

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS - DEAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

SAADYA NAYLLA DOS SANTOS

**CONCEITOS E APLICAÇÕES DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NAS CIÊNCIAS
FLORESTAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

VITÓRIA DA CONQUISTA

2014

SAADYA NAYLLA DOS SANTOS

**CONCEITOS E APLICAÇÕES DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NAS CIÊNCIAS
FLORESTAIS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Monografia apresentado à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB/*campus* de Vitória da Conquista – BA, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof.º Dr. Odair Lacerda Lemos

VITÓRIA DA CONQUISTA

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA - UESB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA E SOLOS - DEAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

Campus de Vitória da Conquista – BA.

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: Conceitos e aplicações dos índices de vegetação nas ciências florestais: uma pesquisa bibliográfica

Autor: Saadya Naylla dos Santos

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de BACHAREL EM ENGENHARIA FLORESTAL, pela Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sc. Odair Lacerda Lemos – UESB

Presidente

Eng. Florestal Gisele Lemos Moreira – UESB

Examinador

Prof. Me. Obertal da Silva Almeida – UESB

Examinador

Data de realização: 15 de Dezembro de 2014

UESB – Campus Vitória da Conquista, Estrada do Bem Querer, Km 04
Telefone: (77) 3424-8600
Telefax: (77) 3424-1059 CEP: 45083-900
E-mail: ccflorestal@uesb.br

RESUMO

Os índices de vegetação são combinações matemáticas das reflectâncias das regiões do espectro do visível vermelho e infravermelho a fim de prover informações a respeito da flora existente em determinado local. Este trabalho teve por objetivo informar sobre conceitos e ressaltar a importância de tais índices por meio de uma revisão bibliográfica. Esta foi embasada em artigos científicos, livros e apostilas que abordavam sobre o tema e o fichamento para análise desse material foi de acordo com a proposta de Severino (2002). O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) tem sido o mais utilizado devido a sua facilidade de interpretação, reduzindo as variadas formas de ruídos e não se alterando por conta do aumento do dossel. Outro índice muito importante é o Índice de Área Foliar (IAF) que considera a razão da área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação; por meio desse índice é possível obter a estimativa de biomassa e além disso, a produtividade dessas plantas. O *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) foi criado visando corrigir o problema do brilho do solo que afeta o NDVI, sendo assim, esse índice consegue sanar este problema e desta forma promove uma boa análise da vegetação de áreas do árido e semi-árido. Outro índice utilizado para tais regiões, nas quais a vegetação é rala é o Transformed Soil Adjusted Vegetation Index (TSAVI). Por conta das limitações desses índices e as suas especificidades para diferentes situações, se faz necessário o desenvolvimento de um índice, o qual seja mais genérico aos diferentes biomas e não sofra interferências aos fatores exógenos a vegetação.

Palavras-chaves: Comportamento espectral. Sensoriamento remoto. Processamento digital de imagens. Aplicação de índices de vegetação.

ABSTRACT

The vegetation indexes are mathematical combinations of the reflectances on the regions of the visible spectre of the red and infra-red to provide informations about the flora in certain place. This study aimed to inform on concepts and highlight the importance of such index through a bibliographic review. This was based on scientific articles, books and handouts that addressed on the subject and the file for analysis of this material was in accordance with the proposal of Severino (2002). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has been the most widely used due to its ease of interpretation, reducing various forms of noise and not changing due the increase of the canopy. Another important index is the Leaf Area Index (LAI) that considers the ratio of leaf area of vegetation per unit area used by this vegetation; by means of this ratio it is possible to estimate the biomass and in addition, the productivity of the plants. The Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI) was created to correct the soil brightness's problem that affects the NDVI, so this index can solve this problem and thus promotes a good analysis of the vegetation in arid and semi-arid areas. Another index used to such regions where vegetation is sparse is the Transformed Soil Adjusted Vegetation Index (TSAVI). Because of the limitations of these indexes and their specificities for different situations, it is necessary the development of an index, which is more general to the different biomes and does not suffer interference by exogenous factors.

Keywords: Spectral behavior. Remote sensing. Digital image processing. Application of vegetation indexes.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	9
3 ANÁLISE DA LITERATURA.....	10
3.1 Sensoriamento Remoto.....	10
3.2 Processamento Digital de Imagens.....	12
3.3 Índices de Vegetação.....	15
3.3.1 Índices de Vegetação mais Usados nos Recursos Florestais.....	16
3.4 Aplicações dos Índices de Vegetação.....	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	29
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

Desde o começo da década de 70, os satélites têm possibilitado o avanço científico e tecnológico em diversos campos de pesquisa através do emprego de diferentes equipamentos que possibilitam uma série de atividades que podem ser adotadas no intuito de facilitar o reconhecimento de áreas ou fenômenos, entre eles temos o uso de sensores que possibilitam a interação da radiação eletromagnética (REM) entre os satélites e a superfície terrestre, assim possibilitando o reconhecimento e mapeamento de áreas e fenômenos através de um conjunto de técnicas denominadas sensoriamento remoto.

O sensoriamento remoto tem por objetivo o registro e a análise de objetos que não estão em contato físico com os sensores, usando da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos mesmos na detecção de dados para uma análise eficaz daquilo que é observado. Todavia a captação da radiação eletromagnética pelos sensores é apenas parte do processo, estes dados recebidos devem ser devidamente convertidos em sinal elétrico ou valor digital de acordo com a intensidade da energia captada e ainda precisam passar pelo processamento digital de imagens, que fornecerá as ferramentas necessárias para a identificação e extração das informações contidas para posterior análise e interpretação (NOVO, 2008).

