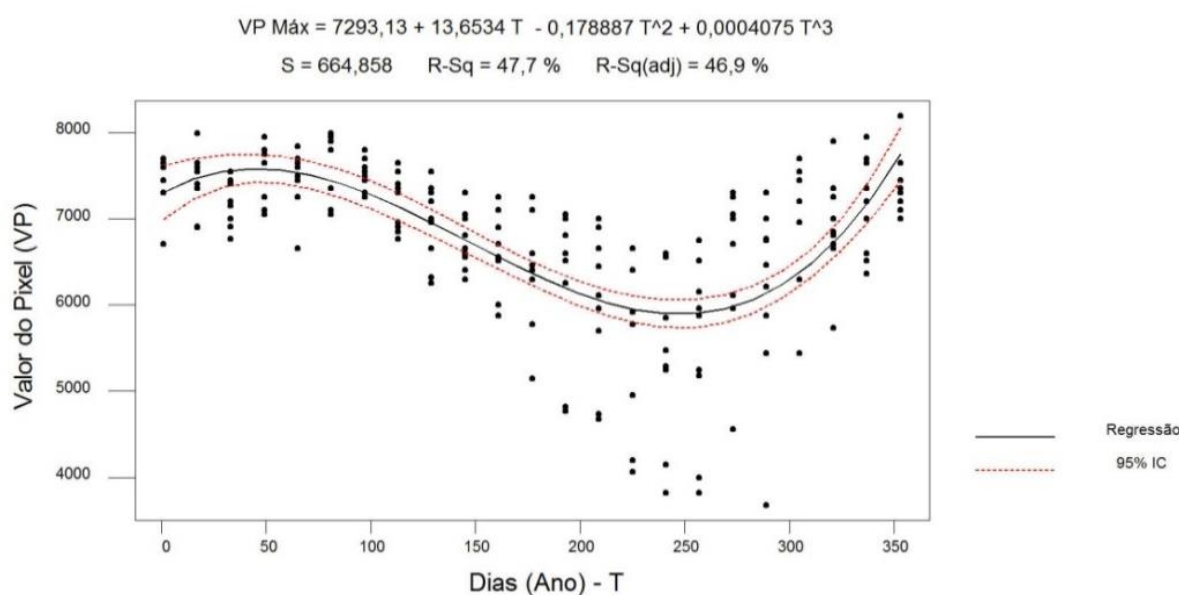


Figura 13: Regressão cúbica dos valores máximos para a formação Marília, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores máximos do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de 7199,6 \pm 520,9 (PS); 6706,9 \pm 1010,5 (PI) e 6457,2 \pm 970,6 (PC). Adotando que a conversão dos níveis de cinza em NDVI é obtida pela divisão dos valores do pixel por 10.000 (SCHAAF et al., 2002). Assim, os valores de NDVI da formação Marília com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foram de 0,720 \pm 0,052 (PS); 0,671 \pm 0,101 (PI) e 0,646 \pm 0,097 (PC).

Formação Marília - Valores Mínimos

A figura 14 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores mínimos do pixel da PS, PI e PC na formação Marília utilizando dados do MODIS-NDVI.

