

# **AVALIAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DOS IMPACTOS AMBIENTAIS PROVENIENTES DA INSTALAÇÃO DO COMPLEXO INDUSTRIAL E PORTUÁRIO DE SUAPE SOBRE SUA HINTERLÂNDIA**

*Space-temporal evaluation of the environmental impacts of the installation of the  
SUAPE industrial and port complex on its hinterland*

**Elisabeth Regina Alves Cavalcanti Silva\***

**José Gustavo da Silva Melo\*\***

**Johnny Mayron Ferreira\*\*\***

**Josicleda Domiciano Galvêncio\*\*\*\***

**\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE / Recife, Pernambuco**  
bellhannover@hotmail.com

**\*\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE / Recife, Pernambuco**  
josegustavo\_melo@hotmail.com

**\*\*\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE / Recife, Pernambuco**  
johnnymayron@hotmail.com

**\*\*\*\*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE / Recife, Pernambuco**  
josicleda@hotmail.com

## **RESUMO**

O estado de Pernambuco apresenta uma concentração de manguezais e áreas de Mata Atlântica bastante significativa, diante disso, diversos autores ressaltam os constantes processos de antropização gerados nesses ecossistemas na área entorno do Porto de Suape. Nesse sentido, este trabalho buscou espacializar e avaliar o nível de degradação ambiental ao longo de aproximadamente duas décadas de período amostral na área correspondente ao Complexo Industrial e Portuário de Suape, a partir da utilização de variáveis biofísicas como o NDVI, para demonstrar a dinâmica da vegetação ao longo dos anos nas áreas de Mata Atlântica e no manguezal, e de uma variável física, o albedo, para identificação de mudanças ao longo da superfície. Foram verificadas sete classes principais de uso e cobertura do solo, destacando-se a presença de áreas de solo exposto referentes aos efeitos gerados pelos mais diversos tensores na região. Analisando-se temporalmente os dados do NDVI na área portuária em direção ao continente, foi possível notar a diminuição tanto dos limites das áreas com vegetação típica de Mata Atlântica quanto à variação das áreas de mangue ao longo dos anos, bem como o aumento do albedo, indicando que a vegetação tem se tornado menos densa devido ao crescimento urbano e industrial nessa área.

**Palavras-chave:** Zona de influência. Impactos ambientais. Modificações do uso. Cobertura da terra.

## **ABSTRACT**

The state of Pernambuco has a concentration of mangroves and Atlantic Forest areas very significant, on the above, several authors emphasize the constant anthropic processes generated in these ecosystems in the area around the port of Suape. For this reason, this study sought spatialize and assess the level of environmental degradation over approximately two decades of the sample period in the area corresponding to the Industrial and Port Complex of Suape, from the use of biophysical variables such as NDVI, to demonstrate the dynamics of vegetation over the years in the areas of Atlantic forest and mangrove areas, and a physical variable, the albedo, to identify changes over the surface. Were checked seven major classes of land cover and use, highlighting the presence of areas of exposed soil on the effects generated by various tensors in the region. Analyzing temporal NDVI data in the port area towards the mainland, it was possible to note the decrease in both the limits of the areas with vegetation typical of the Atlantic as the variation of mangrove areas over the

years, as well as increasing the albedo, indicating that the vegetation has become less dense due to urban and industrial growth in this area.

**Keywords:** Zone of influence. Environmental impacts. Changes of use. Land cover.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Paiva (2006), o conceito de hinterlândia é conhecido desde o início do século XX, a palavra é proveniente do alemão *hinterland* que significa a 'terra de trás' (de uma cidade ou porto). Para Takel (1976), a hinterlândia é literalmente a área geográfica (que pode se tratar de um município ou um conjunto de municípios) em terra, definindo-a como simplesmente a área atrás da costa, sem definir qual é esta área, sua possível dimensão e delimitação e sem definir o grau de atuação do porto nessa região.

Kesic et al. (1998), classificam a área adjacente à costa como zona imediata de influência, já Degrassi (2001), complementa que uma hinterlândia corresponderia a uma área geográfica servida por um porto e a este conectada por uma rede de transportes, através do qual ocorre troca de mercadorias.

Neste trabalho utilizar-se-á a visão de hinterlândia definida por Degrassi (2001) e Paiva (2006), segundo a qual a hinterlândia de um porto pode ser descrita como sua área tributária, cujas características econômicas dependem essencialmente das atividades portuárias, e por todas as localidades ligadas ao porto propriamente dito e que formam uma região no sentido funcional, podendo ser incorporadas na análise, variáveis físicas, em razão das atividades portuárias estarem submetidas, entre outros, ao clima e aos fatores sazonais.

Freitas et al. (2009) afirmam que mudanças no uso da terra provocam alterações no balanço de energia, água e de *momentum* na superfície devido às correspondentes mudanças no albedo da superfície, capacidade de evapotranspiração associada à cobertura vegetal e sua estrutura espacial. A substituição de áreas florestadas com sistema radicular profundo por áreas de pastagens implica em aumento no albedo e baixa acessibilidade a solos profundos com alto armazenamento de água. Desta forma, mudanças no uso da terra são, por si só, indutoras de alteração no padrão do ciclo hidrológico e estas alterações podem ser avaliadas com o uso de modelos numéricos e de cenários de ocupação da terra.

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto em diversas análises assume relevância cada vez maior nos trabalhos acadêmicos pela certa facilidade de aquisição de informações prévias de determinada área de interesse, com consistência e repetitividade dos dados adquiridos da superfície terrestre, e pela organização de uma base de dados iniciais georreferenciada (NOVO, 2008). Aliado ao emprego do sensoriamento remoto, técnicas de processamento de imagens digitais são também empregadas na resolução de diversos problemas, utilizando-se para tal, métodos capazes de melhorar a informação visual para a análise e interpretação humana (GONZALEZ; WOODS, 2003).

Nesse sentido, os índices de vegetação são alguns dos parâmetros mais utilizados no monitoramento sazonal e interanual de parâmetros fisiológicos e estruturais dos diferentes ecossistemas e são obtidos através da utilização do sensoriamento remoto. Eles consistem em transformações, lineares ou não, de bandas espectrais escolhidas, conforme suas especificidades, para realçar a contribuição de propriedades de interesse da vegetação (SOUZA et al., 2009).

A quantificação, a avaliação de risco e o monitoramento da desertificação, podem ser realizados a partir de parâmetros biofísicos (tais como, índices de vegetação) e físicos (albedo, temperatura, emissividade, dentre outros) obtidos por meio de imagens orbitais, para determinação de mudanças na superfície. Diante disso, índices de vegetação tais como o NDVI podem auxiliar no monitoramento de determinados biomas, bem como possibilitar a análise das paisagens natural e antrópica dos seus vários ecossistemas, melhorando assim o entendimento acerca da sua estrutura, funcionamento e função ecológica (LOPES et al., 2010).

Segundo Robinove et al. (1981), uma sequência de imagens do albedo pode ser usada para demonstrar mudanças na superfície. Essas mudanças podem ser mapeadas em um nível de percentagem selecionada, para mostrar a localização, o padrão, a quantidade, e direção (aumento ou diminuição) na mudança do albedo.

Diante do exposto, este trabalho tem por objetivo utilizar os parâmetros de NDVI e albedo para quantificação dos impactos ambientais ocorridos entre os anos de 1989 e 2010, na área de influência do Complexo Industrial e Portuário de Suape (Pernambuco) visto que nos últimos anos, várias ações estratégicas foram tomadas no sentido de propiciar a formação e consolidação dos centros nodais do espaço de fluxos.

Em função disso, o ambiente urbano, como parte preponderante dos projetos de desenvolvimento e integrante da hinterlândia portuária, passa a sofrer com o crescimento desordenado e a especulação imobiliária. Dessa forma, o produto obtido através da modelagem das imagens pode vir a se tornar um considerável instrumento na avaliação do processo de evolução espacial e temporal urbano sobre o meio ambiente, não só nessa área, mas em diversos ambientes também impactados pela instalação de empreendimentos portuários.

