

# **AValiação DO NDVI, SAVI E IAF NA ILHA DE ITAPESSOCA, GOIANA, PERNAMBUCO EM PERÍODOS DIFERENTES DE PLUVIOSIDADE**

*N. R. de França e Silva*<sup>1</sup>, *H. Pereira da Silva*<sup>2,3</sup>, *R. B. de O. Alves*<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Brasil

<sup>2</sup>Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Brasil

<sup>3</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Brasil

Comissão Científica

## **RESUMO**

A utilização de índices de vegetação (IVs), gerados a partir de dados de sensoriamento remoto, constitui uma importante estratégia para o monitoramento das alterações naturais, ou produzidas pelo homem, nos ecossistemas. O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento do Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN ou NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo (IVAS ou SAVI) e Índice de Área Foliar (IAF) na Ilha de Itapessoca localizada no município de Goiana, Pernambuco, Brasil para conhecer as potencialidades dos índices estudados no monitoramento da cobertura vegetal da Ilha. O estudo foi desenvolvido na Ilha de Itapessoca devido a presença da Fábrica Itapessoca Agro Industrial S/A – Cimento Nassau que despeja seus rejeitos industriais na Ilha que é uma área de proteção ambiental e que apresenta ecossistemas de Mata Atlântica, mangue e restinga. Para o estudo utilizou-se duas imagens de satélite LANDSAT 8, a primeira num período seco e a segunda num período chuvoso. O processamento das imagens foi feito através do programa ArcMap 10.1 e antes do cálculo do NDVI, SAVI e IAF foi realizada a calibração radiométrica e o cômputo da reflectância monocromática das bandas 4 e 5 do sensor OLI do satélite LANDSAT 8. Após o cálculo do NDVI, SAVI e IAF foi feita a remoção de todos os valores negativos e iguais a zero das imagens, em seguida estas foram convertidas para pontos e suas tabelas exportadas para que os pixels fossem analisados. Foram geradas quatro regressões lineares que avaliaram o grau da relação linear entre o SAVI (variável dependente) e o NDVI (variável independente) e ambos (NDVI e SAVI) com o IAF para as duas datas. Após a exclusão dos pixels negativos e zero do IAF houve uma faixa vegetada que foi removida devido à sombra da nuvem reduzir o valor do índice de área foliar, diante disso foi necessário estimar os pixels que estavam sendo cobertos pelas nuvens. Para ambos os períodos, o IAF mostra um elevado coeficiente de variação. Nos gráficos mostra-se claramente que o NDVI e SAVI se relacionam nos períodos estudados para a Ilha de Itapessoca apresentando coeficiente de determinação de, aproximadamente  $R^2 = 0,88$  em ambas as épocas. Nos gráficos de regressão linear dos índices de vegetação NDVI e SAVI com o índice de área foliar (IAF), observa-se que nenhum dos índices se relacionam bem com IAF. Portanto, existe uma forte relação entre o NDVI e o SAVI para a área de estudo nos períodos estudados. A grande maioria da vegetação da Ilha encontra-se saudável, também é visível o efeito do “background” do solo na área de estudo por isso levando em consideração os resultados das épocas estudadas recomenda-se o uso do SAVI e não do NDVI devido à forte influência do solo.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, processamento de imagens, regressão linear.

## **ABSTRACT**

The use of vegetation indices (VIs), generated from remote sensing data, is an important strategy for the monitoring of natural or anthropogenic changes in ecosystems. The objective of this study was to evaluate the behavior of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Soil Effects Adjusted Vegetation Index (SAVI) and Leaf Area Index (LAI) in Itapessoca Island located in the municipality of Goiana, Pernambuco, Brazil to know the potential of the indices studied in the monitoring of the vegetal cover of the Island. The study was developed in the Itapessoca Island due to the presence of the Itapessoca Agro Industrial S / A - Nassau Cement that empties its industrial waste in the Island that is an area of environmental protection and that presents ecosystems of Mata Atlântica, mangrove and resting. For the study two satellite images LANDSAT 8 were used, the first in a dry period and the second in a rainy period. The images were processed using the ArcMap 10.1 software and before the NDVI, SAVI and LAI calculation, the radiometric calibration and the monochromatic reflectance calculation of the bands 4 and 5 of the OLI sensor of the LANDSAT 8 satellite were performed. After calculation of the NDVI, SAVI and LAI were removed from all negative and zero values of the images, then these were converted to points and their exported tables so that the pixels were analyzed. Four linear regressions were used to evaluate the degree of linear relationship between SAVI (dependent variable) and NDVI (independent variable) and both (NDVI and SAVI) with the LAI for both dates. After exclusion of the negative and zero pixels of the LAI there was a vegetated strip that was removed due to the cloud shadow reducing the value of the leaf area index, in

