

INDICADORES AMBIENTAIS PARA O ESTUDO DA EROSÃO MARGINAL NO RIO SÃO FRANCISCO

Maria Francineide Rosendo Guimarães

Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFS
francineide@infonet.com.br

Francisco Sandro Rodrigues Holanda

Prof. Dr. Depto de Engenharia Agrônômica - UFS
folanda@infonet.com.br

Igor Pinheiro da Rocha

Doutorando em Engenharia Agrícola - UFRPE
igor@ufs.br

Renisson Neponuceno de Araujo Filho

Mestrando em Agroecossistemas - UFS
nepoaraujo@hotmail.com

Thiago Roberto Soares Vieira

Graduado em Engenharia Florestal UFS
abaz_floresta@yahoo.com.br

RESUMO

As ações propostas na Agenda 21, com ênfase na construção de indicadores ambientais vem possibilitar um aperfeiçoamento nos modelos de gerenciamento dos recursos naturais, através da avaliação das medidas adotadas e monitoramento das ações estratégicas a serem empregadas com vistas ao desenvolvimento sustentável. Esse trabalho teve como objetivo a construção de indicadores ambientais relacionados ao processo erosivo na margem direita do Baixo São Francisco Sergipano. Foi adotada a metodologia da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), o modelo de Indicadores de Pressão-Estado-Impacto-Efeito-Resposta (PEI/ER), para a construção de uma matriz de indicadores. A quantificação do processo erosivo através de trinta indicadores ambientais vem subsidiar políticas e ações voltadas para a mitigação dos efeitos nocivos da degradação ambiental naquela área.

Palavras-chave: Indicador ambiental, Erosão marginal, Rio São Francisco.

ENVIRONMENTAL INDICATORS TO STUDY RIVERBANK EROSION IN THE SÃO FRANCISCO RIVER

ABSTRACT

In order to reach the sustainable development, the proposed actions by Agenda 21 emphasize the construction of environmental indicators, by the evaluation and monitoring of some strategic actions. The objective of this work was to build an environmental indicators matrix related to bank erosion and its consequences at the right margin of Low São Francisco River. The methodology proposed by OCDE (Organization to cooperation and Economic Development), a Pression-State-Impact-Effect-Response (PEI/ER) indicators model was tested. The quantification of the erosion process through thirty environmental indicators is important in order to give some support to the development of policies and actions, toward the mitigation of negatives effects of the environmental degradation in that place.

Key-words: Environmental indicator, Bank erosion, São Francisco River.

INTRODUÇÃO

O modelo de desenvolvimento adotado na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco tem gerado inúmeros impactos negativos, não somente ao meio físico, como inundações de jazidas minerais, inundações de áreas férteis, modificação no uso do solo, alterações na qualidade da água, eutrofização e processo erosivo das margens, mas também ao meio antrópico e biótico, comprometendo a qualidade de todo o ecossistema (CASADO, 2000).

O Baixo São Francisco Sergipano vem enfrentando as conseqüências de um modelo de desenvolvimento que, ao longo de décadas, têm comprometido a Bacia como um todo, necessitando de medidas urgentes que promovam a reparação ou mitigação dos mais variados impactos ambientais. Os projetos de desenvolvimento executados, como afirma Casado et al (2003), muitas vezes não contemplam a conservação dos recursos naturais da Bacia nem a efetiva melhoria da qualidade de vida das populações da região. O que ocorre é um aproveitamento dos recursos solo e água, para um desenvolvimento econômico porem sem uma melhor distribuição de renda para a população ribeirinha.

Essas alterações são observadas com mais intensidade no solo pela ocorrência da erosão, da acidificação, acúmulo de metais pesados, da redução de nutrientes e de matéria orgânica e tendo como resultado a perda de área produtiva, da produção e da renda familiar, alterando dessa forma a qualidade de vida da população (HOLANDA et al, 2002). Conforme Souza (1998), além dos impactos com a construção de barragens à montante do rio, da retirada de grandes volumes d'água para a irrigação da agricultura, de toda uma carga de esgotos domiciliares e drenagem de fertilizantes da agroindústria lançados ao longo da calha do rio, na área do Baixo São Francisco sergipano, principalmente na sua desembocadura, tem estado sujeita a intensos processos erosivos na face sergipana e processos deposicionais na face alagoana.