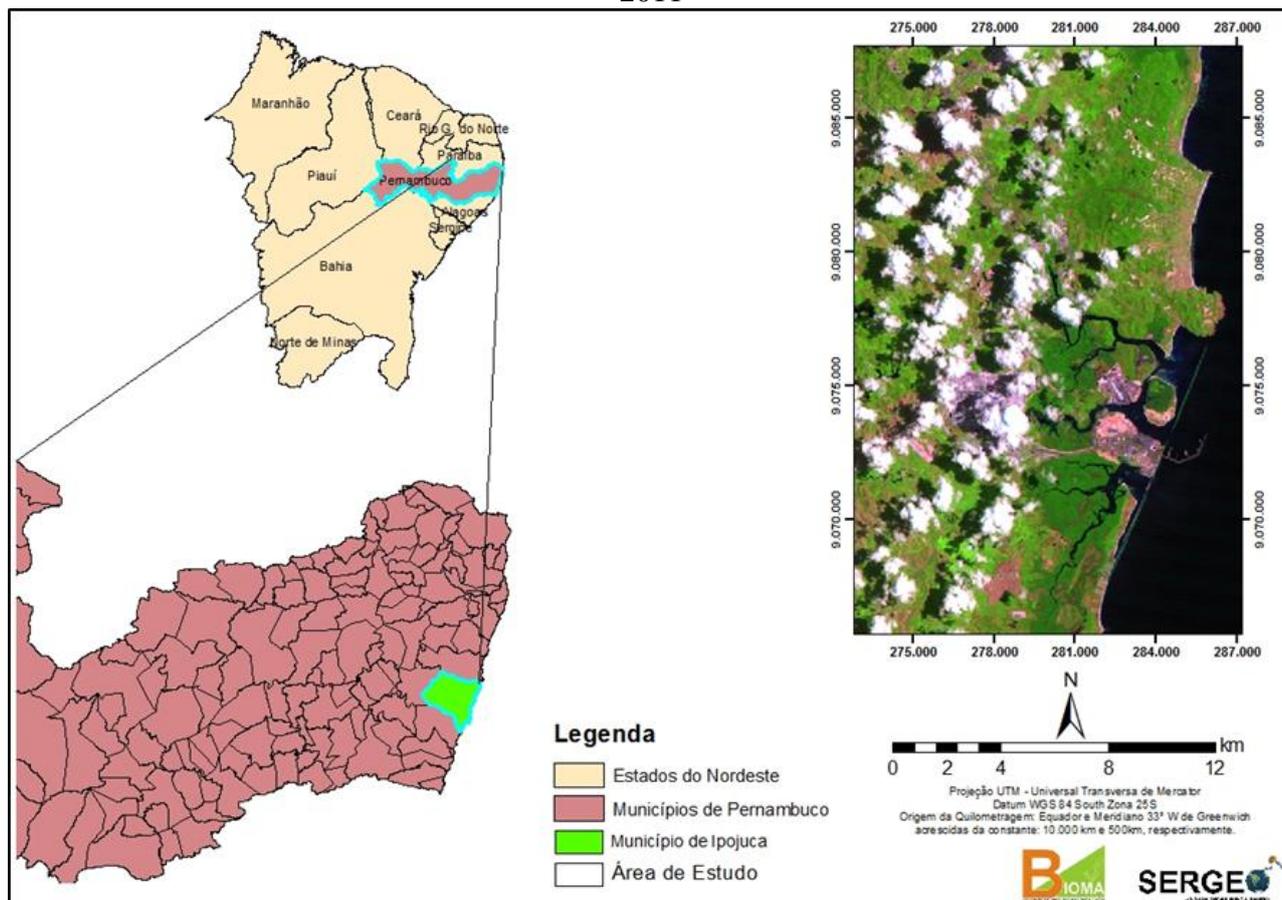
## 2 ANÁLISE DOS ARTIGOS

### 2.1 Área de Estudo

O complexo estuarino de Suape está localizado em uma região que abrange trechos dos municípios do Cabo de Santo Agostinho e Ipojuca, entre as latitudes 8°20'00"S e 8°29'00"S e longitudes 34°56'30"W e 35°03'00"W, distando cerca de 40 km da cidade do Recife (SOUZA; SAMPAIO, 2001), sendo formada pelo estuário dos rios Massangana, Tatuoca, Ipojuca e Merepe (BRAGA; UCHOA, 1989). A região apresenta uma fisionomia geomorfológica comumente aplainada, dividida medialmente pelo afloramento das massas vulcânicas fissurais do cabo de Santo Agostinho (SANTOS; COSTA, 1974).

O Complexo Industrial Portuário de Suape (Figura 1), empreendimento caracterizado por proporcionar aos municípios circunvizinhos maior dinamismo econômico, foi implantado em 1974 através de séries de desapropriações de terras de antigos engenhos, usinas e de áreas destinadas à reforma agrária e ocupadas por pequenos produtores rurais. O porto localiza-se na Zona Industrial Portuária (ZIP) e surgiu como instituição pública em 1978, através da Lei Estadual nº 7.763 que criou a empresa SUAPE Complexo Industrial Portuário, cujos objetivos eram o de administrar a implantação do distrito industrial, bem como o desenvolvimento das obras e a exploração das atividades portuárias, (BARROS; SILVEIRA, 2010).

Silva e Paulo (2012) relatam que as contestações sobre as obras vêm sendo realizadas desde o período de implantação do Porto, no início da década de 70, cujos argumentos fundamentadores recaem, principalmente, sobre os impactos ambientais provocados pela instalação e funcionamento do complexo industrial. Ainda de acordo com os autores, apenas com a instalação do complexo inicial, suprimiram-se 300 metros de arrecifes naturais e foram aterrados cerca de 21,5 hectares de manguezal.

**Figura 1** – Mapa de localização do entorno do Complexo Industrial e Portuário de Suape do ano de 2011

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 1 apresenta a dinâmica da cobertura vegetal ao longo de três décadas de operação no Complexo de Suape.

**Tabela 1** – Dinâmica da cobertura vegetal no Complexo de Suape

Cobertura Vegetal Nativa (ha)	1974	1988	1999
Vegetação Arbustiva	183,04	1192,76	232,26
Formação Florestal Aberta	520,60	978,13	378,32
Formação Florestal Densa	1304,96	706,48	1141,07
Complexo Vegetacional de Restinga	373,53	417,92	402,49
Manguezal	2433,06	1728,37	1494,74
Manguezal Degradado (afogamento)	-	260,89	226,92
Manguezal Aterrado	-	306,48	673,79
Manguezal Dragado	-	120,22	-
Salgado	47,23	33,55	51,96
Alagados	171,92	450,56	511,82

Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado de Almeida (2003).

Embora o Complexo de Suape seja o único do país a destinar cerca de 48% de sua área para a preservação ambiental, em quase quatro décadas de operação e expansão, a área desmatada pelas dezenas de empreendimentos corresponde a mais de 210 hectares, incidentes sobre o ecossistema de Manguezal e bioma Mata Atlântica. Ainda, cerca de quatro mil hectares de Floresta Atlântica da Zona de Proteção Ecológica (Zpec) foram degradados até o ano de 2011. (SUAPE, 2011).

Através do confronto entre os valores das densidades relativas das espécies vegetais descritas no trabalho de Braga e Uchoa (1989) e Souza e Sampaio (2001) foram constatadas a ausência de mudanças marcantes nas estações de amostragem comuns a esses dois trabalhos, entre 1988 e 1995. Esses últimos autores ressaltam ainda o processo constante de antropização a qual a vegetação de Suape vem sofrendo, por vezes não sendo aparente, o que acaba por tornar difícil a seleção de áreas não antropizadas que sirvam como padrão de referência aos estudos ecológicos.

