

A utilização da Geotecnologia enquanto ferramenta de análise da suscetibilidade à erosão do solo no semi-árido baiano

Jobabe Lira Lopes Leite de Souza¹

Tatiane Sátiro Gomes¹

Ramon dos Santos Dias¹

Dr^a Rosângela Leal Santos²

¹ Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)

Av. Transnordestina, Km 0, BR 116 Norte, CEP: 44031-430, Feira de Santana, Bahia

{ thatty.str, jobabe.lira, ramon.dias17 }@gmail.com

² Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) / Departamento de Tecnologia (DTEC)

Av. Transnordestina, Km 0, BR 116 Norte, CEP: 44031-430, Feira de Santana, Bahia

rosaleal@uefs.br

Abstract. The need to better understand the dynamic of nature has given, in the last decades, the environment as an object of research in many areas of study. The techniques of Geoprocessing and remote sensing are applied in the process of planning and creation of models to the management of environmental systems. These techniques are important tools that accelerate the environment's analysis and generate reliable data helping the decision making under a multi perceptive view of reality. The present research had as main objective to indicate the importance of using Geotechnology as tool of analysis of the susceptibility of erosion at the desert in Bahia. Therefore, it was based in products (results) generated from GIS and remote sensing. These results consolidated the definition of susceptible areas of erosion based in the proposed methodology by the CORINE program. The execution of synthesis' maps about the susceptibility of soil erosion (potential erosion and real erosion) has confirmed the utility of cartographic modeling (algebraic operations on thematic maps) for identifying and analyzing vulnerabilities of natural environment. This can provide a better definition for guidelines and actions to be implemented in the physical-territorial space being a basis for zoning and providing subsidies of the territory management. Therefore, improving environmental/economical conditions, and the quality of life for the population at the studied area.

Palavras-chave: vulnerability; soil loss; cartographic modeling; vulnerabilidade; perda de solos; modelagem cartográfica.

1 Introdução

De uma maneira generalizada, a erosão dos solos refere-se ao desgaste ou desagregação da superfície, influenciada por fatores físicos ou químicos, com ou sem a participação ativa do homem. O processo erosivo se apresenta como um dos maiores agentes de modificação da paisagem, já que ele está ligado aos processos de desgaste da superfície do terreno com a remoção e transporte de grãos minerais, sendo o responsável, em conjunto com outros processos naturais, pela contínua modelagem das formas de relevo.

Por estar sujeito, diretamente, a diversos fatores ligados às características dos solos, à intensidade das chuvas e à presença de cobertura vegetal, o processo de erosão dos solos é um processo bastante complexo em sua natureza (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1993). De acordo com Bertoni & Lombardi Neto (1993), os fatores que causam a erosão são caracterizados pelas forças ativas, constituídas pelas chuvas, capacidade de infiltração do solo, declividade e comprimento da rampa; e pelas forças passivas, compostas pela densidade da cobertura vegetal e pela capacidade do solo resistir à ação erosiva. Dessa forma, infere-se a atuação do clima, relevo, flora e rocha no controle da ação erosiva. No entanto, vale ressaltar que sua intensidade da erosão pode ser modificada não somente por fatores naturais, mas também pelas práticas e atividades humanas implementadas.

O município ora analisado localiza-se na região nordeste do Brasil e apresenta um clima semi-árido, quente, com chuvas torrenciais concentradas em uma quantidade de dias correspondente a cerca de 0,8 mês/ano, o que pode desencadear um intenso processo de remoção da camada superficial do solo, influenciando, conseqüentemente, no processo de pediplanação do relevo, característico da região da depressão sertaneja que domina a maior parte do município. O predomínio de caatinga parque e arbórea caracterizam o uso e a cobertura do solo da região (BAHIA/SEI, 2003). No entanto, percebam-se manchas de antropização (agricultura e pecuária), principalmente às margens do rio São Francisco, resultante do intenso processo de modernização para atender ao mercado externo (SOUZA *et. al.* 2010), bem como ao longo dos poucos rios, em sua maioria intermitente, espalhados pelo município.

