



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

## EVOLUÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DA COBERTURA VEGETAL E URBANIZAÇÃO NO MUNICÍPIO DE GARANHUNS - PE

Ubiratan Joaquim da Silva Junior<sup>(a)</sup>, Juarez Antônio da Silva Junior<sup>(b)</sup>

<sup>(a)</sup> Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, ubiratanjoaquim@yahoo.com.br.

<sup>(b)</sup> Departamento de Engenharia Cartográfica, Universidade Federal de Pernambuco, juarez.ufpe@gmail.com

**Eixo:** Geotecnologias e modelagem aplicada aos estudos ambientais

### Resumo

O conhecimento da dinâmica da paisagem é de grande importância para a compreensão do seu desenvolvimento ambiental e social. O espaço urbano é formado por uma teia de elementos que associam a biota origem e as contínuas modificações ocasionadas pela presença de ações antrópicas. O geoprocessamento com técnicas de tratamento das imagens orbitais, por meio do sensoriamento remoto, e sua capacidade de disposição de imagens de um mesmo lugar em diferentes datas, possibilita o conhecimento desta dinâmica. Este trabalho analisou o grau de crescimento urbano e a presença de vegetação do bioma Caatinga no município de Garanhuns - PE, a partir de cartas temáticas, obtidas através do satélite Landsat 5, sensor TM, órbita 230 e ponto 66, de 2006, 2009 e 2011 a partir dos resultados dos índices de vegetação NDVI e NDBI, que indicaram um crescimento considerável da área urbana do município e conseqüentemente redução da Caatinga.

**Palavras chave:** Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Área urbana, Vegetação, Ações antrópicas.

### 1. Introdução

A expansão urbana brasileira tem início na década de 70, estabelecendo uma disparidade na concentração de população em áreas rurais e urbanas, a partir desse ano as cidades tornam-se alvos de fluxos migratórios (BRITO *et. al.*, 2005).



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Segundo Melo *et. al.* (2013) este crescimento dá-se na cidade de Garanhuns a partir do ano de 1982, onde a cidade detinham 76.430 km de perímetro urbano, já no ano de 2010 este valor cresce para 192.2 km mostrando assim um aumento de 161.63%.

O sensoriamento remoto orbital vem proporcionando um grande incremento na qualidade das imagens orbitais, permitindo uma melhor visão dos ambientes intra-urbanos (PASSO, 2013).

Estudos da expansão urbana através de imagens orbitais e técnicas de sensoriamento remoto para cidade de Garanhuns foram desenvolvidos por Deus *et. al.* (2015) que estudaram o crescimento urbano na cidade a partir de análises espaço temporal com os índices espectrais NDVI (*Normalize Difference Vegetation Index*) e NDBI (*Normalized Difference Built-up Index*), AZAMBUJA (2007) que realizou uma análise geomorfológica em áreas de expansão urbana no município, COSTA *et. al.* (2014) elaborou um conjunto de dados cartográficos para o auxílio do planejamento urbano, para a cidade e ALMEIDA & MELO (2013) que analisaram o crescimento urbano e suas consequências geoambientais a partir de imagens do satélite LANDSAT 5, sensor TM (*Thematic Mapper*).

Portanto, neste contexto este trabalho avaliou o crescimento urbano no agreste pernambucano a partir de estimativas da cidade de Garanhuns, de importância social e econômica, e seus impactos a sociedade presente e ao bioma Caatinga, através de análise de imagens orbitais, aplicadas aos índices espectrais de vegetação NDVI e NDBI.

## 2. Materiais e Metodos

O município de Garanhuns (Figura 1) está localizado na mesorregião Agreste de Pernambuco, a área municipal ocupa 465,8 km<sup>2</sup> e representa 0,47 % do estado, o relevo faz parte da unidade das Superfícies Retrabalhadas que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento intenso, com relevo bastante dissecado e vales profundos. O clima é do tipo *Tropical Chuvoso* com verão seco. O período chuvoso começa no outono/inverno tendo início



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

em dezembro/janeiro e término em setembro. A precipitação média anual é de 1309,9 mm. A vegetação é predominantemente do tipo *Floresta subperenifólia*, com partes de *Floresta hipoxerófila* (CPRM, 2005).