A expansão do empreendimento fez com que o governo do Estado conseguisse aprovar em 27 de abril de 2010 na Assembleia Legislativa estadual, o desmatamento de mais 1.076 hectares de vegetação nativa em Suape através do Projeto de Lei 1496/2010 (que previa a supressão de 893,4 ha de mangue, 17,03 ha de Mata Atlântica e 166,06 ha de restinga para a ampliação do Complexo Industrial e Portuário de Suape). Esta lei foi alterada um ano depois, todavia os limites das áreas a serem suprimidos foram mantidos, (ALEPE, 2010).

## 2.2 Dados Coletados

Foram utilizados neste estudo, imagens dos anos de 1988 a 2010 que foram obtidas do sensor TM (Thematic Mapper), de ponto 214 e órbita 66 nas datas de (21/06/1988), (10/07/1989) (04/08/1998), (28/02/1999), (24/07/2000), (19/07/2007) e de (06/09/2010) a bordo do satélite Landsat-5, obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

## 2.3 Softwares utilizados

Utilizou-se o software ERDAS 9.3 no processamento das imagens e o ARCGIS 9.3 para localização espacial e montagem dos mapas e layouts do Porto de Suape e das áreas adjacentes.

## 2.4 Processamento da imagem e montagem do layout

Inicialmente foi feito o registro de todas as imagens a partir de pontos coletados em campo. Para o processamento das imagens do satélite Landsat-5 foram criados modelos usando a ferramenta *Model Maker* do software ERDAS Imagine 9.3 e a montagem final dos mapas foi realizada através do software ArcGIS 9.3. Ambos possuem licença do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco.

## 2.5 Calibração Radiométrica

A calibração radiométrica (Equação 1) é obtida através da intensidade do fluxo radiante por unidade de ângulo sólido. As radiâncias representam a energia solar refletida por cada pixel, por unidade de área, de tempo, de ângulo sólido e de comprimento de onda, medida ao nível do satélite Landsat nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (OLIVEIRA et al., 2010). O conjunto da radiância ou calibração radiométrica é obtido utilizando-se a equação proposta por Markham e Baker (1987), (Equação 1):

$$L_{\lambda i} = \alpha t + \frac{bt - \alpha t}{255} ND \quad (1)$$

Onde a e b são as radiâncias espectrais mínima e máxima ( $1 \text{ } 1 \text{ } 2\mu\text{m sr Wm}$ ), ND é a intensidade do pixel (número inteiro compreendido entre 0 e 255) e i corresponde às bandas (1, 2, ... e 7) do satélite Landsat 5 e 7. Os coeficientes de calibração utilizados para as imagens TM são os propostos por Chander e Markham (2003) e Oliveira (2010).

## 2.6 Reflectância

A reflectância (Equação 2) de cada banda (i) é definida como a razão entre o fluxo de radiação solar refletido pela superfície e o fluxo de radiação solar global incidente, obtida através da equação (ALLEN et al., 2002), (Equação 2):

$$\rho_{\lambda i} = \frac{\pi \cdot L \cdot \lambda i}{K \lambda i \cdot \cos Z \cdot r^2} \quad (2)$$

Onde  $\lambda iL$  é a radiância espectral de cada banda,  $\lambda ik$  é a irradiância solar espectral de cada banda no topo da atmosfera  $12\mu\text{m}$ ,  $Z$  é o ângulo zenital solar e  $r^2$  é o quadrado da razão entre a distância média Terra-Sol ( $r_0$ ) e a distância Terra-Sol ( $r$ ) em dado dia do ano (DSA), (OLIVEIRA, 2010; SILVA et al. 2015).

## 2.7 Mapa de uso e ocupação da terra

Para a elaboração do mapa de uso e cobertura do solo foi realizado o registro e fusão das imagens do sensor CCD, com resolução espacial de 20m e operando com 3 faixas multiespectrais e uma no infravermelho próximo, e do sensor HRC, que possui uma faixa pancromática com 2,5m de resolução espacial e operando na faixa pancromática do satélite CBERS-2B, que obteve uma imagem de órbita e ponto 146/109, conseguidas na data de 24 de setembro de 2009, fazendo-se utilização do Modelo *Gram-Schmidt Spectral Sharpening* do programa ENVI 4.5 para obtenção de um produto com 2,5m de resolução espacial e ao mesmo tempo multiespectral.

A imagem sintética resultante da técnica de fusão proporcionou a realização do mapeamento na escala de 1:50000. Posteriormente à aplicação da técnica de fusão de imagem, a mesma passou por um processo de vetorização, onde os dados raster foram convertidos para o formato vetorial, representado por linhas, pontos e polígonos, com vistas a uma melhor visualização e delimitação de áreas distintas, utilizando-se no processo de vetorização o software ArcGis 9.3, havendo em seguida a elaboração do produto final, que foi um mapa na escala de 1:50000.

## 2.8 Vetorização das áreas de mangue

Após a obtenção da reflectância, foram gerados também vetores dos mangues do litoral analisado nesta pesquisa, com o intuito de isolar os valores e assim facilitar a interpretação, deixando os dados mais precisos.

## 2.9 NDVI

O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) foi obtido através da razão entre a diferença das refletividades do infravermelho próximo ( $\rho_{IV}$ ) e do vermelho ( $\rho_V$ ) e a soma entre elas (ALLEN et al., 2002):

## 2.10 Albedo Planetário

A Etapa 4 representa o cômputo do albedo planetário ( $\alpha_{toa}$ ), isto é, o albedo não ajustado à transmissividade atmosférica, que é obtida pela combinação linear das reflectâncias monocromáticas:

$$\alpha_{toa} = 0,293\rho_1 + 0,274\rho_2 + 0,233\rho_3 + 0,157\rho_4 + 0,033\rho_5 + 0,011\rho_7 \quad (4)$$

Em que:  $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_4, \rho_5$  e  $\rho_7$  são os albedos planetários das bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7.

## 2.11 Albedo da Superfície (AS)

Quando o parâmetro físico de interesse é o albedo da superfície, o algoritmo SEBAL (Surface Energy Balance Algorithm for Land) surge como mais uma opção. Nesse caso, a correção atmosférica se baseia em uma formulação que possui como parâmetros o albedo planetário (topo da atmosfera), o albedo da atmosfera e a transmissividade atmosférica (obtida para condições de céu claro em função da altitude de cada pixel), (ALLEN et al., 2002). Essa metodologia de correção é bastante simples e tem sido aplicada em diversas pesquisas ao redor do mundo, principalmente quando se pretende obter o balanço de energia em extensas áreas.

O albedo da superfície corresponde à razão entre as radiações de ondas curtas refletidas e incidentes. Ele varia em função do comprimento de onda conforme a reflectância do local e é também dependente das condições de iluminação (LOPES; VALERIANO, 2007). Nesta etapa obtém-se o cômputo do AS ou albedo corrigido para os efeitos atmosféricos  $\alpha$ , pela equação:

$$\alpha = \frac{\alpha_{toa} - \alpha_p}{\tau_{sw}^2} \quad (5)$$

Em que:  $\alpha_{toa}$  é o albedo planetário  $\alpha_p$  é a reflectância da própria atmosfera, que varia entre 0,025 e 0,04, mas para o modelo SEBAL tem sido recomendado o valor de 0,03, com base em Bastiaanssen e Sebal (2000) e  $\tau_{sw}$  é a transmissividade atmosférica que para condições de céu claro, pode ser obtida por (ALLEN et al., 2002):

$$\tau_{sw} = 0,75 + 2.10^{-5} z \quad (6)$$

Em que:  $z$  é a altitude de cada pixel (m). Se o usuário já dispuser de um DEM da sua área de interesse, o mesmo poderá calcular a transmissividade de cada pixel, o que é recomendado para áreas com topografia muito acentuada. Para efeito de simplificação, utilizemos  $z = 200$  m que representa a altitude de algum ponto da imagem, sendo admitido que na área da Figura 2 a mesma era constante para todos os pixels, obtendo-se  $\tau_{sw} = 0,754$ .