front of that it was necessary to estimate the pixels that were being covered by the clouds. For both periods, the LAI shows a high coefficient of variation. In the graphs it is clearly shown that the NDVI and SAVI are related in the periods studied for the Island of Itapessoca showing a coefficient of determination of approximately  $R^2 = 0.88$  in both seasons. In the linear regression graphs of NDVI and SAVI vegetation indices with leaf area index (LAI), none of the indices correlate well with LAI. Therefore, there is a strong relationship between NDVI and SAVI for the study area in the periods studied. The great majority of the vegetation of the Island is healthy, also the effect of the background of the soil in the study area is visible, so taking into account the results of the studied times the use of SAVI and not of NDVI is recommended due to the strong influence of the soil.

**Keywords:** remote sensing, image processing, linear regression.

## 1- INTRODUÇÃO

Segundo Feitosa et al. (2004) a partir da década de 80 foram desenvolvidos e instalados sensores de alta resolução a bordo de satélites, capazes de fazer o monitoramento espectral da vegetação de uma determinada área geográfica.

A utilização de índices de vegetação (IVs), gerados de dados de sensoriamento remoto, constitui uma importante estratégia para o monitoramento das alterações naturais, ou produzidas pelo homem, nos ecossistemas. Barbosa (2009) comenta que os índices de vegetação são modelos matemáticos desenvolvidos para avaliar a cobertura vegetal e relacionam assinatura espectral e os parâmetros mensuráveis no campo tanto quantitativamente e qualitativamente. Segundo Marcussi et al. (2010) as equações dos índices são as ferramentas pelas quais essas transformações são efetuadas, sendo realizadas diretamente pelos sistemas de informação geográfica. Rosendo e Rosa (2005) comentam que as bandas das imagens de satélite são compostas por pixels, que por sua vez, são transformados diretamente pelas equações, ressaltando determinados aspectos inerentes a cada índice. Diante disto, índices de vegetação vem sendo desenvolvidos e melhorados para que se possa estimar vários parâmetros relacionados a vegetação. Mesmo com todos os seus usos os índices de vegetação apresentam algumas limitações como por exemplo: a turbidez atmosférica que geralmente impede a coleta de medidas mais realistas da cobertura vegetal e atrasa a identificação de possíveis estresses no dossel. Também as características do solo como textura, cor, umidade, temperatura, sombreamento, presença de matéria orgânica e outras que podem vim a influenciar nos índices de vegetação.

Os índices que se destacam na literatura são o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo – Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) e o Índice de Área Foliar – Leaf Area Index (LAI). Segundo Walthall et al. (2004), o NDVI é usado em praticamente todas as escalas, compreendendo desde investigações em pequena escala a investigação global, pois parte de sua popularidade deriva do fato, da necessidade do cômputo de bandas espectrais que estão praticamente em todos os sistemas de sensoriamento remoto. No entanto Allen et al. (2002) comenta que além do NDVI o SAVI revela a

influência dos efeitos do solo no NDVI e o IAF, o aumento da biomassa na superfície.

O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento do NDVI, SAVI e IAF na Ilha de Itapessoca (Goiana – Pernambuco) num período seco (08/02/2015) e numa época úmida (15/05/2015) utilizando imagens do satélite LANDSAT 8 para que se conhecesse as potencialidades dos índices estudados no monitoramento da cobertura vegetal da Ilha.