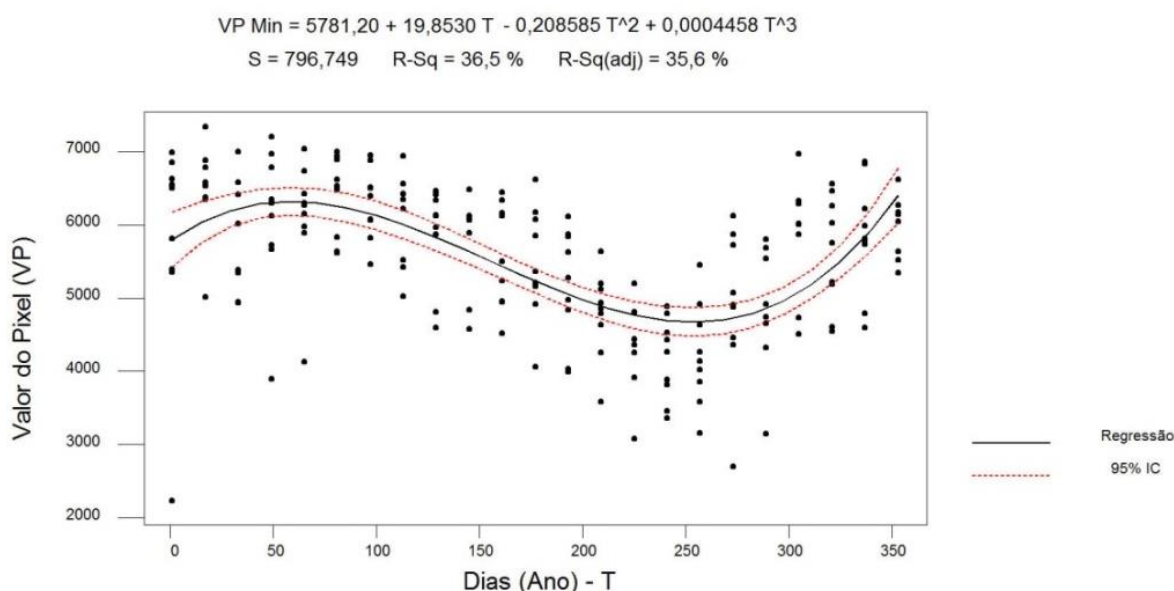


Figura 14: Regressão cúbica dos valores mínimos para a formação Marília, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores mínimos do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de 5713,2 \pm 868,0 (PS); 5866,9 \pm 1006,2 (PI) e 5066,8 \pm 923,5 (PC). Assim os valores de NDVI da formação Marília com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foi de 0,571 \pm 0,087 (PS); 0,587 \pm 0,101 (PI) e 0,507 \pm 0,092 (PC).

Formação Marília - Valores Médios

A figura 15 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores médios do pixel da PS, PI e PC na formação Marília utilizando dados do MODIS-NDVI.

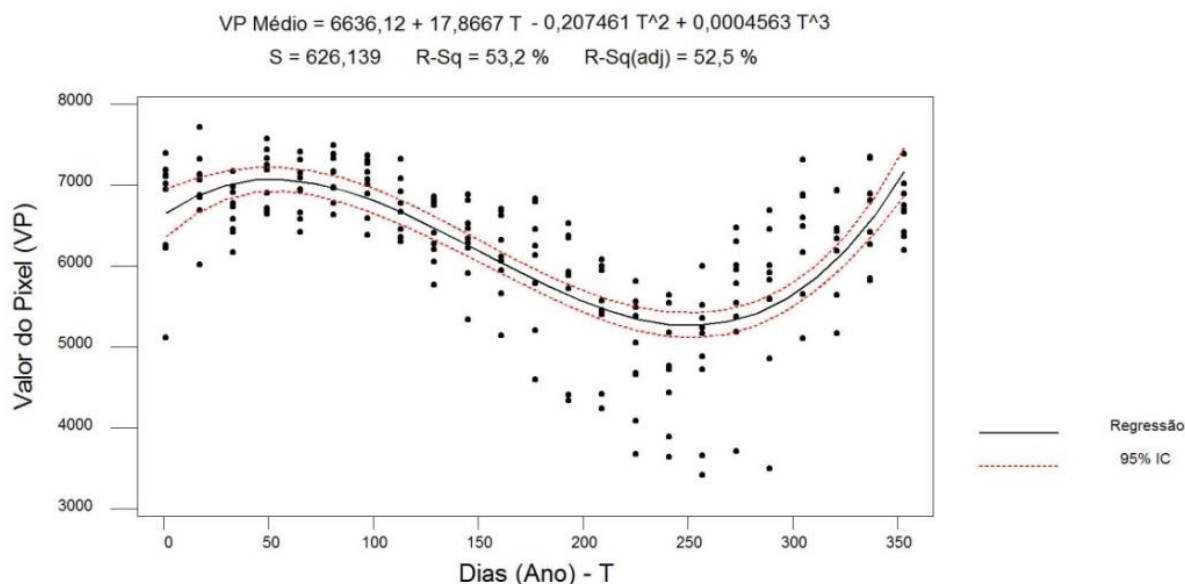


Figura 15: Regressão cúbica dos valores de pixel médios para a formação Marília, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores médios do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de $6562 \pm 597,6$ (PS); $6306 \pm 992,4$ (PI) e $5794,7 \pm 921,9$ (PC). Assim os valores de NDVI da formação Marília com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foi de $0,656 \pm 0,060$ (PS); $0,631 \pm 0,099$ (PI) e $0,579 \pm 0,092$ (PC).

Formação Vale do Rio do Peixe - Valores Máximos

A figura 16 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores máximos do pixel da PS, PI e PC na formação Vale do Rio do Peixe/Bauru utilizando dados do MODIS-NDVI.

