

## ANÁLISE COMPARATIVA DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NDVI E SAVI NO MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS DO CARIRI-PB

Shirley Coutinho Alves Rêgo  
Universidade Federal da Paraíba  
shirley.geotecnologa@hotmail.com

Priscila Pereira Souza de Lima  
Universidade Federal da Paraíba  
pris\_psl@hotmail.com

Maria Niedja Silva Lima  
Universidade Federal da Paraíba  
niedjalima\_jp@hotmail.com

Thereza Rachel Rodrigues Monteiro  
Universidade Federal da Paraíba  
terarachel@hotmail.com

### EIXO TEMÁTICO: GEOGRAFIA FÍSICA E GEOTECNOLOGIAS

#### **Resumo:**

A desertificação pode ser considerada como um complexo processo de degradação que constitui graves problemas ambientais. Áreas em processo de desertificação ainda precisam ser melhor caracterizadas, portanto é fundamental a elaboração de parâmetros de análise e o desenvolvimento de metodologias e técnicas para a compreensão desse processo. Entre as tecnologias disponíveis e atualmente utilizadas em estudos acerca da desertificação, destaca-se o Sensoriamento Remoto. O sensoriamento remoto está sendo utilizado na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação que podem ser medidos através dos índices de vegetação, sendo estes cada vez mais aplicados como indicadores da qualidade ambiental. No entanto, vários índices de vegetação podem ser diferentemente afetados por diversos fatores, como a reflectância sob determinadas condições climáticas como é o caso do semiárido, que pode interferir no valor espectral do alvo, influenciando diretamente no valor do índice calculado. O presente trabalho teve como objetivo analisar os resultados dos Índices de Vegetação SAVI e NDVI no município de São Domingos-PB obtidos a partir de imagens Landsat 5 TM de 2009 e 2010, com a finalidade de avaliar o desempenho desses dois índices de vegetação. Os resultados de NDVI e SAVI apresentaram resultados muito aproximados, apesar da diferenças entre os valores mínimos e máximos dentre as classes estabelecidas em ambas às datas. A maior diferença entre os resultados ocorreu entre os menores valores na imagem de 2010 correspondente ao período chuvoso. Os índices de vegetação NDVI e SAVI apresentaram resultados satisfatórios no que diz respeito a representação da vegetação da região estudada. Apesar da diferença na representação de valores mínimos e máximos entre os índices a diferença nos mapas temáticos foi quase imperceptível.

**Palavras Chaves:** Desertificação, Índices de Vegetação, Sensoriamento Remoto.

#### **Abstract:**

Desertification can be considered as a complex process of degradation and a serious environmental problems. The areas susceptible to Desertification yet to be characterized, so it is essential to create parameters for analysis and development of methodologies and techniques for understanding this phenomenon. Among the techniques and technologies available and increasingly used in studies on desertification, stand out Remote Sensing and Geoprocessamento. Remote sensing technicals are used in modeling various biophysical parameters of vegetation, which can be measured by the vegetation indices, these being increasingly used as indicators of environmental quality. However, several

vegetation indices can be differently affected by various factors such as reflectance under certain weather conditions such as semi-arid, which may interfere with the spectral value of the target, directly influencing the value of the index calculated. The present work aims to analyze the results of the vegetation indices NDVI and SAVI derived from Landsat TM 5 of the study area, the municipal district of São Domingos-PB, with the aim of assessing the performance of these two vegetation indices. This study aimed to analyze the results of the vegetation indices NDVI and SAVI in the city of Santo Domingo-PB obtained from Landsat TM 5, 2009 and 2010, with the aim of assessing the performance of these two vegetation indices. The results of NDVI and SAVI had very similar results, despite the differences between the minimum and maximum values among the classes given in both dates. The biggest difference between the results occurred among the lowest in the image corresponding to the 2010 rainy season. The vegetation index NDVI and SAVI had satisfactory results as regards the representation of vegetation in the region studied. Despite the difference in the representation of minimum and maximum values of the indices the difference in thematic maps was almost imperceptible.

