

# **Estimativa da Susceptibilidade à Erosão Hídrica dos Solos do Município do Cabo de Santo Agostinho - PE, Utilizando Geoprocessamento**

## **Manuella Vieira Barbosa Neto**

Graduanda do curso de Licenciatura em Geografia/UFPE – manuvieirabn@yahoo.com.br

## **Sara Fernandes de Souza**

Mestranda em Geografia/UFPE – sarinhafs@hotmail.com

## **Hewerton Alves da Silva**

Graduando do curso de Licenciatura em Geografia/UFPE – hewas@gmail.com

## **Maria Socorro Bezerra de Araújo**

Profª Adjunta do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE – socorro@pq.cnpq.br

## **Antonio Carlos de Barros Corrêa**

Profº Adjunto do Departamento de Ciências Geográficas/UFPE - dbiase2001@terra.com.br

### **Resumo**

No município do Cabo de Santo Agostinho são observados processos erosivos ocasionados por fenômenos naturais ou intensificados pelos tipos de ocupação. A área localiza-se na Região Metropolitana do Recife e apresenta relevo colinoso bastante dissecado e vales com incisão bem marcada na paisagem, caracterizando-se pela presença de solos profundos e bem drenados como Latossolos, Argissolos e Nitossolos. Cada tipo de solo possui seu grau de vulnerabilidade à erosão e a ausência de cobertura vegetal aumenta essa vulnerabilidade. O objetivo deste trabalho é identificar áreas mais susceptíveis à erosão hídrica, utilizando ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, no município do Cabo de Santo Agostinho – PE. Para avaliação foram levadas em conta a declividade, densidade de drenagem, tipos de solo e grau de cobertura vegetal. A declividade foi estimada através do modelo digital de elevação. A cobertura vegetal foi avaliada através do IVDN (índice de vegetação da diferença normalizada). Os tipos de solo foram obtidos do mapa de levantamento de solos da Embrapa (escala 1:100.000). O mapa da densidade de drenagem foi obtido a partir do uso de ferramentas de geoprocessamento. Desta forma verificou-se que a cobertura pedológica do município apresenta alto grau de vulnerabilidade erosiva subordinada às diferentes classes de solos e densidade de drenagem. Foi verificado que os solos mais vulneráveis se encontram nas áreas com maior densidade de drenagem. A partir da análise da declividade pôde-se inferir que este parâmetro não apresentou uma correlação significativa com a erosão na área, pois apenas uma pequena área exibiu valores de declividade capazes de representar um controle sobre a vulnerabilidade erosiva. No entanto, em virtude da área de estudo apresentar em maior parte uma vegetação esparsa, este parâmetro demonstrou uma boa correlação com a vulnerabilidade ao transporte de materiais.

**Palavras – chaves:** Cabo de Santo Agostinho. Erosão Hídrica. IVDN . Vulnerabilidade a erosão hídrica. Modelo digital de elevação.

### **Abstract**

In the Municipality of Cabo de Santo Agostinho erosive processes both of natural origin or intensified by land use practices are observed. The area lies within Recife Metropolitan Region and exhibits a very dissected hilly relief with deeply entrenched valleys. Soils are deep and well drained, and the

main classes are latosols, argisols and litosols. Each soil class has a distinct level of vulnerability to erosion, and the absence of vegetal cover enhances this vulnerability. The aim of this work is to identify the most susceptible areas to hydrological erosion, using geo-processing and remote sense tools. The assessment was conducted taking into account slope gradient, drainage density, soil classes and vegetation cover. Slope angle was estimated from a digital elevation model. Vegetation cover was evaluated from the NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Soil types were obtained from Embrapa soil survey at 1:100.000. The map of drainage density was obtained through the use of geo-processing tools. Thus it was verified that the soil cover of the Municipality displays a high level of erosive vulnerability controlled by the different soil classes and drainage density. It was observed that the most vulnerable soils lie within areas of higher drainage density. Slope angle analysis showed that this parameter doesn't exhibit a strong correlation with erosion in the area, since only a small area displayed slope angle values capable of triggering erosion. Notwithstanding, due to the study area displaying a sparse vegetation cover, this parameter has yielded a good correlation with the surface transport vulnerability by hydrological means.