Atualmente, os processos de degradação do solo constituem-se um grave problema, com conseqüências ambientais, sociais e econômicas significativas. Estudos que avaliem a susceptibilidade dos diferentes tipos de solo aos processos erosivos, as taxas com que esses processos ocorrem e suas conseqüências na paisagem, portanto, são de fundamental importância. Neste contexto, as técnicas ligadas ao Geoprocessamento emergem com sucesso enquanto ferramenta para avaliação da perda dos solos por erosão e aplicação de modelos teóricos que relacionam as variáveis geradoras dos processos erosivos. A modelagem cartográfica (álgebra de mapas), neste âmbito, possibilita a visualização de uma série de mapas em uma base comum, onde cada mapa corresponde a uma variável sujeita a operações matemáticas tradicionais (BARBOSA *et al.*, 1998).

Os trabalhos de suscetibilidade à erosão, que se propõe a construir modelos, são importantes para auxiliar no planejamento do uso e ocupação do solo de forma a inibir ou restringir a mesma, bem como, tem o intuito de amenizar os problemas relacionados à degradação do ambiente.

A presente pesquisa, de forma geral, teve por objetivo indicar a importância da utilização da Geotecnologia enquanto ferramenta de análise da suscetibilidade à erosão no semi-árido baiano, especificamente no município de Curaçá, utilizando por base a metodologia proposta pelo Projeto CORINE – *Coordination of Information on Environment* – (1992) para a geração de um modelo de suscetibilidade à erosão incluindo, portanto, esta equação no Sistema de Informações Geográficas (SIG), com a finalidade de desenvolver subsídios para um possível planejamento sustentável do uso da terra, com ênfase na produção agrícola.

2 Metodologia do trabalho

A metodologia objetiva a avaliação da vulnerabilidade à erosão sobre área de estudo que engloba o município de Curaçá, no Estado da Bahia. A escolha da região ocorreu por conta da considerável área de produção agrícola que o município possui e por conta do mesmo pertencer a uma das quatro regiões da Bahia com maior risco de desertificação decorrente da evolução dos processos erosivos superficiais (BAHIA, 2009).

A presente pesquisa esteve alicerçada em produtos gerados a partir do SIG e sensoriamento remoto que consolidaram, através de avaliações ambientais básicas, a definição de áreas susceptíveis à erosão do solo para a área de estudo. Utilizaram-se como ferramenta de análise as Geotecnologias, não apenas por esta potencializar o estudo, mas também porque a mesma tem ampliado seu espaço como instrumento de apoio à gestão do espaço geográfico, disponibilizando um número cada vez maior e com maior qualidade de dados.

A criação do banco de dados georreferenciados foi baseada na metodologia definida pelo Programa CORINE, a qual tem por objetivo avaliar uma área suscetível à vulnerabilidade a partir de dois tipos de índices: o Índice de Risco de Erosão Potencial (PSER), constituído pelas variáveis físicas do ambiente associadas ao solo, clima e relevo e o Índice de Erosão Real (ASER), avaliado substancialmente pelos fatores de uso e cobertura do solo.

A integração de todos os dados obtidos possibilitou uma modelagem cartográfica (álgebra de mapas), hoje, uma importante técnica de diagnóstico do espaço geográfico, que favoreceu uma análise de síntese, gerada a partir da sobreposição de camadas de informações diversas, onde a interpretação do todo é mais que a simples soma de suas partes.

4 Resultados e discussões

A geotecnologia através das técnicas de sensoriamento remoto e SIG pode se mostrar eficiente enquanto ferramenta capaz de propiciar elementos para o levantamento de dados do meio físico e do uso e ocupação da superfície terrestre, gerando, conseqüentemente informações relevantes nos estudos ambientais, em especial, no que se refere à análise de erosão do solo.

Sabe-se que o processo erosivo não ocorre da mesma forma em solos com diferentes propriedades. O seu grau de erodibilidade ou fragilidade varia, principalmente, em função de sua permeabilidade, estrutura, densidade e textura. Desta forma, em muitos casos, os atributos físicos e químicos explicam o fato de alguns solos erodirem mais que outros, mesmo quando expostos a uma mesma condição ambiental (ROSS et al., 2005). Diante destas afirmativas considerou a espacialização dos diversos tipos de solo para o município a partir dos dados SIG Bahia (Figura 2).

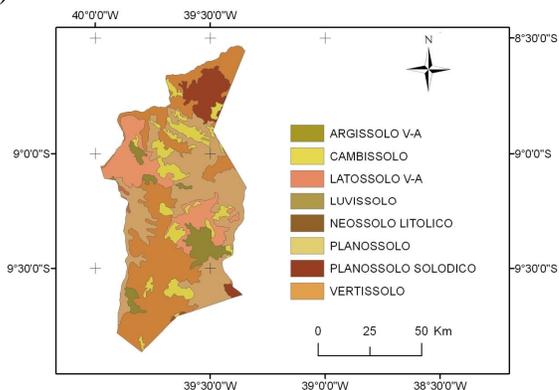


Figura 2: Mapa de tipos de solos para o município de Curaçá

Para cada solo espacializado no município foi possível classificá-los segundo a proposta por CORINE, enfatizando as características de textura, pedregosidade e profundidade dos solos (Tabela 2).