O processo de erosão marginal que é um tipo de erosão hídrica, e ocorre devido à remoção dos materiais do barranco do rio pela ação de correntes, ondas ou por forças de origem externa, precipitação pluviométrica. Pode ser desencadeada pela ação antrópica como obras de construção civil, substituição da mata ciliar pelo cultivo, urbanização e a exploração de alúvios (HOLANDA et al, 2003). Contribui também no incremento da carga de fundo dos rios, provoca destruição progressiva da área marginal, desvalorizando os terrenos ribeirinhos e limitando o seu uso adequado (BANDEIRA, 2005). As conseqüências da erosão para o ambiente natural se dão através do aumento da turbidez nos corpos hídricos gerando o aumento da quantidade de sedimentos em suspensão na água, o que concorre para aumentar os custos com tratamento de água para consumo, perda da área produtiva e assoreamento do rio devido à devastação das matas ciliares e a mudança do regime fluvial. Prejudica também a vida de organismos aquáticos pelo aumento da intercepção da luz solar pelos sedimentos em suspensão. Conduz ao assoreamento de várzeas, vales, calha de rios e represas e perda de fertilizantes, corretivos e defensivos aplicados ao solo.

A erosão nas margens direita e esquerda do rio é considerada o componente de degradação ambiental de grande relevância e também causador de grande parte dos impactos sócio-econômicos no Baixo São Francisco.

A identificação e avaliação dos problemas ambientais necessitam da definição de um conjunto de indicadores dirigidos aos vários elementos envolvidos. Através da avaliação e mensuração dos impactos é possível mitigar os seus efeitos nocivos utilizando para isso, indicadores que levem à sustentabilidade do sistema, sendo necessário a qualificação e quantificação dos mesmos numa escala temporal-espacial (HOLANDA et al, 2005). Camino e Muller (1997), afirmam que para cada elemento significativo de cada categoria importante, é necessário escolher descritores e indicadores. Os descritores são características significativas de um elemento de acordo com os principais atributos de sustentabilidade de um determinado sistema. Para cada descritor deve-se definir um ou vários indicadores. Os indicadores são uma medida do efeito da operação do sistema sobre o descritor. Se há sustentabilidade no sistema, tem efeito positivo sobre o descritor. Se não há sustentabilidade, o efeito é negativo.

O presente trabalho tem por objetivo compreender, através da construção de indicadores ambientais, a evolução dos processos de degradação ambiental relacionados com a erosão na

margem do Rio São Francisco no seu baixo curso.

MÉTODOLOGIA

A área estudada esta inserida no Baixo São Francisco dividindo os Estados de Sergipe e Alagoas, inserido na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, entre o município sergipano de Própria e a foz do rio numa extensão aproximadamente de 11 km. Neste trecho da Bacia a área mais afetada pela erosão marginal é o Perímetro Irrigado Cotinguiba-Pindoba, delimitado pelas longitudes 36° 42' 32" e 36° 48' 40" Oeste e latitudes 10° 13' 35" e 10° 19' 01" Sul (SANTOS, 2002).

Foi realizada a identificação dos componentes ambientais que foram representados por indicadores específicos, com a sua caracterização segundo as causas, agentes e processos atuais, assim como a dinâmica de erosão marginal.

O método escolhido não se limitou aos fatores ecológicos. Foram considerados aspectos físicos, químicos, biológicos, econômicos, sociais e culturais, pois conforme afirma Matallo Júnior (2001), "o que interessa é a identificação dos processos e seu monitoramento ao longo do tempo, levando em conta que diferentes dimensões devem ser consideradas".

Sendo uma ferramenta eficaz para mensurar as mudanças das características de um determinado sistema, o indicador é expresso em unidades de medidas que permitam avaliar a sustentabilidade do sistema. Foram identificados indicadores que buscam satisfazer as demandas para a mitigação dos impactos causados pela degradação ambiental proveniente do processo erosivo marginal no Baixo São Francisco atendendo às recomendações da Agenda 21.