O processamento digital de imagem é feito por meio do uso de programas específicos, que possibilitam o reconhecimento de determinados elementos das imagens, revelando ou realçando possíveis objetos ou padrões que serão convertidos em dados que virão a ser analisados.

O emprego do sensoriamento remoto é de fundamental importância para monitorar e quantificar a distribuição da vegetação em um determinado espaço, usando para isso o índice de vegetação. O índice de vegetação é o resultado de uma série de cálculos que têm por função determinar várias combinações matemáticas das refletâncias em faixas espectrais da radiação eletromagnética, assim possibilitando uma combinação das informações contidas na radiação refletida pelos dosséis nas regiões do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (MOREIRA, 2007).

Este trabalho tem como objetivo apresentar por meio de uma revisão literária a obtenção de conceitos e informações necessárias com o propósito de ressaltar a importância dos índices de vegetação no setor florestal.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo consistiu em revisão de literatura, a qual procura explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas, embasada em artigos científicos, teses, livros e apostilas, encontrados nas bases de dados: INEP, Scielo, CNPq, IBGE, Raega, Geonorte e Cadegeo. Utilizaram-se os seguintes descritores: “sensoriamento remoto, processamento digital de imagens e índices de vegetação”. O fichamento para análise dos artigos foi realizado conforme a proposta de Severino (2002). O critério de inclusão dos artigos foi o seu conteúdo abordar conceitos e mecanismos de obtenção de subsídios para a interpretação de índices de vegetação.

Utilizando-se os descritores, foram encontrados doze artigos científicos no recorte temporal estabelecido, duas teses, cinco livros e onze apostilas. Ao considerar os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos, trinta estudos foram utilizados nesta revisão e apenas dezesseis abordavam diretamente sobre índices de vegetação. A revisão foi dividida em tópicos específicos de cada descritor, sendo iniciado pelas definições, aos quais se seguiram pelo desenvolvimento do tema, podendo assim obter a aplicação dos índices de vegetação.

3 ANÁLISE DA LITERATURA

3.1 Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser definido como um conjunto de operações as quais propiciam aquisição de informações dos elementos presentes na superfície terrestre por meio da detecção e interpretação das respostas às interações entre a radiação eletromagnética com os objetos da terra, sem a necessidade de contato direto com os mesmos (MORAES, 2002).

Segundo Novo (2008), a radiação eletromagnética é emitida por todo corpo que apresente temperatura superior a zero Kelvin (equivalente a -372° Celsius), contudo o sol é a principal fonte de REM para o sensoriamento remoto da superfície terrestre. Essa radiação é conceituada como uma transferência de energia por meio das ondas eletromagnéticas, podendo ser propagadas no vácuo ou em um meio material sem a necessidade de um intermediário (PALANDI *et al.*, 2010).

Segundo Rosendo (2005), o espectro eletromagnético se trata de uma representação continua da radiação eletromagnética, sendo subdividido em faixas bem demarcadas apresentando características singulares na detecção de energia em processos físicos. As faixas mais utilizadas no sensoriamento remoto são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Faixas utilizadas em sensoriamento remoto

Faixas	Comprimentos de Onda
Visível	0,4 – 0,72 μm
Azul	0,45 – 0,50 μm
Verde	0,50 – 0,54 μm
Vermelho	0,65 – 0,72 μm
Infravermelho próximo	0,72 – 1,3 μm
Infravermelho médio	1,3 – 4,0 μm
Infravermelho distante	4,0 – 300 μm
Microondas	1,0 – 100 μm

Fonte: Rosendo, 2005.

Segundo Meneses *et al.* (2012), o sensoriamento remoto ocorre apenas por sensores que utilizam a energia eletromagnética para o processamento de formação das imagens. Os sensores são constituintes importantes dos satélites, capazes de captar a energia eletromagnética refletida dos objetos terrestres e posteriormente transformá-la em sinal elétrico ou valor digital de acordo com a intensidade da energia, sendo desta forma possível ser armazenado ou transmitido em tempo real (FIGUEIREDO, 2005).

De acordo com Moraes (2002), o sistema sensor é constituído por um coletor - componente óptico responsável por concentrar a energia refletida do objeto no detetor; filtro – componente encarregado de escolher a faixa espectral da energia a ser medida; detetor – é o componente responsável em produzir um sinal elétrico a partir da absorção do fluxo de energia; processador – componente incumbido de melhorar o fraco sinal fornecido pelo detetor e pela digitalização do sinal elétrico do mesmo componente; e unidade de saída – componente que registra os sinais elétricos do detetor para a extração de informações.

Os sistemas de sensores são classificados quanto à fonte de energia como **ativos** – utilizam energia eletromagnética artificial provinda de radares presentes nos próprios satélites; e **passivos** – necessitam de uma energia eletromagnética natural emitida ou refletida dos corpos terrestres; estes sensores são agrupados em duas categorias de acordo ao princípio de funcionamento em: **de varredura (“scanning”)** – onde a imagem da área é formada pela obtenção de uma sequência de pixel; e **de não-varredura (“non scanning”)** – é obtida a foto do local de interesse, apenas pela transformação da radiação refletida de uma determinada área da terra por meio de uma única imagem (MOREIRA, 2001).

Ainda de acordo com o mesmo autor, esses sensores podem ser classificados de acordo o tipo de produto sendo: **sistemas fotográficos** - ferramentas compostas de lentes e uma película fotossensível onde a energia provinda dos objetos da terra é gravada e **não-fotográficos** – instrumentos responsáveis em medir a intensidade da radiação eletromagnética oriundas dos objetos terrestres em determinadas faixas espectrais. Outra classificação adotada por Novo (1992), referente ao tipo de transformação sofrida pela radiação detectada dividem os sensores em: **imageadores** – produzem uma

imagem do local observado; e **não-imageadores** – fornecem o produto em forma de dígitos ou gráficos.

