

Comparação dos índices de vegetação para imagens TM/Landsat 5, com correção e sem correção atmosférica

RESUMO

O efeito atmosférico está presente na aquisição de uma imagem de satélite, e por consequência, os índices físicos tais como: NDVI, NDWI e NDBI devem ser também influenciados. Pode-se então, utilizar métodos para diminuir os efeitos produzidos pela atmosfera nas imagens. Entre os vários métodos, o *Dark Object Subtraction* (DOS) é considerado um dos mais simples. Este trabalho apresenta a comparação de índices físicos com a correção e sem a correção DOS, em imagens do sensor TM do Landsat 5. A área de estudo é um recorte espacial do reservatório de Itaparica, localizado na região da Bacia do Rio São Francisco, margeando municípios do estado da Bahia e de Pernambuco. Utilizou-se o software livre Quantum GIS para se obter os índices físicos com e sem a correção atmosférica. Foi feita uma amostragem de 12 pontos escolhidos na área de estudo que serviram de base na comparação dos índices NDVI, NDWI e NDBI. A partir deste estudo, podemos concluir que existem diferenças no resultado com e sem a aplicação da correção atmosférica. Observou-se que esta diferença não é constante e tem-se também valores distintos para cada alvo supondo um mesmo índice.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento Remoto. Índices Físicos. Correção Atmosférica. DOS.

Ariely Mayara de Albuquerque Teixeira

ariely.albuq@gmail.com

orcid.org/0000-0003-1150-870X

Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

Ana Lúcia Bezerra Candeias

analucia@ufpe.br

orcid.org/0000-0002-9021-7603

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

João Rodrigues Tavares Junior

rodriguesjoao@gmail.com.br

orcid.org/0000-0002-6583-962X

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

INTRODUÇÃO

O Sensoriamento Remoto possui diversas aplicações nos mais variados campos do conhecimento, e o principal motivo disto, segundo Epiphanyo *et al.* (2005) se deve a facilidade de acesso as imagens, e a disponibilidade de sensores com diferentes resoluções espaciais, espectrais e temporais e radiométricas.

Os índices obtidos por Sensoriamento Remoto tais como: NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), NDWI (Índice de Umidade por Diferença Normalizada) e NDBI (Índice de Área Construída por Diferença Normalizada) são, segundo Jensen (2009), medidas radiométricas adimensionais e sua utilização pode facilitar na identificação e na obtenção de informações sobre a cobertura do solo. As imagens digitais advindas dos sensores remotos orbitais são constituídas por pixels, cada um com seu valor de número digital, e que possui uma relação direta com a radiação eletromagnética dos alvos que chega ao sensor. Os valores espectrais dos alvos obtidos pelos sensores remotos sofrem interferências atmosféricas e por isso existem vários métodos para mitigar estes efeitos.

Diversos métodos de correção atmosférica podem ser aplicados para diminuir os efeitos atmosféricos sobre os alvos, um deles é o DOS (*Dark Object Subtraction*), um método simples que utiliza os dados da própria imagem (FRAGAL e MONTANHER, 2011) para a correção.

O objetivo deste trabalho é a comparação dos índices físicos de NDVI, NDWI e NDBI com a correção e sem a correção atmosférica utilizando DOS.

Para o cálculo dos índices foram utilizadas imagens do sensor TM/Landsat 5. A área de estudo é um recorte do reservatório de Itaparica. Este reservatório está localizado na região da Bacia do Rio São Francisco, margeando municípios do estado da Bahia e de Pernambuco. Esta área foi escolhida por fazer parte do projeto INNOVATE (*Innovate Interplay between the multiple use of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems*) entre Alemanha e Brasil e no qual os autores participam (INNOVATE, 2017). No projeto INNOVATE, o reservatório de Itaparica sob vários aspectos e um deles é a interferência do uso e ocupação das terras. Os índices biofísicos aplicados as imagens daquela região irão mostrar informações importantes quanto a vegetação (NDVI), a água (NDWI) e área construída/solo exposto (NDBI). Deseja-se observar, nesse artigo, a influência de se utilizar correção atmosférica ou não nas bandas usadas para esses índices.

O Sensoriamento Remoto é uma ferramenta que possui uma grande relação com os parâmetros biofísicos e estas relações podem ser realizadas através da aplicação de índices de vegetação (EIPHANIO *et al.*, 1996).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN ou em inglês NDVI) utiliza uma banda no espectro do visível e uma outra no espectro do infravermelho, e respectivamente correspondentes as bandas 3 e 4 do sensor TM do Landsat 5. O NDVI varia de -1 a 1, onde os valores positivos crescentes indicam aumento da vegetação verde, e os negativos indicam as superfícies sem vegetação. O NDVI é bastante utilizado na Agricultura de Precisão para avaliar a produtividade das culturas além de ser um bom estimador de biomassa (PONTES *et al.*, 2005).

O Índice de Umidade por Diferença Normalizada (NDWI) está diretamente associado ao conteúdo de água das folhas. O NDWI é importante em estudos referentes ao vigor da vegetação (Cardozo, 2009). Este índice pode ser calculado através da razão, entre a subtração das bandas correspondentes ao infravermelho próximo e médio, e a soma dessas mesmas bandas.

Por se tratar de um índice normalizado, assim como o NDVI, os valores de NDWI variam entre -1 e 1, sendo os valores mais próximos de 1 indicadores de maior umidade da vegetação e os valores negativos vegetação seca (FERREIRA, 2013).

O *Normalized Difference BuiltUp Index* (NDBI) é um índice que distingue o solo exposto e área construída. Ele pode ser aplicado para o mapeamento de áreas urbanas possuindo uma acurácia satisfatória (BACIC; KAWAKUBO (2014) apud Zha *et al.*, 2010). Segundo Pinheiro & Laranjeira (2013) este índice pode ser negativamente afetado quando temos a presença de solos onde a reflectância varia sazonalmente. Isto acontece principalmente em áreas agrícolas, onde o solo exposto apresenta uma resposta espectral muito similar as áreas construídas.

Para o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (IVDN ou NDVI), a fórmula utilizada é apresentada na Equação (1).