Figura 1 – Área de Estudo

Fonte: Os autores (2018)

Foram utilizadas as imagens orbitais do satélite LANDSAT5, sensor TM, com resolução espacial (30 m) adquiridas através da base de dados digitais da USGS – (*United States Geological Survey*), datadas de 25/07/2006, 19/07/2009 e 23/07/2011. Utilizou-se as bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7 correspondente as faixas do visível, infravermelho próximo e infravermelho médio, disponibilizadas gratuitamente. O processamento dos dados foi feito através do software livre de SIG (Sistema de Informações Geográficas) QGIS 2.14.14, onde as equações correspondentes aos índices de vegetação foram inseridas, a partir do empilhamento das bandas, possibilitando o desenvolvimento das cartas temáticas, ao passo que eram processados os índices, tiveram seus valores comparados com os resultados apresentados através de software de modelagem matemática.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O tratamento preliminar de imagens orbitais como a calibração radiométrica e a reflectância, que foram empregados no pré-processamento das imagens utilizadas, possibilita corrigir as degradações radiométricas consequentes de desajustes na calibração dos detetores, erros na transmissão de dados, influências atmosféricas e distorções geométricas. Tais imperfeições não sendo corrigidas, tendem a comprometer os resultados das análises e produtos derivados das imagens, (FIGUEIREDO, 2005).

A calibração radiométrica trata-se da intensidade radiante por unidade de área-fonte projetada numa direção específica (JESSEN, 2009). Tendo como modelagem matemática a equação proposta por Allen et. al. (2002), Chander & Markham (2003) e Silva et. al. (2005):

$$L_{\lambda i} = a_i + \frac{b_i - a_i}{255} ND \quad (1)$$

Em que: L corresponde à radiância espectral de cada banda ( $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ), aos coeficientes “a” e “b” de calibração obtidos por Chender et al (2009), ND = intensidade do pixel (número inteiro entre 0 e 255) correspondente a cada banda e; i = cada banda do TM Landsat 5.

A reflectância corresponde a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, foi obtida por meio da equação 2, conforme Chander & Markham (2003):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda i}}{\kappa_{\lambda i} \cdot \cos Z \cdot d_r} \quad (2)$$

Em que:  $\rho_{\lambda i}$  corresponde a reflectância monocromática de cada banda ( $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ), L à radiância espectral de cada banda ( $Wm^{-2} sr^{-1} \mu m^{-1}$ ), k à irradiância solar espectral de cada Obanda no topo da atmosfera ( $Wm^{-2} \mu m^{-1}$ ), Z = ângulo zenital solar e  $d_r$  = quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol (r) a partir do dia do ano



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

(DSA) considerando  $\cos(Z)$  igual ao  $\sin(E)$ , onde “E” equivale ao ângulo de elevação do Sol no metadados da imagem.

Os índices de vegetação se configuram como medidas radiométricas adimensionais que indicam abundância relativa e atividade da vegetação verde, índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, entre outros elementos, (JESSEN, 2009). Fontana *et. al.* (1998) afirmam que o uso dos índices de vegetação no processamento digital de imagens de Sensoriamento Remoto permite obter informações da presença e condições da cobertura vegetal monitorada. Baseiam-se em transformações lineares das bandas espectrais, em geral nas faixas do vermelho e infravermelho próximo do espectro eletromagnético (EPIPHANIO *et. al.*, 1996). De acordo com Feitosa (2006) tem-se mais de cinquenta índices de vegetação, obtidos a partir de medidas de reflectância entre as faixas espectrais do vermelho e do infravermelho próximo da região do espectro-eletromagnético. Destes, alguns se apresentam funcionalmente equivalentes em termos de conteúdos de informação (PERRY & LAUTENSCHLAGER, 1984) e outros derivam de informações biofísicas singulares (QI *et. al.*, 1995).

O NDVI é dado pela equação gerada a partir da diferença banda espectral, infravermelho próximo e vermelho, e pela soma das mesmas provenientes da imagem de satélite, (equação 3).

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - R}{\text{NIR} + R} \quad (3)$$

Em que: NIR = reflectância da banda do infravermelho próximo (0,75 – 0,90  $\mu\text{m}$ ) e R = reflectância da banda do vermelho (0,63 – 0,70  $\mu\text{m}$ ).