Foi adotada a metodologia da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE - 1993), Pressão/Estado/Resposta (PER) (PNUMA-CIAT, 1996). A matriz PEI/ER é oriunda da estrutura conceitual para a seleção de indicadores que foram sistematizados em Pressão-Estado-Resposta (PER), criada pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), em 1993 e adaptada para Pressão-Estado-Impacto/Efeito-Resposta pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA-CIAT, em 1996.

A matriz PEI/ER é um instrumento analítico que permite organizar e agrupar de maneira lógica os fatores que incidem sobre o meio ambiente, os efeitos que as ações humanas produzem nos ecossistemas e recursos naturais, o impacto que isto gera na natureza e à saúde humana, assim como as intervenções da sociedade e do Poder Público.

O conhecimento dos fatores de pressão procura responder à pergunta "por que ocorre isto?". A **Pressão** exercida pela atividade humana sobre o meio ambiente, em geral denominada causas ou vetores de mudanças.

As informações referentes ao estado respondem à pergunta "o que está ocorrendo com o meio ambiente?" O **Estado** ou condição do meio ambiente que resulta das pressões.

O **Impacto** ou **Efeito** é aquele produzido pelo estado do meio ambiente sobre diferentes aspectos, como os ecossistemas, a qualidade de vida humana, a economia local.

A **Resposta** é o componente da matriz que corresponde às ações coletivas ou individuais que aliviam ou previnem os impactos ambientais negativos, corrigem os danos ao meio ambiente, conservam os recursos naturais ou contribuem para a melhoria da qualidade de vida da população ribeirinha. Pode ser preventiva ou paliativa. Os instrumentos deste componente respondem à pergunta "o que podemos fazer e o que estamos fazendo agora?"

A construção dos indicadores propostos se deu, inicialmente, a partir da definição dos descritores que orientam a compreensão do sistema "erosão marginal no Baixo São Francisco".

Os descritores, segundo Desponti et al (2002), são características significativas para a manutenção e funcionamento do sistema que permitirão alcançar o padrão de sustentabilidade ideal e são necessários para a sustentação e permanência do sistema. Foram identificados os descritores, elementos que orientam a definição dos indicadores, durante toda a coleta de

dados e informações gerais sobre os recursos água, solo e vegetação, nos pontos mais críticos afetados pela erosão marginal, considerando seu entorno, na área de estudo. Eles forneceram os componentes ambientais escolhidos como indicadores específicos, componentes estes, mensuráveis e quantificáveis, uma vez que os descritores são genéricos e qualitativos, portanto não passíveis de mensuração, e necessitam ser traduzidos através de indicadores.

Foram construídos indicadores com caráter prático com vistas à identificação dos processos erosivos e a formulação das políticas para seu controle, observando-se que os indicadores, para serem eficientes devem manter características tais como fácil medição, devem ser tangíveis, aplicáveis sobre uma larga faixa de diferentes ecossistemas, de fácil coleta de informação e baixo custo, adequados ao sistema sob análise centrando-se em aspectos práticos e claros, com repetições das medições através do tempo. Devem também ser representativos da sustentabilidade dos sistemas analisados, sensíveis às mudanças do sistema, sensibilidade que pode se manifestar pela magnitude dos desvios da tendência e devem também analisar as relações com outros indicadores (CENDRERO, 1997).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sendo um indicador uma estatística ou medição, se relaciona com uma condição, mudança de qualidade ou mudança no estado de algo que se pretende avaliar fornecendo informação e descrevendo o estado de um determinado fenômeno, o sistema "erosão na margem direita do Baixo São Francisco" foi estudado com essa finalidade.

O sistema da degradação ambiental causada pela erosão marginal no Baixo São Francisco considerou cinco descritores sendo dois destes na categoria base de recursos e três na categoria operação do sistema. Foram construídos trinta indicadores voltados para as características principais que requer um bom indicador como facilidade de medição, clareza, facilidade de entendimento e monitoramento, confiabilidade das informações e sensibilidade. Foi possível permitir a avaliação das modificações nas características do sistema e integradores, conforme Alves (2003), favorecendo a inter-relação com outros indicadores, compreendendo aspectos das dimensões ambiental, econômica e social.