O albedo pode ser influenciado por variações ocasionadas por exposição do solo, características intrínsecas ao dossel, água depositada sobre as folhas, presença de matéria orgânica no solo, rugosidade e mineralogia do solo, teor de umidade do solo e das folhas, elevação solar, partição entre radiação direta e difusa, cobertura de nuvens, composição atmosférica, etc, (BERBET, 2002).

Tal parâmetro pode ser usado para demonstrar mudanças de cobertura da superfície e ao longo do ciclo de desenvolvimento da planta, varia em função do grau de cobertura vegetal, tipo e estado de umidade do solo e do ar e quantidade e tipo de cobertura de nuvens (AZEVEDO et al., 1990).

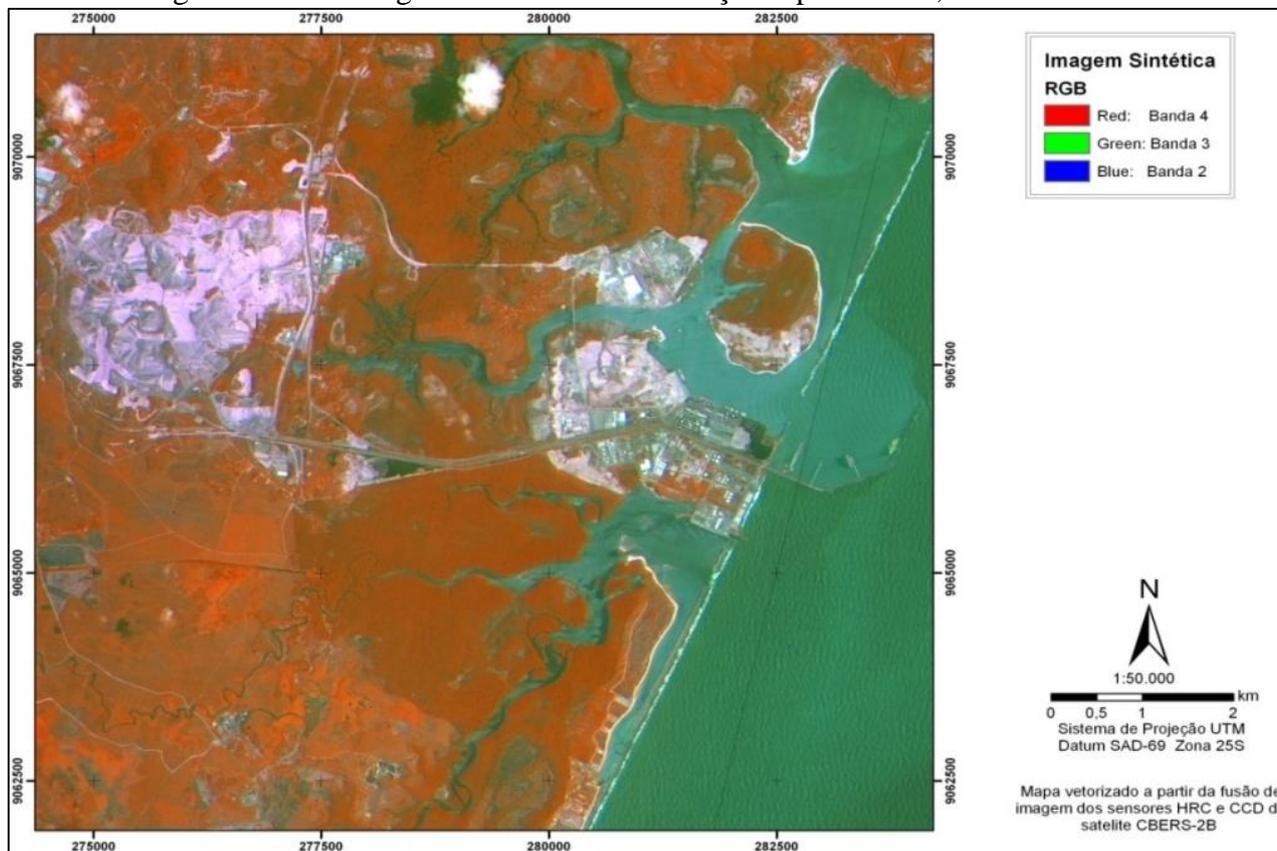
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 Mapa de uso e ocupação da terra do entorno do Porto de Suape

Neste trabalho, procurou-se avaliar e delimitar os perfis espaciais da urbanização em ambientes estuarinos do Porto de Suape, bem como a expansão dos espaços construídos sobre os ambientes naturais, espaços estes caracterizados basicamente por bosques de manguezal rodeados por

áreas agrícolas e pela série crescente de empreendimentos industriais e portuários na área, utilizando-se para tal, a técnica de fusão de imagens, como demonstrado na figura 2 a seguir:

**Figura 2** – Fusão das imagens no ano de 2009 dos sensores HRC e CCD do satélite CBERS 2B, gerando uma imagem sintética com resolução espacial de 2,5m e colorida