**Keywords:** Municipality of Cabo de Santo Agostinho. Hydrological erosion, NDVI, Erosion vulnerability, Digital elevation model.

## 1 Introdução

Dentre os elementos vitais à sobrevivência humana está o solo, e para tanto se faz necessário que este permaneça preservado e produtivo, mas observa-se um grande processo de depauperamento dos solos, o que vem preocupando a muitos cientistas, políticos e agricultores, pois se percebe que vem ocorrendo uma aceleração dos processos naturais pelas ações antrópicas. A degradação dos solos está intimamente associada ao avanço da agricultura. O ser humano tem sido hábil em termos de aumentar a produção de alimentos e o nível de vida de uma parte da população mundial, mas não tem sido capaz de associar o desenvolvimento econômico com a conservação dos solos. (GUERRA *et al*, 2007).

Entre os processos de degradação dos solos, a erosão hídrica assume um papel bastante expressivo. Segundo LEPSCH (2002) esta corresponde à remoção e transporte dos horizontes superiores do solo pela água da chuva. Inicia-se com o salpico de gotas da chuva diretamente sobre a superfície desprotegida ou recém-revolvida, e continua com a formação de enxurradas que formam sulcos de diversas proporções. Este processo é observado em quase toda superfície terrestre, mas tem maior intensidade em áreas de clima tropical, onde se registram índices pluviométricos elevados e muitas vezes concentrados em certas épocas do ano, agravando o processo erosivo, ou seja, nessas áreas a intensidade e a duração das chuvas

são fatores de contribuição ao avanço da erosão. Entre os fatores que afetam a erosão hídrica estão a topografia do terreno e a cobertura vegetal, pois se observa que, quanto maior a declividade maior a velocidade de arraste dos sedimentos, e quanto menor a cobertura vegetal mais desprotegido ficará o solo, ficando mais susceptível à erosão.

Segundo (BRADY, 1989), o fator topográfico reflete as influências do comprimento e do desnível da encosta sobre o transporte de sedimentos. Sendo assim quanto maior for a inclinação ou desnível da encosta, desde que permaneçam constantes os outros fatores, maior será a erosão em consequência do aumento do fluxo de água. Segundo BERTONI et al (1990) a cobertura vegetal é a defesa natural de um terreno contra a erosão, sendo sua ação atuante das seguintes formas: na proteção direta contra os impactos das gotas das chuvas, dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo, decomposição das raízes das plantas que formam canalículos no solo e aumenta a infiltração da água, melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica aumentando assim sua capacidade de retenção de água e a diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

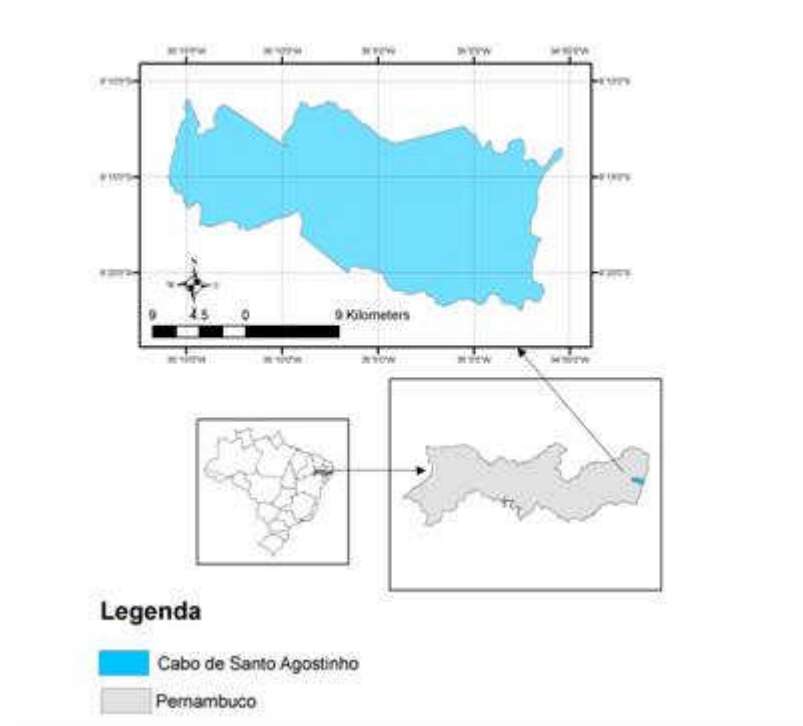
Sendo assim este trabalho tem por objetivo identificar no município do Cabo de Santo Agostinho/PE, o seu grau de susceptibilidade à erosão hídrica, por meio da utilização de ferramentas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Desta forma será possível identificar áreas que possuem maior inclinação superficial, logo de maior susceptibilidade erosiva, a partir da construção do modelo digital de elevação; bem como partir do cálculo do IVDN analisar áreas que estejam mais desprotegidas pela vegetação. A confecção de um mapa de densidade de drenagem permitiu também identificar áreas mais sujeitas à erosão hídrica pela maior incidência de ocorrência espacial dos fluxos de água.