## 2- METODOLOGIA DE TRABALHO

O estudo foi desenvolvido na Ilha de Itapessoca (Figura 1) no município de Goiana – PE devido a presença da Fábrica Itapessoca Agro Industrial S/A – Cimento Nassau que despeja seus rejeitos industriais na Ilha que é uma área de proteção ambiental e que apresenta ecossistema de Mata Atlântica, mangue e restinga. A Ilha situa-se a cerca de 50 km ao norte de Recife, numa região de clima tropical e temperatura anual média de 27 °C, delimitada por um retângulo envolvente de coordenadas planas 296545m E, 9150163m S; 293032m E, 9157269m S; 295988m E, 9155771m S; 293236m E, 9154993m S.

Para o estudo utilizou-se duas imagens de satélite Landsat 8, a primeira num período seco do ano adquirida em 08/02/2015 com passagem às 09:28:58 (horário de Brasília) e a segunda num período chuvoso referente ao dia 15/05/2015 às 09:28:05 (horário local), ambas obtidas junto ao United States Geological Survey - USGS (<http://earthexplorer.usgs.gov/>).

O processamento das imagens foi feito através do programa ArcMap 10.1 e antes do cálculo do NDVI, SAVI e IAF foi feita a calibração radiométrica e o cômputo da reflectância monocromática das bandas 4 e 5 do satélite Landsat 8.

O Índice de Vegetação de Diferença Normalizada (IVDN ou NDVI) é foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo (pIV) e do vermelho (pV), onde o primeiro corresponde a banda 5 e o segundo a banda 4 do Landsat 8. O NDVI indica a quantidade e a condição verde de vegetação. Seus valores variam de -1 a 1, sendo de 0 a 1 quando na superfície ocorre alguma vegetação e, geralmente, é menor que 0 quando indica água e

nuvens. A seguir a equação 1 mostra como se calcula do índice:

$$NDVI = \frac{\rho IV - \rho V}{\rho IV + \rho V} \quad (1)$$

Após o cálculo do NDVI foi processado o modelo do SAVI (Índice de Vegetação Ajustado para os Efeitos do Solo), que visa amenizar os efeitos do “background” do solo pela equação 2:

$$SAVI = (1 + L) \frac{(\rho IV - \rho V)}{(L + \rho IV + \rho V)} \quad (2)$$

Onde o fator L é em função do tipo de solo, cujo seu valor varia de acordo com a quantidade de vegetação na área. Para este estudo utilizou-se  $L = 0,5$  (média densidade de vegetação) em ambas as imagens.

Após o cálculo do NDVI e SAVI foi realizado o cômputo do Índice de Área Foliar (IAF) cujo é a razão entre a área foliar de toda a vegetação por unidade de área utilizada por essa vegetação. O IAF é um indicador da biomassa de cada pixel da imagem e o mesmo foi computado pela seguinte equação empírica obtida por Allen et al. (2002):

$$IAF = \ln \left[ \frac{(0,69 - SAVI)}{(L + \rho IV + \rho V)} \right] \quad (3)$$

Após o cálculo do NDVI, SAVI e IAF foi feita a remoção de todos os valores negativos e iguais a zero das imagens, em seguida estas foram convertidas para pontos e suas tabelas exportadas para que os pixels fossem analisados.

No programa Microsoft Excel foi feito, separadamente, para o conjunto de pixels do NDVI, SAVI e IAF nas datas estudadas a média, mediana, valor máximo e mínimo, amplitude, o desvio padrão, variância e o coeficiente de variação. Também foram geradas quatro regressões lineares que avaliavam a “força” da relação linear entre o SAVI (variável dependente) e o NDVI (variável independente) e ambos (NDVI e SAVI) com o IAF para as duas datas.

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a exclusão dos pixels negativos e zero do IAF houve uma faixa vegetada que foi removida devido à sombra da nuvem reduzir o valor do índice de área foliar, diante disso foi necessário estimar os pixels que estavam sendo cobertos pelas nuvens utilizando a

função *Focal Statistics* do ArcMap para que fossem obtidos valores mais coerentes de IAF.