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}} \quad (1)$$

Onde, ρ_{NIR} corresponde a banda do infravermelho próximo e ρ_{RED} a banda do vermelho. As bandas utilizadas correspondem ao sensor TM, a bordo do Landsat5.

O NDWI pode ser calculado a partir da Equação (2).

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{MIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{MIR}} \quad (2)$$

Onde, ρ_{NIR} corresponde a banda do infravermelho próximo e, ρ_{MIR} a banda do infravermelho médio.

O NDBI é calculado por meio da Equação (3).

$$NDBI = \frac{\rho_{MIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{MIR} + \rho_{NIR}} \quad (3)$$

Os índices NDVI, NDWI e NDBI geram uma separabilidade dos alvos compostos de materiais diferentes como água, edificações, vegetação e solo exposto e podem auxiliar na classificação e na geração de mapas temáticos de uso e ocupação das terras. Autores como Zha, Gao e Ni (2003), Chen *et al.* (2006) e Liu e Zhang (2011) complementam as informações sobre NDVI, NDWI e NDBI.

A correção atmosférica das imagens de sensoriamento remoto é um item importante (JENSEN, 2009; Gürtler *et al.*, 2005) no processamento de imagem. Avalia-se nesse artigo, os índices NDVI, NDWI e NDBI com ou sem correção atmosférica e sua influência na análise de uso e cobertura da terra. Entre os vários métodos, o DOS (*Dark Object Subtraction*) é considerado um dos métodos mais simples de transformação de números digitais para valores de reflectância (FRAGAL e MONTANHER, 2011; Gürtler *et al.*, 2005) e é usado aqui no sensor TM/Landsat5.

A imagem de satélite do sensor TM utilizada foi adquirida pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e é referente à órbita 216 e ao ponto 66, cuja data corresponde a 20 de novembro do ano de 2009.

A cena foi recortada a fim de otimizar o processamento. O software empregado para realizar o recorte da cena foi o Spring 5.0.6, cujo retângulo envolvente entre latitudes s 9° 10' 47" e s 8° 35' 45" e longitudes o 38° 44' 03" e o 38° 03' 47". Essa área faz parte do projeto INNOVATE (INNOVATE, 2017), onde um dos tópicos é obter o uso e ocupação das terras no entorno do reservatório de Itaparica.

Após o recorte, as imagens foram exportadas em formato .tif para serem utilizadas no Quantum GIS, conhecido como QGIS. No QGIS foram geradas as imagens resultantes dos índices NDVI, NDWI e NDBI (Equações 1, 2 e 3). Os índices foram gerados utilizando a calculadora raster do software Quantum GIS.

O Spring e o QGIS foram escolhidos por serem gratuitos, e possuírem uma interface gráfica simples e intuitiva.

Para o cálculo do DOS, o primeiro passo foi a aquisição do histograma da imagem para a banda com menor comprimento de onda, que no caso é a banda 1. O histograma foi adquirido através do software Spring. A partir dos valores de ganho e offset calculados na planilha disponibilizada por Gürtler *et al.* (2005), foram aplicadas as correções para todas as bandas da data analisada e então os índices de vegetação (NDVI, NDWI e NDBI) foram recalculados agora com a correção DOS.

METODOLOGIA

A Figura 1 apresenta uma comparação da imagem sem e com a correção atmosférica DOS para uma composição RGB 543. Em uma análise visual, não se consegue observar claramente as diferenças nas imagens com a composição RGB 543. Então, analisa-se a banda 4 separadamente, a partir de 12 pontos escolhidos de maneira aleatória, apresentado na Figura 2.

Na Tabela 1 tem-se os valores para os 12 pixels marcados na Figura 2, para a imagem com a correção DOS e sem a correção. Pode-se observar que exceto o ponto 03, todos os outros pixels sofreram alguma variação. O pixel 6 e o pixel 12, que ficam respectivamente em uma área com solo exposto e em área urbana foram os que sofreram a maior variação. A imagem resultante do cálculo do NDVI foi dividida em 9 classes para o caso sem e com as correções DOS.

Figura 1 – Comparação Visual das imagens RGB 543(TM/LANDSAT5). (a) Sem correção DOS. (b) Com correção DOS

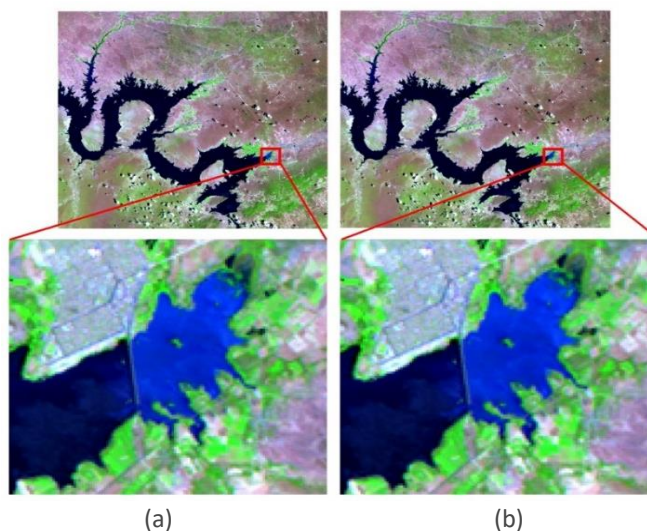
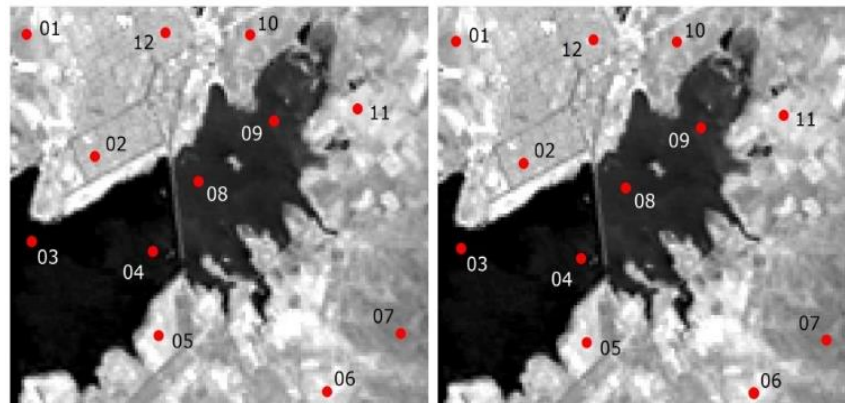


Figura 2 – Comparação Visual na Banda 4 (TM/LANDSAT5). (a) sem correção DOS. (b) Com correção DOS



(a) (b)
Fonte: Autoria própria (2017).