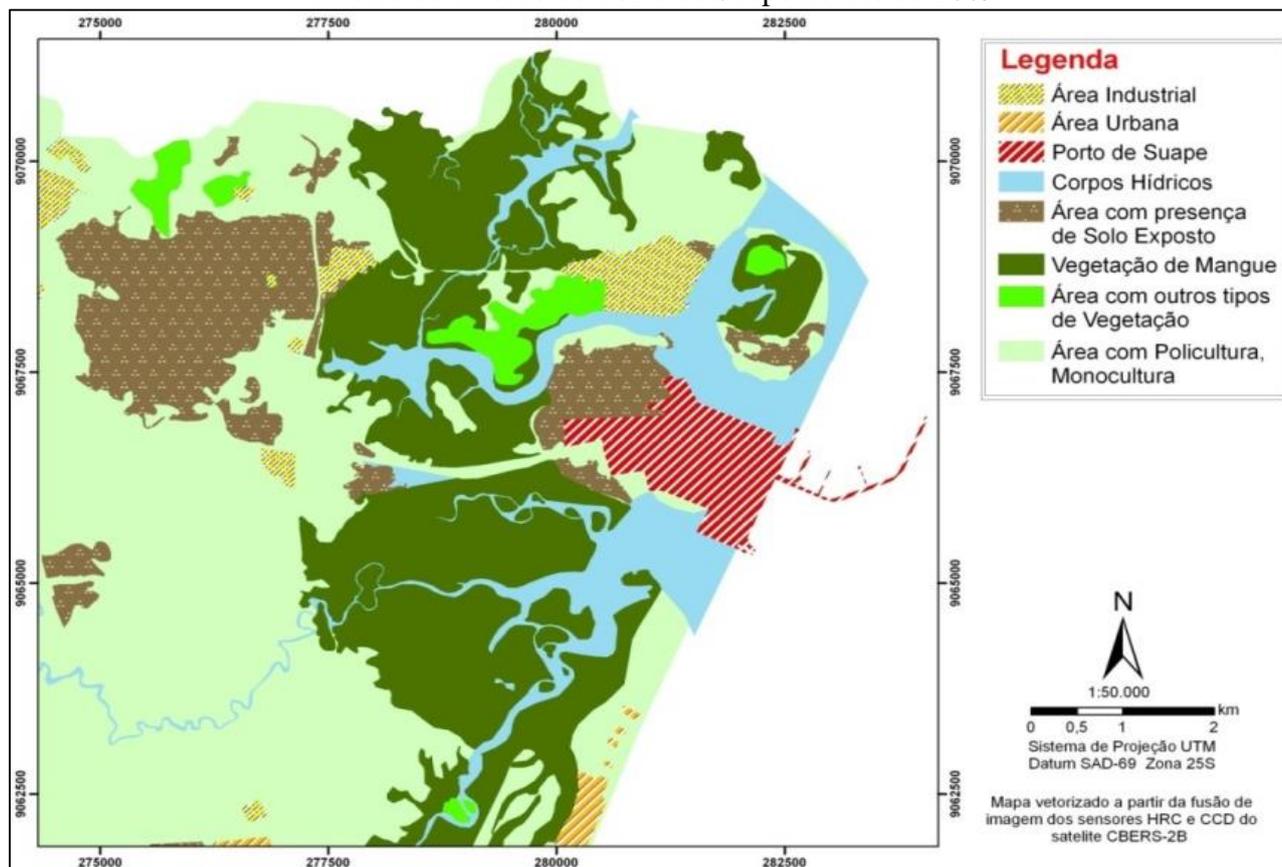


Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Braga e Uchoa (1989), os efeitos dos constantes processos de drenagem, aterros e represamentos pela qual a região de Suape, em especial as áreas de manguezal, tem passado nas últimas décadas, refletem-se diretamente numa perda acelerada e gradativa da biodiversidade ecossistêmica. A avaliação do uso e ocupação do solo empregando técnicas de fusão de imagem possibilitou a obtenção de resultados prévios e mais recentes referentes aos efeitos gerados pelos mais diversos tensores na área de estudo como fica evidenciado pelo mapa de uso da terra do entorno do Porto de Suape (Figura 3).

Foram identificadas no mapa, sete classes principais de uso das terras no entorno do porto de Suape. Na análise destacou-se a área com presença de solo exposto, causado pelas intensas modificações proporcionadas pelos novos empreendimentos. Foi possível verificar também, uma ampla cobertura da superfície pela vegetação do bioma mangue, todavia é possível notar ainda, áreas desprovidas de cobertura vegetal nas suas partes centrais.

**Figura 3** – Vetorização do produto obtido através da utilização da técnica de fusão. Mapa de Uso da terra do entorno do Porto de Suape no ano de 2009



Fonte: Elaborado pelos autores.

### 3.2 NDVI

Para análise da cobertura vegetal da área, foi utilizado o NDVI para aferir o conteúdo de clorofila presente na vegetação da área respectivamente nos anos de 21/06/1988 (A), 28/02/1999 (B), 24/07/2000 (C), 19/07/2007 (D) e 06/09/2010 (E), (Figura 4).

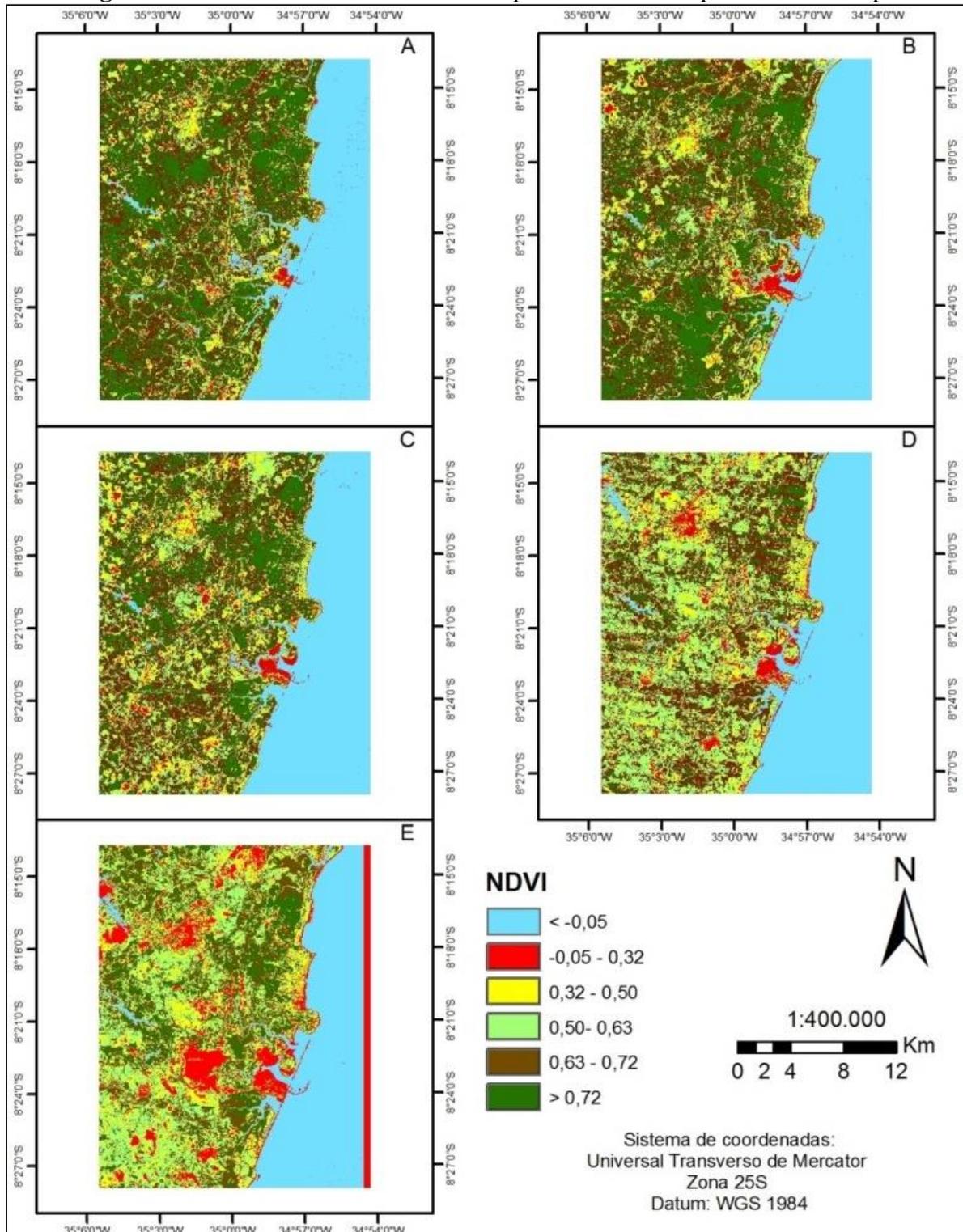
Pode-se visualizar na Figura 4 um NDVI considerado alto durante vários anos, em consequência da utilização ainda incipiente das terras, com uma boa parte das áreas destinando-se à agricultura, mas uma agricultura que não ocorria em áreas muito extensas do território, principalmente tratando-se de áreas mais ao interior da área de estudo, com o passar dos anos esse padrão de uso e ocupação da terra foi se modificando paulatinamente, em decorrência da proximidade com o complexo Industrial e Portuário de Suape.

Na aplicação do NDVI foi observado o crescimento de áreas de solo exposto desde 1989 até 2007, principalmente entre os anos de 2000 e 2007 evidenciando uma diminuição do teor de clorofila presente na vegetação, o que fica ainda mais visível se analisarmos a imagem do ano de 2010 onde se visualiza diversos picos de NDVI negativo, exatamente onde se apresentam os novos núcleos urbanos que cresceram ao longo dos anos por influência da presença do Porto assim como maior uso da área para cultura agrícola, e mais próximo do Porto de Suape, um aumento do solo exposto, pelo crescimento da área industrial do Porto.

O crescimento ao longo dos anos da área correspondente ao Complexo de Suape, não se deu apenas no núcleo portuário, como pôde ser observado na imagem anterior, à ocupação de áreas litorâneas e o crescimento da utilização agrícola das terras, bem como o crescimento urbano e de serviços, proporcionou um maior dinamismo econômico nessas áreas acarretando problemas ligados

à degradação da terra, principalmente no que diz respeito às áreas de manguezais, que ao longo dos anos foi sendo cada vez mais suprimida em função da utilização dessas áreas. O intervalo dinâmico do NDVI é ampliado a favor de condições de baixa biomassa, mas comprimido a favor de condições de alta biomassa, de florestas. Segundo Elmore et al. (2000), outra desvantagem do índice é o fato dele ser altamente influenciado pelo brilho e pelo efeito espectral do solo, o que por vezes prejudica as avaliações sobre a vegetação.