A Figura 2 mostra as imagens do satélite LANDSAT 8 utilizadas na área na composição falsa cor 654 em RGB e a Figura 3 mostra o produto do processamento dos índices estudados.

Conforme análise do NDVI percebe-se que em ambos os períodos do ano a cobertura vegetal das duas imagens apresenta, na grande maioria de todos os seus pixels, valores acima de 0,6 mostrando que mesmo na época mais seca (08/02/2015) as plantas parecem bem.

Porém, quando se analisa o SAVI que apresenta uma constante para amenizar o efeito do solo, os valores ficam mais na faixa 0,4 – 0,6 e 0,2 – 0,4. Assim, o SAVI consegue destacar melhor as áreas vegetadas devido a redução do “background”.

As áreas nas imagens que o NDVI e o SAVI estão na faixa entre 0 – 0,2 e abrangem os locais compreendidos pela Fábrica Itapessoca Agro Industrial S/A – Cimento Nassau e regiões de mangue.

A partir da análise do IAF se nota que quase toda a Ilha apresenta uma vegetação com pouca biomassa no período mais seco com exceção do centro da Ilha que apresenta uma mancha na faixa de valores 0,2 – 0,4 que compreende uma área de reflorestamento.

Já no período mais úmido os valores de IAF aumentam bastante, porém a partir da análise da Tabela 1, para ambos os períodos, o IAF apresenta um elevado coeficiente de variação o que mostra que os dados são muito heterogêneos e que os valores obtidos não podem estar mostrando bem o que está acontecendo na realidade principalmente para o período mais úmido, 15/05/2015 que apresentou um coeficiente de variação de 72%.

Além do IAF, no estudo da Tabela 1 nota-se que os valores de NDVI são muito próximos os quais são maiores no período chuvoso do ano. O que faz sentido devido ao fato de que a cobertura vegetal no período mais seco está sujeita a estresse. Também deve-se mencionar que os dados são mais homogêneos, principalmente, para a época mais úmida que apresentou um C.V. de 27% e o seco 30%.

Quando se analisa o SAVI na Tabela 1 e na Figura 3 é visível o efeito do solo nos resultados. Como se esperava, os valores da época mais úmida são superiores ao da mais seca, porém em comparação com o NDVI os dados são um pouco mais dispersos com relação à média apresentando um C.V. de 36% em 08/02/2015 e C.V. de 35% em 15/05/2015.