Trata-se de um índice de vegetação cujos valores variam de -1 a +1 e é utilizado para diferenciar os níveis de crescimento da vegetação. Faz-se necessário avaliar a assinatura espectral das plantas para o cálculo do NDVI, Karaburun (2010) descreve que os valores de NDVI variam entre -1,0 e 1,0, no qual os valores negativos de NDVI correspondem a corpos



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

d'água, valores muito baixos indicam áreas inférteis, já valores considerados moderados representam áreas de pastagem e arbustos, enquanto expressam florestas tropicais e temperadas e indicam a presença de “vegetação viva”, e por fim o solo exposto tem valor nulo (CHOUHAN & RAO, 2011).

O NDBI modelado matematicamente através da equação 4, desenvolvido por Zha *et. al.*(2003), é útil na obtenção de informações de áreas urbanas e construídas (Chen *et. al.*, 2006). Tem como base o fato de que áreas construídas apresentam maiores reflectâncias no infravermelho de ondas médias, comparativamente ao infravermelho de ondas curtas (XU, 2007). Baseado no incremento da resposta espectral das áreas construídas entre as bandas do infravermelho médio e infravermelho próximo, onde são obtidos valores entre -1 e 1, sendo que os valores positivos correspondem a áreas construídas, conforme Zha *et. al.* (2003):

$$NDBI = \frac{\rho_{IVm} - \rho_{IVp}}{\rho_{IVm} + \rho_{IVp}} \quad (4)$$

Em que:  $\rho_{IVm}$  = reflectância da banda do infravermelho médio (reflectância da banda5) e  $\rho_{IVp}$  = reflectância da banda do infravermelho próximo (reflectância da banda4).

O NDBI baseia-se no incremento do número digital das áreas construídas em intervalos de bandas. A aplicação deste índice fornece parâmetros capazes de detectar e separar alvos compostos de materiais diferentes, como de edificações em áreas urbanas de uma forma geral e áreas de solo exposto (COSTA, 2016).

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. NDVI

De acordo com Huete e Tucker (1991), o NDVI para os solos expostos são, geralmente, na faixa de 0,05 a 0,30, entretanto devido às propriedades óticas do solo, não se pode definir uma faixa rigorosa de valores de NDVI para solos com pouca ou nenhuma vegetação, afirmaram Coelho *et al.* (2015). Para Oliveira *et. al.* (2013), baixos valores de NDVI



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

configuram vegetação estressada ou área degradada por presença de ação antrópica, decorrente de escassez hídrica, que tem como consequência a exposição do solo.

Diante deste exposto, tem-se com a análise do NDVI uma crescente urbanização no município, além do aumento das áreas de cultivo agrícola, ponto este onde o índice apresentou os menores valores, como justificam os resultados obtidos, com valor mínimo médio de (0,62) para o dia 23/07/2011 e máximo médio de (0.80) para o dia 25/07/2006 e (0.62) para 19/07/2009.

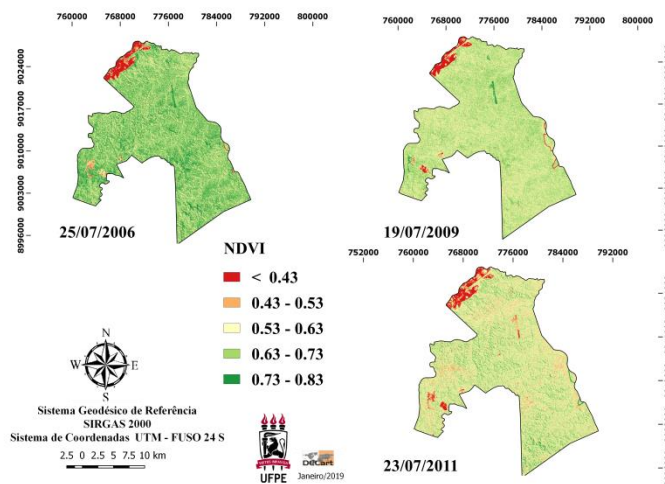


Figura 2 – NDVI

Fonte: Os autores (2018)

### 3.2. NDBI

Para diferenciar as áreas de construídas, foi aplicada a de falsa-cor como instrumento de renderização, devido a sua capacidade de identificar a intensidade das variações ocorridas na área, variando em valores de 0 a 1, ou seja, quando não houver áreas urbanizadas será 0 e a intensidade máxima de áreas urbanizadas, de acordo com o cálculo, será 1, como demonstrado em estudos realizados por Costa et al. (2017), como mostra a figura 4. Porém, o referido índice qualifica além de edificações, áreas de solo exposto, que podem ser englobadas como áreas urbanas, segundo o referido autor.