## **2 Materiais e métodos**

### **Caracterização da Área**

O município do Cabo de Santo Agostinho está localizado na mesorregião Metropolitana e na microrregião Suape do Estado de Pernambuco, limitando-se a norte com Moreno e Jaboatão dos Guararapes, a sul com Ipojuca e Escada, a leste com o Oceano Atlântico e a oeste com Vitória de Santo Antão. A área municipal ocupa 446,5 km<sup>2</sup> e representa 0,45% do Estado de Pernambuco. A sede do município tem uma altitude aproximada de 29,0 metros e coordenadas geográficas 08 graus 17 minutos 15 segundos de

latitude sul e 35 graus 02 minutos 00 segundo de longitude oeste, distando 33,6 km da capital, cujo acesso é feito pela rodovia pavimentada BR101 (Figura 01).



**Figura 1** – Mapa de localização do município do Cabo de Santo Agostinho

O município integra a Região Metropolitana do Recife, fato que condiciona as formas de uso da terra e a distribuição espacial dos processos morfogenéticos. De acordo com o ZANE (2001) o relevo da área está contido na unidade “Superfícies Retrabalhadas” que é formada por áreas que têm sofrido retrabalhamento erosivo intenso, com relevo bastante dissecado em colinas e vales profundos. Na região litorânea de Pernambuco e Alagoas este compartimento se apresenta sob a forma dos “mares de morros” que antecedem o planalto da Borborema, com solos espessos e vegetação potencial de floresta sub-perenifólia a perenifólia.

O clima é do tipo Tropical Chuvoso com verão seco. O período chuvoso concentra-se no outono/inverno – tipo As’ segundo a classificação de Köppen - tendo uma precipitação média anual de 1309,9 mm. Os solos dessa unidade geoambiental são representados pelos Latossolos, profundos e bem drenados, nos topos planos; pelos Argissolos, pouco a medianamente profundos e bem drenados, nas vertentes íngremes e pelos Gleissolos de Várzea nos fundos de vales estreitos, sendo estes solos orgânicos e encharcados.

A área de estudo encontra-se inserida geologicamente na Província Borborema, sendo constituída pelos litotipos do Complexo Belém do São Francisco, dos Granitóides indiscriminados, da Suíte Calcialcalina de Médio a Alto Potássio Itaporanga, do Grupo Pernambuco, da Formação Ipojuca, e dos Depósitos Colúvio-eluviais, Flúvio-marinhos e Aluvionares. Sua rede de drenagem encontra-se nos domínios do Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos G12, sendo banhado a leste pelo Oceano Atlântico. Todos os cursos d' água no município têm regime de escoamento perene.

## **Metodologia**

Na realização da análise, foi utilizado o banco de dados do ZAPE – Zoneamento Agroecológico de Pernambuco, de onde se extraiu informações para confecção do mapa de solos com a utilização do software Arcgis, utilizando a função “analyst tools” e a ferramenta “clip”, onde os dados serão sobrepostos ou clipados gerando um mapa de solos da área.

Na elaboração do modelo digital de elevação da área, foram utilizados dados do radar SRTM, obtidos através de acesso ao site da EMBRAPA. O recorte ao limite municipal foi feito no “software” Arcgis. Após este procedimento, através do programa MicroDem, o dado foi exportado do formato geotiff para o formato ASCXYZ. Por meio do programa Surfer 8 foi feita a interpolação das isolinhas pelo método da krigagem (VALERIANO, 2004). Através das ferramentas “surface” e “slope” do “software” Arcgis foi elaborado a carta de declividade em porcentagem. Nesta mesma seção também foi extraída a carta de Densidade de Drenagem, através da função “Density” e a ferramenta “Line density”.