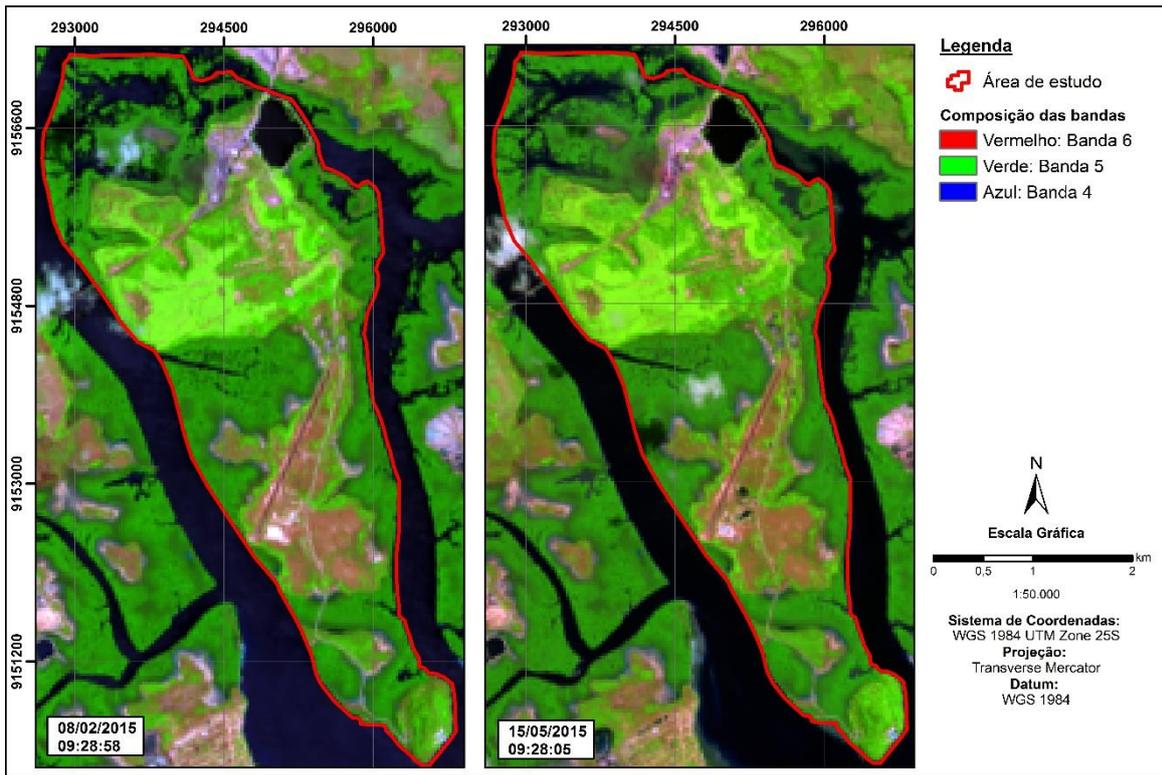


Figura 2 - Imagens LANDSAT 8 falsa cor, bandas espectrais 654 em RGB.

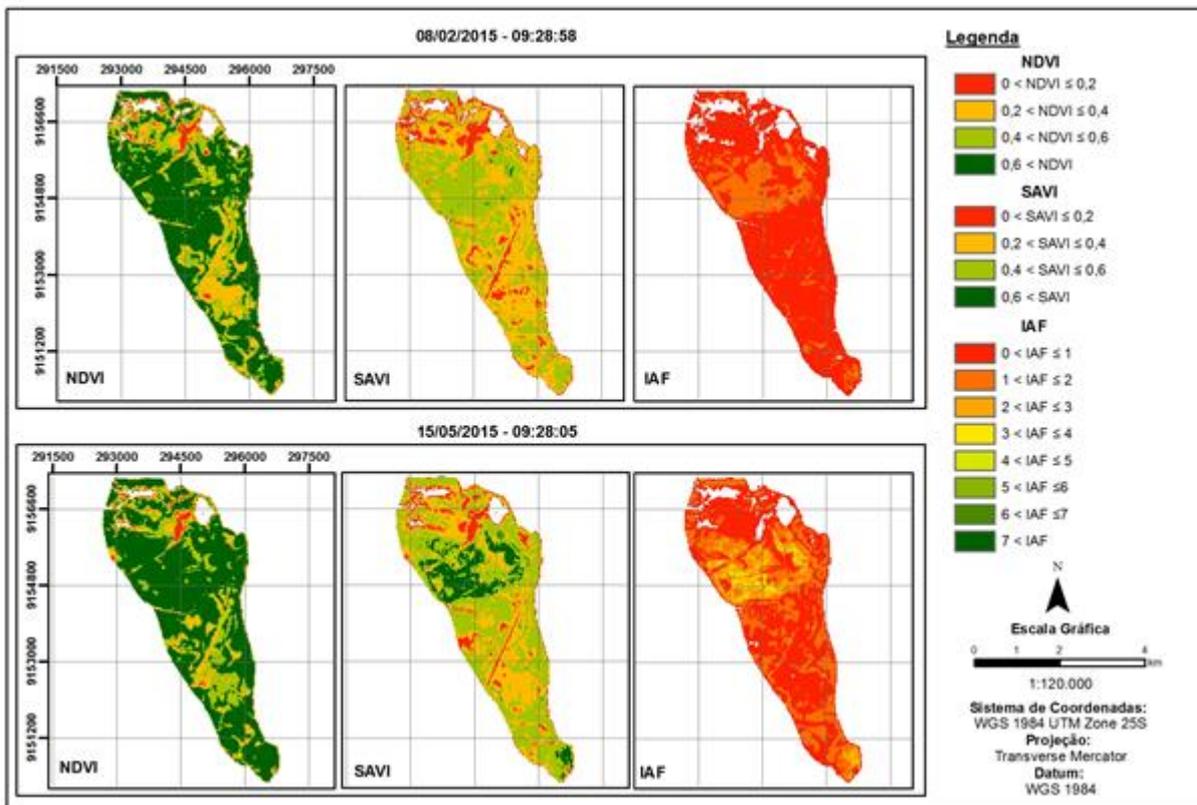


Figura 3. NDVI, SAVI e IAF da Ilha de Itapessoca (Goiana, Pernambuco) em 08/02/2015 e 15/05/2015.