A seleção de descritores

Com base na observação do comportamento dos componentes descritos, foram selecionados como descritores: a)implantação dos perímetros irrigados, b)construção de barragens, c)qualidade dos recursos naturais (água, solo e vegetação), d)geomorfologia fluvial e e)destruição da vegetação ciliar.

Os descritores foram selecionados observando-se as características de ocorrência da erosão marginal e os aspectos relacionados à sustentabilidade ambiental na área.

Os indicadores construídos para o estudo do processo erosivo agrupam essas dimensões e estão atrelados a cada descritor selecionado, fazendo parte do sistema de degradação ambiental causada pela erosão marginal no Baixo São Francisco, de acordo com cada categoria e elemento significativo que formam esse sistema (Quadro 1).

Há uma carência de trabalhos abordando a temática indicadores de sustentabilidade ambiental, com enfoque para a erosão marginal. Portanto, foi trabalhada a construção de indicadores de qualidade ambiental voltados para as áreas com focos erosivos no Baixo São Francisco sergipano com base em informações coletadas na área de abrangência deste estudo. Foram resgatadas informações apresentadas em estudos que retratam os problemas e impactos mais críticos ligados a esses focos de erosão com uma abordagem interdisciplinar.

São propostos 30 (trinta) indicadores que poderão satisfazer as demandas para mitigação dos impactos causados pela degradação ambiental resultante do processo erosivo marginal no Baixo São Francisco.

Na Tabela 1 estão apresentados os indicadores dispostos conforme definição da Matriz PEI/ER (Pressão, Estado, Impacto/Efeito e Resposta) e selecionados com o intuito de conferir a interação entre as dimensões ambiental, econômica e social. Foi construída uma matriz de

indicadores que se pretende capaz de subsidiar a tomada de decisão na gestão das políticas adotadas frente aos problemas ambientais, econômicos e sociais do Baixo São Francisco, como também na identificação das competências, redirecionamento dessas políticas, apontando para as medidas corretivas mais apropriadas à sustentabilidade da região.

Quadro 1

Esquema usado para a definição dos indicadores de qualidade ambiental no sistema “erosão marginal do Baixo São Francisco

CATEGORIA	ELEMENTO	DESCRITORES	INDICADORES
Base de Recursos	Solo	Qualidade do solo	Uso e ocupação desordenada do solo (ha.) Pontos de erosão (nº) Área erodida (%)
	Água	Disponibilidade hídrica	Assoreamento (formação de barras e ilhas) (ha.) Variação da cota do rio (m) Vazão hídrica (m ³ /s) Regularização da vazão (m ³)
	Vegetação	Destruição da vegetação ciliar	Área desmatada (ha.) Trabalhos de recomposição da mata ciliar (ha.) Conclusão relatório final da Comissão de Acompanhamento do Projeto de Revitalização do rio São Francisco (nº)
Operação do Sistema	Manejo Técnico	Implantação dos perímetros irrigados	Perda de área produtiva (ha.) Renda (R\$) Avanço da erosão (m.ano ⁻¹)
		Construção de barragens	Barragens construídas (nº) Capacidade de geração de energia (mw) Volume do pescado (ton) Navegação fluvial (nº) Contenção, estabilização dos taludes (nº) Formação do CBHSF (nº) Ações M P (nº) Ações da CHESF (nº) Ações da CODEVASF (nº) Fiscalização do IBAMA (nº) Ações ANA (nº) Ações SRH (nº) Conclusão Plano Rev.BHSF (nº) Conclusão Relatório Final PAE (nº) Ações ONG's (nº)
		Geomorfologia fluvial	Cheias (nº) Alterações geomorfológicas (nº) Sedimentos retidos (ton)

Dentre os indicadores selecionados são destacados em seguida aqueles que concorrem com mais intensidade para a degradação ambiental, proveniente do processo erosivo marginal com mais expressividade:

Indicadores de Pressão

a) Barragens construídas (unidade)

Os impactos gerados pela construção das hidrelétricas e outras obras na bacia do São Francisco modificaram o regime fluvial que inclui a regularização da vazão e mudanças no comportamento hidráulico e sedimentológico e alteração do equilíbrio morfológico do rio.