**Key Words:** Desertification, Vegetation Index, Remote Sensing

## 1-Introdução

A desertificação pode ser considerada como um complexo de processos de degradação que constitui graves problemas ambientais. A discussão das causas e conseqüências da desertificação, degradação de terras e ocorrência de secas é um assunto complexo por ser um processo dinâmico e resultante de um conjunto de causas e efeitos que se entrelaçam (Sampaio & Sampaio, 2002). No Brasil, a grande maioria das terras em processo de desertificação encontra-se nas regiões semiáridas e subúmidas secas do Nordeste. Segundo o Instituto Desert (1994) o semiárido brasileiro representa 18% do território nacional e abriga 29% da população do País, com 858.000 km<sup>2</sup>, representando cerca de 57% do território nordestino, sendo que a área designada como Polígono das Secas é estimada em 1.083.790,7 km<sup>2</sup>, onde vivem 18,5 milhões de pessoas, com destaque para o fato de que 8,6 milhões pertencem à zona rural, caracterizada por alta vulnerabilidade social, já que estão entre os mais pobres da região, com índices de qualidade de vida muito abaixo da média nacional. O problema da desertificação vem se agravando em decorrência das secas sucessivas que assolam o Nordeste e, principalmente, das pressões antrópicas em um ecossistema tipicamente frágil (ACCIOLY, 2000).

Áreas Susceptíveis à Desertificação ainda precisam ser melhor caracterizadas (em todos os sentidos), por se tratar de questões ainda carentes de estudos e amadurecimento científico, portanto é fundamental a elaboração parâmetros de análise e o desenvolvimento de metodologias e técnicas para a compreensão da dinâmica natural e ação sobre a natureza, de modo a mitigar e/ou recuperar os danos já causados pela ação humana, tendo em vista as emergências dos problemas ambientais, sociais e econômicas decorrentes (PANBRASIL, 2005).

Entre as Ciências e tecnologias disponíveis e crescentemente utilizadas em estudos acerca da desertificação, destaca-se o Sensoriamento Remoto. O Sensoriamento Remoto pode ser entendido como a utilização conjunta de modernos sensores, equipamentos para processamento de dados,

equipamentos de transmissão de dados, aeronaves, espaçonaves etc., com o objetivo de estudar fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta Terra em suas mais diversas manifestações (NOVO, 1998).

De acordo com Jensen (2009), os sensoriamentos remotos vêm sendo utilizado desde a década de 1960 na modelagem de vários parâmetros biofísicos da vegetação que podem ser medidos através dos índices de vegetação, denominados medidas radiométricas adimensionais que indicam a abundância relativa e a atividade da vegetação verde, incluindo índice de área foliar (IAF), porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida.

Estudos já foram realizados utilizando os índices de vegetação como indicador qualitativo e quantitativo da vegetação, dentre os quais podemos citar os trabalhos realizados por Rosendo (2005); Silva et al (2009); Ramos et al 2010; Da Costa et al (2001), Laurentino et al (2011), dentre outros.

Os índices da Vegetação são modelos resultantes da combinação dos níveis de reflectância em imagens de satélites nas bandas do vermelho e no infravermelho próximo. De acordo com Moreira (2003), a região do visível, o qual se insere a banda 3, compreende toda radiação eletromagnética da faixa espectral de 400 a 700nm. A maior parte desta radiação que incide sobre o dossel vegetativo e absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes no mesófilo das folhas. Nesta faixa espectral, tanto a refletância quanto a transmissão das folhas são menores do que 15%, porém a refletância apresenta um pico máximo em 555 nm.

Na região do infravermelho, e constituída de radiações eletromagnéticas cujos comprimentos de onda situam-se entre 700 nm e 1 $\mu$ m. Esta região divide-se em três partes: Infravermelho próximo (700 a 1.300 nm) que se localiza a banda 4, Infravermelho médio (1.300 a 2.500 nm) localizada na banda 5 e infravermelho distante (2.500 a 1  $\mu$ m) localizada na banda 6 do sensor Landsat 5 TM (NOVO 2008). Nesta região do espectro eletromagnético, a evidência do mecanismo de reflexão interna nas folhas é muito forte. (MOREIRA, 2003).