**Figura 4** – NDVI da área entorno do complexo industrial e portuário de Suape



Fonte: Elaborado pelos autores.

O levantamento do uso e da ocupação da terra empregando técnicas de fusão de imagem possibilitou a obtenção de resultados referentes aos efeitos gerados pelos mais diversos sensores que vêm impactando a área de estudos. O NDVI da área identificou o crescimento de áreas com solo exposto mais ao interior da área estudada, e áreas com NDVI mais baixo, sendo identificadas como locais voltados ao manejo agrícola.

Também se pôde notar que a degradação até o ano de 2007, adentrou o interior do manguezal de Suape. Contudo, devido à velocidade acelerada das alterações dos componentes paisagísticos vivenciadas pela região, medidas de proteção da fauna e da flora fizeram-se necessárias e essa região atualmente é alvo de estudos sobre impactos ambientais e políticas de manejo e apesar do crescimento urbano mais ao interior do território, as áreas de mangue têm passado por uma regeneração, decorrente de seu potencial regenerativo.

### 3.3 Albedo

Um indicador da presença da vegetação de mangue é dado através do Albedo da Superfície (AS) devido aos seus valores que tendem a diminuir conforme o aumento das áreas de vegetação densa e solos úmidos (ROBINOVE et al, 1981), características notáveis deste tipo de vegetação. O AS é definido como a razão entre toda a energia solar refletida e a quantidade de energia eletromagnética incidente (SILVA et al. 2009).

Estudos realizados por Robinove et al. (1981) mostraram que o aumento no albedo se deve primeiramente ao aumento das áreas de solo exposto, e a diminuição no albedo é devido ao aumento da umidade do solo e aumento na densidade da vegetação. Em alguns anos foram identificadas muitas nuvens na área, essas nuvens tendem a espalhar e refletir a radiação de ondas curtas na atmosfera, proporcionando redução na quantidade que chega sobre a copa das árvores dificultando a penetração da radiação solar no dossel do mangue, podendo influenciar no resultado final.

Nesse sentido podemos notar na figura a seguir que, apesar do aumento das áreas de solo exposto paralelamente ao recuo significativo das áreas de manguezal até o ano de 2007 no estuário, no período que se seguiu de 2007 a 2010 a vegetação de mangue ao redor do Porto de Suape apresentou notadamente crescimento devido ao alto potencial regenerativo da vegetação desse ecossistema e em função de uma legislação ambiental mais rígida no que concerne à política de conservação e proteção desses espaços (Figura 5).

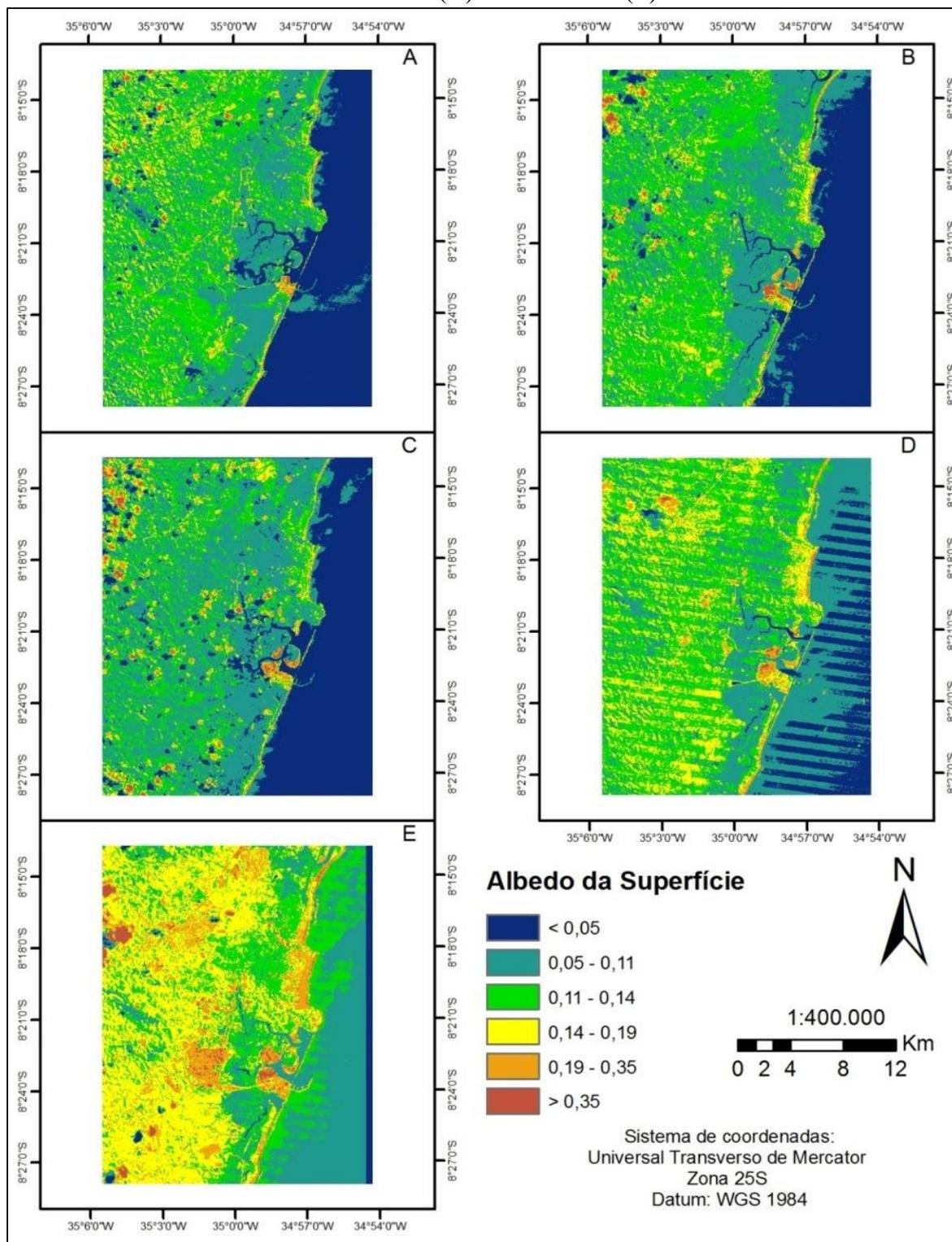
Analisando o AS aplicado no ecossistema manguezal na área próxima ao Porto (Figura 6) observa-se que existe a predominância de um intervalo de valores em todas as imagens, excetuando-se pequenos pontos de solo exposto ou de água, caracterizando assim uma diferença entre os valores de albedo do mangue, mesmo em uma área úmida, com solos úmidos e vegetação densa, mas não negando o que diz a literatura sobre o AS – tendem a ser menores em superfícies úmidas, escuras e rugosas, e maiores valores em superfícies secas, claras e suaves (GIONGO, 2008) – visto que o albedo não supera a taxa de 20%.

Os anos que apresentaram maiores valores de precipitação no mês anterior foram os mesmos que apresentaram menores valores de deficiência hídrica, indicando que nos valores de albedo da superfície observados nas figuras 5 e 6 precedidas de dias menos chuvosos, a vegetação de mangue sofreu maior evapotranspiração devido às maiores temperaturas, sendo assim, as imagens precedidas de dias mais chuvosos são aquelas em que a vegetação sofreu menor evapotranspiração e consequentemente os valores de albedo mantiveram-se menores.

Ainda analisando o AS (albedo da superfície), nota-se que a predominância dos valores encontrados na Figura 6a e 6b são bastante semelhantes, porém diferem dos mesmos encontrados na Figura 6c, tal fato é devido à precipitação ocorrente poucos dias antes das datas das imagens, existindo clara correlação entre o albedo da superfície com o balanço hídrico (BH), visto que os valores de precipitação anterior à data das imagens exibidos pelo BH corroboram com os baixos valores do AS.