Esse indicador é facilmente mensurável e compreensível servindo de parâmetro para avaliar as conseqüências de futuras construções na bacia podendo acentuar o processo erosivo nas margens do rio.

Tabela 1

Indicadores de qualidade ambiental para a erosão marginal na Matriz Pressão/Estado/Impacto/Efeito/Resposta – (PEI/ER)

Indicadores de Pressão (P)	Indicadores de Estado (E)	Indicadores de Impacto/Efeito (I/E)	Indicadores de Resposta (R)
Barragens construídas (nº) Regularização da vazão (m ³) Capacidade de geração de energia (mw) Uso e ocupação desordenada do solo (ha) Sedimentos retidos (ton) Área desmatada (ha) Vazão hídrica (m ³ /s) Variação da cota do rio (m)	Cheias (nº) Alterações geomorfológicas (nº) Avanço da erosão (m.ano ⁻¹)	Pontos de erosão (nº) Área erodida (%) Perda da área produtiva (ha) Volume do pescado (ton) Navegação fluvial (nº) Renda (R\$) Assoreamento (ha)	Trabalhos de recomposição da mata ciliar (ha.) Contenção e estabilização dos taludes (nº) Formação do CBHSF (nº) Ações do MP (nº) Ações CHESF (nº) Ações CODEVASF (nº) Fiscalização IBAMA (nº) Ações ANA (nº) Ações SRH (nº) Conclusão P. Rev. BHSF (nº) Conclusão Relatório final PAE (nº) Ações ONG`s (nº)

b) Regularização da vazão (m³.s⁻¹)

Esse indicador informa sobre a vazão regularizada, em metros cúbicos por segundos, e suas variações nos períodos chuvosos e de estiagem para o Baixo São Francisco até a foz. Contribui para o monitoramento da erosão e impactos associados com a construção das barragens e conseqüências nas alterações de vazão na calha do rio. É um indicador confiável, pois poderá ser obtido através de estudos realizados pela CHESF e órgãos gestores dos recursos hídricos.

c) Variação da cota do rio (m)

Esse indicador é tangível, de fácil medição e permite avaliar a cota de água no rio que não desestabilize os taludes marginais que provoca maior erosão e desestruturação na infra-estrutura das margens, pois as oscilações artificiais, conforme Fontes (2002). Influencia a erosão marginal, a partir da produção de fluxos e refluxos de sub-superfície nas margens arenosas, através do movimento da água subterrânea no sentido do rio que gera surgências nos pontos de afloramento da água subterrânea, transportando material fino que age no solapamento da base, desestabilizando o barranco e contribuindo para o processo da erosão marginal.

Indicadores de Estado

a) Cheias (nº)

A cheia é um indicador confiável que permite o cruzamento de informações com outros indicadores, e exerce grande influência no processo erosivo, associado a fatores hidrológicos como cota do rio e velocidade do fluxo próximo à margem, influenciam bastante o avanço da erosão na área estudada.

b) Alterações geomorfológicas (nº)

A busca de indicadores geomorfológicos para a sustentabilidade ambiental, salientam Baccaro

et al (1997), se traduz em dados qualitativos, mas sobretudo quantitativos, a fim de se estabelecer os limites do equilíbrio dinâmico no sistema ambiental. Nesse sentido, as alterações geomorfológicas constituem-se em um indicador expressivo, de ligações compreensíveis e analisáveis com outros indicadores e facilita a avaliação da aceleração da erosão nas margens do rio.

c) O avanço da erosão ($m \cdot ano^{-1}$)

O avanço da erosão marginal é um indicador que está relacionado à ação das ondas e do vento, às mudanças no fluxo do rio e à composição granulométrica dos barrancos. Permite a avaliação quanto às medidas adotadas para recomposição das margens. Obtido através do monitoramento que já vem sendo executado na área mais crítica submetida ao processo erosivo.