As imagens obtidas pelo sensor, em formato digital, serão armazenadas em arquivos computacionais, do seguinte modo: o sinal digital transmitido do satélite por telemetria estará registrado nas estações de rastreamento e em laboratórios que gerarão a imagem no formato de *raster* para distribuição dos usuários (MENESES *et al.*, 2012). Existe para cada imagem de sensoriamento remoto um arquivo com informações da mesma e outro com a imagem digital contendo os valores numéricos dos pixels de determinada imagem (FIGUEIREDO, 2005).

A imagem digital é formada por dígitos que estão dispostos em um formato de grade regular. Cada unidade tem como coordenadas x e y os quais representam colunas e linhas, essa unidade recebe o nome de pixel, sendo sempre iniciado a partir do canto superior esquerdo, assim as linhas são contadas de cima para baixo e as colunas da esquerda para a direita (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2001).

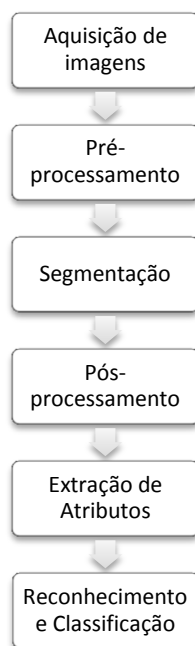
Cada pixel apresenta um nível de cinza que variam do nível mínimo (preto) ao nível máximo (branco), que representa a intensidade da radiação eletromagnética do determinado local deste pixel, sendo indicado por um valor numérico. Quanto maior a quantidade de pixel melhor será a resolução e qualidade da imagem (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2001).

3.2 Processamento Digital de Imagens

Segundo Albuquerque, Marcio e Albuquerque, Marcelo (2001), o processamento digital de imagens (PDI) consiste em modificar sucessivamente a imagem até se obter o resultado que permitirá extrair as informações desejadas nelas presentes de maneira mais fácil.

Desta forma, o objetivo do uso do processamento digital de imagens é melhorar visualmente algumas feições estruturais para o analista e assim gerar outros dados para a interpretação, proporcionando resultados que possam ser utilizados em outros processamentos (ANDRADE, s/d).

Os processos de PDI são divididos em algumas etapas:



Fonte: Rezende, 2004.

Figura 1 - Etapas do processamento digital de imagens

A aquisição de imagens consiste na formação da imagem e a sua digitalização. Já o pré-processamento tem como finalidade corrigir as imperfeições provindas da aquisição da imagem e também destacar os detalhes de interesse, de modo que facilite os demais processos, utilizando técnicas de retirar ruído, isolar regiões onde sua textura indique chances de dados alfanuméricos e intensificar contraste (ANDRADE, s/d; REZENDE, 2004).

O passo seguinte consiste na segmentação da imagem onde serão separados os pixels considerados relevantes (“objetos”) para o PDI e em irrelevantes (“fundo”) de acordo com o objetivo da análise. A etapa seguinte é o pós-processamento que irá efetuar a correção dos defeitos da etapa seguinte, geralmente realizados por meio de operações lógicas e de morfologia matemática (ALBUQUERQUE, MARCIO E ALBUQUERQUE, MARCELO, 2001).

Posteriormente vem a extração de atributos de imagem onde serão medidas e analisadas as características dos objetos e da imagem. E por fim o

processo de reconhecimento e classificação onde ocorrerá a análise das informações, transformando-as em conhecimento (REZENDE, 2004).

O PDI é largamente utilizado em setores que necessitam de uma análise mais minuciosa das informações, sendo de extrema importância à adoção de métodos capazes de ressaltar dados da imagem. Uma dessas áreas que mais requisita tais processos são dos recursos naturais, como monitoramento sistemático da vegetação de determinado local por exemplo.

Para isso é necessário ter conhecimento do comportamento espectral da vegetação, correspondente a interação da radiação eletromagnética com a planta, podendo ser um único indivíduo, um povoamento e até mesmo partes dela, ou seja, folhas.

Contudo, uma mesma planta pode apresentar características de reflectância foliar variada, diversos componentes refletores e despadronização estrutural, além disso, pode desenvolver-se sobre diferentes substratos, os quais terão propriedades de reflexão diferentes, influenciando na interpretação da imagem. Por conta desses fatores, a vegetação se torna um alvo de difícil identificação em sensoriamento remoto (EPIPHANIO *et al.*, 1996).

Segundo Novo (2008), uma vegetação fotossinteticamente ativa apresenta uma curva espectral que pode ser dividida em pelo menos duas áreas espectrais de acordo com seu comportamento. Sendo elas: a região do visível vermelho e região do infravermelho próximo.

Na região do visível vermelho a reflectância é baixa por conta da forte absorção da radiação pelos pigmentos. Estes geralmente são encontrados nos cloroplastos: clorofila (65%), carotenos (6%) e xantofilas (29%), variando essa porcentagem presente na folha de acordo a espécie (VENTURIERI, 2007).

Já na banda correspondente ao infravermelho próximo as folhas verdes absorvem pouca energia, apresentando uma alta reflectância devido a interferência da estrutura celular (ROSENDO, 2005).

Levando em consideração a interação da REM com os dosséis vegetais, as reflectâncias destes são semelhantes aos das folhas de forma isolada. Desta forma na banda do visível, a imagem obtida provavelmente apresentará uma tonalidade escura devido aos pigmentos fotossintetizantes e na região do infravermelho próximo estes mesmos dosséis terão uma tonalidade clara (VENTURIERI, 2007). Essa diferença de reflexão entre

dosséis e folhas se deve a diversos fatores como: influência de superfícies desfolhadas, variações no ângulo de iluminação e orientação das folhas (ROSA, 1990).