O diagnóstico da cobertura vegetal foi realizado através da imagem Landsat-5/TM (29/08/2007), a partir do cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), que teve o intuito de identificar as áreas de cobertura densa, esparsa e rala. O processamento digital da imagem foi desenvolvido no software ERDAS IMAGE 9.1, disponível no Laboratório de Geografia Física Aplicada da UFPE.

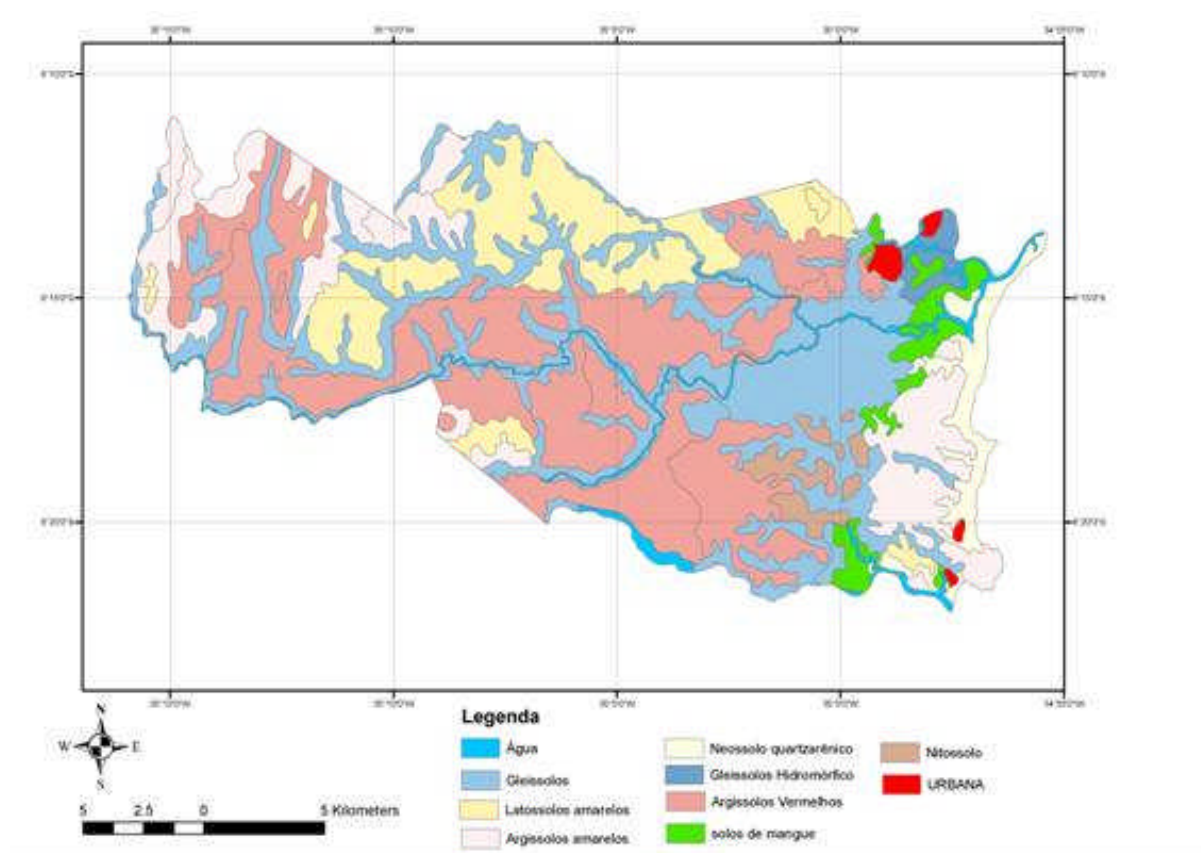
A análise da cobertura vegetal presente na área de estudo foi identificada por meio da aplicação do cálculo do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index - NDVI), que é um indicador sensível da quantidade e da condição da vegetação verde, o qual é obtido por meio da razão entre a diferença e a soma das refletividades do IV-próximo ( $\bullet_{IV}$ ) e do vermelho ( $\bullet_V$ ) (SILVA, 2007). O NDVI tem seus

valores variando de -1 a +1. Para superfícies com alguma vegetação os índices apresentam-se de 0 e 1, já para a água e nuvens o valor geralmente é menor que zero (SILVA, 2007).