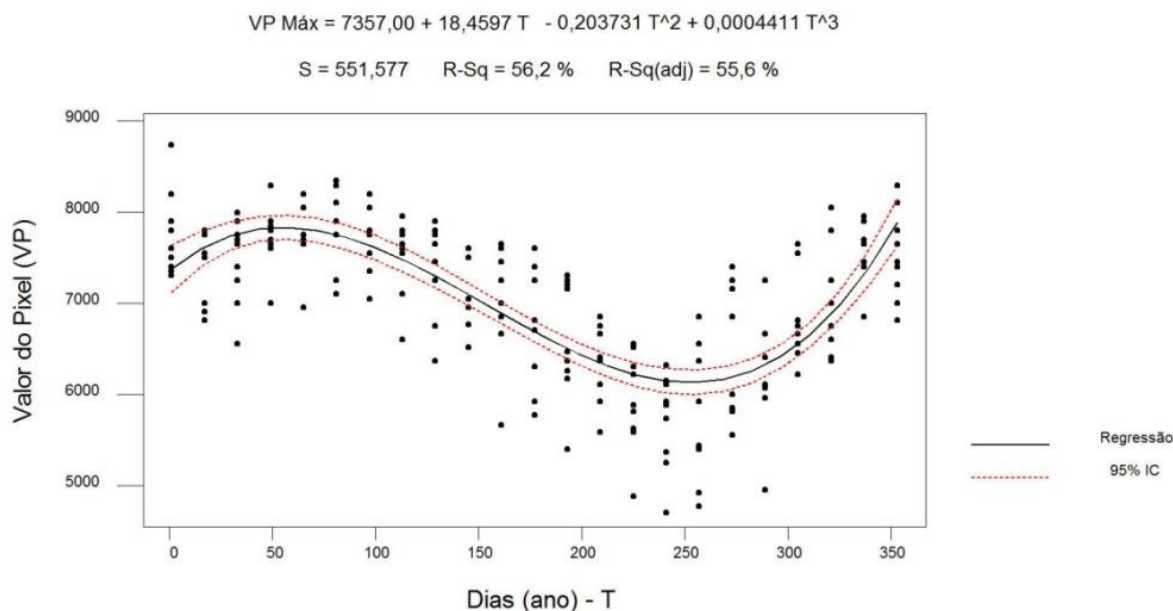


Figura 16: Regressão cúbica dos valores máximos para a formação Vale do Rio do Peixe, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores máximos do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de $7326,9 \pm 725,3$ (PS); $7117,8 \pm 775,9$ (PI) e $6648,7 \pm 837,9$ (PC). Assim os valores de NDVI da formação Vale do Rio do Peixe/Bauru com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foi de $0,733 \pm 0,073$ (PS); $0,712 \pm 0,078$ (PI) e $0,665 \pm 0,084$ (PC).

Formação Vale do Rio do Peixe - Valores Mínimos

A figura 17 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores mínimos do pixel da PS, PI e PC na formação Vale do Rio do Peixe/Bauru utilizando dados do MODIS-NDVI.