O comportamento espectral da vegetação se altera de acordo ao seu ciclo vegetativo. As plantas que formam dosséis sofrem ao longo do tempo alterações morfológicas e fisiológicas, afetando assim o seu comportamento espectral. Isso varia de acordo a região do espectro, com o tipo de cultura e com o ângulo de visada. Além disso, pode ser afetado pela arquitetura do dossel e do tipo de substrato (NOVO, 2008).

Segundo Rosa (1990), a escolha da imagem para o estudo da vegetação em determinada área, deve ser baseado em três critérios importantes: época de tomada – sendo indicado em período seco, pois facilita a identificação dos diferentes tipos de vegetação; bandas espectrais – auxilia na interpretação de acordo com a tonalidade em alvos vegetais, sendo influenciado por características da própria planta e alvos adjacentes; e escala de trabalho – referente a textura fotográfica, podendo ser classificada como lisa, média e grosseira.

3.3 Índices de Vegetação

Os índices de vegetação são indicadores de vigor e crescimento da flora, sendo de extrema importância para o monitoramento da cobertura vegetal. Pois quando obtidos por meio do sensoriamento remoto, permitem mapear o índice de área foliar, a qual possibilita obter a estimativa da fração da radiação fotossintética ativa absorvida pelas copas das plantas, assim como a biomassa e porcentagem da cobertura verde da superfície (TANAJURA *et al.*, 2005).

O mesmo autor afirma que os índices de vegetação se baseiam no comportamento espectral da vegetação, devido a combinação dos níveis de reflectância nas regiões espectrais do vermelho e infravermelho.

Contudo, seu valor calculado pode ser subestimado ou superestimado de acordo com o ângulo zenital e as variações das características das plantas, tais como: arquitetura das copas, características internas da folha, posicionamento foliar, o substrato e presença de água (PONZONI, 2002).

Isso se deve a ação desses agentes que irão provocar a alteração no valor de reflectância e assim interferir no valor espectral do objeto. Segundo Novo (2008), o valor final obtido faz referência ao comportamento espectral da folha que estando sob determinadas condições climáticas pode sofrer modificações.

Algumas dessas alterações acontecem quando há uma redução significativa da quantidade de água dentro de uma folha, está apresentará um comportamento espectral diferenciado mais evidente na banda do visível do que no infravermelho próximo, pois a concentração de clorofila será reduzida igualmente devido ao distúrbio fisiológico (MOREIRA, 2007).

Por conta disso, uma folha seca terá menor absorção de energia na região do visível e conseqüentemente aumentará a reflectância nesta região do espectro. Já na região do infravermelho próximo, a reflectância aumenta em consequência de mudanças na estrutura interna da folha. Considerando uma planta como toda, a percepção desse estado de estresse se dá por meio da redução de área foliar exposta ao sensor, por perda de folhas e supressão do crescimento do vegetal. Nessas situações a reflectância no infravermelho próximo será muito menor do que a do visível, devido ao aumento de exposição do solo.

Com o baixo teor de água na folha, ao longo do tempo, ocorrerá sua murcha, tendo uma diminuição da área foliar, culminando na alteração do índice de área foliar, o mesmo acontece quando ocorre o desfolhamento leve ou acentuado, como forma de estratégia de sobrevivência da planta, a fim de reduzir a perda de água e por conta disso terá uma redução de densidade de cobertura, deixando o solo mais exposto (MOREIRA, 2007).

Existem quarenta e dois índices de vegetação catalogados, obtidos de combinações matemáticas das reflectâncias em determinadas faixas espectrais da energia eletromagnética.

3.3.1 Índices de Vegetação mais Usados nos Recursos Florestais

Índice de vegetação “*Ratio Vegetation Index – RATIO*” proposto por Rouse *et al.* (1974) citado por Eastman (2003), consiste na divisão da banda localizada no infravermelho próximo, onde a vegetação possui maior

reflectância pela banda situada no vermelho, na qual a vegetação tem alta absorção da luz solar visível (ROSENDO, 2005). Este índice é calculado aplicando-se a seguinte fórmula:

$$\text{RATIO} = \frac{\text{NIR}}{\text{RED}}$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho.

Segundo esse mesmo autor, este índice apresenta como vantagens a detecção do contraste entre as bandas citadas e não sofre interferência com problemas de iluminação variável por conta da topografia e, além disso, minimiza as condições de iluminação solar. Contudo pode haver erros pela divisão por zero e também por ter chances de não possuir uma escala linear como resultado. E por conta disso as imagens podem não ter distribuições normais afetando a execução de determinados procedimentos estatísticos.

Outro modelo proposto também por Rouse *et al.* (1974) citado por Eastman (2003), é o *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) que é calculado a partir de valores de reflectância das bandas referentes ao espectro do vermelho e ao infravermelho próximo. O NDVI assume valores entre 1 e -1, considerando que a vegetação apresenta valores positivos, os corpos d'água e lugares úmidos possuem valores negativos (LOBATO *et al.*, 2010). Aplica-se a seguinte fórmula para o cálculo:

$$\text{NDVI} = \frac{r_{ivp} - r_v}{r_{ivp} + r_v}$$

Onde:

r_{ivp} : reflectância no infravermelho próximo;

r_v : reflectância no vermelho.

O NDVI tem sido o mais utilizado para a finalidade de se obter os parâmetros biofísicos da vegetação, pois reduz as variadas formas de ruídos multiplicativos e, além disso, independente do aumento do dossel, o seu valor é

estabilizado (SILVA, E., 2004 citado por ROSENDO, 2005). Esse índice permite a obtenção de informações como a quantidade e distribuição de vegetação verde e seu desenvolvimento ao longo do tempo (LOBATO *et al.*, 2010).