Tabela 2: Vulnerabilidade ao tipo de solo

Solos	Profundidade	V*	Textura	V*	Pedregosidade	V*
Luvisso	70	3	média-argilosa	2	ausente	1
Cambissolo	220	3	argilosa	1	ausente	1
Latossolo v-a	270	2	média-argilosa	2	ausente	1
Planossolo solódico	70	3	arenos-média/média-argilosa	2	ausente	1
Argissolo v-a	120	3	média argilosa	2	ausente	1
Planossolo	60	3	arenosa/média-argilosa	2	ausente	1
Neossolo litólico	50	3	média e argilosa	2	Pouco, a superfície	2
Vertissolo	120	3	argilosa e muito argilosa	1	ausente	1

* "V" representa a vulnerabilidade para cada variável.

A influência do clima na erosão do solo pode ser verificada, principalmente, pela ação da precipitação, a qual deve ser analisada pela quantidade anual de chuvas, por sua concentração/tempo e pela distribuição dessas durante o ano. Associada ao aumento da

declividade das vertentes a água pode ser considerada um agente de grande capacidade erosiva.

A erosividade climática (EI – “*Erosivity Index*”) foi calculada a partir do índice de Fournier-Arnoldus – FI (ARNOLDUS, 1980) e do índice ombrotérmico de Bagnouls-Gausson – BGI (BAGNOULS e GAUSSEN, 1957). O resultado final desta etapa obteve o valor de EI através da multiplicação de FI x BGI. Foram encontrados para as estações meteorológicas locais valores no intervalo entre 20 e 35, o que corresponde no método CORINE, a um valor de intensidade erosiva 1. Por sua vez, para no cálculo do BGI, foram encontrados valores que caracterizam a área como seca, conforme figura 3, o que para CORINE, caracteriza para esta variável a área com um índice de erosão 3.

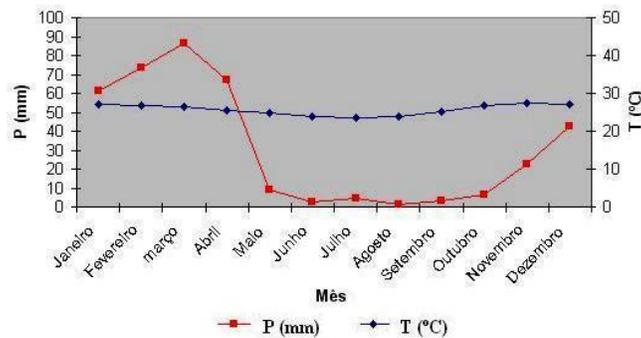


Figura 3: Curva ombrotérmica segundo Gausson e Bagnolus – Curaçá / Bahia (1945 – 1970)

Assim, tendo em vista que o índice de erosividade climática é igual ao produto do FI pelo BGI, temos que este equivale a 3 para toda a área do município.

A resistência que um solo oferece à erosão está diretamente ligada às condições de relevo. Neste sentido, julgou-se importante ainda analisar a declividade das vertentes da área estudada.

A partir da declividade gerada em porcentagem da imagem SRTM, atualmente, um dos mais importantes dados usados para obtenção de informações altimétricas e análise geográfica, notou-se que o município de Curaçá apresentou uma predominância de áreas com baixa declividade, contendo poucas áreas de declividade mais acentuada (Figura 4).

O cálculo de declives é uma das operações espaciais mais exemplificativas baseadas em vizinhança da localização considerada, derivada de um mapa com dados de altimetria. O ângulo de declive do *pixel* central é calculado com base na informação dos *pixels* vizinhos em diferentes direções.