Vários índices de vegetação podem ser diferentemente afetados por diversos fatores como a Reflectância Bidirecional (FRB), que considera como agentes a posição das folhas, a arquitetura do dossel, o substrato, características químicas das folhas e presença de água. Tais agentes interferem no valor de reflectância, uma vez que a assinatura espectral da vegetação, apesar de seguir características capazes de se distinguir de outros alvos, se modifica em função da variação destes condicionantes (NOVO, 2008). Assim sendo, a ação desses influentes no valor refletido, podem interferir no valor espectral do alvo, influenciando diretamente no valor do índice calculado, podendo subestimar ou superestimar os dados obtidos. Dessa forma, o valor da assinatura espectral refere-se ao comportamento espectral da folha (NOVO, 2008) e sob determinadas condições climáticas, podem sofrer alterações em áreas com características específicas como no semiárido.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

- Analisar comparativamente os resultados dos Índices de Vegetação NDVI e SAVI com a finalidade de avaliar o desempenho desses dois índices de vegetação na região em estudo.

### 2.1 Objetivo Específicos

- Levantamento de campo para identificar áreas degradadas, utilizando os dados levantados em campo como parâmetro indicador na análise dos índices de vegetação;
- Gerar os índice de vegetação através de imagens de Satélite Landsat 5 TM ;
- Gerar os mapas temáticos para análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de São Domingos do Cariri-PB possui área correspondente a 238,80 km<sup>2</sup>, está localizado entre as coordenadas 7°28'24,13" e 7°40'45,67" de latitude Sul e 36°18'13,94" e 36°28'47,43" de longitude Oeste, Estado da Paraíba (Figura 1).

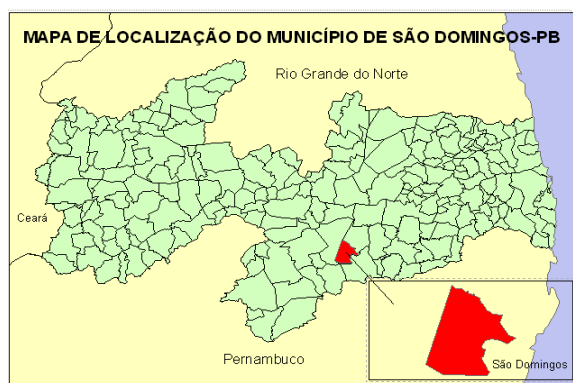


Figura 1 - Localização do município de São Domingos do Cariri-PB.

O clima da área é do tipo semiárido quente, com precipitações pluviométricas médias anuais muito baixas (em torno de 400 mm) e uma estação seca que pode atingir 11 meses. O que caracteriza o clima da região é a grande irregularidade de seu regime pluviométrico, havendo anos de período chuvoso quase ausente. A temperatura média anual gira em torno de 24,5 °C. A altimetria da área está

em torno de 450 metros e a vegetação é do tipo caatinga hiperxerófila. Segundo Sousa (2007), o município apresenta diferentes níveis de degradação variando entre muito baixo, baixo, moderado, moderado grave, grave e muito grave.

### 3.2 MATERIAS

Para realização da pesquisa foram utilizadas imagens do satélite *Landsat 5 TM (Thematic Mapper)* nas bandas 3, 4 e 5, referente à Órbita 215 e Ponto 65, fornecidas através de *download* gratuito no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens datam em 28/10/2009 e 22/04/2010, correspondentes ao período seco e chuvoso da região respectivamente. As imagens foram escolhidas levando em consideração a temporalidade, a cobertura de nuvens e o período seco e chuvoso da região.

Para o processamento digital das imagens e aplicação dos índices de vegetação NDVI e SAVI foi utilizado o sistemas de informações geográficas IDRISI Kilimanjaro.

O primeiro procedimento realizado foi o registro de imagens. O mesmo foi realizado a partir de outra imagem *Landsat 5 TM* já georreferenciada que não foi utilizada devido a presença de nuvens sob a região de estudo. Em seguida foram feitos os procedimentos necessários para aplicação dos índices de vegetação nas imagens correspondentes às bandas 3 e 4.

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (EPIPHANIO et al., 1986). Ainda de acordo com o referido autor, tais índices realçam, em geral, o comportamento espectral da vegetação e se correlacionam com os parâmetros biofísicos da vegetação, como biomassa, Índice de Área Foliar (IAF), percentagem de cobertura vegetal. Incluem também elevados graus de correlação com o vigor da vegetação verde, porcentagem de cobertura do solo, atividade fotossintética e produtividade. A quantidade de radiação refletida no vermelho e no infravermelho próximo que chega ao sensor, proveniente da vegetação, varia com a irradiância solar, condições atmosféricas, substrato, estrutura e composição do dossel.