$$\text{Onde: NDVI} = \frac{\bullet_{IV^-} \bullet_v}{\bullet_{IV^+} \bullet_v}$$

### 3. Resultados e discussões

Um dos fatores a ser analisado quando se estima a vulnerabilidade erosiva dos solos, é o tipo do solo, a depender das condições de estrutura, textura e organismos vivos nele presente. Analisando-se os solos do município do Cabo de Santo Agostinho (Figura 2), percebe-se uma grande diversidade de tipos de solos e, segundo (CEPRANI *et al*, 2001), é possível se estabelecer um grau de vulnerabilidade para cada tipo observado na área do município (tabela 1).



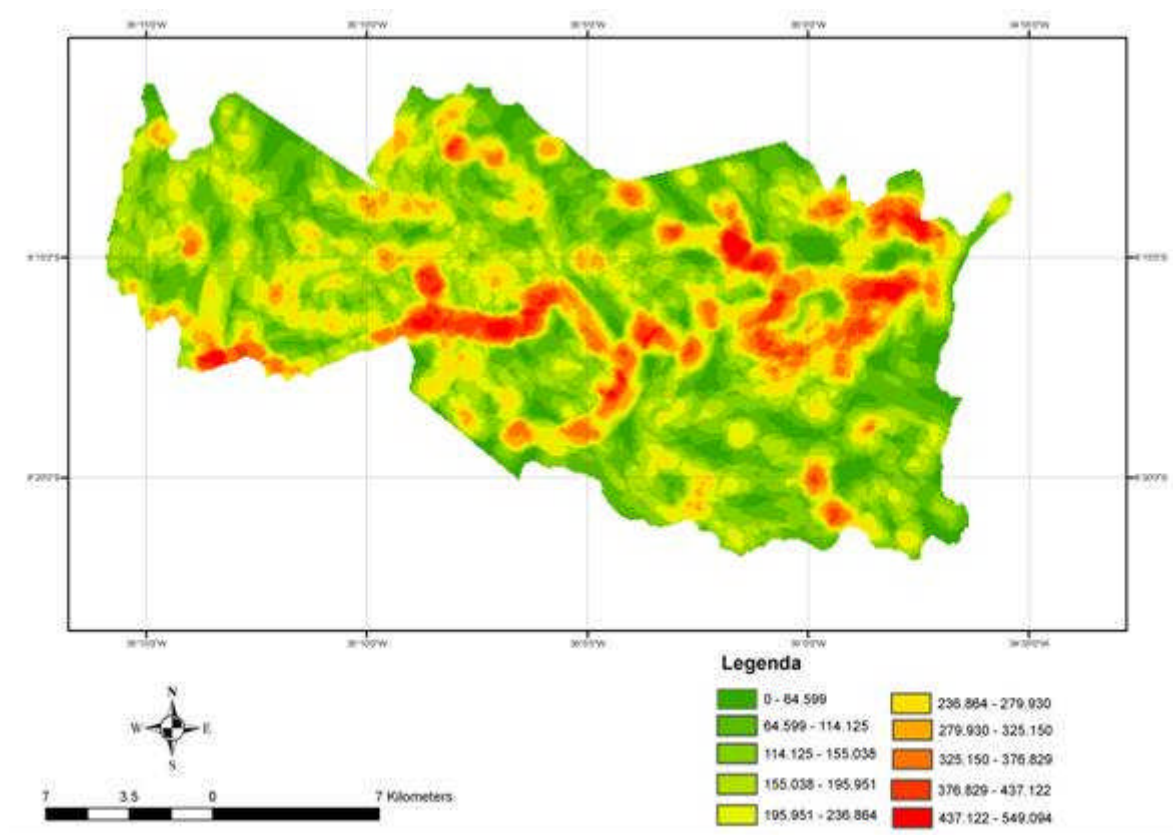
**Figura 2** – Mapa de solos do município do Cabo de Santo Agostinho