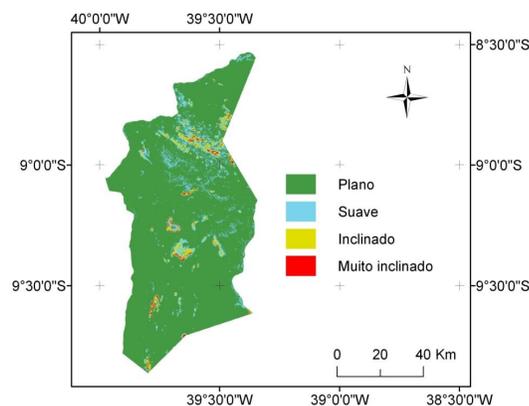


Figura 4: Mapa de declividade da área estudada (Curaçá / BA).

Tendo em vista que as áreas mais íngremes facilitam o processo de erosão dos solos, uma vez que aumentam o escoamento superficial e, conseqüentemente, perdas de terra pela inclinação, infere-se que o município ora analisado não possui uma alta vulnerabilidade à erosão para esta variável. Os valores de vulnerabilidade atribuídos à declividade por CORINE estão apresentados na tabela 3, confrontando-os com o mapa elaborado verifica-se um grau de vulnerabilidade 1 em maior parte da região.

Tabela 3: Vulnerabilidade à declividade do terreno solo

Declividade	Intervalo (%)	Vulnerabilidade
Plano	< 5	1
Suave	5 - 15	2
Inclinado	15 - 30	3
Muito inclinado	> 30	4

A partir dos valores das variáveis solos, clima e relevo, foi possível elaborar, através da multiplicação dos fatores, o modelo de erosão potencial apresentado na figura 5, o qual corresponde à "intersecção" dos fatores analisados. Este modelo foi classificado em três níveis possíveis de erosão: baixo médio e alto, descrito na tabela 4.

Tabela 4: Vulnerabilidade do PSER

Descrição	Intervalo	Vulnerabilidade
Baixo	0 - 5	1
Médio	5 - 11	2
Alto	> 11	3

Assim, este mapa representa a soma dos atributos de cada plano de informação até então gerados, depois de agrupadas todas as informações com os seus respectivos pesos, partindo do pressuposto que um maior valor final de atributo implica em maior vulnerabilidade à erosão. Desta forma, este é um mapa síntese que resultou de uma técnica de processamento digital na qual considerou as variáveis temáticas até aqui analisadas individualmente.

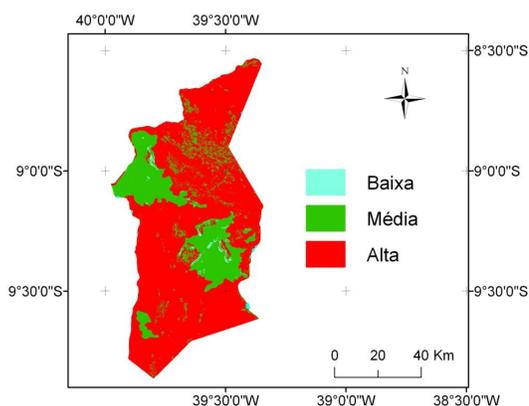


Figura 5: Mapa de vulnerabilidade à erosão potencial

Após a elaboração do mapa anterior, foi necessário considerar o uso e ocupação do solo, enquanto fator erosivo. A supressão da cobertura vegetal para a introdução de práticas agrícolas ou implantação de núcleos urbanos, por exemplo, intensificam os processos erosivos. Os diferentes tipos de vegetação que recobrem o solo tem influências diversas no

comportamento diante da atuação dos processos erosivos. Em áreas de vegetação florestal, os efeitos da erosão são pouco expressivos. A presença de formações vegetais provoca a interceptação da água que cai, diminuindo, assim, o impacto da mesma sob o solo, promovendo uma melhor absorção por diminuir a velocidade de escoamento. A presença de raízes também auxilia nesta tarefa. Considerando estes tipos de interferências, para a variável uso e cobertura do solo foi utilizada a classificação apresentada na tabela 5 e a espacialização feita de acordo com a figura 6, que apresenta a vegetação natural da área, com predomínio de diferentes tipos de caatinga, além das regiões específicas de agricultura e pecuária.

Tabela 5: Valores de vulnerabilidade para uso e cobertura do solo, adaptado do CORINE

Tipo de Cobertura do solo	Vulnerabilidade
Agricultura/pecuária, área urbana.	2
Caatinga arbórea/arbustiva; caatinga parque; curso d'água; lago, açude, represa; reflorestamento.	1

O índice de uso e cobertura do solo, obtido pela reclassificação das diferentes formas de uso e ocupação do solo em um sistema binário, considerou como sendo 1 as coberturas naturais e 2 as áreas de utilização antrópica.