Para minimizar a variabilidade causada por fatores externos, a reflectância espectral tem sido transformada e combinada em vários índices de vegetação (PONZONI, 2001). Os Índices de Vegetação são mais sensíveis do que as bandas individuais quando relacionadas com parâmetros biofísicos da vegetação (ASRAR, 1984 apud EPIPHANIO et al., 1986). A lógica desses índices baseia-se não somente no fato de que a energia refletida no vermelho e no infravermelho próximo são diretamente relacionadas a atividades fotossintéticas da vegetação, mas também na suposição de que a utilização de duas ou mais bandas espectrais podem minimizar as principais fontes de “ruídos” que afetam as respostas da vegetação (SILVA, 2004).

No presente trabalho, foram utilizados os índices NDVI e SAVI. O índice NDVI foi escolhido por ser o índice mais comumente utilizado em estudos envolvendo vegetação. O SAVI foi escolhido por conter uma constante de ajuste do solo, fator importante quando se trata de regiões semiáridas como é o caso da área em estudo.

Para a aplicação dos mesmos, foi necessário transformar os níveis de cinza (NC) para reflectância nas imagens das bandas 3 e 4. Esta transformação segundo Antunes et al (2003), consiste na obtenção de valores de radiância e reflectância planetária aparente (reflectância da superfície mais atmosfera a nível de satélite) e escalonada em níveis de cinza de acordo com o número de bits da imagem.

O *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) ou Índice de Vegetação da Diferença Normalizada, Foi introduzido para produzir um índice de vegetação espectral que separa vegetação verde do brilho do solo. Este é o índice de vegetação mais comumente empregado, em estudos sobre vegetação que detém a habilidade para minimizar efeitos topográficos ao produzir uma escala linear de medida, possui a propriedade de variar entre  $-1$  a  $+1$  (quanto mais próximo de  $1$ , maior a densidade de cobertura vegetal), o  $0$  representa valor aproximado para ausência de vegetação.

O *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) que foi proposto por Huete (1988) foi uma adaptação do NDVI e possui a propriedade de minimizar os efeitos do solo de fundo no sinal da vegetação ao incorporar uma constante de ajuste de solo, o fator  $L$  na equação do NDVI.

Para análise do índice de vegetação SAVI foram aplicados os valores de  $L = 0,5$  e  $L=1$ . De acordo com os autores supracitados em geral  $L=0,5$  é o valor mais comumente utilizado, porém também levamos em consideração o padrão de vegetação da região, que em geral corresponde a baixas densidades.

Para facilitar a análise dos resultados foi realizado um trabalho de campo e gerada a composição colorida 5R4G3B para área em estudo. Para a montagem dos *layouts* finais foi utilizado o *software* ArcGis 9.2, onde foi feito também o recorte da área de estudo das imagens já processadas e então gerados os mapas temáticos das imagem para cada índice de vegetação com os mesmos parâmetros de classificação como: número de classes, método de classificação e paleta de cores.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de NDVI e SAVI apresentaram resultados muito aproximados, representando de forma satisfatória o comportamento da vegetação na região estudada. Apresentaram diferenças entre os valores mínimos e máximos dentre as classes estabelecidas em ambas as datas. Também apresentaram desvio padrão aproximados para o NDVI e SAVI nos dois fatores de ajuste do solo empregados.

O NDVI apresentou menores índices que o SAVI. Já o SAVI apresentou maiores índices, que correspondem a alvos com maior densidade de vegetação. Os índices apresentaram valores máximos

aproximados em ambas as datas, já os valores mínimos apresentaram maior diferença, sendo observada a maior diferença entre o NDVI e o SAVI correspondente ao período chuvoso (Tabela 1).

Tabela 1. Valores mínimos e máximos dos índices NDVI e SAVI nos anos de 2009 e 2010.