Proposto por Deering *et al.* (1975) citado por Eastman (2003), o *Transformed Vegetation Index* (TVI), utiliza na fórmula o NDVI acrescida uma constante de 0,50 para todos os valores efetuando a raiz quadrada dos resultados. Essa constante evita operações com valores negativos de NDVI. Contudo não há diferenças na produção de imagem entre NDVI e TVI (MARCUSI *et al.*, 2010). É calculado aplicando-se a seguinte fórmula:

$$TVI = \sqrt{\frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)} + 0,5}$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho.

Proposto por Perry e Lautenschlager (1984) citado por Eastman (2003), o *Corrected Transformed Vegetation Index* (CTVI), tem pretensão de corrigir o TVI por meio da adição de 0,50 para todos os valores de NDVI, mas nem sempre serão excluídos todos os valores negativos.

$$CTVI = \frac{NDVI + 0,5}{|NDVI + 0,5|} + \sqrt{|NDVI + 0,5|}$$

Onde:

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index*.

Outro modelo é o *Thiam's Transformed Vegetation Index* (TTVI) proposto por Thiam (1997) citado por Eastman (2003), para corrigir o índice anterior, pois segundo Thiam o produto final do CTVI poderia ser muito ruidoso por conta da vegetação verde ser superestimada.

$$TTVI = \sqrt{|\text{NDVI} + 0,5|}$$

Onde:

NDVI: *Normalized Difference Vegetation Index.*

O Índice de Área Foliar (IAF), desenvolvido por Allen *et al.* (2002) é definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação; considerado um bom indicador de biomassa de cada pixel da imagem (BORATTO; GOMIDE, 2013). Expressa na seguinte fórmula:

$$\text{IAF} = \frac{\ln\left(\frac{0,69 - \text{SAVI}}{0,59}\right)}{0,91}$$

Onde:

SAVI: *Soil Adjusted Vegetation Index.*

Alguns índices de vegetação são indicados para áreas com clima árido e semi-árido por ter como objetivo principal cancelar o efeito do brilho do solo, em situações que haja pouca vegetação de modo que o solo esteja exposto. Dentre esses índices destacam-se:

O *Difference Vegetation Index* (DVI) sugerido por Richardson e Wiegand (1977) citado por Rosendo (2005), é considerado o índice mais fácil para calcular o algoritmo. Os valores iguais a zero são considerados solo exposto, valores menores que zero indicam água e valores maiores indicam vegetação.

$$\text{DVI} = y \text{ NIR} - \text{RED}$$

Onde:

y: é a inclinação da linha do solo;

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho.

Huete (1988) citado por Rosendo (2005) propôs o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) que tem por finalidade suavizar os efeitos do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, o fator L. Ele varia de acordo o calor e o brilho do solo e também pela densidade da flora analisada. Para vegetação muito baixa utiliza-se o fator $L_s = 1.0$, para intermediária $L_s = 0.5$ e para altas densidades $L_s = 0.25$. Na utilização do $L_s = 0$ os valores serão iguais ao NDVI e para o $L_s = 100$ serão próximos aos valores do PVI.

$$SAVI = \frac{(1 + L_s)(p_4 - p_3)}{(L_s + p_4 + p_3)}$$

Onde:

p₄: valores de reflectância da banda infravermelho próximo;

p₃: valores de reflectância da banda vermelho;

L: variável de ajuste do solo.

O *Modified Soil Adjusted Vegetation Index* (MSAVI) proposto por Qi *et al.* (1984) citado por Eastman (2003), propõe duas alterações no fator L do SAVI. Sendo que ambos pretendem melhorar a correção do brilho do solo de fundo em diferentes condições de cobertura vegetal.

O MSAVI₁ o fator L é selecionado como uma função empírica por ser proporcional ao volume da cobertura vegetal, ele cancela ou minimiza o efeito do brilho do solo.

$$MSAVI1 = \frac{NIR - RED}{(NIR + RED + L)(1 + L)}$$

$$L = [1 - 2Y_n \cdot (NDVI * WDV)]$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho;

NDVI: Normalized Difference Vegetation Index;

WDVI: Weighted Difference Vegetation Index;

Y: inclinação da linha do solo de fundo;

2: utilizado para aumentar o intervalo dinâmico do L (0 a 1).

No entanto, o $MSAVI_2$ utiliza o fator L indutivo para remover o ruído do solo, o qual não foi cancelado pelo produto NDVI e WdVI, além disso, ele é limitado para áreas com alta densidade de vegetação por apresentar valores maiores que 1 em consequência do valor negativo do NDVI e WdVI.

$$MASVI2 = \frac{2NIR+1-\sqrt{(2NIR+1)^2-8(NIR-RED)}}{2}$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho.

O Transformed Soil Adjusted Vegetation Index (TSAVI) proposto por Baret *et al.* (1991) citado Eastman (2003), é indicado para regiões semi-áridas. Devido a sua baixa resistência para umidade em terras altas e fraco desempenho para áreas com vegetação densa. Para reduzir os efeitos do brilho de fundo do solo foi adicionado o fator 0.08:

$$TSAVI_2 = \frac{a(NIR - aRED - b)}{RED + aNIR - ab + 0.8(1+a^2)}$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho;

a: intersecção da linha de solo;

b: inclinação da linha de solo.

Segundo Marcussi *et al.* (2010), o procedimento de cancelar o brilho do solo é baseado no conceito da linha do solo, sendo esta uma equação linear que descreve a relação entre os valores de reflectância na banda vermelha e infravermelha para pixels de solo exposto a partir de uma regressão linear.