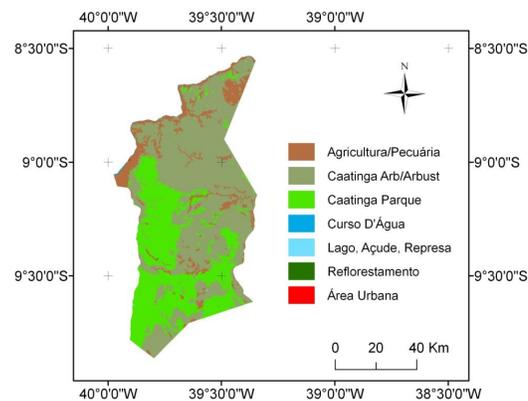


Figura 6: Mapa de uso e cobertura do solo

A partir do cruzamento dos mapas de PSER (Figura 5) e o mapa de uso e cobertura da terra (Figura 6), tendo em vista os valores de vulnerabilidade para uso e cobertura do solo, foi gerado o modelo ASER proposto pelo Programa CORINE. Desta forma, foi possível identificar as áreas de erosão, classificando-as como áreas de baixa, média e alta suscetibilidade à erosão (Figura 7).

As classes obtidas no mapa de suscetibilidade à erosão real são definidas sobre regiões específicas do mapa de entrada (PSER), onde as restrições são fornecidas pelo mapa de cobertura vegetal e uso do solo. Os resultados, assim, advêm da integração entre variáveis de mapas temáticos distintos e a formação de novas variáveis em um único mapa que não são mais do que todas as possibilidades de associação entre as variáveis dos mapas iniciais.

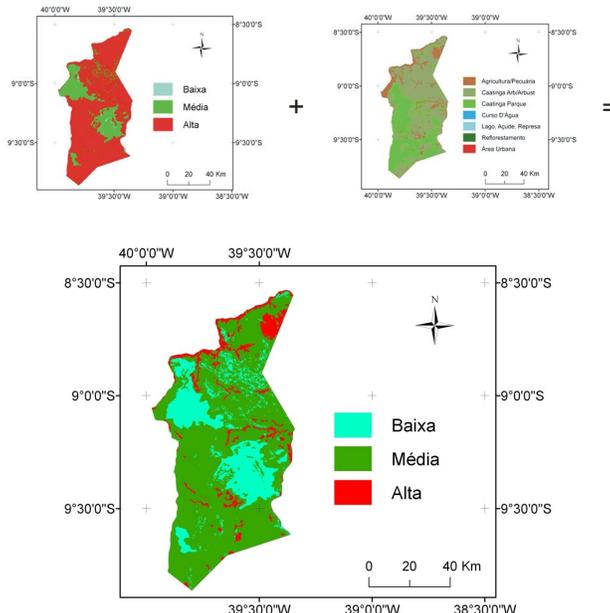


Figura 7: Mapa de suscetibilidade à erosão real

A aplicação de álgebra de mapas resultou em dois mapas síntese, um sobre a vulnerabilidade à erosão potencial e outro sobre de suscetibilidade à erosão real que demonstraram a potencialidade das Geotecnologias para o entendimento da vulnerabilidade dos solos. Salienta-se, assim, que o uso das aplicações de Geoprocessamento e da técnica de álgebra de mapas proporcionaram condições básicas para a realização do diagnóstico ambiental da área, com evidenciação dos aspectos físicos.

A utilização de *softwares* específicos de Geoprocessamento tem permitido condições excelentes para extração de informações georreferenciadas do espaço geográfico a partir do cruzamento e análise de vários mapas temáticos. A modelagem cartográfica vem se consolidando como uma importante técnica de análise espacial por meio das Geotecnologias. A análise espacial geográfica e a tendência de buscar novos caminhos metodológicos no tratamento de dados geográficos fez com que as Geotecnologias se constituam em uma porta de renovação de métodos de análise e de síntese dos dados espaciais com grande eficiência e utilidade para a Geografia e o Planejamento.

5 Considerações Finais

As Geotecnologias enquanto ferramenta de integração de dados de diversas fontes foi fundamental para o desenvolvimento deste trabalho, uma vez que foram utilizadas imagens, mapas temáticos, dados estatísticos, para obtenção de novas informações.