	VALORES MÍNIMOS	VALORES MÁXIMOS	DESVIO PADRÃO
NDVI 2009	-0,58	0,69	0,07
SAVI2009	-0,38	0,71	0,06
SAVI12009	-0,40	0,73	0,06
NDVI 2010	-1	0,78	0,15
SAVI 2010	-0,31	0,79	0,14
SAVI 2010	-0,29	0,80	0,13

Apesar de apresentar diferenças entre os valores de vegetação devido o algoritmo dos índices serem diferentes, a diferença visual entre os índices é quase imperceptível como podemos perceber nas Figuras 2, 3 4, 5, 6 e 7. A diferença existente entre ambos está no fato do índice SAVI apresentar um fator de ajuste para o brilho do solo, o que modifica a escala de valores que acompanha cada índice, apesar da utilização das mesmas bandas no algoritmo.

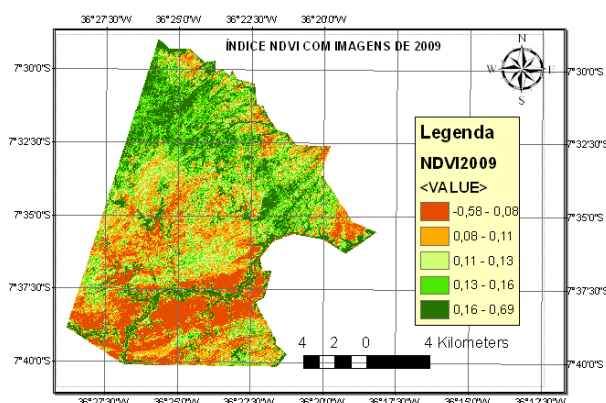


Figura 2 – Mapa do Índice de Vegetação NDVI do município de São Domingos do Cariri-PB. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 28/10/2009, limite municipal (IBGE).

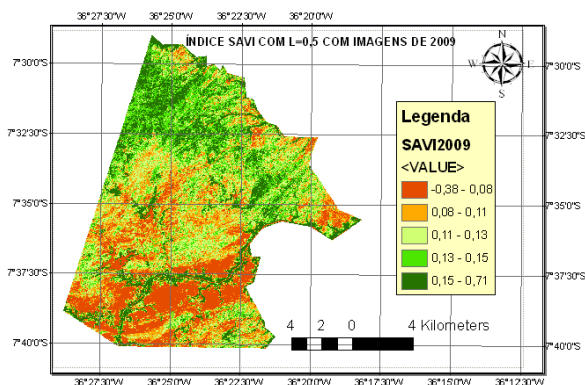


Figura 3 – Mapa do Índice de Vegetação SAVI do município de São Domingos do Cariri-PB com fator de ajuste do solo igual a 0,5. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 28/10/2009, limite municipal (IBGE).

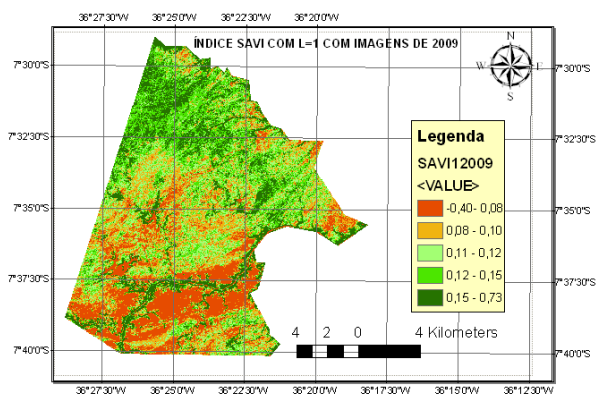


Figura 4 – Mapa do Índice de Vegetação SAVI do município de São Domingos do Cariri-PB com fator de ajuste do solo igual a 1. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 28/10/2009, limite municipal (IBG)

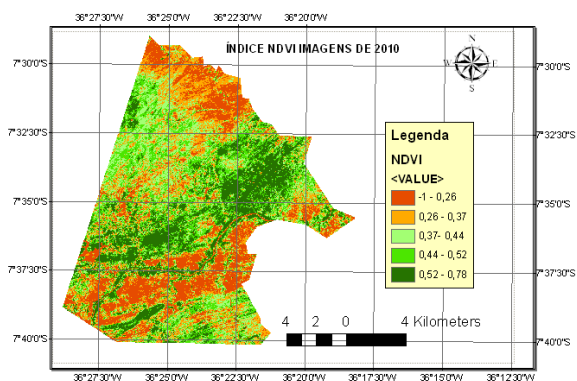


Figura 5 – Mapa do Índice de Vegetação NDVI do município de São Domingos do Cariri-PB. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 22/04/2010, limite municipal (IBGE).