**Tabela 1** – Grau de vulnerabilidade dos solos do município do Cabo de Santo Agostinho.

<b>Tipos de solos do município do Cabo de Santo Agostinho.</b>	<b>Grau de Vulnerabilidade</b>
Argissolos amarelos	2.0
Argissolos Vermelhos	2.0
Gleissolos	3.0
Gleissolos Hidromórficos	3.0
Latossolos amarelos	1.0
Neossolos quartzarênicos	3.0
Nitossolos	2.0
Solos de Mangue	3.0

Como resultados para os tipos de solos do município, foram classificados como solos com alto grau de vulnerabilidade erosiva os gleissolos, Gleissolos hidromórficos, Neossolos quartzarênicos e solos de mangue. A vulnerabilidade média foi atribuída aos argissolos amarelos, argissolos vermelhos e os Nitossolos. Apenas um tipo de solo foi classificado como possuindo baixa vulnerabilidade: os latossolos amarelos. Observa-se que a maior parte dos solos tem susceptibilidade variando de média a alta, estando o município vulnerável à erosão segundo este aspecto.

Quando se compara o mapa de solos (Figura 2) com o de densidade de drenagem (Figura 3), verifica-se que solos que possuem um alto grau de vulnerabilidade estão localizados nas áreas com maior densidade de drenagem. Nesta situação encontram-se os gleissolos, gleissolos hidromórficos e solos de mangue que possuem uma alta susceptibilidade à erosão, estando desta forma essas áreas vulneráveis tanto por sua cobertura pedológica como pela distribuição espacial de drenos perenes, estando o município susceptível à erosão hídrica segundo este critério.

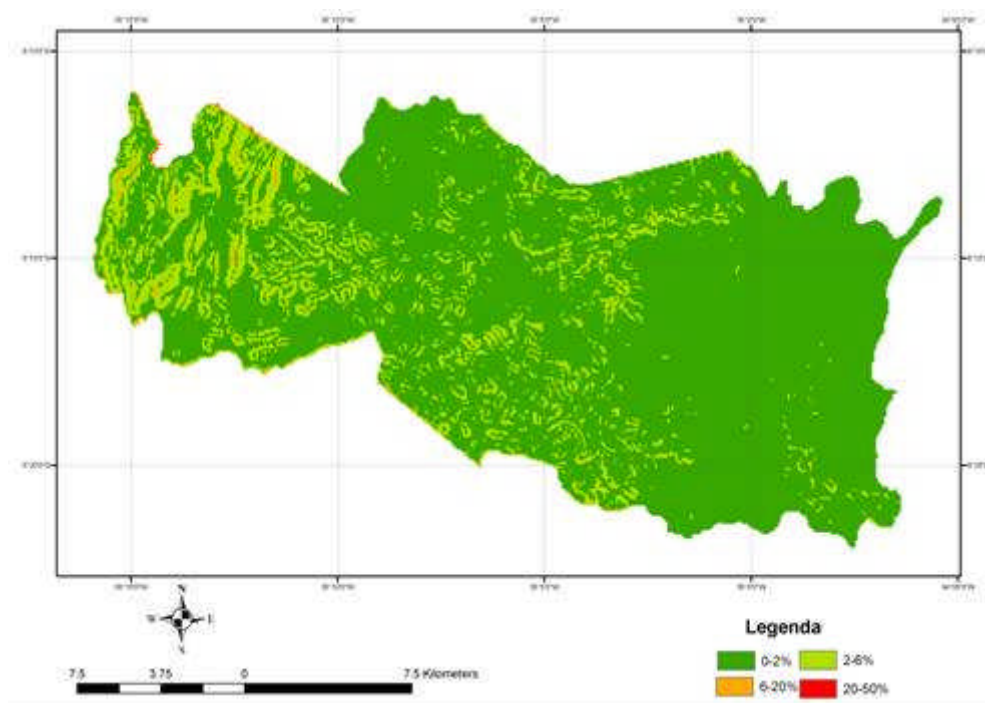


**Figura 3** – Mapa de densidade de drenagem do município do Cabo de Santo Agostinho

Analisando a vulnerabilidade dos solos face à declividade, percebe-se que este parâmetro não apresenta um alto grau de correlação com o desencadeamento do fenômeno erosivo na área, pois as elevações são modestas e o ângulo de suas encostas na maioria dos casos suave. O grau de declive das encostas aumenta em direção à parte ocidental do município, chegando ao máximo de 22% de declividade.