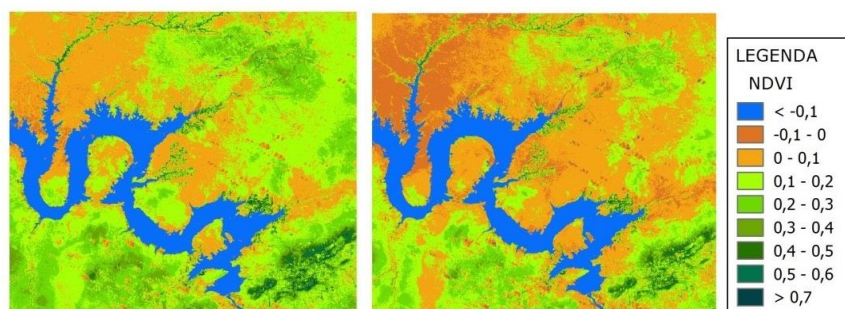
Tabela 1 – Níveis de cinza com e sem correção DOS na banda 4

| Ponto | Alvo | Com correção | Sem correção | Varição |
|-------|-------------|--------------|--------------|---------|
| 1 | Solo 1 | 84 | 80 | 4 |
| 2 | Urbana | 96 | 92 | 4 |
| 3 | Água 1 | 21 | 21 | 0 |
| 4 | Água 1 | 30 | 29 | 1 |
| 5 | Vegetação 1 | 111 | 106 | 5 |
| 6 | Solo 2 | 116 | 110 | 6 |
| 7 | Solo 3 | 68 | 66 | 2 |
| 8 | Água 2 | 38 | 37 | 1 |
| 9 | Água 2 | 41 | 37 | 4 |
| 10 | Solo 4 | 90 | 86 | 4 |
| 11 | Vegetação 2 | 105 | 100 | 5 |
| 12 | Urbana | 105 | 99 | 6 |

Fonte: Autoria própria (2017).

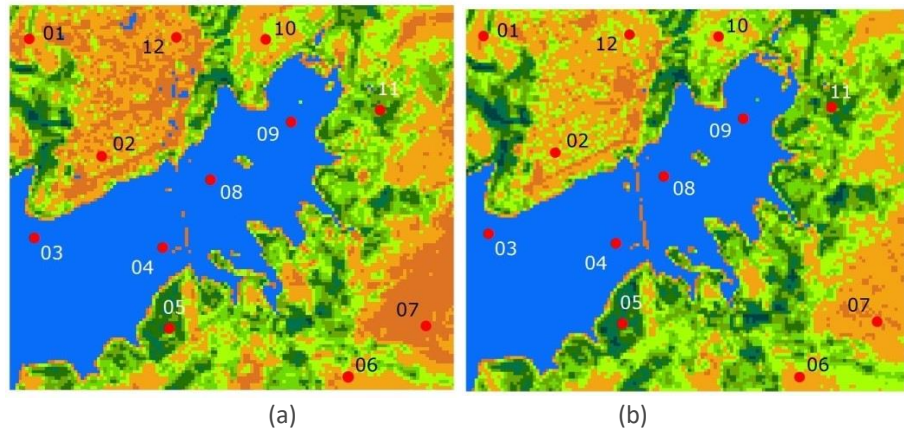
A Figura 3 apresenta o resultado das imagens NDVI com e sem correção DOS. A Figura 4 mostra os locais dos pontos amostrados. Visualmente observa-se diferenças no mapeamento temático das imagens com e sem correção DOS nas Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Imagens NDVI. (a) com correção DOS. (b) e sem correção DOS



(a) (b)
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 4 – Pontos amostrados das Imagens NDVI. (a) com correção DOS. (b) e sem correção DOS



(a) (b)
Fonte: Autoria própria (2017).

As diferenças existentes entre as imagens de NDVI com DOS e sem o DOS podem ser observadas também a partir do seu histograma. O valor máximo, nas duas imagens geradas, para o NDVI sem a correção DOS foi de 0,768116 e com a correção o mesmo passou para 0,726599.

O mesmo procedimento foi realizado com as imagens resultantes dos índices de NDBI e NDWI.

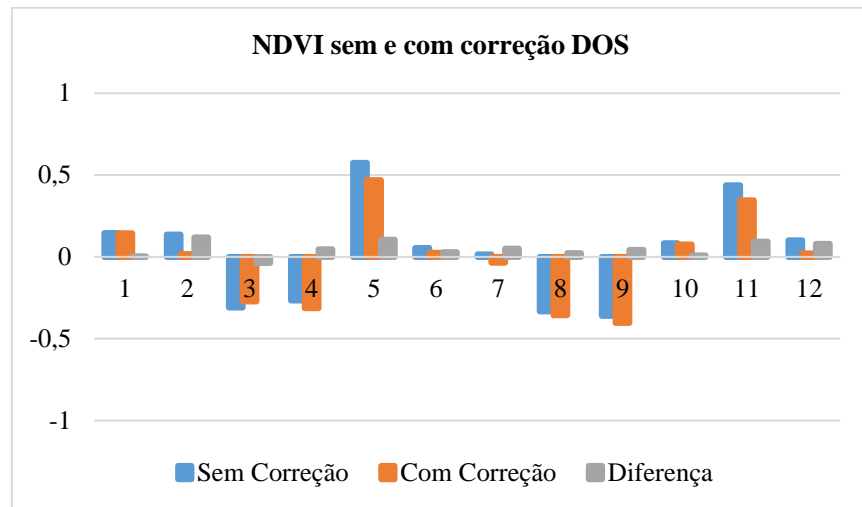
Com os mesmos 12 pixels utilizados na Figura 3, realizou-se a comparação com as imagens do NDVI, do NDWI e NDBI. Na Figura 4 observa-se visualmente que existem diferenças para a imagem obtida pelo NDVI quando previamente não foi aplicado a correção e quando existe essa correção atmosférica. A Tabela 2 e a Figura 5 mostram isso de forma quantitativa.