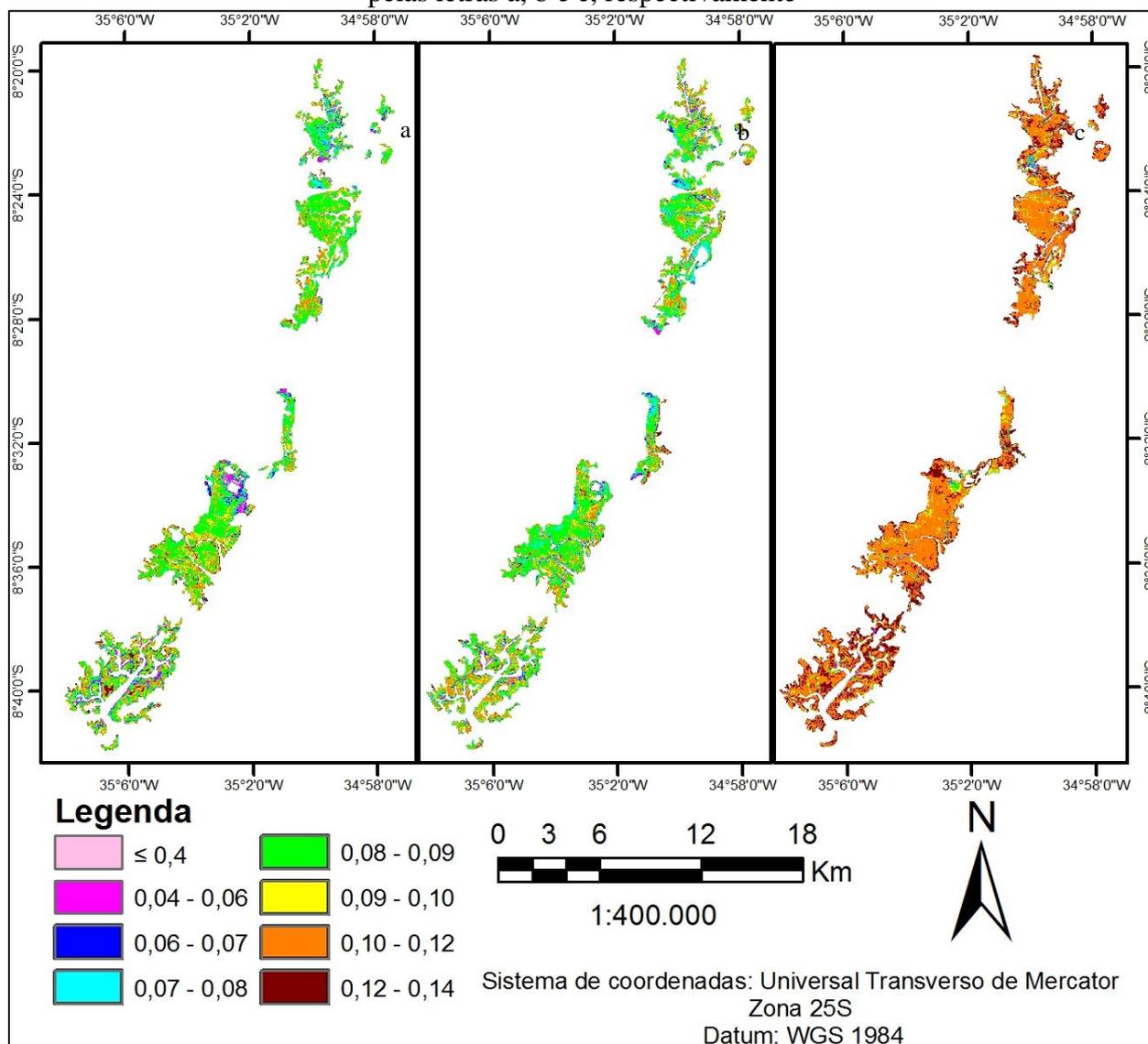
Para a imagem do dia 06/09/2010 a variabilidade espacial e temporal apresentou valores mais elevados do albedo em relação às demais, que está relacionado ao período de estiagem.

**Figura 5** – Albedo da superfície nas datas de 21/06/1988 (A), 28/02/1999 (B), 24/07/2000 (C), 19/07/2007 (D) e 06/09/2010 (E)



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 6** – Albedo da Superfície das datas 10/07/1989, 04/08/1998 e 06/09/2010, representados pelas letras a, b e c, respectivamente



**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Em se tratando de áreas de solo exposto, é sabido que algumas delas se tratam de zonas em “pousio”, pois por se tratarem de terrenos próximos ao porto essas áreas sofrem um constante aumento da especulação imobiliária, neste caso específico, industrial e social, na qual tais áreas foram adquiridas previamente pela iniciativa empreendedora, de forma a permanecerem no aguardo da emissão das licenças imobiliárias e ambientais cabíveis ou do momento econômico-financeiro mais propício a iniciarem efetivamente suas atividades fabris e de ocupação humana, de acordo com o planejamento produtivo estipulado para o polo industrial de Suape.

A variabilidade do albedo tende a acompanhar o IAF, pois o albedo apresenta forte dependência do IAF (SOUZA et al., 2010). No aspecto meteorológico, é necessária a limitação das formas de exploração desse ecossistema, pois a conversão de florestas de mangues em áreas degradadas expõe a superfície à radiação solar direta alterando o balanço radiativo e os efeitos da alteração de manguezal em área degradada influenciam diretamente no microclima da região.

Para as descaracterizações ambientais que não puderem ser evitadas, uma alternativa é a reconstituição de outras áreas como medida compensatória. No caso da destruição de áreas de manguezais, que têm importância no ciclo reprodutivo de várias espécies marinhas, deve-se tentar

reflorestá-las em outras áreas semelhantes na mesma região para que essas últimas substituam as áreas destruídas no ciclo reprodutivo da fauna marinha. Paralelamente às vantagens descritas anteriormente, as instalações portuárias tiveram que ser construídas em um complexo estuarino de grande importância ecológica e trouxeram assim impactos ambientais de abrangência regional.

Segundo Querino et al. (2006), a alteração do manguezal em área degradada altera os diversos processos, na interface atmosfera – vegetação, e conseqüentemente no microclima da floresta de mangue que, por conseguinte, afeta os processos ecológicos como a regeneração e o crescimento das plantas, a respiração do solo, ciclo de nutrientes e formação de habitat natural (MOTZER, 2005). Dessa maneira, tendo em vista o aspecto meteorológico, é necessária a limitação da forma de exploração dos manguezais, pois o calor transferido dos vegetais para a atmosfera provém da radiação solar, que incide sobre a superfície durante todo o período diurno. A retirada ou substituição da cobertura vegetal altera o balanço de radiação, principal fator de interação da superfície com a Camada Limite Atmosférica. Como a vegetação também armazena energia, modificações em sua cobertura resultam em uma maior ou menor disponibilidade de calor para os processos atmosféricos, o que influencia no microclima local e no ambiente portuário como um todo.

#### 4 CONCLUSÃO

A avaliação do uso e da ocupação do solo empregando técnicas de fusão de imagem possibilitou então a obtenção de resultados prévios e mais recentes referentes aos efeitos gerados pelos mais diversos tensores que vem impactando a área de estudo. Através da análise não apenas da área portuária e sim das áreas adjacentes mais ao interior do Porto de Suape, tendo em vista uma visão ampliada do espaço, foi possível notar que ao longo dos anos, o NDVI revelou uma acentuada diminuição no teor de clorofila presente na vegetação, demonstrando as mudanças acarretadas pela substituição de áreas ocupadas anteriormente por uma vegetação típica de Mata Atlântica e áreas de manguezal suplantadas para dar lugar a culturas agrícolas, ocupações urbanas, áreas industriais e áreas que se interligam ao Porto pelas relações estratégicas que representam.