Segundo (CEPRANI *et al*, 2001, *op cit*) as áreas que possuem uma declividade entre 20 e 22% possuem uma alta susceptibilidade à erosão hídrica; as variando entre 6 a 20% susceptibilidade média, de 2 a 6% susceptibilidade baixa e de 0 a 2% susceptibilidade muito baixa. No mapa de Declividade (figura 4) verifica-se que a maior parte da área possuiu de baixa a muito baixa vulnerabilidade à erosão se aplicado unicamente o critério da declividade do terreno. No entanto, apesar de espacialmente restritas, o Município possui algumas áreas que variam de média a alta susceptibilidade em relação à declividade, o que pode vir a representar um risco à perda de solos por erosão.

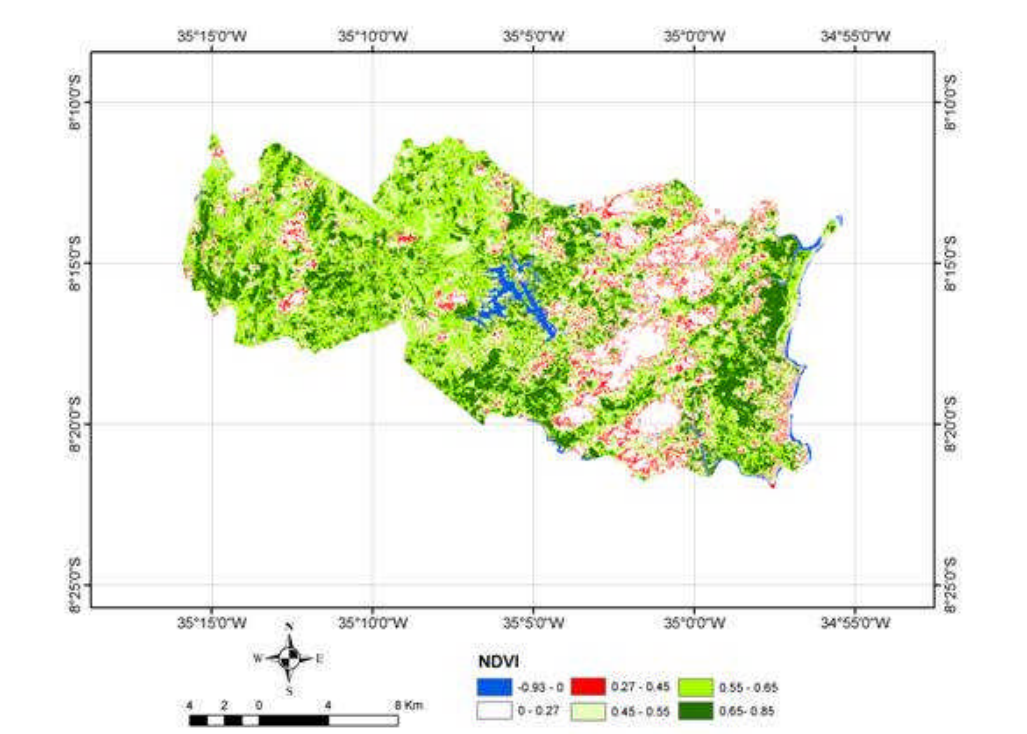




**Figura 4** – Mapa de declividade do município do Cabo de Santo Agostinho.

A vegetação comporta-se como uma capa protetora do solo, e à medida que decresce a eficácia de sua cobertura sobre o solo, o mesmo torna-se desprotegido vindo a sofrer a ação direta dos fatores erosivos. A Figura 5 representa a vegetação existente na área do Cabo de Santo Agostinho, tendo sido a mesma classificada em seis classes. A primeira e a segunda classe devem ser ignoradas por não tratar de vegetação, e sim de área com presença de água, nuvens e a sombra das mesmas. A terceira classe, variando entre 0,27 a 0,45 identifica as áreas urbanas e as bordas das nuvens; a quarta classe variando entre 0,45 a 0,55 representa área de vegetação rala; a quinta classe de 0,55 a 0,65 indica vegetação esparsa; e a sexta classe de 0,65 a 0,85 representa às áreas de cobertura vegetal densa. É possível observar que a maior parte do território do município possui vegetação esparsa, no entanto é importante ressaltar que a maior parte desta cobertura é representada por plantações de cana-de-açúcar, possuindo uma maior vulnerabilidade aos efeitos erosivos. Apenas uma pequena extensão do Município apresenta áreas com vegetação densa, em sua maior parte composta por reservas florestais. Pode-se inferir desta forma que o Município encontra-se vulnerável à erosão quando analisa-se o parâmetro cobertura vegetal, o que acarreta um maior risco aos efeitos do transporte de materiais pela chuva.

A partir dos parâmetros analisados, Tipo do solo, densidade de drenagem, declividade e cobertura vegetal, pode-se afirmar que o município apresenta um alto grau de vulnerabilidade à erosão hídrica, pois seus tipos de solo combinados com sua densidade de drenagem apresentam uma alta susceptibilidade erosiva, além de sua cobertura vegetal ser em maior parte formada por uma vegetação esparsa que não oferece a proteção necessária, estando menos vulnerável apenas quanto ao aspecto declividade.