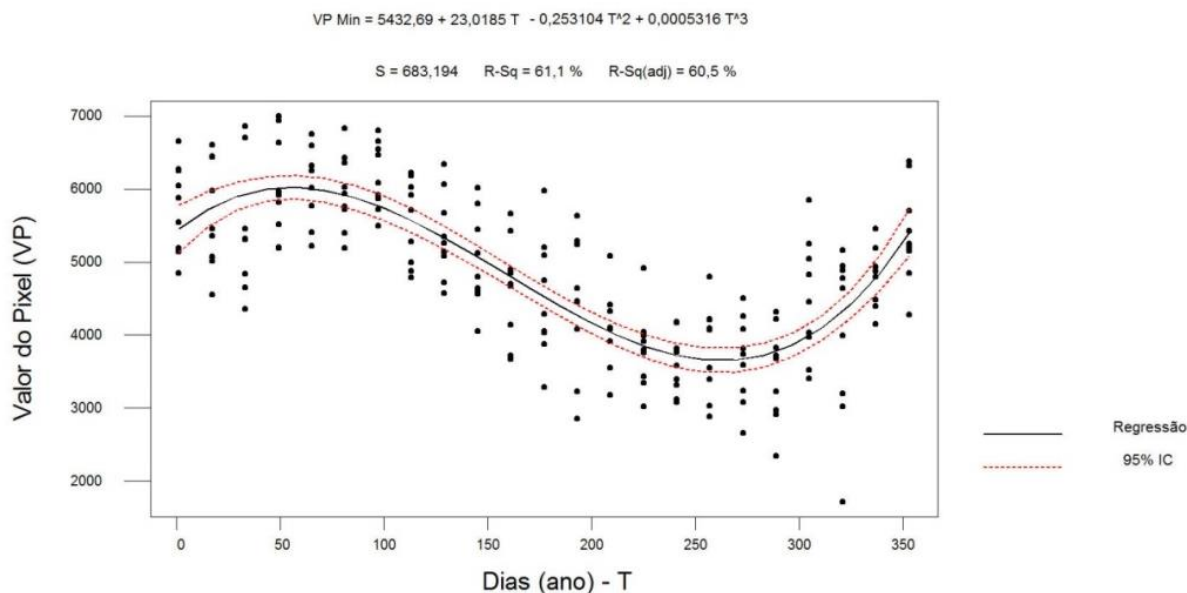


Figura 17. Regressão cúbica dos valores mínimos para a formação Vale do Rio do Peixe, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores mínimos do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de $6334,0 \pm 951,7$ (PS); $6095,9 \pm 886,0$ (PI) e $5829,2 \pm 794,1$ (PC). Assim os valores de NDVI da formação Vale do Rio do Peixe/Bauru com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foi de $0,633 \pm 0,095$ (PS); $0,610 \pm 0,089$ (PI) e $0,583 \pm 0,079$ (PC).

Formação Vale do Rio do Peixe - Valores Médios

A figura 18 apresenta o gráfico de regressão cúbica dos valores médios do pixel da PS, PI e PC na formação Vale do Rio do Peixe/Bauru utilizando dados do MODIS-NDVI.

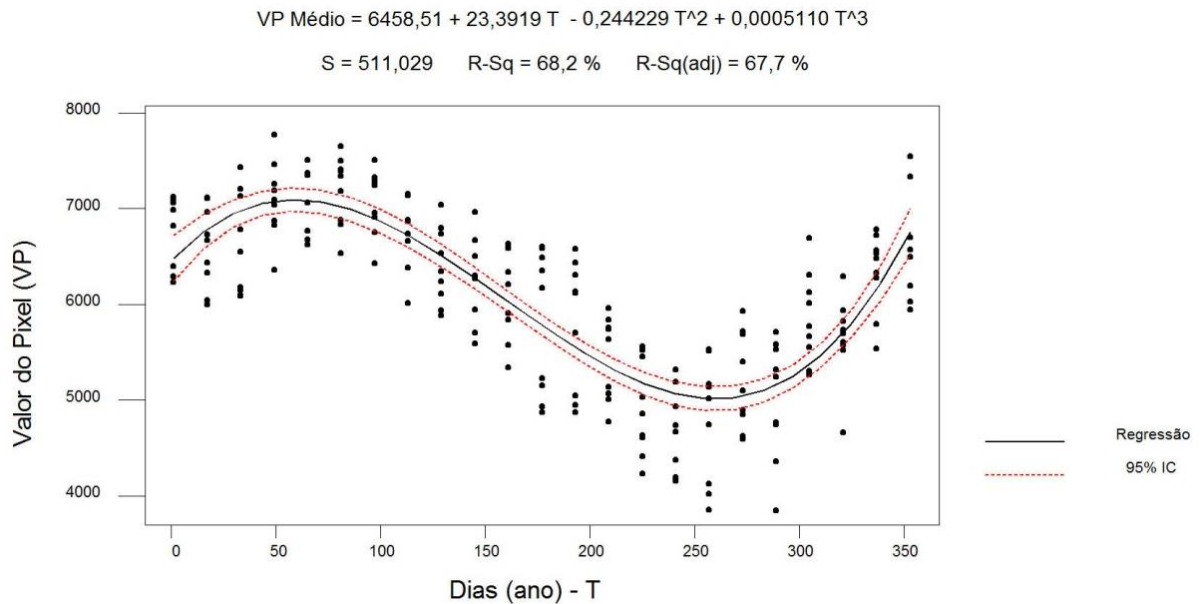


Figura 18. Regressão cúbica dos valores médios para a formação Vale do Rio do Peixe, dos dados do MODIS-NDVI, adotando intervalo de confiança (IC) de 95%.

As análises da média \pm desvio padrão dos valores médios do pixel das áreas com PS, PI e PC no período de 2013 a 2015, utilizando séries temporais do MODIS-NDVI, foi de 4993 ± 1331 (PS); 4554 ± 892 (PI) e 5014 ± 936 (PC). Assim os valores de NDVI da formação Vale do Rio do Peixe/Bauru com base nas imagens orbitais do MOD13Q, foi de $0,499 \pm 0,133$ (PS); $0,455 \pm 0,089$ (PI) e $0,501 \pm 0,094$ (PC).

6 CONCLUSÃO

O índice de vegetação normalizada (NDVI) permite a identificação da fisionomia da pastagem tropical.