A equação que determina a linha do solo pela regressão da reflectância dos valores da banda vermelha e infravermelha do solo exposto é:

$$Rg5 = a0 + a1.Rg7$$

Posteriormente deve-se determinar a equação da linha perpendicular:

$$Rp5 = b0 + b1.Rp7$$

$$b0 = Rp5 - b1.Rp7 \quad b1 = \frac{-1}{a1}$$

O passo seguinte consiste em encontrar a intersecção das duas linhas (Rgg5 e Rgg7):

$$Rgg5 = b1a0 - \frac{b0a1}{b1 - a1}$$

$$Rgg7 = a0 - \frac{b0}{b1 - a1}$$

E o último passo consiste em encontrar a distância entre a intersecção (Rgg5, Rgg7) e a coordenada do pixel (Rp5, Rp7), fazendo uso do Teorema de Pitágoras para obtenção do resultado:

$$\sqrt{(Rgg5 - Rp5)^2 + (Rgg7 - Rp7)^2}$$

Onde:

Rg5: regressão da reflectância no vermelho;

Rg7: regressão da reflectância no infravermelho próximo;

Rp5: reflectância no vermelho;

Rp7: reflectância no infravermelho próximo;

a₁: rampa da linha do solo.

Dessa forma, todos os pixels que apresentarem as mesmas características são assumidos como solos expostos. Os pixels que exibirem reflectância com valores elevados na banda infravermelha são considerados vegetação e os outros que tiverem valores elevados na banda vermelha são denominados água (MARCUSI *et al.*, 2010). Os índices que utilizam esse método são:

O *Perpendicular Vegetation Index* (PVI) proposto por Richardson e Wiedgan (1997) citado por Eastman (2003), faz uso da distância perpendicular para cada coordenada de pixel para a linha do solo, correspondendo ao último passo da regressão da linha do solo. Aplicando-se a fórmula:

$$PVI = apVIP - BpV$$

Onde:

pVIP: reflectância no infravermelho próximo;

pV: reflectância no vermelho;

a: intersecção da linha de solo;

b: inclinação da linha do solo.

Outras sugestões de PVI:

Proposto por Perry e Lautenschlager (1984) citado por Eastman (2003):

$$PVI1 = \frac{bNIR - RED + a}{\sqrt{(b^2) + 1}}$$

Proposto por Walther e Shabanni (1991) modificado por Bannari *et al.* (1996) citado por Eastman (2003):

$$PVI^2_2 = \frac{NIR - a * RED + b}{\sqrt{1 + a^2}}$$

Proposto por Qi *et al.* (1984) citado por Eastman (2003):

$$PVI3 = aNIR - bRED$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho;

a: intersecção da linha de solo;

b: inclinação da linha do solo.

E por último o Weighted Difference Vegetation Index (WDVI) proposto por Richardson e Wiegand (1997) citado por Eastman (2003), tendo como efeito do peso na banda do vermelho, com a inclinação da linha do solo, a maximização do sinal da vegetação no vermelho e no infravermelho próximo e suavização do efeito do brilho do solo.

$$WDVI = NIR - y RED$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho;

Y: inclinação da linha do solo.

Ponzoni e Simabukuro (2007) citam dois índices de vegetação que foram criados especificamente para corrigir os efeitos atmosféricos sendo eles:

Índice de Vegetação Resistente a Atmosfera (ARVI), proposto por Kaufman e Tanré (1992) faz uso da diferença entre as reflectâncias azul e vermelho para correção dos efeitos atmosféricos para cada pixel.

$$ARVI = \frac{NIR + y(B - R) - R}{NIR - y(B - R) + R}$$

Onde:

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

y: efeito aerossol, ou $y=1$ em casos de ausência de um modelo para o efeito aerossol;

B: valor numérico do pixel na banda do azul;

R: valor numérico na banda do vermelho

Enhanced Vegetation Index (EVI) desenvolvido para otimizar o sinal da vegetação com elevada biomassa, também possui melhor capacidade de monitoramento através de uma quebra do sinal do substrato do dossel vegetal e redução das influências atmosféricas.

$$EVI = G \left[\frac{(pNIR - pRED)}{(pNIR + C_1 pRED - C_2 pBLUE + L)} \right] (1 + L)$$

Onde:

p = reflectâncias da superfície corrigidas;

L = fator de ajuste para o substrato;

C₁ e **C₂** = coeficientes para correção de aerossóis, que utilizam a banda azul para corrigir a influencia dos aerossóis na banda do vermelho;

NIR: reflectância no infravermelho próximo;

RED: reflectância no vermelho.

3.4 Aplicações dos Índices de Vegetação

Boratto e Gomide (2013) realizaram um estudo na região Norte de Minas Gerais, a fim de obter mapas temáticos das condições de cobertura vegetal dos solos. Para que esse objetivo fosse alcançado, necessitou realizar a análise das imagens espectrais do satélite Landsat-5 TM, a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, juntamente com cálculos de índices de vegetação (NDVI, SAVI e IAF) para a caracterização da vegetação da região estudada.

As informações obtidas da cobertura vegetal, em ambos os períodos de estudo, seco e úmido, mostraram as mudanças de vegetação na área de estudo de acordo com os três índices de vegetação estudados. Os resultados de NDVI, SAVI e IAF indicaram maiores valores (0,70 - 0,94) para o período úmido, devido à formação de uma densa vegetação, causada pelo bom perfil do solo e disponibilidade de água, o que proporcionou melhores condições

para o desenvolvimento da vegetação nativa nas áreas. Já o índice SAVI enfatizou mais a influência de solo exposto especialmente no período seco.