Indicadores de Impacto/Efeito

a) Pontos de erosão (n^o)

Esse indicador permite o monitoramento dos pontos de erosão ao longo do Baixo São Francisco, sendo analisado, à luz do comportamento da erosão nas últimas décadas, após a regularização da vazão, por conta da construção das barragens, observando-se o aumento desses pontos erodidos devido às alterações hidrosedimentológica e da dinâmica fluvial. É um indicador simples, confiável, com informação disponível e bastante representativo dos aspectos de erosão.

b) Área erodida (%)

O percentual de área erodida constitui um indicador importante para avaliar a perda de áreas marginais e alteração da paisagem com a perda do seu valor estético paisagístico, tendo em vista que nas margens protegidas normalmente da erosão, a vegetação ciliar original e secundária se prolifera com mais facilidade, por ficar mais intocada.

Este indicador é tangível e facilitará o monitoramento do avanço da erosão marginal no Baixo São Francisco, podendo ser obtido pela medição da extensão de áreas erodidas.

c) Assoreamento (ton)

Esse indicador mensura o volume de material erodido, em tonelada, carregado para a calha do rio formando os bancos de areia, croas e ilhas. É um indicador relevante para avaliação e monitoramento do processo erosivo, é de fácil compreensão e poderá ser analisado com outros indicadores como alterações nas rotas de navegação e alterações geomorfológicas do rio. Poderá ser obtido através do levantamento do volume do material carregado para a calha do rio pelos órgãos competentes ligados ao assunto.

Indicadores de Resposta

a) Trabalhos de recomposição da mata ciliar (ha)

A recomposição da vegetação ciliar é um indicador de grande importância para o monitoramento da degradação ambiental no Baixo São Francisco. É tangível, de fácil compreensão e muito importante para as comunidades ribeirinhas pelo papel que a vegetação ciliar desempenha na manutenção da vida no rio, ictiofauna e possibilidade de geração de renda, com um ecossistema equilibrado. Pode ser obtido através do levantamento das condições físicas do solo, clima e tipo de vegetação adequada para recuperação das áreas degradadas.

b) Contenção e estabilização dos taludes (n^o)

Um talude (encosta marginal) pode ser desestabilizado pela erosão regressiva (carreamento do material subterrâneo face à percolação da água), pelo choque das ondas do rio na sua base, que se dá pela ação do vento, e, pela ausência de vegetação na superfície do talude que permite a insolação promovendo o ressecamento do solo (perda da umidade natural) que promove a instabilidade do talude pela ausência do sistema radicular, facilitando a remoção do material pela ação do vento ou pela força da gravidade.

A contenção e estabilização dos taludes marginais é um excelente indicador de resposta para o

processo erosivo fluvial. Constitui-se uma das medidas mais eficazes para conter o avanço da erosão nas margens do rio, através da construção dos enrocamentos. É um indicador tangível e seus resultados são constatados em vários trechos onde a erosão foi estabilizada no Baixo São Francisco.

c) Relatório PAE (nº)

A elaboração do Relatório Final do Programa de Ações Estratégicas para o Gerenciamento Integrado da Bacia do Rio São Francisco e da sua Zona Costeira (PAE) é de fundamental importância para o aperfeiçoamento do processo de melhoria ambiental da bacia e sua zona costeira, visto que caminha para a implementação de um modelo de gerenciamento integrado ajustado ao cenário atual da mesma.

A elaboração do PAE é, portanto, um indicador de sustentabilidade para o Baixo São Francisco, tangível e de fácil compreensão, pois contempla ações, não só para minorar os efeitos da degradação ambiental em grande avanço, mas ações voltadas à gestão integrada dos recursos naturais, melhorando os aspectos econômicos e sociais da região.