Tabela 2 – Valores dos pixels com correção e sem correção DOS para o NDVI

| Ponto | Alvo | NDVI | | |
|-------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| | | Sem Correção | Com Correção | Diferença |
| 1 | Solo 1 | 0,14667 | 0,14382 | 0,00285 |
| 2 | Urbana | 0,13610 | 0,01679 | 0,11931 |
| 3 | Água 1 | -0,30910 | -0,27150 | -0,03750 |
| 4 | Água 1 | -0,26580 | -0,31280 | 0,04698 |
| 5 | Vegetação1 | 0,57447 | 0,46832 | 0,10615 |
| 6 | Solo 2 | 0,05405 | 0,02516 | 0,02890 |
| 7 | Solo 3 | 0,01471 | -0,03490 | 0,04965 |
| 8 | Água 2 | -0,33330 | -0,35700 | 0,02371 |
| 9 | Água 2 | -0,35940 | -0,40260 | 0,04322 |
| 10 | Solo 4 | 0,08434 | 0,07580 | 0,00854 |
| 11 | Vegetação 2 | 0,43836 | 0,34501 | 0,09334 |
| 12 | Urbana | 0,10053 | 0,02041 | 0,08012 |

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 5 – Gráfico 1, NDVI sem e com correção DOS da Tabela 2.



Fonte: Autoria própria (2017).

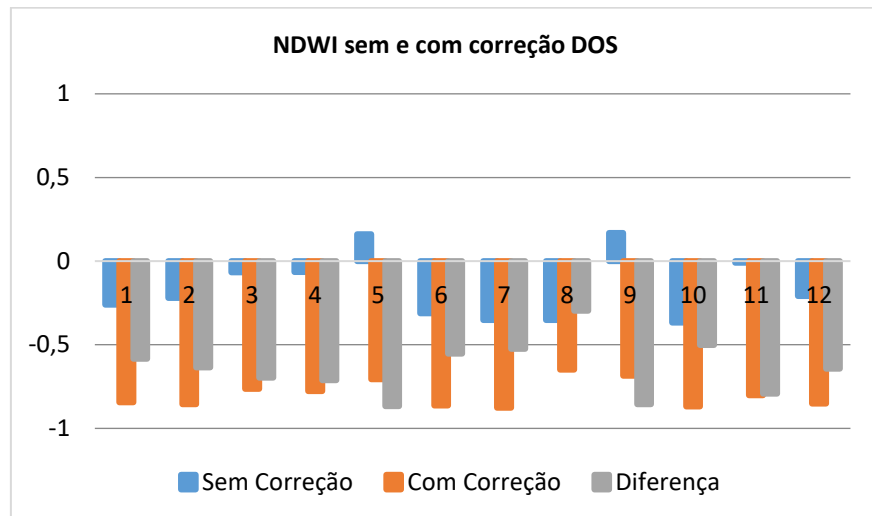
Observando o gráfico apresentado na Figura 5, tem-se que, caso do NDVI, o ponto 2, apresentou a maior diferença entre o índice com DOS e sem o DOS. O ponto 1 sofreu a menor variação entre os seus pixels marcados. A mesma avaliação foi realizada para os índices de NDWI e NDBI, como são apresentados nas Tabelas 3 e 4 e nos Gráficos 2 e 3 (Figuras 6 e 7). A Figura 6 e, Figura 7, respectivamente do NDWI e NDBI, mostram gráficos semelhantes sendo um a inversão do outro. Isto é devido as equações (2) e (3) que tem seus numerados invertidos e denominadores iguais.

Tabela 3 – Valores dos pixels para os índices de NDWI sem e com correção DOS.

| Ponto | Alvo | NDWI | | |
|-------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| | | Sem Correção | Com Correção | Diferença |
| 1 | Solo 1 | -0,259912 | -0,843198 | -0,58329 |
| 2 | Urbana | -0,219512 | -0,855612 | -0,63610 |
| 3 | Água 1 | -0,066667 | -0,763576 | -0,69691 |
| 4 | Água 1 | -0,064516 | -0,776256 | -0,71174 |
| 5 | Vegetação1 | 0,160622 | -0,705727 | -0,86635 |
| 6 | Solo 2 | -0,311765 | -0,864020 | -0,55226 |
| 7 | Solo 3 | -0,352381 | -0,877396 | -0,52502 |
| 8 | Água 2 | -0,352381 | -0,648992 | -0,29661 |
| 9 | Água 2 | 0,169231 | -0,685353 | -0,85458 |
| 10 | Solo 4 | -0,368421 | -0,869363 | -0,50094 |
| 11 | Vegetação 2 | -0,009434 | -0,802639 | -0,79321 |
| 12 | Urbana | -0,209125 | -0,851370 | -0,64225 |

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 6 – Gráfico 2, NDWI sem e com correção DOS da Tabela 3.



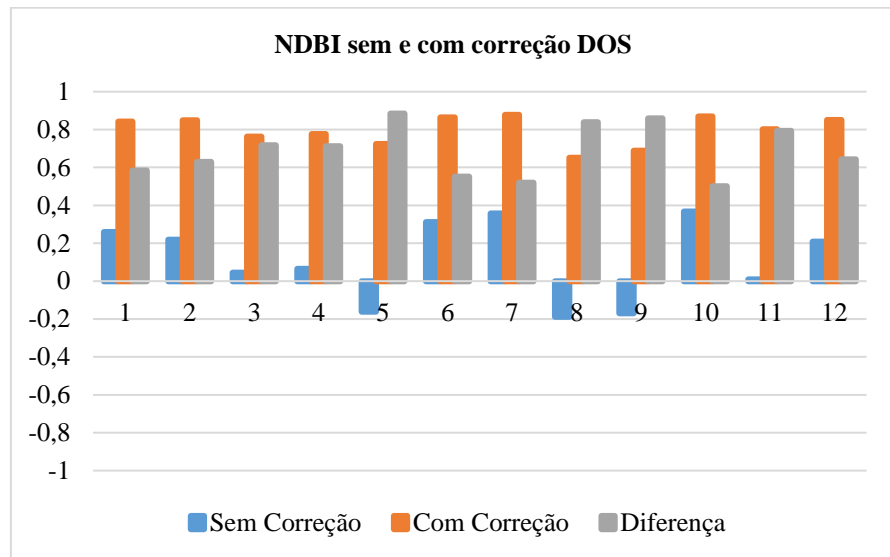
Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 4 – Valores dos pixels para os índices de NDBI sem e com correção DOS.