Uma parcela significativa de estudos na área de Geoprocessamento com aplicações ambientais utiliza técnicas de integração de dados básicos de diferentes fontes e formatos. A realização dos mapas síntese sobre suscetibilidade à erosão do solo confirmou a utilidade da modelagem cartográfica para a identificação e análise de vulnerabilidades de ambientes naturais, que podem proporcionar uma melhor definição das diretrizes e ações a serem implementadas no espaço físico-territorial, servindo de base para o zoneamento e fornecendo subsídios à gestão do território.

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, ao interagirem em um ambiente SIG, tornaram-se ferramentas eficazes por permitirem a representação precisa de dados espaciais em um ambiente interativo, seja na etapa de levantamento de dados e

diagnósticos ou na análise e leitura destes dados. O uso da Geotecnologia, no que se refere ao problema de erosão dos solos, pode ser entendido como sendo um inventário das condições ambientais e fatores/elementos que interferem neste processo. Diante disso, vale destacar que os modelos conjugados às tecnologias de sensoriamento remoto e SIG são instrumentos importantes para as conexões dos fragmentos da realidade, os quais permitem um maior conhecimento da mesma. A integração dos dados obtidos e estruturados sobre a metodologia do Programa CORINE permitiram revelar que a espacialização das áreas de baixa suscetibilidade à erosão corresponde a um total de 1.373 km², e refere-se, principalmente, aos ambientes de caatinga parque e caatinga arbórea-arbustiva, uma vez que a cobertura vegetal oferece proteção ao solo, interferindo, assim na intensidade do processo erosivo. O município apresenta uma predominância de áreas de risco médio de erosão real, que recobrem, aproximadamente, 4.003 km², ou seja, 69% da área. No tocante às regiões de alta suscetibilidade à erosão, estas se espacializam pontualmente por todo o município. Concentram-se, principalmente, onde o processo de antropização se mostra atuante, devido principalmente à expansão da atividade agropecuária e a implantação da cultura irrigada. Sabe-se que os problemas de erosão são, de forma geral, resultantes da combinação de um rápido processo de ocupação e tecnificação do território. Neste estudo, estas áreas abrangem um total de 462 km² o que corresponde a 8% da área analisada. É importante observar que a intensidade da erosão de determinada área pode ser influenciada mais pelo declive, características da chuva, cobertura vegetal e manejo, do que pelas propriedades do solo, embora alguns deles sejam mais erodíveis que outro.

As Geotecnologias são, hoje, consideradas como ferramentas imprescindíveis à pesquisa e entendimento do espaço geográfico. Estas, já de uso consolidado por parte de profissionais que trabalham com o espaço, resgataram uma questão essencial, tanto para Geógrafos como planejadores, a do tratamento do dado espacial de maneira confiável e que sirva para gerar informação nova e útil para o entendimento da complexidade do espaço contemporâneo.

6 Referências

- Arnoldus H. M. An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. M. De Boodt; D. Gabriels. In: **Assessment of Erosion**. Wiley, Chichester, UK, 1980.
- BAGNOULS, F.; GAUSSEN, H. Les climats biologiques et leur classification. **Annales de Géographie**, 1957, t. 66, n° 355, 193-220pp.
- BAHIA/INGÁ. **Programa Estadual de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Salvador, 2009. <www.inga.ba.gov.br>. Acessado em 12/12/2009.
- BAHIA/SEI. **Sistemas de Informações Geográficas do Estado da Bahia**. Salvador. Cd-rom. 2003.
- BARBOSA, C. C.; CAMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de; CREPANI, E.; NOVO, E.; CORDEIRO, J. P. C. **Operadores Zonais em Álgebra de Mapas e Sua Aplicação a Zoneamento Ecológico-Econômico**. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos. Anais... INPE, p. 487-500.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ed Ícone, 1993.
- PROJETO CORINE. **CORINE Land Cover**. Comm of European Communities, Bruxelas. 1992.
- SOUZA, J. L. L. de; DIAS, R. dos S.; OLIVEIRA, M.; SANTOS, R. L. **Dinâmica da agricultura no semi-árido irrigado baiano de 1990 a 2008: Aplicação de Metodologias Integradas para Análise de Mudança de Uso**. In Congresso Brasileiro de Cartografia, XXIV, Aracaju/SE, 2010.
- ROSS, J. L. S.; KAWAKUBO, F. S.; MORATO, R. G.; CAMPOS, K. C.; LUCHIARI, A. **Caracterização empírica da fragilidade ambiental utilizando geoprocessamento**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia. Anais... INPE, 2005. p. 2203-2210.