CONCLUSÕES

1. Os indicadores identificados permitem a avaliação dos impactos das ações naturais e antrópicas de ocorrência na área, e podem ajudar, sobremaneira, na gestão integrada dos recursos naturais do Baixo São Francisco.
2. Os indicadores contribuem tanto em nível local como regional ou global, para a tomada de decisões gerenciais a partir do monitoramento da evolução dos processos de degradação ambiental, no Baixo São Francisco, servindo, sobretudo, como instrumentos de educação ambiental à luz das metas e ações recomendadas pela Agenda 21.
3. A identificação de indicadores ambientais para o estudo do processo erosivo marginal no Baixo São Francisco, se constitui em uma ferramenta de grande importância para a condução de Programas que trabalham no sentido de revitalização da bacia.
4. Um dos caminhos mais lógico e viável para a diminuição do passivo ambiental acumulado na área estudada, é sem dúvida, o emprego de indicadores de sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALVES, M. R. F. V. **Reciclagem de borra oleosa: uma contribuição para a gestão sustentável dos resíduos da indústria de petróleo em Sergipe**. Sergipe - Brasil. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe/NESA, 2003. 183 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).
- BANDEIRA, A.A. **Evolução do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco e eficiência dos enrocamentos no controle da erosão no trecho em estudo**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2005.
- BACCARO, C. A. D; ROSA, L.; LIMA, S. C. et al. Os indicadores geomorfológicos e o desenvolvimento sustentável nas áreas de cerrado. 1997. In: SHIKI, et al. **Sustentabilidade do sistema agroalimentar no entorno de Irai de Minas**. Uberlândia: EDUF, 2000. 258p.
- BANDEIRA, A. A. **Avaliação da eficiência dos enrocamentos no controle da erosão nas margens do Baixo São Francisco**. Sergipe. São Cristóvão: 2005. Projeto de Dissertação de Mestrado (em andamento). 48p.
- CENDRERO, A. (1997): **Indicadores de desarrollo sostenible para la toma de decisiones**. 1137-8603, No. 12, 5-25.
- CASADO, A. P. B. **Estudo do processo erosivo na margem direita do Rio São Francisco (Perímetro Irrigado Cotinguiba/Pindoba – Baixo São Francisco sergipano)**. Sergipe-Brasil. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe/NESA, 2000. 108p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).

CASADO, A. P. B., HOLANDA, F.S.R., ARAUJO FILHO, F.A.G. & YAGUIU, P.. **Evolução da erosão marginal no Rio São Francisco**. Vicosá, Brazil. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 26:231-239, 2002.

CAMINO R. de; MÜLLER, S **Esquema para la definición de indicadores. Agroecología y Desarrollo**, Santiago, n.10, p.62-67, 1996.

DESPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. L. B. **Estratégia para a construção de indicadores para a avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas**. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. V. 3, n.4, Out/Dez 2002. Porto Alegre. p.44-52.

FONTES, L.C.S. **Erosão marginal associada a impactos ambientais a jusante de grandes barragens: O caso do baixo curso do rio São Francisco**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio ambiente) – Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2002.

HOLANDA, F. S. R. **Erosão Marginal e Impacto Ambiental no Perímetro Irrigado Contiguiba/Pindoba – Baixo São Francisco Sergipano**. In: CONGRESSO NACIONAL SOBRE DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE, 9., 2002, Fortaleza. Aracaju: UFS, 2002. p.1-10.

HOLANDA, F. S. R., SANTOS, C. M., SANTOS, L. G. da C., FONTES, L. C. da S. F. & CASADO. A. P. B. **Biodiversity degradation and bank erosion in the lower São Francisco river, northeastern Brazil**. In: World Water Week - 13th Stockholm International Water Symposium, SIWI, Estocolmo, 2003.

HOLANDA, F.S.R.; SANTOS, L.G. da C.; SANTOS, C.M. dos S., CASADO, A.P.B., PEDROTTI, A. **Riparian fragments affected by bank erosion in the Lower São Francisco River, Northeastern Brazil**. *Revista Árvore*. V. 30, n. 2, p. 148-152, 2005.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectivas**. Brasília: UNESCO, 2001. 126p.

PNUMA-CIAT. **Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones em Latinoamérica y el Caribe**. México. D.F. 14-16 de febrero 1996.

SANTOS, C. M. **A erosão no Baixo São Francisco Sergipano e os mecanismos de desestabilização dos taludes na margem do rio**. São Cristóvão, SE: Programa de Pósgraduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal de Sergipe (UFS), 2002. Dissertação de Mestrado.

SOUZA, M. R. M. de. **Impactos no estuário do Rio São Francisco e conseqüências socioeconômicas no Município de Brejo Grande, Sergipe – Brasil**. Sergipe-Brasil. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe/NESA, 1998. 169p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente).