

# **Impacto dos eventos ENOS (El Niño-Oscilação Sul) nas precipitações pluviométricas, nos recursos hídricos superficiais e na degradação do solo em região do semi-árido brasileiro**

Hamilcar José Almeida Filgueira <sup>1</sup>  
Augusto Francisco da Silva Neto <sup>2</sup>  
Marx Prestes Barbosa <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal da Paraíba – UFPB/CT/DEC  
Caixa Postal 350 – 58059-910 – João Pessoa – PB, Brasil  
hfilgueira@gmail.com

<sup>2</sup> Centro Federal de Ensino Tecnológico – CEFET-PB  
Av. 1º de Maio, 720 – Jaguaribe – 58015-430 – João Pessoa – PB, Brasil  
augustofsneto@terra.com.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Campina Grande – UFCG/UAEAg  
Av. Aprígio Veloso, 882 – Bairro Universitário – 58109-970 – Campina Grande – PB, Brasil  
marx@deag.ufcg.edu.br

**Abstract.** The ENSO (El Niño-South Oscillation) impacts, associated with human actions such deforestation and intensive cattle pasturage, increase the space-temporal environment degradation levels, influence on superficial water resources, and influence on social, economic, and environmental risks construction on Brazilian semi-arid region too. This work presents a space-temporal dynamic study of the total rainfall, and canopy and superficial water resources degradation of several cities of the semi-arid region of the Paraíba State, Brazil, through of TM/LANDSAT 5 and ETM+/LANDSAT-7 products, to the years of 1984, 1987, 1996, 1999 and 2001. The digital analyses were made, using the “Adjusted Multispectral Composition” method. From the obtained results, it was verified there is an important quantitative influence of the ENSO events on environmental degradation processes, and in the storage of water in all reservoirs of the area of study. This evidence the high vulnerability of the people that living in this region to the ENSO events.

**Palavras-chave:** ENSO events, environment degradation, water resources, remote sensing, vulnerability, eventos ENOS, degradação ambiental, recursos hídricos, sensoriamento remoto, vulnerabilidade.

## **1. Introdução**

A variação no regime de chuvas no Nordeste é marcada pela diversificada distribuição das precipitações ao longo da estação chuvosa, bem como dos totais anuais em diferentes anos numa mesma localidade ao longo da história.

O fenômeno ENOS (El Niño-Oscilação Sul), nas suas fases quente (EL Niño) ou fria (La Niña), influencia na base da construção social dos riscos na região do Cariri Ocidental, Paraíba, amplia a dinâmica de degradação dos recursos naturais e provoca impactos agro-ambientais, ao instalar-se como desastres seca ou enchente.

Estudos das relações entre os índices de precipitação anuais e a dinâmica dos eventos ENOS mostram uma forte influência nos municípios paraibanos de Sumé, Prata, Ouro Velho e Amparo, verificada nos quantitativos da disponibilidade hídrica superficial e produção agropecuária, caracterizando as condições de alta vulnerabilidade das populações urbanas e rurais (Silva Neto, 2004).

O planejamento e a gestão de ações mitigadoras antecipadas através da integração política, socioeconômica e ambiental, são fundamentais para a conscientização, prevenção e melhoramento na capacidade de reação das populações atingidas pelos efeitos ENOS. Uma das conseqüências imediatas em anos de forte El Niño, é a ocorrência de extrema seca, que

intensifica o êxodo rural, ao se verificar uma perda total na agricultura de auto-consumo, principal fonte de renda e de absorção de mão-de-obra para a maioria dos pequenos agricultores.

A maioria absoluta dos eventos La Niña sempre é muito bem recebida pela população do semi-árido nordestino. Em 1974 no semi-árido paraibano o episódio La Niña produziu totais pluviométricos muito acima dos valores médios históricos. Ocorrências quase semelhantes foram verificadas com os eventos La Niña 1984/85/86, com precipitações 100% acima das médias anuais ocorridas para esse novo período chuvoso, que configuraram os eventos La Niña naqueles anos, que de promissores como dantes, transformaram-se num verdadeiro desastre social, econômico e ambiental, pelos impactos das enchentes no Cariri Ocidental.

Este trabalho apresenta uma análise da dinâmica espaço-temporal da cobertura vegetal e do solo e da disponibilidade hídrica superficial dos principais reservatórios dos municípios de Sumé, Prata, Ouro Velho e Amparo, localizados na região do Cariri Ocidental, do estado da Paraíba, Brasil (**Figura 1**).