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Os resultados obtidos através do NDBI, com valor mínimo médio de (-0,235) para o dia 25/07/2006 e máximo médio de (-0.233) para o dia 19/07/2009 e (-0,222) para 23/07/2011, foi possível perceber que as regiões de solo exposto destacadas através dos índices NDVI e SAVI assumem os maiores valores de NDBI, que se trata de áreas urbanizadas.

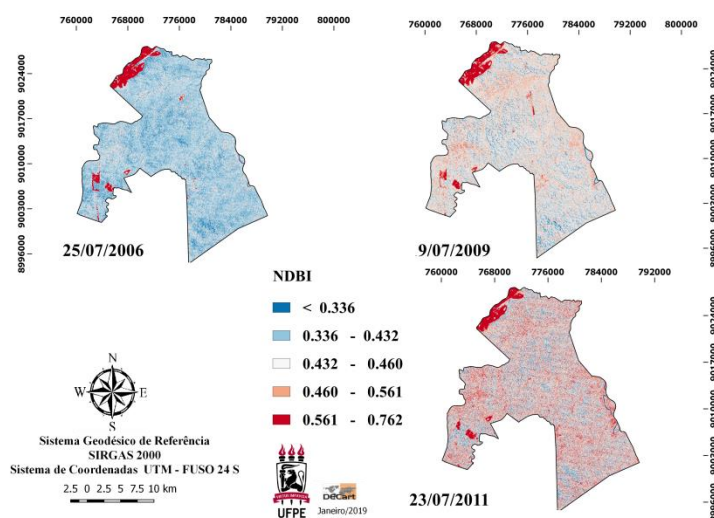


Figura 4 – NDBI

Fonte: Os autores (2018)

#### 4. Considerações Finais

Assim como em varias outras cidades de médio porte, Garanhuns tem visto nas ultimas décadas, o crescimento de sua área urbana, ocupando o que antes eram áreas de domínio agrícola. Esta tensão de contato entre o urbano e o rural tem gerado, por vezes, impactos ambientais, com reflexos notáveis sobre os sistemas geomorfológicos (AZAMBUJA, 2007).

Pode-se dizer que a realização deste mapeamento do crescimento urbano de uma das principais cidades do agreste pernambucano, resultou numa visualização dos impactos que este processo tem conferido ao meio ambiente e os elementos que o constitui, ao longo dos anos, como descritos nas cartas de NDVI e NDBI e em Deus *et. al.* (2015). Através dessa





XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

compreensão, de como esta ocorrendo esta urbanização, a sua distribuição espacial e a correlação com a biota origem, a Cartografia, através de técnicas de sensoriamento remoto e processamento de imagens, aplicados a estudos ambientais, possibilita a partir da inserção de outros elementos de alterações que se sobrepõem na paisagem, o conhecimento desta dinâmica, conforme descrito nesta pesquisa.

## 5. Referencias Bibliograficas

AZAMBUJA, R. N.; **Análise geomorfológica em áreas de expansão urbana no Município de Garanhuns – PE.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia. Recife, 2007.

BRITO F.; SOUZA, J.; Expansão urbana nas grandes metrópoles o significado das migrações intrametropolitanas e da mobilidade pendular na reprodução da pobreza. In: **SÃO PAULO EM PERSPECTIVA**, v. 19, n. 4, p. 48-63, 2005.

CHEN, X. L.; ZHAO, H. M.; Li, P. X.; YIN, Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, v. 104, n. 2, p. 133-146, 2006.

CHOUHAN, R; RAO, N. Vegetation Detection in Multispectral Remote Sensing images: Protective Role-Analysis of Vegetation i. 0042 **Indian Ocean Tsunami**. PDPM Indian Institute of Information Technology, 2011.