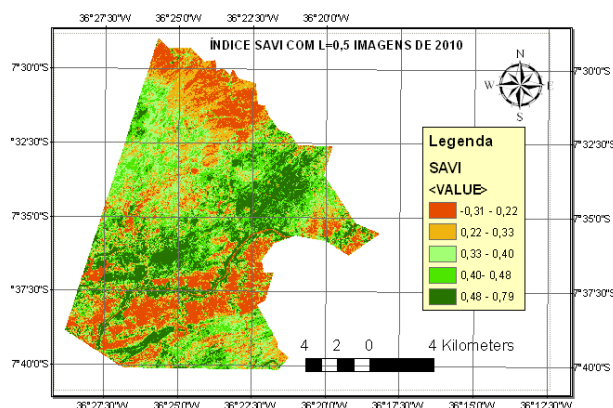


Figura 6 – Mapa do Índice de Vegetação SAVI do município de São Domingos do Cariri-PB com fator de ajuste do solo igual a 0,5. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 22/04/2009, limite municipal (IBGE).

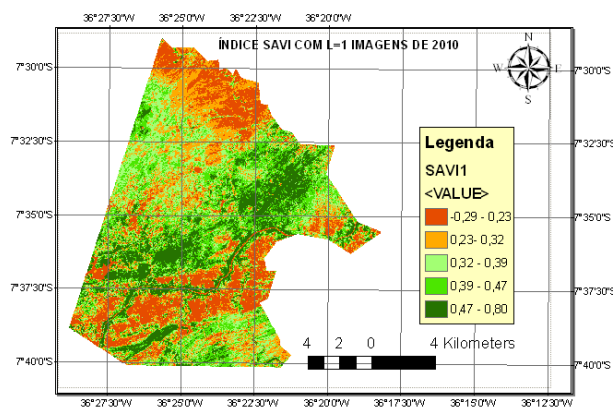


Figura 7 – Mapa do Índice de Vegetação SAVI do município de São Domingos do Cariri-PB com fator de ajuste do solo igual a 1. Fonte: Imagem Landsat TM datada em 22/04/2009, limite municipal (IBGE).

Os índices NDVI e o SAVI expressam valores que representam maiores índices de vegetação quando estão mais próximos ao +1 correspondendo à vegetação mais densa representados nos mapas temáticos na tonalidade verde escuro, enquanto os valores que apresentam baixos índices de vegetação estão mais próximos do zero, representados nos mapas na tonalidade verde claro. Os valores negativos correspondem à área construída, solo exposto e corpos d'água, representados na tonalidade laranja.

A maior diferença ocorreu na classe correspondente aos valores mais próximos ao -1, que correspondem a uma área com nível de degradação muito grave segundo Sousa et al (2007), localizada próximo ao Rio Paraíba e na parte norte da imagem correspondente ao período chuvoso datada em 22/04/2010, representados na tonalidade laranja escuro.

Também foi possível identificar um crescimento nos de áreas com nível de degradação muito grave na parte norte nesta mesma imagem em relação a imagem de 28/10/2009, assim como um pequeno aumento nos maiores valores que correspondem a baixos níveis de degradação em algumas áreas no município devido a diferença entre os índices pluviométricos observados nos meses correspondentes as imagens utilizadas que foi de 0,0mm em 2009 e 72,7mm em 2010 (AESAs,2012).

A aplicação dos mesmos parâmetros de classificação nos mapas temáticos contribuiu para que os resultados dos valores dos índices de vegetação não sofressem interferência da classificação.

O reconhecimento de áreas em processo de desertificação, como as áreas próximas ao Rio Paraíba no trabalho de campo, assim como a composição colorida 5R4G3B (Figuras 8 e 9) para as duas datas ajudou na identificação de áreas como parâmetro de análise dos resultados obtidos no NDVI e no SAVI.