Carreire *et al.* (s/d), aplicou o índice de área foliar numa parcela testemunha de floresta tropical primária e duas parcelas de floresta secundária da região alta floresta na Amazônia Matogrossense, a qual foi reconstituída cinco anos após queimada. Para a realização de medidas de IAF foi utilizado o método indireto das fotografias hemisféricas digitais e ao longo do desenvolvimento do trabalho, o índice de área foliar apresentou aproximadamente um valor médio 5 na floresta alta primária sendo considerado realístico ao ser comparada com outros trabalhos. E a sua variabilidade espacial reflete a dinâmica da floresta primária e da floresta em regeneração.

Rêgo *et al.* (2012), desenvolveu um trabalho com o objetivo de analisar os resultados dos índices de vegetação SAVI e NDVI no município de São Domingo-PB, obtidos a partir de imagens Landsat 5 TM, com a finalidade de avaliar o desempenho desses índices citados. O resultado mostrou que os índices apresentaram valores próximos e satisfizeram no que diz respeito a representação da vegetação estudada. Além disso, o NDVI e SAVI são indicadores do estado vegetativo de áreas em processo de desertificação, podendo contribuir em diagnósticos ambientais no semi-árido.

O estudo realizado por Bolfe *et al.* (2012), em sistemas agroflorestais no município de Tomé-Açu-PA objetivou avaliar a correlação entre variáveis espectrais e o estoque de carbono da biomassa da referente área. Onde foram testados 24 índices de vegetação, dentre eles o TSAVI 2; o qual apresentou melhores resultados em sistemas agroflorestais mais antigos. Devido as características dessa classe, sendo elas: maior densidade de cobertura vegetal, com recobrimento de copa superior a 60% e a exposição de solo no interior da vegetação.

Contudo em um trabalho realizado por Sousa e Ponzoni (1998), objetivando avaliar os índices de vegetação e das bandas TM/LANDSAT para obter a estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinnus Spp.* Esse estudo ocorreu na Fazenda Monte Alegre no município de Agudos em São Paulo, em um povoamento florestal da espécie referida, onde foram obtidos os dados de volume de madeira por meio de inventário florestal, antes e depois do desbaste e, além disso, imagens digitais do satélite Landsat 5.

Foram escolhidos alguns índices de vegetação: NDVI, RVI, SAVI, MSAVI, TSAVI, DVI, WdVI, ARVI e GEMI – este é um índice não-linear de vegetação que visa minimizar os efeitos atmosféricos; a fim de avaliar a sensibilidade, desempenho e diferenças entre eles. Contudo foi mostrado que os índices utilizados não foram satisfatórios para a detecção da diferença de volume de madeira de *Pinnus* dentro dos talhões, levando em consideração que o desbaste acarretou em uma redução significativa do volume anterior.

Segundo Elmore *et al.* (2000) citado por Demarchi *et al.* (2011), o NDVI tem como desvantagem ser bastante influenciado pelo brilho e efeito espectral do solo, comprometendo as avaliações sobre a vegetação. Suas análises mostraram que a mesma alteração na cobertura vegetal ao longo do tempo, em solos com reflectâncias variadas no infravermelho próximo, por conta das diferenças de brilho, causaram variações distintas no valor do NDVI.

A escolha dos índices de vegetação a serem utilizados em um determinado local, deverá ser baseada de acordo as características da vegetação, como sua densidade, e atributos da área em que ela está presente, pois podem vir a comprometer a análise da flora. Por isso, é de extrema importância ter conhecimento sobre as limitações e aplicabilidades de tais índices, proporcionando uma interpretação correta da vegetação.

Sendo assim o NDVI é o mais utilizado para florestas densas, pois seu valor é estabilizado independente do aumento do dossel. Além disso, permite monitorar o desenvolvimento da flora e sua distribuição. Em contrapartida, esse índice sofre alta influência do brilho do solo, e por conta disso não deve ser utilizado em áreas em que tenha vegetação escassa.

O IAF que permite a caracterização da arquitetura do dossel, é um indicador de biomassa, auxilia na decisão de melhor espaçamento entre plantas em florestas plantadas. Porém ele não deve ser considerado um parâmetro de produtividade entre espécies florestais, pois existem espécies que não possuem grande produtividade apesar de ter grande quantidade de folhas.

Já o SAVI foi desenvolvido com o intuito de resolver a limitação do NDVI, ou seja, cancelar o efeito do brilho do solo em meio à vegetação. Devido a essa característica, esse índice pode ser utilizado em locais com diferentes densidades de plantas, principalmente em regiões áridas e semi-áridas.

Contudo o SAVI não considera as características dos ambientes analisados, mas somente a densidade vegetada.

O TSAVI é um índice com baixa resistência a umidade e fraco desempenho para vegetação densa, sendo assim indicado também para regiões semi-áridas e/ou áreas com pouca vegetação, pois cancela o efeito do brilho do solo assim como o SAVI.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o presente trabalho, os índices de vegetação NDVI, IAF, SAVI e TSAVI podem ser aplicados no setor florestal, pois todos eles têm como função detectar a presença de vegetação e quantidade de cobertura verde. Contudo cada índice desses foi desenvolvido para situações específicas, em que seja permitido obter informações da flora sem interferências dos elementos exógenos a vegetação.

Desta forma, há uma necessidade de conciliar alguns desses índices de modo que se possa obter um único índice de vegetação eficiente para diferentes densidades de vegetação, conseguindo cancelar as interferências externas ao povoamento e que proporcione além das características biofísicas da comunidade vegetal, a sua estimativa de biomassa com precisão; sem a necessidade de coleta de dados no campo. O que tornaria trabalhos como inventário florestal possíveis de realizar em menor tempo e com um custo mais baixo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, MARCIO, P. ALBUQUERQUE MARCELO, P. **Processamento de imagens: métodos e análises**. Rio de Janeiro: Editora da FACET, 2001. Disponível em: <<http://www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF>>. Acesso em: 20 de novembro de 2014.