A densidade é alta nos Argissolos nas fisionomias de pastagens.

Na formação Vale do Rio do Peixe e na Formação Marília foi possível identificar diferenças significativas entre os atributos físicos das fisionomias.

O produto MOD13Q1 do sensor Modis foi eficiente para produzir mapas temporais que descrevem o comportamento espectral da vegetação das fisionomias de pastagem a partir do NDVI.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, D. A.; ADAMI, M.; SILVA, W. F.; RUDORFF, B. F. T.; MELLO, M. P.; DA SILVA, J. D. S. V. MODIS time series to assess pasture land. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2010 IEEE International. IEEE, 2010. p. 2123-2126.

ALBUQUERQUE, J. A.; SANGOI, L.; ENDER M. Efeitos da integração lavoura-pecuária nas propriedades físicas do solo e características da cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 717-723, 2001.

ANDERSON, L. O.; LATORRE, M. L.; SHIMABUKURO, Y. E.; ARAI, E.; CARVALHO JÚNIOR, O. D. **Sensor MODIS: uma abordagem geral**. São José dos Campos: INPE. 2003.

ANDRADE, R. G.; RODRIGUES, C. A. G.; SANCHES, I.; TORRESAN, F.; QUARTAROLI, C. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de processos de degradação de pastagens. **Engenharia na Agricultura**, v. 21, n. 3, p. 234-243, 2013.

ANDRADE, R. G.; DE CASTRO TEIXEIRA, A. H.; LEIVAS, J. F.; DA SILVA, G. B. S.; NOGUEIRA, S. F.; DE CASTRO VICTORIA, D.; BOLFE, É. L. Indicativo de pastagens plantadas em processo de degradação no bioma Cerrado. In: **Proc. Brazilian Symposium on Remote Sensing**. 2015. p. 1585-1592.

ANJOS, J. T.; UBERTI, A. A. A.; VIZZOTTO, V. J.; LEITE, G. B.; KRIEGER, M. Propriedades físicas em solos sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, n. 1, p.139-145, 1994.

ANJOS, V. S.; SANO, E. E.; BEZERRA, H. D. S.; ROSA, R. Caracterização espectro-temporal de pastagens do triângulo mineiro utilizando dados modis evi2 (2000-2010). **Sociedade & Natureza**, v. 25, n. 1, p. 205-215, 2013.

ANUALPEC. 2015. Anuário da Pecuária Brasileira, 20th edn. Instituto FNP, São Paulo, SP, Brasil.

BAYMA, A. P.; SANO, E. E. Time series of vegetation indices (NDVI and EVI) from MODIS for detecting deforestation in the Cerrado biome. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 21, n. 4, p. 797-813, 2015.

BARCELLOS, A. D. O.; VIANA FILHO, A.; BALBINO, L. C.; OLIVEIRA, I. P.; YOKOYAMA, L. P. Produtividade animal em pastagens renovadas em solo arenoso de cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 34.,1997. Juiz de Fora, **Anais**. Juiz de Fora: SBZ, v.4, p.207-209, 1997.

BARKER, J.L.; HARDEN, M.K.; ANUTA, E.A.; SMID, J. E HOUGT, D. **MODIS spectral sensivity study: requirements and characterization**. Washington: Nasa, Oct, 1992, 84p.

BENEDETTI, A. C. P.; LIPPERT, D. B.; PEREIRA, R. S.; ALMEIDA, C. M. D.; CARDOSO, C. D. V.; HENDGES, E. R. Uso do produto MOD13Q1 do sensor Modis para análise temporal e mapeamento das florestas nas Serras do Sudeste e Campanha Meridional do Rio Grande do Sul. **Revista Árvore**, v. 37, n. 3, p. 459-467, 2013.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**. 14. ed. Upper Saddle River: Pearson-Prentice Hall, 2008. 990 p.

BRASIL. Leis e Decretos. Lei Federal nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm.

BRASIL. Leis e Decretos. Decreto nº 7.390, de 9 de dezembro de 2010. Regulamenta os artigos. 6º, 11 e 12 da Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009, que institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7390.htm.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Piracicaba, Degaspar, 1997. 132p.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos; PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 33:147-157, 2009.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M. & BUZETTI, S. Alterações nas Propriedades Físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro sob Diferentes Culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23:997-1003, 1999.

CEPAGRI - CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. Classificação de clima. Disponível em: http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_279.html. Acesso em 25 out. 2016.

CePEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [CEPEA]. 2016b. PIB agronegócio. Disponível em: . Acesso em: 06 jan. 2017.