| Ponto | Alvo | NDBI | | |
|-------|-------------|--------------|--------------|-----------|
| | | Sem Correção | Com Correção | Diferença |
| 1 | Solo 1 | 0,25991 | Solo 1 | 0,583286 |
| 2 | Urbana | 0,21951 | Urbana | 0,630144 |
| 3 | Água 1 | 0,04546 | Água 1 | 0,718121 |
| 4 | Água 1 | 0,06452 | Água 1 | 0,711740 |
| 5 | Vegetação1 | -0,16060 | Vegetação1 | 0,885358 |
| 6 | Solo 2 | 0,31177 | Solo 2 | 0,552255 |
| 7 | Solo 3 | 0,35814 | Solo 3 | 0,519256 |
| 8 | Água 2 | -0,18750 | Água 2 | 0,839537 |
| 9 | Água 2 | -0,16920 | Água 2 | 0,858491 |
| 10 | Solo 4 | 0,36842 | Solo 4 | 0,500942 |
| 11 | Vegetação 2 | 0,00943 | Vegetação 2 | 0,793205 |
| 12 | Urbana | 0,20913 | Urbana | 0,642245 |

Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 7 – Gráfico 2, NDWI sem e com correção DOS da Tabela 3.



Fonte: Autoria própria (2017).

As Tabelas 5, 6, 7 e 8 apresentam os valores de diferença dos índices NDVI, NDWI, NDBI para os alvos Solo, Área Urbana, Água e Vegetação. E as Figuras 8, 9, 10 e 11 mostram estes resultados em gráficos. Observa-se que o NDVI possui uma pequena variação de valores para todos os alvos apresentados. Já para o NDWI e NDBI tem-se que valores bem superiores em relação ao NDVI para os alvos Solo, Área Urbana, Água e Vegetação.

Tabela 5 – Valores dos pixels para os índices de NDBI sem e com correção DOS.

| Pontos | Tipo | Diferença NDVI | Diferença NDWI | Diferença NDBI |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | Solo 1 | 0,00285 | -0,58329 | 0,583286 |
| 6 | Solo 2 | 0,02890 | -0,55226 | 0,552255 |
| 7 | Solo 3 | 0,04965 | -0,52502 | 0,519256 |
| 10 | Solo 4 | 0,00854 | -0,50094 | 0,500942 |

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 6 – Diferenças entre os índices para Área Urbana

| Pontos | Tipo | Diferença NDVI | Diferença NDWI | Diferença NDBI |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| 2 | Urbana | 0,11931 | -0,63610 | 0,630144 |
| 12 | Urbana | 0,08012 | -0,64225 | 0,642245 |

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 7 – Diferenças entre os índices para Água

| Pontos | Tipo | Diferença NDVI | Diferença NDWI | Diferença NDBI |
|--------|--------|----------------|----------------|----------------|
| 3 | Água 1 | -0,03750 | -0,69691 | 0,718121 |
| 4 | Água 1 | 0,04698 | -0,71174 | 0,71174 |
| 8 | Água 2 | 0,02371 | -0,29661 | 0,839537 |
| 9 | Água 2 | 0,04322 | -0,85458 | 0,858491 |

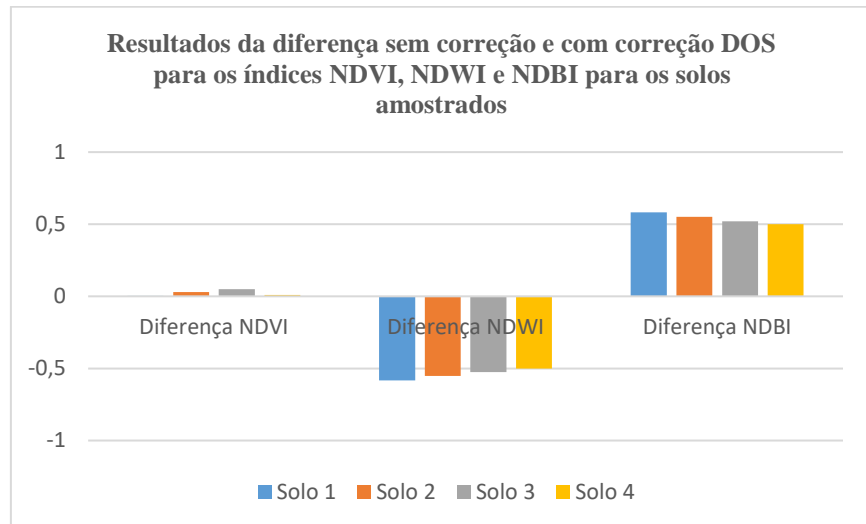
Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 8 – Diferenças entre os índices para Vegetação

| Pontos | Tipo | Diferença NDVI | Diferença NDWI | Diferença NDBI |
|--------|-------------|----------------|----------------|----------------|
| 5 | Vegetação1 | 0,10615 | -0,86635 | 0,885358 |
| 11 | Vegetação 2 | 0,09334 | -0,79321 | 0,793205 |