COELHO, R. H. V.; VILLAR, C. A.; GUSMÃO, L.; MONTENEGRO, L. G. M. S.; SILVA, B. B.; VASCONCELOS, R.; OLIVEIRA, M. M. L.; Índices de vegetação e temperatura da superfície por Sensoriamento remoto em bacia hidrográfica do Semiárido brasileiro. **Anais do**



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

**XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos** – Brasília – DF, 22 a 27 de novembro de 2015.

COSTA S. O. S.; FRANÇA S. M. E.; LIMA S. E. C.; LIMAR. M. D.; GOMES M. D. D.; A Cartografia no Auxílio do Planejamento Territorial Urbano do Município de Garanhuns-PE. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental - REGET** e-ISSN 2236 1170 - V. 18 n. 3 Set - Dez 2014, p.1101-1108.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil, **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Santa Cruz da Baixa Verde, estado de Pernambuco.** Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. Disponível em: [http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16691/Rel\\_Santa%20Cruz%20da%20Baixa%20Verde.pdf?sequence=3](http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/16691/Rel_Santa%20Cruz%20da%20Baixa%20Verde.pdf?sequence=3)Acesso em: 26/01/2019.

DEUS G. S. A. R.; RAMOS S. P. R.; COSTA S. O. S.; GOMES M. D. Dom; Análise Multitemporal da Expansão Urbana do Município de Garanhuns - PE, Através do Sensoriamento Remoto. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental.** e-ISSN 2236 1170 - V. 19, n. 2, mai-ago. 2015, p. 1535-1544

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

FEITOSA, M.V.; **Varição temporal do Índice de Vegetação (NDVI) correlacionada ao uso e manejo do solo para a estimativa da erosão.** Instituto Agronômico de Campinas - IAC, Dissertação de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical 2006. 128p



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

FONTANA C. D.; BERLATO A. M.; BERGAMASCHI H.; Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, n.8, p.1399-1405, ago. 1998.

HUETE, A. R. Adjusting vegetation indices for soil influences. **International Agrophysics**, v.4, n.4, p.367-376, 1988.

JENSEN, J. R. (1949) **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / tradução José Carlos Neves Epiphany et al. São José dos Campos. SP. 2009

KARABURUN, A. Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buyukcekmece watershed. **Ozean journal of applied sciences**, 2010.

MELO P. F.; ALMEIDA, J. A. P.; de. Crescimento urbano desordenado e seus reflexos nas encostas dos vales de Garanhuns – PE. In: **ANAP Brasil Revista Científica**, v. 6, n. 7, 2013.

MELO P. F.; ALMEIDA, J. A. P.; de. Análise temporal do crescimento do sítio urbano de Garanhuns-PE e suas consequências ambientais. **Cidades Verdes**, v.01, n.01, abr. 2013, p. 67-93.

PASSO P. D. ; **Análise da qualidade de classificadores para identificação de alvos urbanos em imagens de alta resolução espacial - uma aplicação com as imagens do satélite WORLDVIEW II**. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Brasília-DF Março 2013.

PEREZ-MARIN, A. M.; CÉSAR, R. S.; SILVA, E. D.; SAMPAIO, E. V. S. de. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em



XVIII  
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE  
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

**GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

sistema agroflorestal no agreste paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, n.3, p.555-564, maio/jun. 2006.

PERRY, C.R.; LAUTENSCHLAGER, L.F. Functional equivalence of spectral vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, v.14, p.169-182, 1984.

QI, J. C.; MORAN, M.S. Biophysical Parameter Estimations Using Multidirectional Spectral Measurements, *Remote Sensing of Environmental*, 54:71-83, 1995.

SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V.; Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. MMA. – UFPE – Conservation International –Biodiversitas – Embrapa Semi-árido. Brasília. 2005. 382p

SILVA T. M.; SILVA R. P. V.; COSTA E. F. C. S.; Expansão do espaço urbano do município de Campina Grande-PB a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

XU, H. Extraction of Urban Built-up Land Features from Landsat Imagery Using a Thematic oriented Index Combination Technique. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v. 73, n. 12, p. 1381–1391, dez., 2007

ZAHN, C. E. **O processo de urbanização: características e evolução**. In: Bruna, G. (org). *Questões de organização do espaço regional*. São Paulo: Nobel, 1983.

ZHA, Y.; GAO, J.; NI, S. Use of normalized difference Built-Up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. **International Journal of Remote Sensing**, v. 24, n. 3, p. 583-594, 2003.