CEZAR, I. V.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. de S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande, MS; Embrapa Gado de Corte, 2005. 40p.

CHUVIECO, E.; SALAS, J. Mapping the spatial distribution of forest fire danger using GIS. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 10, n. 3, p. 333-345, 1996.

CORREIA, A. H.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; DUARTE, V. Avaliação de índices de vegetação MODIS para detecção de desmatamentos na Amazônia. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 1, n. 2, p. 52-64, 2006.

CORSI, M.; PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. DE; FARIA, E. V. P. DE. Pastagens de alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 8., 1996, Piracicaba - SP, **Anais** do 8º ... Piracicaba: FEALQ, p. 499-512, 1996.

COSTA, B. M. da. Tipos de pastagens, sob o ponto de vista ecológico. [199-] Disponível em: http://www.agronline.com.br/agrociencia/pdf/public_47.pdf. Acesso em 15 out. 2016.

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; SBRISSIA, A. F.; PEREIRA, L. E. T. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. **IV Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, v. 4, p. 75-100, 2008.

DE CARVALHO, T. B.; DE ZEN, S. A cadeia de Pecuária de Corte no Brasil: evolução e tendências. **Revista iPecege**, v. 3, n. 1, p. 85-99, 2017.

DE OLIVEIRA SILVA, R., BARIONI, L. G., HALL, J. A. J., MATSUURA, M. F., ALBERTINI, T. Z., FERNANDES, F. A., & MORAN, D. Increasing beef production could lower greenhouse gas emissions in Brazil if decoupled from deforestation. **Nature Climate Change**, 2016.

DE SANTANA, S. H. C.; GALVÍNCIO, J. D. Aplicação do SARVI em fragmentos de mata no município de Recife-PE como alternativa de análises ambientais em áreas urbanas. In: Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1121-1128.

DERPSCH, R.;SIDIRAS, N.; ROTH, C. H. Results of studies made from 1977 to 1984 to control erosion by cover crops and no-tillage techniques in Paraná, Brazil. **Soil and tillage Research**, , v. 8, p. 253-263, 1986..

DIAS-FILHO, M. B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens tropicais degradadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. Special Suppl, p. 535-553, 2006.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. 4.ed. 2 impressão correções e revisão. Belém: Ed. do Autor, 2015. 216p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627 ; 132).

EPIPHANIO, R. D. V., FORMAGGIO, A. R., RUDORFF, B. F. T., MAEDA, E. E., & LUIZ, A. J. B.. Estimating soybean crop areas using spectral-temporal surfaces derived from MODIS images in Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 1, p. 72-80, 2010.

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. D. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238- 243, 2010.

FERREIRA, D. DE J.; MOURA ZANINE, A. de, Importância da pastagem cultivada na produção da pecuária de corte brasileira (Importance of the pasture cultivated in beef cattle production in. **REDVET**, 2007.

FIGUEIREDO, C. D.; SANTOS, G. G.; PEREIRA, S.; NASCIMENTO, J. D.; ALVES JÚNIOR, J. Propriedades físico-hídricas em Latossolo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 2, p. 146-151, 2009.

GAO, Q.; LI, Y.; WAN, Y.; LIN, E; SIONG, W.; JIANGCUN, W.; WANG, B.; LI. W. Grassland degradation in northern Tibet base on remote sensing data, **Journal of Geographical Sciences**, v. 16, n. 2, p. 165-173, 2006.

HILLEL, D. **Solo e água; fenômeno e princípios físicos**. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1970. 231p.

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

IBGE. Séries Estatísticas e Séries Históricas. 2006. Disponível em: <http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=AGRO03&sv=1&t=utilizacao-das-terras-ha>. Acesso em: 27 out. 2016.

JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G.; VERMOTE, E. F., MASUOKA, E., WOLFE, R. E., SALEOUS, N., ROY, D. P., MORISETTE, J. T. An overview of MODIS Land data processing and product status. **Remote Sensing of Environment**, v. 83, n.1-2, Nov. p 3 –15, 2002.

KICHEL, A. N.; MIRANDA, C. H. B.; ZIMMER, A. H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 201-234.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G. Vantagens da recuperação e renovação de pastagens degradadas com a utilização de sistemas integrados de produção agropecuária. **Revista Agro & Negócios**, v.11, n.14, p.48-50, 2012.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1979. 262p.

KLEIN, V. A. Densidade relativa: um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.5, n. 1, p.26-32, 2006.

KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. Conservation of the Brazilian Cerrado. **Conservation Biology**, v.19, p.707-713, 2005.