TABELA 1 - MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL E DE VARIAÇÃO PARA OS PIXELS DO NDVI, SAVI E IAF EM 08/02/2015 E 15/05/2015.

	08/02/2015			15/05/2015		
	NDVI	SAVI	IAF	NDVI	SAVI	IAF
Valor Máximo	0,8273	0,6405	2,7229	0,8581	0,7297	7,2245
Valor Mínimo	0,0004	0,0001	0,0001	0,0040	0,0007	0,0002
Mediana	0,6374	0,3705	0,6958	0,6954	0,4357	0,9432
Média	0,5735	0,3504	0,7218	0,6338	0,4152	1,0800
Amplitude	0,8269	0,6404	2,7228	0,8541	0,7290	7,2243
Desvio Padrão	0,1725	0,1270	0,4214	0,1730	0,1460	0,7722
Variância	0,0298	0,0161	0,1776	0,0299	0,0213	0,5963
CV (%)	30	36	58	27	35	72

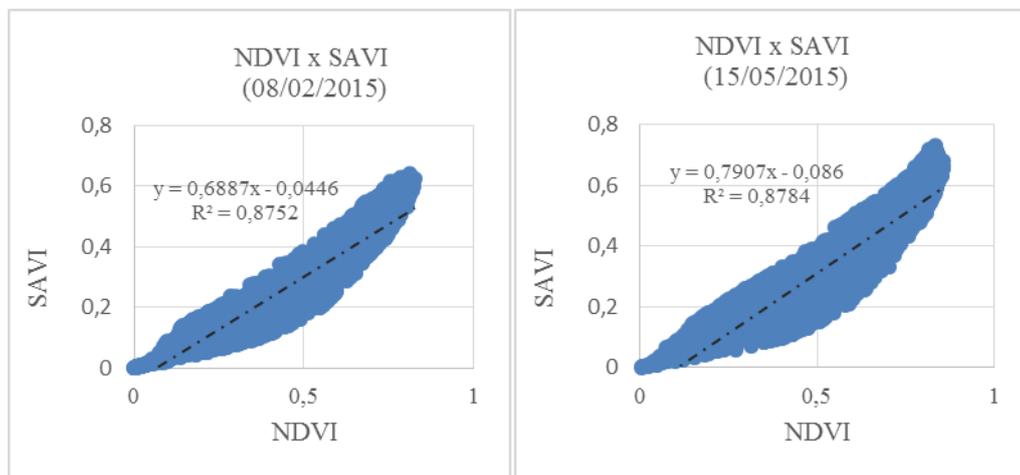


Figura 4 - Relações entre os índices de vegetação estudados, NDVI e SAVI para o período de estudo.