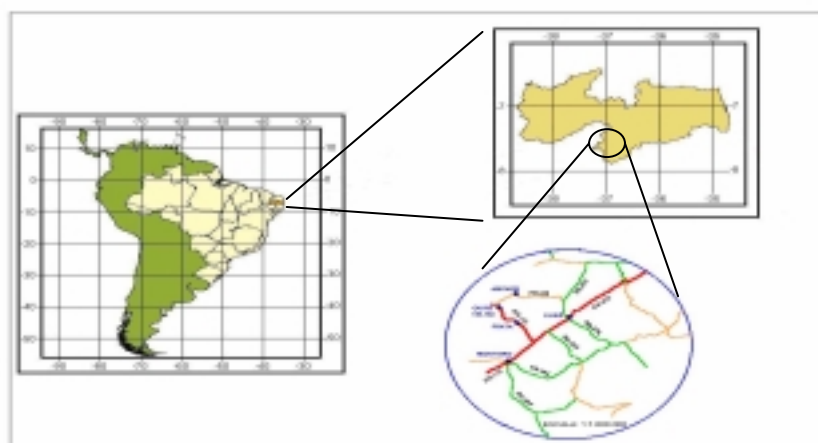


Figura 1. Localização dos municípios estudados da região do Cariri Ocidental, Paraíba, Brasil: Sumé, Prata, Ouro Velho e Amparo.

## 2. Material e métodos

Para a evolução espaço-temporal da degradação dos solos na região de estudo foram elaborados, a partir das imagens orbitais: do satélite TM/LANDSAT-5, datadas de dezembro de 1984 (todas as bandas), maio de 1987 (todas as bandas), janeiro de 1996 (bandas 3, 4 e 5) e outubro de 1999 (todas as bandas) e do satélite ETM<sup>+</sup>/LANDSAT-7, as imagens datadas de maio de 2001 (todas as bandas); utilizando o Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING 4.0) (Câmara et al., 1996). Todo o conjunto de imagens foi da órbita 215, ponto 65.

A operação foi realizada “pixel” a “pixel” por meio de regra matemática, servindo esta operação para melhorar a qualidade das imagens, requerendo, a adição de um fator multiplicativo de ganho de espaço igual a 256 e de brilho ou “off-set” igual a 128.

Para obtenção das imagens de Índices de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), foi utilizada a razão entre bandas referentes ao vermelho e infravermelho próximo, aplicando a equação,  $C = G \cdot [(A - B) / (A + B)] + O$ , onde: C=contraste; G=ganho; O=offset; A=banda do infravermelho próximo (b4); e, B=banda do visível vermelho (b3). A Composição Multiespectral Ajustada (IVDNajustada) corresponde a transformação RGB em cuja fonte vermelha (R) estará posicionada a banda 3 da imagem, na fonte verde (G) a imagem sintética IVDN e na fonte azul (B) a banda 1. Nessa combinação as áreas de alto valores de

IVDNajustada aparecerão em verde (ocorrência de vegetação) e as áreas de baixa ocorrência de IVDNajustada estarão em magenta, resultante da adição do vermelho com azul.

Na análise digital das imagens orbitais usando o SPRING 4.0, realizou o processamento e a classificação de imagens através de técnicas computacionais, com o objetivo de extrair informações sobre os espelhos d'água na superfície terrestre, com a vantagem do processamento rápido e simultâneo de uma grande quantidade de informações.

Para interpretação dos produtos digitais obtidos, foram utilizados também: elementos cartográficos da área de estudo; dados populacionais e produção agropecuária entre 1970 e 2004 (FIBGE, 2004); série das precipitações anuais nos postos hidrológicos instalados na região de estudo, de 1963 a 2004; e visitas de campo.

Nas visitas de campo, foram analisados a infra-estrutura rural e os elementos que conferem à região na capacidade de adaptação e convivência aos efeitos das secas, tais como: suprimento energético, açudes, poços, aguadas, pastagens implantadas e áreas preservadas com vegetação natural. Quanto aos aspectos ambientais, foram analisados: tipo de relevo, vegetação, solo, grau de erosão, declividade e estado do sistema de drenagem.

### 3. Resultados e discussão

O padrão das curvas de precipitação anual para a série histórica 1963/2004 (**Figura 2**) mostra que o comportamento da pluviometria anual guarda certa semelhança durante todo o período estudado. Os dados de precipitação anual (no período de 39 anos) com ênfase nos anos de eventos El Niño 1979-83 e 1998-99 e de eventos La Niña 1984-85 e 2000-2002 apresentam precipitações máximas para La Niña e mínimas para os El Niño.