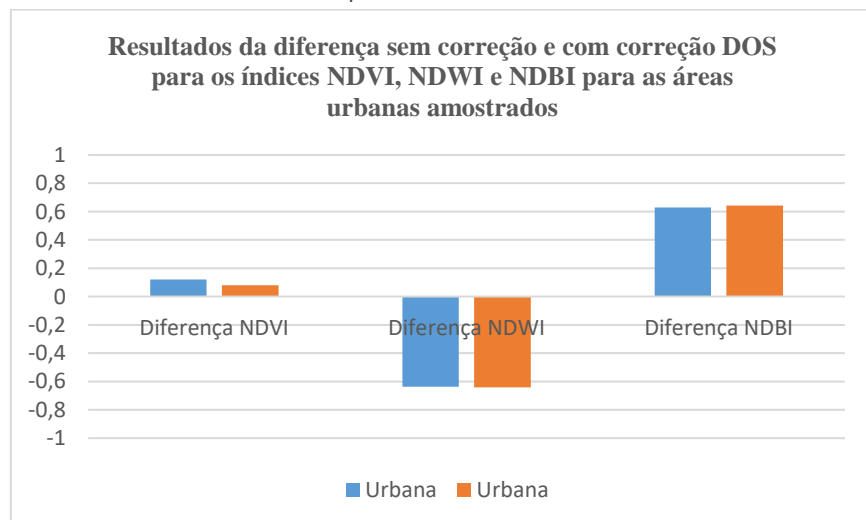
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 8 – Gráfico da diferença sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para solos amostrados



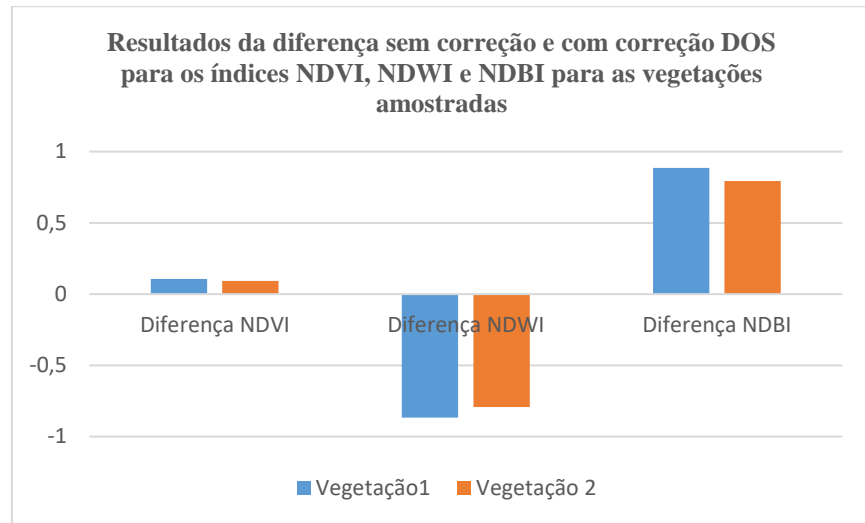
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 9 – Gráfico da diferença sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para áreas urbanas amostradas



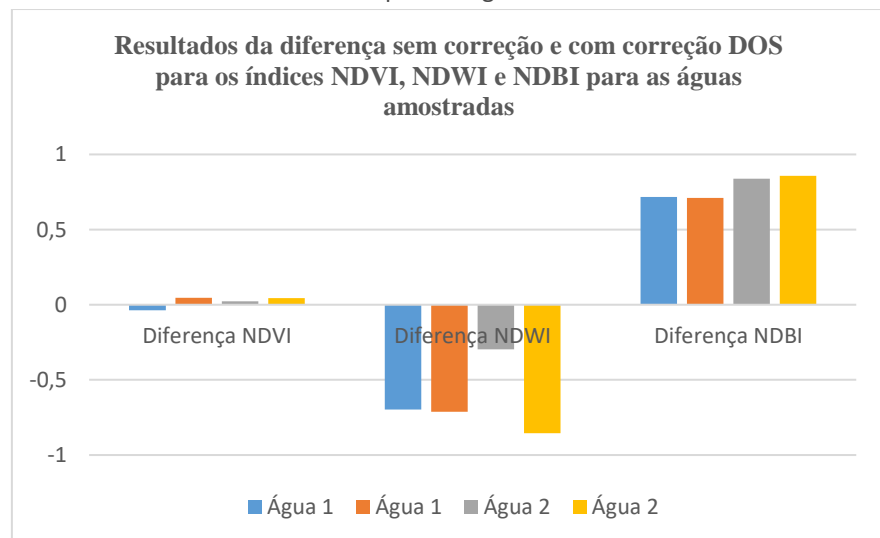
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 10 – Gráfico da diferença sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para as vegetações amostradas.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 11– Gráfico da diferença sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para as águas amostradas



Fonte: Autoria própria (2017).

Para as Tabelas 9 e 10 tem-se respectivamente, a média e o desvio padrão das diferenças para os alvos solo, área urbana, água e vegetação. As Figuras 12 e 13 mostram os resultados graficamente. Por esses valores, pode-se afirmar que o NDVI não gera uma grande influência o fato de estarem as bandas com a correção ou sem a correção DOS. Já o NDBI e o NDWI variam seus resultados em torno de em torno um pouco acima de 0,5 até um pouco acima de 0,8 para os alvos observados. Além disso esses índices variam com os alvos como foi visto nos

resultados obtidos. É necessário, contudo, se trabalhar com mais pontos para que as afirmativas sejam colocadas com maior segurança.

Pela Figura 12 tem-se que a média de variação para o NDVI é mais baixa que para todos os outros índices, mostrando que a influência da utilização ou não da correção DOS não influi no resultado. Já para o NDWI e NDBI esta influência é bem maior sendo praticamente igual para os dois índices. Já o desvio padrão dessas diferenças mostra que a água é a que possui o maior desvio padrão e a área urbana o menor desvio padrão.