Allen, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. **SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002a**.

ANDRADE, E. **Curso técnico de radiologia médica: Processamento digital de imagens – PDI**. Sergipe: Centro de Estudos Fundação São Lucas.

BOLFE, E. L.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, M. C. Correlação de variáveis espectrais e estoque de carbono da biomassa aérea de sistemas agroflorestais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 9, set. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 22 de novembro de 2014.

BORATTO, I. M. de P.; GOMIDE, R. L. Aplicação dos índices de vegetação NDVI, SAVI e IAF na caracterização da cobertura vegetativa da região Norte de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XVI, 2013. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INEP, 2013.

CARREIRE, M.; WALTER, J. M.; DUBREUIL, V.; CARVALHO, J. A. **Estimativa do Índice de Área Foliar e da biomassa aérea numa floresta tropical primária e secundária da região de Alta Floresta, Amazônia mato-grossense**. Disponível em: <<http://www.esac.pt>>. Acesso em: 26 de novembro de 2014.

DEMARCHI, J. C.; PIROLI, E. L.; ZIMBACK, C. R. **Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo – SP usando imagens Landsat-5**. RAEGA, Curitiba, p. 234-271, 2011. Disponível em: <<http://www.ser.ufp.br/raega>>. Acesso em: 27 de novembro de 2014.

EASTMAN, J. R. Idrisi Kilimanjaro **Guide to GIS and Image Processing**. p. 233- 242. Clark LabsClark University: EUA, 2003.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão**. INEP. Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, jun. 1996. Disponível em: <<http://www.mtc-m12.sid.inep.br>>. Acesso em: 13 de novembro de 2014.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. 2005. Disponível em:<<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06 de outubro de 2014.

IBGE. **Manuais técnicos em geociências: Introdução ao processamento digital de imagens.** Rio de Janeiro: IBGE, 2001. Disponível em: <<http://www.biblioteca.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 de outubro de 2014.

LOBATO, R.; MENEZES, J.; LIMA, L. A.; SAPIENZA, J. A. Índice de vegetação por diferença normalizada para análise da redução da Mata Atlântica na região costeira do Distrito de Tamoios – Cabo Frio/RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais.** Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 14-22, agost. 2010. Disponível em: <<http://www.cadegeo.uff.br>>. Acesso em: 18 de novembro de 2014.

MARCUSSI, A. B.; BUENO, C. R. P.; MIQUELONI, D. P.; ARRAES, C. L. **Utilização de índices de vegetação para os sistemas de informação geográfica.** *Caminhos de Geografia UFV*, Uberlândia, v.11, n. 35, p. 41-53, set. 2010. Disponível em: <<http://www.ig.ufu.br>>. Acesso em: 15 de novembro de 2014.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto.** 1. ed. Brasília: CNPq, 2012. v. 1. 256p. Disponível em: <<http://www.cnpq.br>>. Acessado em: 05 de outubro de 2014.

MORAES, E. C. **Fundamentos de sensoriamento remoto.** São José dos Campos: INEP, 2002. Disponível em:<<http://mtc-m12.sid.inpe.br>>. Acesso em: 05 de outubro de 2014.

MOREIRA, M. A. **Fundamento do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação: sistema sensores.** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. Disponível em:<<http://www.leb.esalq.usp.br>>. Acesso em: 09 de outubro de 2014.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** 3. ed. Viçosa: UFV, 2007.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1992.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações.** 3. ed. São Paulo: Blucher, 2008.

PONZONI, F. J. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação: Diagnosticando a Mata Atlântica.** São José dos Campos: INEP, 2002. Disponível em:<<http://ecologia.ib.usp.br>>. Acesso em: 11 de outubro de 2014.

PALANDI, J.; FIGUEIREDO, D. B.; DENARDIN, J. C.; MAGNAGO, P. R. **Física Moderna.** Santa Maria – Rio Grande do Sul: Universidade Federal de Santa Maria, 2010. Disponível em: <<http://www.coral.ufsm.br>>. Acesso em: 20 de outubro de 2014.

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação.** São José dos Campos- SP: 2007.

RÊGO, S. C. A.; LIMA, P. P. S.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.; SOUZA, B. I. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos do Cariri- PB. In: III Seminário Latino Americana Geografia Física e III Seminário Ibero Americano de Geografia Física. Manaus, **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p.1217-1229, 2012.

REZENDE, T. C. **Caracterização da fase gama linha em superligas a base de níquel por análise digital de imagens**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais e de Processos Químicos e Metalúrgicos) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. Uberlândia: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 1990.

ROSENDO, J. dos S. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2005.

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**. 22. ed. São Paulo: Cortez, 2002. p. 73-86

SOUZA, C. L.; PONZONI, F. J. Avaliação de índices de vegetação e bandas TM/Landsat para estimativa de volume de madeira em floresta implantada de *Pinus spp*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, IX, 1998, Santos. **Anais eletrônicos...**Santos: INEP, 1998. p. 1537-1547.

TANAJURA, E. L. X.; ANTUNES, M. A. H.; MARLENE, S. U. Avaliação de índices de vegetação para a discriminação de alvos agrícolas em imagens de satélites. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, XII, 2005. Goiânia. **Anais...** Goiânia: INEP, 2005. p. 301-307.

VENTURIERI, A. **Curso de introdução as técnicas de sensoriamento remoto**. Belém: 2007. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/epdir/images/docs/paper64.pdf>>. Acesso em: 05 de novembro de 2014.