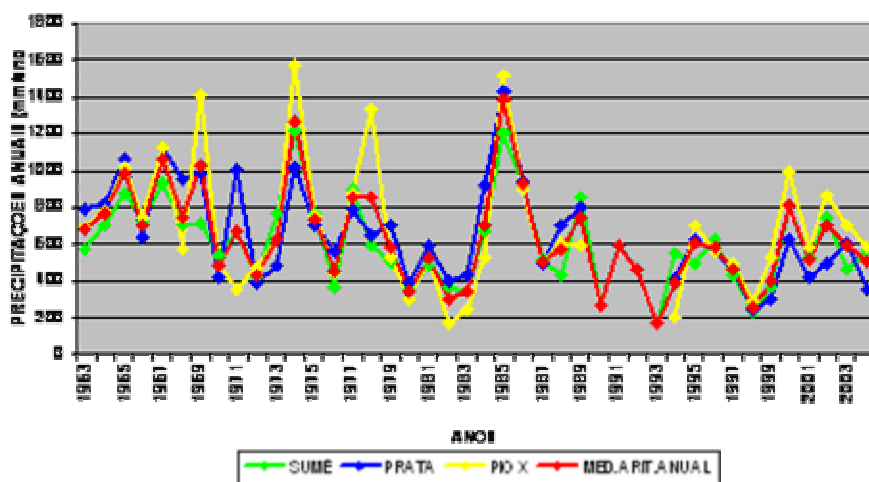


Figura 2. Precipitação pluviométrica anual em municípios da bacia hidrográfica do Alto Rio Sucuru, no período de 1963 a 2004 (Fonte: Silva Neto, 2004).

Verifica-se na **Figura 2** que a partir do evento El Niño 1996/97, há uma diminuição das médias pluviométricas na região estudada. Os reservatórios, por sua vez, apresentam em anos El Niño um comportamento inverso ao constatado nos anos La Niña, quando há a recuperação do volume de água nos açudes, e de sua respectiva lâmina d'água (**Tabela 1**), como no mega evento La Niña de 1984-85, marcado pela recuperação de todos os mananciais da região (**Figura 3**).

Os períodos El Niño são marcados pelo registro de baixas precipitações, impedindo a geração dos deflúvios e a recuperação dos volumes armazenados nos açudes, e marcam a diminuição progressiva dos espelhos d'água, chegando ao esvaziamento total dos reservatórios, como ocorrido no mega evento El Niño 1998-99 (**Tabela 1** e **Figura 3**). O

evento La Niña de 1985 trouxe efeitos negativos com as altas precipitações, com a enchente do rio Sucuru que ocasionou o transbordamento do açude de Sumé com uma lamina d'água de 2 m, que, simultaneamente com a enchente do rio Pedra Comprida, provocou o rompimento de diversos açudes, a destruição da ponte da BR-412 sobre o rio Sucuru (Silva Neto, 2004). Em Sumé, cerca de 130 famílias tiveram suas casas destruídas, 3 mil desabrigados no município e o abastecimento de água e energia elétrica foi afetado, além da inundação do setor comercial da cidade e ocasionar a destruição de lavouras, além de arrasar obras de infraestrutura básica e das lavouras do perímetro irrigado administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS).

Tabela 1. Os eventos ENOS e a dinâmica dos grandes espelhos d'água nos municípios do Cariri-Ocidental, Paraíba

Geo-Classe	Cálculo de Área / Comprimento por Geo-Classe ( ha x ha / ha )									
	Açude Cheio					Açude Vazio				
Município	1984	1987	1996	1999	2001	1984	1987	1996	1999	2001
Sumé	927,57	1.326,05	157,61	43,46	296,14	41,73	34,73	943,28	1188,10	894,48
Prata	120,86	446,41	63,55	25,08	13,32	5,54	0	181,73	390,49	297,73
Ouro Velho	70,87	92,49	22,56	14,21	7,07	52,33	0	60,54	65,46	87,06
Amparo	33,81	42,12	0,32	0,61	6,69	0	0	20,69	7,18	20,36