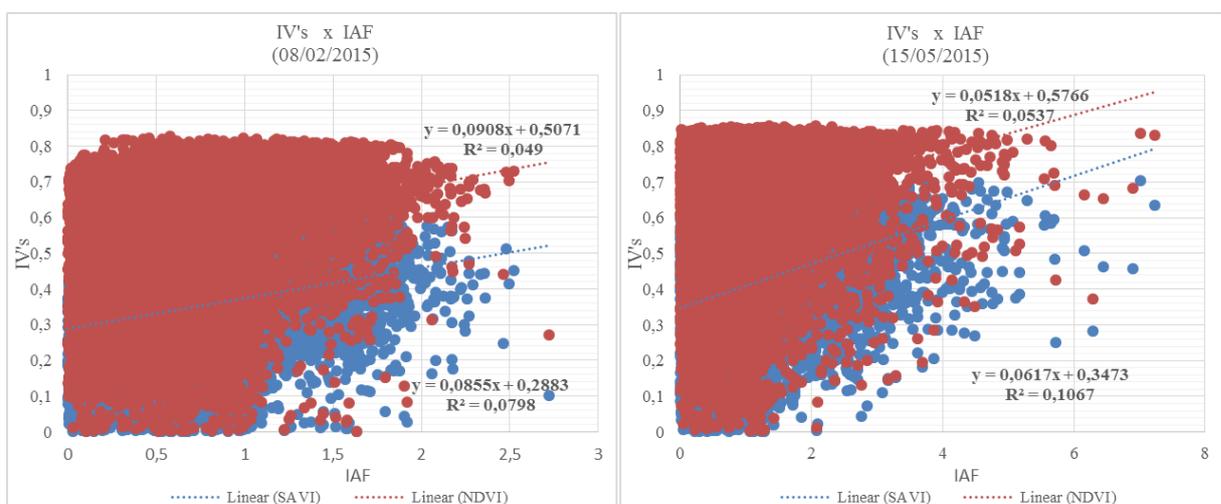


Figura 5. Relações entre os índices de vegetação estudados NDVI e SAVI com o Índice de Área Foliar (IAF) para o período de estudo.

Nos gráficos da Figura 4 mostra-se claramente que o NDVI e SAVI se relacionam nos períodos estudados para a Ilha de Itapessoca apresentando coeficiente de determinação, aproximadamente de  $R^2=0,88$  em ambas as épocas.

Nos gráficos de regressão linear dos índices de vegetação NDVI e SAVI com o índice de área foliar (IAF) na Figura 5 nota-se que nenhum dos índices se relacionam bem com IAF sendo o maior coeficiente de determinação, aproximadamente,  $R^2=0,11$  e o menor  $R^2=0,049$  o que possivelmente possa ser devido à alta heterogeneidade dos pixels do IAF.

#### 4. CONCLUSÕES

Portanto, existe uma forte relação entre o NDVI e o SAVI para a área de estudo nos períodos estudados, porém os índices não se ajustaram com o Índice de Área Foliar (IAF) na regressão linear para o as épocas do trabalho sendo necessário mais estudos para que se tenha maior segurança neste último resultado devido a heterogeneidade presente no IAF.

A grande maioria da vegetação da Ilha encontra-se saudável. Também é visível o efeito do “background” do solo na área de estudo por isso levando em consideração os resultados das épocas estudadas recomenda-se o uso do SAVI e não do NDVI devido à forte influência do solo.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GEOSERE) da Universidade Federal Rural de Pernambuco para a realização deste Estudo.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, R.; Bastiaanssen, W.; Waters, R.; Tasumi, M.; Trezza, R. Surface Energy Balance Algorithms for Land (SEBAL) – Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

Barbosa, K.M. do N. Monitoramento espacial de biomassa e carbono orgânico da vegetação herbácea de várzea na Amazônia Central. 2006. 131 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais – Manejo Florestal) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2006.

Feitosa, J. R. P.; Costa Filho, J. F.; Silva, B. B. Avaliação de índices de vegetação em áreas irrigadas do sub-médio São Francisco Petrolina-PE, a partir de imagens do satélite Landsat TM-5. In: Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. São José dos Campos: Sociedade Brasileira de Meteorologia, 2004. Artigos, p. 111-113.

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 da Geografia, v. 11, p. 41-53, 2010.

Rosendo, J. dos S.; Rosa, R. Exemplo de aplicação do Produto MOD13Q1 disponibilizado pelo sensor MODIS/Terra. In: Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 12., 2005, Goiânia. Goiânia: INPE, 2005. Artigos, p. 3285-3292.

Walthall, C.; Dulaney, W.; Anderson, M.; Norman, J.; Fang, H.; Liang, S. A comparison of empirical and neural network approaches for estimating corn and soybean leaf area index from Landsat ETM+ imagery. Remote Sensing of Environment, v. 92, p. 465-474, 2004.