Tabela 9 – Média das diferenças para os alvos

| Tipo | Média da diferença NDVI | Média da diferença NDWI | Média da diferença NDBI |
|-----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Solo | 0,02249 | 0,5403775 | 0,5389348 |
| Urbana | 0,09972 | 0,6391750 | 0,6361945 |
| Água | 0,03785 | 0,6399600 | 0,7819723 |
| Vegetação | 0,09975 | 0,8297800 | 0,8392815 |

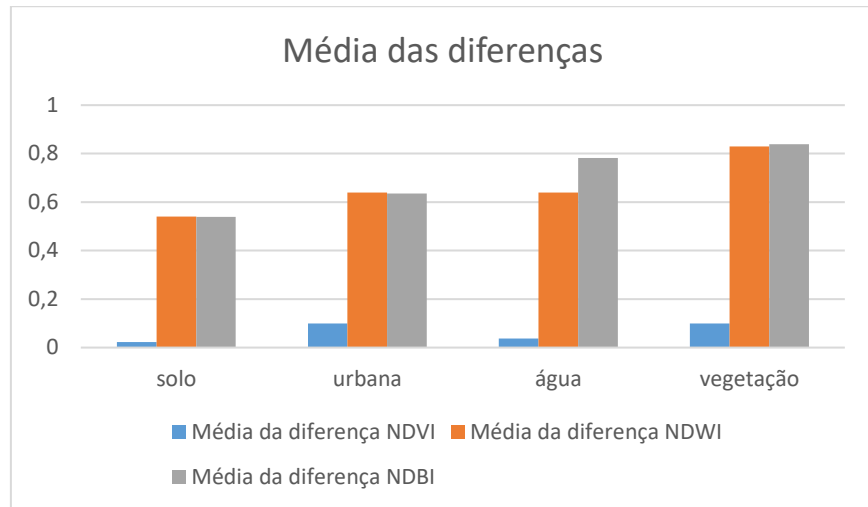
Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 10 – Desvio Padrão das diferenças para os alvos

| Tipo | Desv.Padrão da diferença NDVI | Desv.Padrão da diferença NDWI | Desv.Padrão Da diferença NDBI |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Solo | 0,01679 | 0,0273975 | 0,0288358 |
| Urbana | 0,01960 | 0,0030750 | 0,0060505 |
| Água | 0,00725 | 0,1716750 | 0,0670418 |
| Vegetação | 0,00640 | 0,0365700 | 0,0460765 |

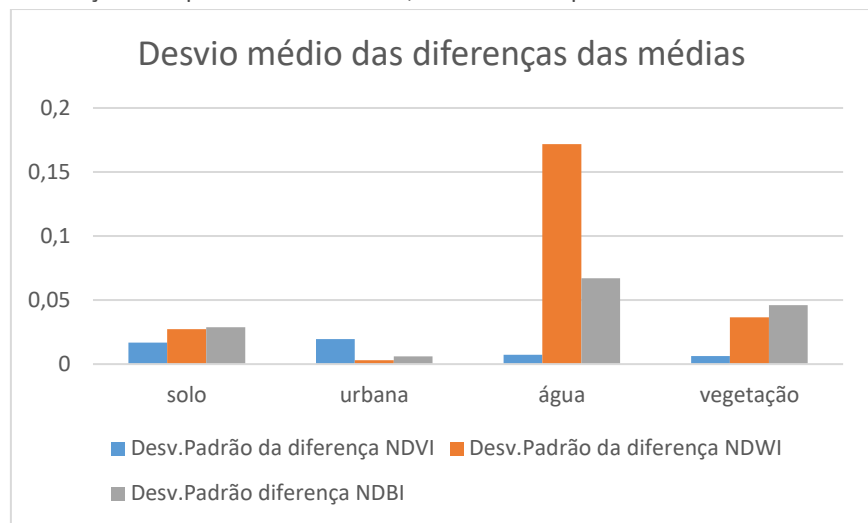
Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 12– Gráfico do módulo das médias das diferenças sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para os alvos amostrados.



Fonte: Autoria própria (2017).

Figura 13– Gráfico do desvio médio das médias das diferenças sem correção e com correção DOS para os índices NDVI, NDWI e NDBI para os alvos amostrados.



Fonte: Autoria própria (2017).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho apresentou uma comparação de mapas de índice físicos de NDVI, NDWI e NDBI com a correção e sem a correção DOS.

No caso do NDVI, os valores obtidos nos pixels estudados após a correção atmosférica, foram menores do que nas imagens sem a correção. O mesmo

ocorreu no NDWI, e em contrapartida no NDBI houve um aumento nos valores dos pixels com correção.

Do ponto de vista da amostragem feita e observando as Tabelas 2, 3 e 4 de cada alvo tem-se que, para o NDVI, a menor variação foi o solo 1 (ponto 1) e o maior valor foi para a área urbana (ponto 2). A menor variação para o NDWI foi para água 2 (ponto 8) e a maior variação foi para a área vegetação 1 (ponto 5). Já para o NDBI, a menor variação foi para o solo 4 (ponto 10) e a maior variação foi para a área vegetação 1 (ponto 5).

Na Figura 6 e na Figura 7 tem-se respectivamente o NDWI e o NDBI que mostram gráficos semelhantes sendo um a inversão do outro. Isto é devido as equações (2) e (3) que tem seus numeradores invertidos e denominadores iguais.

Na amostragem observada de 12 pixels tem-se que o NDVI possui uma pequena variação de valores para todos os alvos apresentados sem a correção e com a correção atmosférica. Já as diferenças observadas nas Tabelas 5, 6, 7 e 8 e gráficos nas Figuras 8, 9, 10 e 11 para NDWI e o NDBI possuem valores de diferenças bem superiores em relação ao NDVI. Para o caso dos alvos vegetação e água tem-se valores altos enquanto para a área urbana e solos, apesar de ser maior nesses índices que no NDVI, se mantém praticamente iguais. É necessário, contudo, se trabalhar com mais pontos para que as afirmativas sejam colocadas com maior segurança. Por esses valores, pode-se afirmar que o NDVI não gera uma grande influência o fato de estarem as bandas com a correção ou sem a correção DOS. Já o NDBI e o NDWI variam seus resultados em torno um pouco acima de 0,5, e até um pouco acima de 0,8, respectivamente, para os alvos observados. Além disso, esses índices variam com os alvos, como foi visto nos resultados obtidos.

Recomenda-se uma maior quantidade de amostragem para se avaliar por alvo a influência da correção atmosférica na imagem TM nos índices NDVI, NDWI e NDBI.