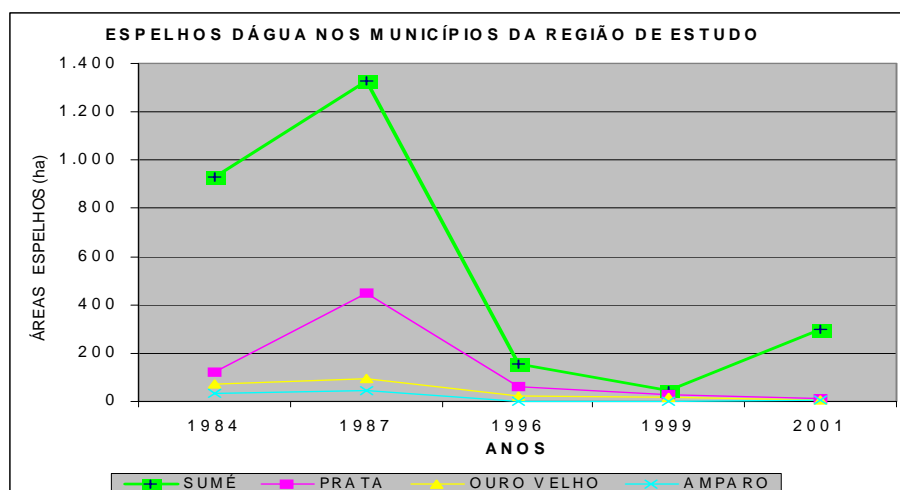


Figura 3. Área do espelho d'água dos principais reservatórios da região de estudo (Fonte: Silva Neto, 2004).

A carência de água no Cariri Ocidental durante o mega El Niño 1998-99 foi suprida com água subterrânea, dessalinizada de poços perfurados em parcerias entre os Governos Federal, Estadual e Municipal e pela iniciativa privada. Tal situação serviu de base para implantação do Plano das Águas, que visa inicialmente solucionar o problema de abastecimento humano das cidades de Sumé, São João do Cariri, Santa Luzia do Cariri, Serra Branca e Monteiro, numa ação cooperada entre o Banco Mundial/Governo Federal/Governo do Estado da Paraíba, para implantação do Sistema Adutor do Congo.

A análise temporal das “Composições Multiespectrais Ajustadas” mostrou uma dinâmica bastante acentuada da cobertura vegetal e de sua correlação com os períodos úmidos e com a distribuição espacial das chuvas. Esta dinâmica relaciona-se, principalmente, com o cultivo agrícola que depende das chuvas. As áreas de vegetação natural, (setas amarelas na **Figura 4**) não tiveram mudanças significativas.

As setas vermelhas na **Figura 4** indicam as áreas de solos que ao longo de todo o período estudado (14 anos) permaneceram expostos, e com elas se associam os níveis de degradação das terras grave e muito grave, nos quais se encontram alguns núcleos de desertificação (Morais Neto, 2003; Silva Neto, 2004). As setas em azul indicam as áreas que ao longo dos 14 anos estudados sofreram um processo de reversão natural dos níveis grave e muito grave para os níveis moderado e baixo.

Os considerados grandes açudes da região apresentam a tonalidade azul na **Figura 4**, com seus limites e contornos bem definidos nas imagens sintéticas, o que facilita o acompanhamento da evolução em suas respectivas lâminas d'água.

O processo de degradação/desertificação se acelera pela as ações do homem, que durante as estiagens e, principalmente, nas secas prolongadas associadas ao fenômeno ENOS, desmata a caatinga para venda como lenha, carvão ou estaca e pelo uso dos solos para o cultivo agrícola, na estação úmida ou para a pecuária, sem observar as técnicas de manejo e conservação das terras, como foi constatado *in loco*.