Da mesma forma, o albedo apresentou uma modificação visível ao longo dos anos, mesmo podendo variar de acordo com a pluviosidade dos dias anteriores à obtenção das imagens, é notável a diferença em que os intervalos preponderantemente estavam entre 0,11 a 0,14 até 2007 passando para os intervalos de 0,14 a 0,19 no ano de 2010, reflexo das constantes modificações nos padrões de uso e ocupação da terra durante as décadas analisadas.

Portanto, devido à velocidade acelerada das alterações dos componentes paisagísticos na região, faz-se necessária, para um melhor diagnóstico da área em questão, a realização de trabalhos exploratórios de campo com a finalidade de complementação dos dados adquiridos.

#### AGRADECIMENTOS

Agradeço ao INPE pela disponibilização das imagens, à FACEPE pela bolsa recebida, à APAC pela complementação de bolsa, ao SERGEO pelo apoio na elaboração do trabalho, a Thiago Oliveira pelo auxílio em algumas etapas do trabalho.

#### REFERÊNCIAS

ALEPE. PERNAMBUCO. **Diário Oficial**. 2010. Disponível em <<http://www.alepe.pe.gov.br/Flip/pubs/diario-oficial-28042010/flip.pdf> 2010>. Acesso em: 20 abr. de 2014.

ALLEN, R.; WATERS, R; BASTIAANSEN, W.; TASUMI, M.; TREZZA, R. **SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land)**. Advanced Training and Users Manual – Idaho Implementation, version 1.0, 2002.

ALMEIDA, L. P. **Análise da Efetividade dos Estudos Ambientais: O Caso do Complexo Industrial Portuário de Suape**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco. 105 f. 2003.

AZEVEDO, P. V. de; LEITÃO, M. M. V. B. R.; SOUZA, I. F de et al. Balanço de radiação sobre culturas irrigadas no semi-árido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 403-410, 1990.

BARROS, A. P.; SILVEIRA, K. A. A produção do espaço rural-urbano e seus rebatimentos nos conflitos socioambientais na área de SUAPE, Pernambuco - Brasil. **CADERNOS CERU**, série 2, v. 21, n. 1, 2010.

BASTIAANSSEN, W. G. M. SEBAL - Based sensible and latent heat fluxes in the irrigated Gediz Basin, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 229, p.87-100, 2000. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694\(99\)00202-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-1694(99)00202-4)>.

BERBET, M. L. C. **Variação sazonal do albedo e sua influência na mudança do padrão de chuva, em consequência da conversão da floresta tropical em pastagem**. Tese de doutorado. Viçosa Minas Gerais – Brasil. 2002.

BRAGA, R. A. P.; UCHOA, T. M. M. **CPRH**. 1989. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/home/40025%3B55731%3B10%3B0%3B0.asp>>. Acessado em: 09 set. de 2015.

CHANDER, G.; MARKHAM, B. Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v, 41, n. 11, 2003.

DEGRASSI, S. **The seaport network Hamburg**. Tese (Doutorado). Universidade de Hamburgo, Hamburgo, 2001.

ELMORE, A. J.; MUSTARD, J. F.; MANNING, S. J.; LOBELL, D. B. Quantifying vegetation change in semiarid environments: precision and accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index. **Remote Sensing of Environment**, v. 73, n.1, p.87-102, jan. 2000.

FREITAS, S. R; LONGO, K. M.; RODRIGUEZ, L. F. Modelagem numérica da composição química da atmosfera e seus impactos no tempo, clima e qualidade do ar. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, 188-207, 2009.

GIONGO, P. R. **Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície**. Recife, PE: UFRPE, 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2008. 92p.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA, 2003.

KESIC, B.; KOMADINA, P.; CISIC, D. **Towards the unified theory of the port gravitational areas introducing information centrality factors**. Croácia: Universidade de Rijeka, 1998.

LOPES, H. L.; ACCIOLY, L. J. de O.; CANDEIAS, A. L. B.; SOBRAL, M. do C. Análise de índices de vegetação na Bacia do Rio Brígida, Sertão do estado de Pernambuco - III **Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, 27-30 de julho de 2010.

LOPES, P. M. O.; VALERIANO, D. M. Validação do albedo da superfície terrestre obtido dos dados do sensor MODIS em regiões montanhosas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, **Anais...**, Florianópolis-SC: INPE, 2007. p. 2805-2812.

MARKHAM, B. L.; BARKER, L. L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. **International Journal of Remote Sensing**, v. 8, n. 3, p. 517-523.

MOTZER, T. Micrometeorological aspects of a tropical mountain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 135, p. 230-240, 2005.

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

OLIVEIRA, T. H. DE; MACHADO, C. C. C.; SANTOS E SILVA, J.; GALVÍNIO, J. D.; PIMENTEL, R. M. de M.; SILVA, B. B. da. Índice de umidade (NDWI) e análise espaço-temporal do albedo da superfície da bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3. p. 55-69, 2010. Disponível em: <[www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)>.

PAIVA, R. T. **Zonas de Influência Portuárias (Hinterlands) e um Estudo de Caso em um Terminal de Contêineres com a Utilização de Sistemas de Informação Geográfica**. Dissertação de Mestrado. PUC-Rio, Rio de Janeiro, 2006.

QUERINO, C. A. S.; MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; MARIANO, G. L.; Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3a, p. 42-49, 2006.

ROBINOVE, C. J.; CHAVEZ Jr, P. S.; GEHRING, D.; HOLMGREN, R. Arid Land Monitoring Using Landsat Albedo Difference Images. **Remote Sensing of Environment**. v. 11, p. 133-156. 1981.

SANTOS, M. A. e COSTA, W. D. Complexo industrial de Suape: estudo hidrogeológico preliminar. **Simpósio de Geologia do Nordeste**, Sociedade Brasileira de Geologia do Nordeste, Recife, p. 49-69, 1974.

SILVA, E. R. A. C.; MORAIS, Y. C. B.; SILVA, J. C.; GALVÍNIO, J. D. Consumo de água na irrigação para cultivo da bananeira nas condições edafoclimáticas da bacia do riacho do Pontal no Semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 3, p. 921-937, 2015.

SILVA, T. A. A.; PAULO, M. A. L. Novas dinâmicas territoriais e a emergência de conflitos socioambientais em Pernambuco (Brasil). In: ENCUESTRO TERRITORIOS RURALES EN MOVIMIENTO, **Anais...** Quito – Equador, v. I, 2012.

SILVA, T. C. A.; SERBINO, I. S. L.; BETTO, M. N.; OLIVEIRA, A. G. L.; TEIXEIRA, S. F. Composição e estrutura da comunidade de peixes da praia de Suape/PE, presente nas algas a deriva. IX CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, **Anais...** São Lourenço, p. 1-3, 2009.

SOUZA, A. A. de; GALVÃO, L. S.; SANTOS, J. R. dos. Índices de vegetação derivados do sensor Hyperion/EO-1 para estimativa de parâmetros biofísicos de fitofisionomias de Cerrado. XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, **Anais...** Natal, Brasil, INPE, p. 3095-3102, 2009.

SOUZA, M. M. A; SAMPAIO, E. V. S. B. Variação temporal da estrutura dos bosques de mangue de Suape-PE após construção do porto. **Acta botânica brasílica**, v. 15, n. 1, p. 1-12, 2001.

SOUZA, P. J. de O. P. de; RIBEIRO, A.; ROCHA, E. J. P. da; LOUREIRO, R. S.; BISPO, C. J. C.; SOUSA, A. M. L. Albedo da cultura da soja em área de avanço da fronteira agrícola na Amazônia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 65-73, 2010.

SUAPE, 2011. **Documento 2011 Suape**. Disponível em: <<http://www2.uol.com.br/JC/especial/suape/sustentabilidade.html>>. Acessado em: 09 set. de 2015.

TAKEL, R. E. Port and Hinterland Relationships. UNCTAD, **Manual on Port Management**, v. 2, p. 67-73, 1976.

**Data de submissão:** 31.01.2017

**Data de aceite:** 05.12.2017

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.