LI, Y., CAO, Z., LONG, H., LIU, Y., & LI, W. Dynamic analysis of ecological environment combined with land cover and NDVI changes and implications for sustainable urban-rural development: The case of Mu Us Sandy Land, China. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 697-715, 2017.

LIMA, C.E.S. de; GOMES, D.D.M.; LIMA, D. R. M. de. DEUS, R. A. da S. G. de.; COSTA, S. O. de S. Análise multitemporal da cobertura vegetal do município de Garanhuns - PE, através dos dados de NDVI. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

LOURENÇO, R. W.; LANDIM, P. M. B. Estudo da variabilidade do "índice de vegetação por diferença normalizada/ndvi" utilizando krigagem indicativa. **Holos Environment**, v. 4, n.1, p, 38-55, 2004.

MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H. Sistemas pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A.; REIS, R.A. (Eds.) **Simpósio Sobre Ecossistemas das Pastagens**, 2, 1993. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP: UNESP, 1993, p.216-245.

MACEDO, M. C. M. Pastagem no ecossistema Cerrados: pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: **SIMPÓSIO SOBRE PASTAGENS NOS ECOSSISTEMAS BRASILEIROS**, I, 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p. 28-62.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: EMBRAPACNPGC, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: alternativa para sustentabilidade da produção animal. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 18., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 257-283.

McGARRY, D.; BRIDGE, B. J. e RADFORD, B. J. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid tropics. **Soil Till. Res.**, 53:105-115, 2000.

MENESES, P. R., & ALMEIDA, T. D. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UNB/CNPq, 2012.

MIURA, T.; YOSHIOKA, H.; FUJIWARA, K.; YAMAMOTO, H. Inter-comparison of ASTER and MODIS surface reflectance and vegetation index products for synergistic applications to natural resource monitoring. **Sensors**, v. 8, p. 2480-2499, 2008.

MORAES, Y. J. B. **FORAGEIRAS. Conceitos, formação e manejo**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1995. 215 p.

MOREIRA, L.; ASSAD, E. D. **Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, p. 6, 2000.

MOTTA, M. E. V. da; SCHIAVO, L. R.; IGNOATTO, M. L.; CAMARGO, M. E. Sistemas de produção da bovinocultura de corte na região oeste do mato grosso sob a visão da contabilidade de custos: intensivo versus extensivo. In: XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELENCIA EM GESTÃO, RJ, agosto, 2015. ISSN 1984-9354

NASA - NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. Modis home page. Disponível em:<modis.gsfc.nasa.gov/>. Acesso em 20 out. 2016.

NASCIMENTO JUNIOR, D.do; QUEIROZ, D. S.; SANTOS, M. V. F. dos. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: SIMPOSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba, FEALQ, 1994.

NASCIMENTO, M. C.; RIVA, R. D. D.; CHAGAS, C. da S.; OLIVEIRA, H. de; DIAS, L. E.; FERNANDES FILHO, E. I.; SOARES, V. 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.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed. rev. e amp. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. xv, 363 p.

PEDREIRA, CARLOS GS; SILVA, LILIANE S.; ALONSO, MARCELL P. Use of grazed pastures in the brazilian livestock industry: a brief overview. **Forages Warm Clim**, v. 7, 2015.

PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655–661, 2004.

PIRES, B. S.; DIAS JUNIOR, M. S.; ROCHA, W. W.; ARAUJO JUNIOR, C. F.; CARVALHO, R. C. R. Modelos de capacidade de suporte de carga de um Latossolo Vermelho-amarelo sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 2, p. 635-642, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000200032>.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: A. Silva Vieira Ed., 2007. 127 p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. **Ciência e Ambiente**, v. 27, n. 02, p. 29-48, 2003.

REINERT, D. J.; ALBUQUERQUE, J. A.; REICHERT, J. M.; AITA, C.; ANDRADA, M. M. C. Limites Críticos de Densidade do Solo para o Crescimento de Raízes de Plantas de Cobertura em Argissolo Vermelho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p.1805-1816, 2008.

RIBON A. A.; CENTURION, J. F.; CENTURION, M. A. P. C.; CARVALHO FILHO, A. Propriedades Físicas de Latossolo e Argissolo em Função de Práticas de Manejo Aplicadas na Entrelinha da Cultura da Seringueira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 26:781-787, 2002.

RODRIGUES, P. N. F.; ROLIM, M. M.; BEZERRA NETO, E.; PEDROSA, E. M. R. e OLIVEIRA, V. S. Crescimento e composição mineral do milho em função da compactação do solo e da aplicação de composto orgânico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.1, p.94-99, 2009.