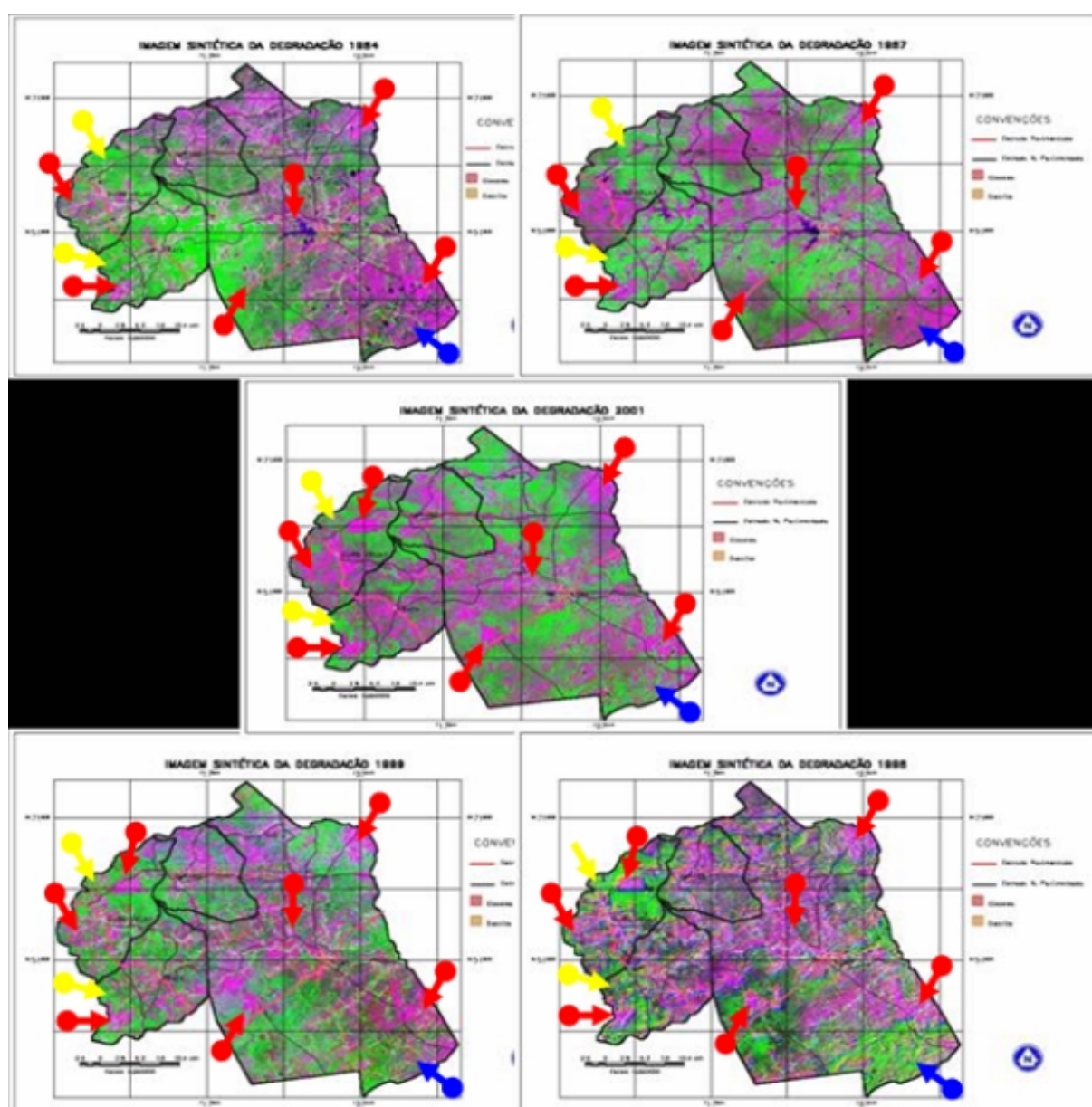


Figura 4. Composições multiespectrais ajustadas.

#### 4. Conclusões

Os eventos ENOS e a falta de políticas públicas mais realistas influenciam o processo de construção social dos riscos nos municípios de Sumé, Prata Ouro Velho e Amparo, submetendo suas populações rurais a um processo de degradação dos recursos naturais e expulsão do campo para as cidades;

A influencia dos eventos ENOS nas condições pluviométricas regionais, reflete de forma positiva ou negativa nos níveis da produção agro-pecuária registrada nos anos de ocorrência, muito embora esteja assegurada uma pequena superioridade das médias pluviométricas anuais, respectivamente nos postos de Pio X, Prata e Sumé;

A influência regional dos eventos ENOS e a disponibilidade hídrica dos mananciais de superfície são demonstradas com precisão pela variação espaço temporal das lamina d'água, por meio do processamento digital de imagens orbitais;

O desflorestamento da caatinga, para o plantio de culturas de auto-consumo e de pastagens sem manejo adequado e para o uso como lenha e fabrico de carvão, acelera a degradação das terras na formação de núcleos de desertificação;

O monitoramento da dinâmica do desmatamento, a recomposição da vegetação natural e suas relações com os eventos ENOS, são executados com eficácia por meio do uso das técnicas de sensoriamento remoto de processamento digital de imagens orbitais.

#### Referências

Câmara, G.; Souza, R. C. M.; Garrido, J. SPRING: integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computer & Graphics**, v. 20, n. 3, p. 395-403, 1996.

FIBGE, Sistema IBGE de Recuperação Automática-SIDRA. **Banco de dados agregados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/bda/tabela/protable.asp?z=t&o=2>>. Acesso em: 20 jan. 2004.

Morais Neto, J. M. **Gestão de riscos a desastres ENOS (El Nino-Oscilação Sul) no semi-árido paraibano: uma análise comparativa**. 2003. 174 p + anexos. (UFCEG-CCT). Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2003.

Silva Neto, A. F. da. **Estudo das vulnerabilidades agro-ambientais frente aos eventos ENOS e a construção social dos riscos em municípios do Cariri-Occidental – Paraíba: uma análise comparativa**. 2004. 194 p. + anexos. (UFCEG-CCT). Tese (Doutorado Temático em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2004.