**Figura 5** - Mapa de NDVI do município do Cabo de Santo Agostinho.

#### 4. Conclusão

O município do Cabo de Santo Agostinho apresenta grande importância dentro da Região Metropolitana do Recife, uma vez que seus solos são muito utilizados para a prática da agricultura e expansão urbana. O estudo apresentado identificou a necessidade de um gerenciamento destes solos voltados à sua preservação, pois a maior parte apresenta um alto índice de vulnerabilidade à erosão. Verificou-se que os solos mais vulneráveis encontram-se em áreas com maior densidade de drenagem. Desta forma pode-se afirmar que os solos deste município segundo os critérios analisados apresentam um alto índice de susceptibilidade a erosão, pois apenas no tocante ao controle exercido pelo aspecto declividade não se observou um alto índice de susceptibilidade erosiva.

## 5. Referências

- Bertoni, José; Neto, Francisco Lombardi. Conservação do solo – São Paulo: Ícone, 1990,355p.
- Brady, Nyle C. Natureza e propriedade dos solos – 7ª ed. – Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.
- Ceprani, E.; Medeiros, J. S. de; Filho, P.H.; Florenzano, T. G.; Duarte,V.; Barbosa, C.C.F. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico – econômico e ao ordenamento territorial. São José dos Campos, INPE, 2001. 124 p. (INPE – 8454 – RPQ/722).
- Costa, F., H., dos Santos; Filho, C.,R., de Souza; Riso, Alfonso; Análise temporal de NDVI e mapas potenciais naturais de erosão na região do Vale do Ribeira. São Paulo. 2007, Anais do XIII simpósio Brasileiro de Sensoriamento remoto, Florianópolis, Brasil, 21 – 26, INPE, p. 3833 – 3839.
- Guerra, Antonio José Teixeira; Silva, Antonio Soares; Botelho, R.G. Machado (organizadores). Erosão e conservação dos solos – 3ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007, 339p.
- Lepsch, Igo F. Formação e conservação dos solos – São Paulo: Oficina de textos, 2002,178p.
- Lourenço, R.W.; Landim, P. M. B. Estudo da variabilidade do “índice de vegetação por diferença normalizada/NDVI” utilizando krigagem indicativa. 2004, Holos Environment, v.4n. 1, – P.38 – 55. ISSN: 1519 – 8634.
- Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Geologia, Mineração e transformação mineral, CPRM - Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea – Pernambuco. Outubro, 2005.
- Silva, B. B.; Mendonça, J. C. Determinação da Evapotranspiração com Imagens Landsat 5 – TM e Sebal. Aracaju, 3 a 5 de julho de 2007.
- Valeriano, M. M. Modelo digital de elevação com dados SRTM disponíveis para a América do Sul. São José dos Campos: INPE, 2004. 72 p. (INPE-10550-RPQ/756). Disponível em: <<http://urlib.net/sid.inpe.br/sergio/2004/06.30.10.57>>. Acesso em: 24 abr. 2008.