Comparison of vegetation indexes obtained by TM/Landsat5 images, with and without atmospheric correction

ABSTRACT

Atmospheric effect is present in the acquisition of a satellite image, and consequently, the physical indexes such as: NDVI, NDWI and NDBI must also be influenced. Methods to reduce the effects produced by the atmosphere in the images can be used. Among the various methods, Dark Object Subtraction (DOS) is considered one of the simplest. This work presents a comparison of physical indices with correction and without DOS image correction of TM sensor of Landsat5. The study area is a spatial a region of Itaparica reservoir, located in the São Francisco River Basin region, bordering Municipalities of the state of Bahia and Pernambuco. The free software Quantum GIS was used to obtain the physical indexes with and without the atmospheric correction. Sampling of 12 points chosen in the study area was used as the basis for the comparison of the NDVI, NDWI and NDBI indices. From this study, we can conclude that there are differences in the result with and without the application of the atmospheric correction. It was observed that this difference is not constant and there are also distinct values for each target assuming the same index.

KEY WORDS: Remote sensing. Physical Indices. Atmospheric Correction. DOS.

AGRADECIMENTO

A CAPES pela bolsa da 1ª autora, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias de Geoinformação da UFPE que contribuíram com o desenvolvimento desta pesquisa. Ao projeto INNOVATE (Innovate Interplay between the multiple use of water reservoirs via innovative coupling of substance cycles in aquatic and terrestrial ecosystems) parceiros brasileiros: UFPE, UFRPE, EMBRAPA, IFPE, IPA e do lado da Alemanha os parceiros: TUB, UHOH, IGB, PIK, HTWD.

REFERÊNCIAS

BACIC, B. L. de J.; KAWAKUBO, F. S. Mapeamento de classes intraurbanas no município de Caraguatatuba (SP) utilizando imagens Landsat 5 TM e imagem NDBI. In: Simpósio Mineiro de Geografia, 2014, Minas Gerais. **Anais...** Alfenas: Universidade Federal de Alfenas, 2014. Artigos, p. 1702 – 1707. On-line. <http://www.unifal-mg.edu.br/simgeo/system/files/anexos/Bruna%20Lahos%20de%20Jesus%20Bacic.pdf>

CARDOZO, F. S.; PEREIRA, G.; SILVA, G. B. S. S.; SILVA, F. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; MORAES, E. C. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul-matogrossense a partir de imagens orbitais. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá. **Anais...** EMBRAPA Informática Agropecuária/INPE, 2009. Artigos, p. 99-106. On-line. <http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19@80/2009/12.11.16.37/doc/p141.pdf>

CHEN, X. L., ZHAO, H. M., LI, H. M., YIN Z. Y. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 104, n. 2, p. 133–146, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2005.11.016>

EDUARDO, B. F. S.; SILVA, A. J. F. M. e. Avaliação da influência da correção atmosférica no cálculo do índice de vegetação NDVI em imagens Landsat 5 e RapidEye. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013. Artigos, p. 1442-1449. On-line. <http://marte2.sid.inpe.br/attachment.cgi/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.33.54/doc/p0525.pdf>

EPIPHANIO, J. C. N.; ALMEIDA JR, A. C. de; FORMAGGIO, A. R. Desenvolvimento do trigo avaliado com dois índices de vegetação. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 8, 1996. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996.

Artigos, p. 19-24. On-line.
<http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.34/doc/T158.pdf>

EIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 06, p. 445-454, 1996.
<https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4503>

FERREIRA, J. M. S.; FERREIRA, P. S.; MORAIS, Y. C. B.; GOMES, V. P.; FRANÇA, L. M. A.; GALVÍNIO, J. D. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na detecção de mudanças espaço-temporais das áreas de vegetação de mangue em Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 03, p. 356-372, 2013.
<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/viewArticle/683>

FRAGAL, E. H.; MONTANHER, O. C. Correções atmosféricas 6s e DOS na caracterização espectral de alvos naturais de Ilha Grande utilizando dados do sensor TM 5. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15, 2011. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 7456-7463. On-line.

GURTLER, S.; EIPHANIO, J. C.N.; LUIZ, A. J. B.; FORMAGGIO, A. R. Planilha eletrônica para o cálculo da reflectância em imagens TM e ETM+ landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 57/02, p. 162-167, 2005.
https://www.researchgate.net/profile/Saetele_Gurtler/publication/237103051_PLANILHA_ELETRONICA_PARA_O_CALCULO_DA_REFLECTANCIA_EM_IMAGENS_TM_E_ETM_LANDSAT_Electronic_spreadsheet_to_acquire_the_reflectance_from_the_TM_and_ETM_Landsat_images/links/546c992a0cf21e510f63eab3.pdf

JENSEN, J.R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos: Parêntese, 2009. 604 p.

LIU, L.; ZHANG, Y. Urban heat island analysis using the landsat tm data and aster data: A case study in hong kong. **Remote Sensing**, v. 3, n. 7, p. 1535–1552, 2011. ISSN 2072-4292. doi:[10.3390/rs3071535](https://doi.org/10.3390/rs3071535)

PINHEIRO, C.; LARANJEIRA, M. Análise do ambiente térmico e das condições de ventilação para a definição das funções climáticas na área urbana de Guimarães. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n. 04, p. 250-272, 2013.
<http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/download/2013.4.011/50>

PONTES, P. P. B.; ROCHA, J. V.; LAMPARELLI, A. C. Análise temporal de índices de vegetação como subsídio à previsão de safras de cana-de-açúcar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 217-224. On-line.
<http://marte.sid.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.21.21.12/doc/217.pdf>

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. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160304987>

Recebido: 08 set. 2016

Aprovado: 31 ago. 2017

DOI: 10.3895/rbgeo.v5n4.5428

Como citar: TEIXEIRA, A. M. A.; CANDEIAS, A. L. B.; TAVARES JUNIOR, J. R. Comparação dos índices de vegetação para imagens TM/Landsat 5, com correção e sem correção atmosférica. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 5, n. 4, p. 524-542, out/dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Ana Lúcia Bezerra Candeias

Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Departamento de Engenharia Cartográfica, - 2º andar, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n - Cidade Universitária, CEP: 50740-530 - Recife - Pernambuco

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