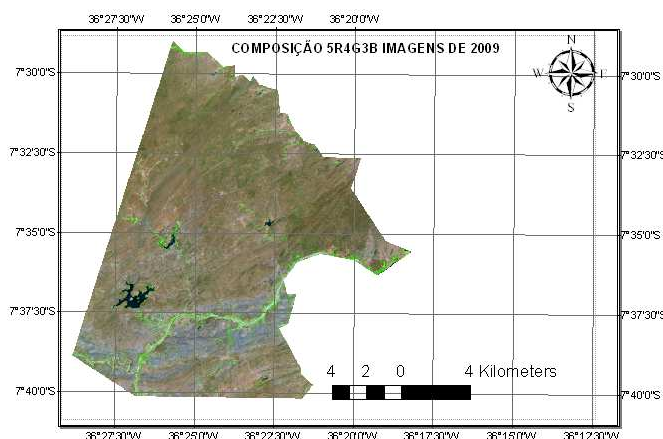


Figura 8-Composição colorida 5R4G3B. Fonte: Imagens Landsat TM nas bandas 5,4 e 3 datadas em 28/10/2009, limite municipal (IBGE).

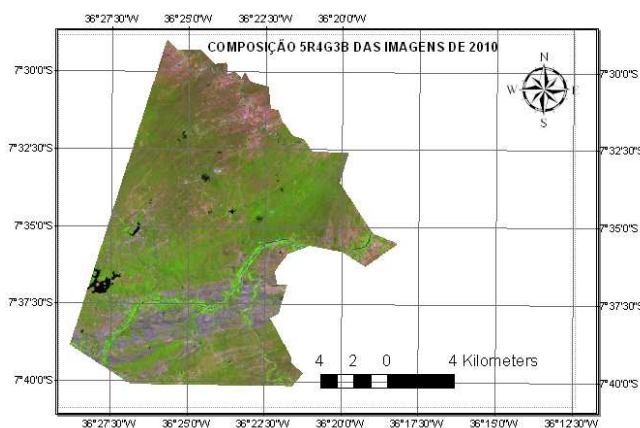


Figura 8-Composição colorida 5R4G3B. Fonte: Imagens Landsat TM nas bandas 5,4 e 3 datadas em 22/04/2010, limite municipal (IBGE).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia aplicada possibilitou a comparação dos resultados de Índice de Vegetação NDVI e SAVI obtidos nos sistema de informação IDRISI Kilimanjaro. Os resultados de NDVI e SAVI apresentaram resultados muito aproximados, apesar da diferenças entre os valores mínimos e máximos dentre as classes estabelecidas em ambas às datas. A maior diferença entre os resultados ocorreu entre os menores valores na imagem correspondente ao período chuvoso.

Os índices de vegetação NDVI e SAVI apresentaram resultados satisfatórios no que diz respeito a representação da vegetação da região estudada. Apesar da diferença na representação de valores mínimos e máximos entre os índices a diferença nos mapas temáticos foi quase imperceptível.

Também foi possível identificar o crescimento de áreas com nível de degradação muito grave na região norte nas imagens de 2010 em relação a de 2009.

Ao longo dos anos os índices de vegetação então cada vez mais sendo utilizados como importante indicador da qualidade ambiental, principalmente em regiões semiáridas onde podemos observar a intensificação do processo de desertificação no decorrer dos anos devido alguns agentes naturais como grandes períodos de estiagem e das atividades humanas, o que vem contribuindo para degradação do bioma da Caatinga.

Diante dos resultados, podemos destacar tanto o NDVI quanto o SAVI como indicador do estado vegetativo de áreas em processo de desertificação, apresentando resultados aproximados da realidade e que podem contribuir em diagnósticos ambientais no semiárido.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACCIOLY, L.J.O. **Degradação do solo e desertificação no Nordeste do Brasil**. B. Inf. SBCS, 25:1:23-25, 2000.

AESA-Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. **Disponível em: <http://site2.aesa.pb.gov.br/aesa/medicaoPluviometrica.do?metodo=chuvasDiariasMapa>**. Acesso em: 12/01/2011

ANTUNES, M.A.H.; FREIRE, R.M.B.; BOTELHO, A.S.; TONIOLLI, L.H. **Correções atmosféricas de imagens de satélites utilizando o Modelo 6S**. In: XXI CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, Belo Horizonte, 2003. In Anais... XXI Congresso Brasileiro de Cartografia. 2003.