ROUSE, J. W.; HAAS, J. A.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. In: Earth Resources. Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington D.C., 1973. Proceedings... Washington, D. C.: NASA. Goddard Space Flight Center, v. 1, p.309-317. (NASA SP-351).

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W.; HARLAN, J. C. Monitoring the vernal advancement and retrogradation of natural vegetation. Greenbelt: National Aeronautics and Space Administration, 1974, 371 p. (Nasa/GSFC TYPE III. Final Report).

RUDORFF, C. M.; RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M.; VIEIRA, C. A. O. Superfícies de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.37, p.118-125, 2007.

SALMAN, A. K. D. **Conceitos de Manejo de Pastagem Ecológica**. Rondônia: Embrapa Rondônia, 2007. 19 p. (ISSN 0103-9865; Documentos, 121).

SANTIAGO, M. M.; SILVA, H. A.; GALVINCIO, J. D.; OLIVEIRA, T. H. Análise da cobertura vegetal através dos índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) no entorno da Barragem do Botafogo - PE. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v. 14, p. 3003-3009, 2009.

SANTANA, O. A., CARVALHO JÚNIOR, O. A. D., PIMENTEL, C. M. M., GOMES, R. A. T., & OLIVEIRA, S. N.. Modelagem de espectros temporais NDVI-MODIS, no período de 2000 a 2008, na bacia do rio Paracatu, **Brasil.Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 1, p. 47-60, 2010.

SANTOS, F.C. DE; BARCELOS, A. C.; RODRIGUES, S. C. Distribuição de atributos físicos do solo sob vertente em ambiente de Cerrado nativo no Triângulo Mineiro. **Caderno de Geografia**, v.25, n.43, 2015. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/download/8045/7597>>.DOI: 10.5752/P.2318-2962.2015v25n43p66.

SCHAAF, C. B., GAO, F., STRAHLER, A. H., LUCHT, W., LI, X., TSANG, T., & LEWIS, P. First operational BRDF, albedo nadir reflectance products from MODIS. **Remote sensing of Environment**, v. 83, n. 1, p. 135-148, 2002.

SILVA, L. G. da; MENDES, I. de C.; REIS JUNIOR, F. B.; FERNANDES, M. F.; MELO, J. T. de; KATO, E. Atributos físicos, químicos e biológicos de um Latossolo de cerrado em plantio de espécies florestais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.6, p.613-620, jun. 2009.

SILVA, O. D. da. Processamento digital de imagens NDVI, para classificação das fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Simposio Brasileiro de sensoriamento Remoto, 17, 2015, João Pessoa. **Anais...**: São José dos Campos: INPE, 2015. disponível em <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/sumario.htm>>. Acesso em 30 nov. 2016.

SOARES, M. D. R.; CAMPOS, M. C. C. C.; SOUZA, Z. M. de; BRITO, W. B. M.; FRANCISCON, U. Variabilidade espacial dos atributos físicos do solo em área de Terra Preta Arqueológica sob pastagem em Manicoré, AM. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 58, n. 4, p. 434-441, out./dez. 2015.

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT. Memórias. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Veracruz, México 1988. CIAT. p. 269-283.

SPERA, S. T.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; TOMM, G. O. Efeitos de sistemas de produção de grãos envolvendo pastagens sob plantio direto nos atributos físicos de solo e na produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 28, n. 3, p. 533-542, 2004.

STRAHLER, A.; MUCHONEY, D.; BORAK, J.; FRIEDL, M.; GOPAL, S.; LAMBIN, E.; MOODY, A. MODIS land cover and land-cover change products algorithm theoretical basis document (ATBD). Version 5.0, Center for Remote Sensing, Department of Geography, Boston: University, May, 1999, 72p.

TOLEDO, J.M.; SERRAO, E.A.S. **Proyecto de investigación em pasturas y ganaderia**. Lima, Perú: Red de Investigación Agroecologica para la Amazonia. 1984. 71p.

TRAZZI, P. A.; OLIVEIRA, P. P. de; RANGEL, O. J. P.; PASSOS, R. R. Analise da porosidade total de um argissolo vermelho-amarelo sob diferentes coberturas vegetais. In XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação - Universidade do Vale do Paraíba, 2009.

ZEWDIE, W.; CSAPLOVICS, E.; INOSTROZA, L. Monitoring ecosystem dynamics in northwestern Ethiopia using NDVI and climate variables to assess long term trends in dryland vegetation variability. **Applied Geography**, v. 79, p. 167-178, 2017.

ZIMMER, A. H.; MACEDO, M. C. M; KICHEL, A. N.; ALMEIDA, R. G. **Degradação, recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de corte, 2012. 46 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, n. 189).