ASRAR, G. **Theory and applications of optical remote sensing**. New York : Wiley, 1984.734 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Levantamento Exploratório-Reconhecimento de Solos do Estado da Paraíba. II - Interpretação para Uso Agrícola dos Solos da Paraíba**. M.A./CONTAP /USAID/BRASIL. (Boletim DDFS. EPE-MA, 15 - Pedologia, 8). Rio de Janeiro. 1972. 683p.

DA COSTA, THOMAZ CORRÊA E CASTRO. **Mapeamento da Fitomassa da Caatinga do Núcleo de Desertificação do Seridó, pelo Índice de Área Plantada (IAP) e o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), obtido com dados do Sensor Landsat 7 TM**. In: X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu, 2001, p. 1563-1573. Anais... Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/lise/2001/09.24.09.09/doc/1563.1573.088.pdf2>. Acesso em : Agosto de 2011.

EPIPHANIO, J.C.N.; GLERIAN, J.; FORMAGIO, A.R.; RUDORFF, B.F.T. **Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura de feijão**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.31, n.6, p.445-454, 1996.

HUETE, A.R., 1988. **A soil-adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment**, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. 25:295-309.

IBGE- **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** . Disponível em: [www.ibge.gov.br/](http://www.ibge.gov.br/).

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/terraview/i.php>> Acesso 01.novembro de 2011.

INSTITUTO DESERT. **Sobre Desertificação**. 1994. Disponível em: <<http://institutodesert.com.br/2/sobredesertificacao/conceitosedefinicoes/oconceitodedesertificacao.asp>> Acesso em: 02 de Setembro de 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009, 604 p.

LAURENTINO, M. L.S; SILVA, H.A; SILVA, J.C.B; SANTANA, S.H.C.; MORAIS, Y.C.B.; GALVÍNCIO, J. D. **Aplicação dos índices de NDVI e EVI como análise da variação fisionômica da vegetação no Brejo de Altitude de Serra Negra-Bezerros/PE-Brasil**. In Anais...XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.3182.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2.ed. Vicosa - MG: UFV, 2003. 307 p.

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

PANBRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos. 2005. Disponível em: <[http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Paises\\_do\\_Programa/Brasil/Reunioes\\_do\\_Plano\\_de\\_Acao\\_Nacional\\_PAN/PAN\\_BRASIL.pdf](http://www.iicadesertification.org.br/imagem/noticia/File/Paises_do_Programa/Brasil/Reunioes_do_Plano_de_Acao_Nacional_PAN/PAN_BRASIL.pdf)> Acesso em: 5 de Setembro de 2011. Acesso: 3 de setembro de 2011.

PONZONI, F. J. ; SHIMABUKURO, YOSIO EDEMIR. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos: Parêntese, 2001.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L. ; JUNIOR, J.C.F.M.; CANDEIAS, A.L.B. **APLICAÇÃO DO ÍNDICE DA VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NA AVALIAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E POTENCIAIS PARA UNIDADES DE CONSERVAÇÃO**. In Anais...III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010 p. 001 – 006.

ROSENDO, J. DOS SANTOS. J. **Índices de vegetação e monitoramento do uso do solo e cobertura vegetal na Bacia do Rio Araguari – MG – utilizando dados do sensor MODIS**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Uberlândia – MG, 2005.

SAMPAIO, E.V.S.B. & SAMPAIO, Y. **Desertificação: conceitos, causas, conseqüências e mensuração**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco, 2002. 85p. (Documento, 1)

SILVA, E. T. J. B. **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para Detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e Estratégias**. 2004, 146 f. Dissertação (Mestrado em Geologia)– Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

SILVA, C. A. V.; DA SILVA, H. A.; OLIVEIRA, T. H.; GALVINCIO, J. D. **Uso do Sensoriamento Remoto através de Índices de Vegetação NDVI, SAVI e IAF na microrregião de Itamaracá – PE.** In Anais... XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3079-3085.

SOUSA, Ridelson Faria; BARBOSA, Marx Prestes; SOUSA, Severino Pereira de, GUIMARÃES, Carlos Lamarque. **Estudo da degradação das terras do município de São Domingos do Cariri - estado da Paraíba.** Caminhos de Geografia. Uberlândia v. 8, n. 22. Set /2007. p. 130–136. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/viewFile/10363/6184>. Acesso em: 23 de Setembro de 2011.