

## Utilização da Lógica Fuzzy para análise de mudanças na dinâmica da paisagem da foz do Rio São Francisco

Silva, B.Q. (UFPE) ; Silva, L.M. (UFPE)

### RESUMO

O rio São Francisco vem sofrendo com constantes intervenções antrópicas em seu curso principal. O objetivo da pesquisa é analisar e interpretar imagens de satélites dos anos 1984, 1988, 1990, 1995, 2004 e 2006, caracterizando os resultados para relacioná-los com dados hidrológicos de uma mesma amostra no sentido de entender as mudanças nas dinâmicas naturais. O método a ser aplicado utiliza variáveis linguísticas que caracterizam a abordagem fuzzy, ideal para estudos onde existem incertezas.

### PALAVRAS CHAVES

*Análise Temporal; Variáveis Linguísticas; Lógica Fuzzy*

### ABSTRACT

The São Francisco River has been suffering with constant human interventions in your main course. The objective of this research is to analyze and interpret satellite images of the years 1984, 1988, 1990, 1995, 2004 and 2006, featuring the results to relate them with hydrological data of the same sample in order to understand the changes in the natural dynamics. The method applied uses linguistic variables which characterize the fuzzy approach, ideal for studies where there are uncertainties.

### KEYWORDS

*Temporal Analysis; Linguistic variables; Fuzzy Logic*

### INTRODUÇÃO

O Rio São Francisco conhecido como Rio da Integração Nacional vem sofrendo com constantes intervenções antrópicas em seu curso principal de aproximadamente 2.696 km. Diante do aumento da geração de energia elétrica para suprir a demanda que garanta o desenvolvimento econômico do país, observam-se construções sucessivas de hidrelétricas em seu curso. Este processo faz com que a vazão natural do rio seja controlada, modificando suas características hidrológicas, biológicas e físicas. A evolução da morfologia costeira é uma consequência direta das modificações no padrão de transporte de sedimentos nas escalas espaciais e temporais. A foz de diversos rios tem vivido aumento de sedimentação seja por questões naturais, ou por questões antrópicas. Dados históricos referentes às águas do Rio mostram que a partir da década de 1950, vêm passando por várias intervenções na sua calha fluvial. A partir de 1997 fica mais evidente o aumento na carga sedimentar do rio, em relação a sua energia, que promove a alocação de uma maior quantidade de sedimentos no limite do arco de deposição na foz, o que leva a crer que podem ser fruto das alterações promovidas pela construção da Usina Hidrelétrica de Xingó, que entrou em atividade em 1994, segundo Felipe et. al, (2009). Através de dados numéricos possibilitou a análise espaço-temporal do avanço e recuo das taxas e as mudanças de volume de sedimentos, como pode ser visto em Ahmad & Lakham, (2012). Neste contexto, o objetivo da pesquisa é analisar e interpretar cálculo das áreas de sedimentação da foz do Rio São Francisco, comparando-os aos dados de descarga líquida medidos na estação fluviométrica de Piranhas antes e depois do início da operação da UHE de Xingó. Para tanto, foram utilizadas imagens de satélite landsat5, dos anos de 1984, 1988, 1990, 1995, 2004 e 2006 e variáveis linguísticas, com o propósito de extrair informações para criar mapas temáticos.

### MATERIAL E MÉTODOS

Localiza-se na desembocadura do Rio São Francisco no oceano Atlântico, entre as Cidades de

Piaçabuçu - AL e Brejo Grande - SE. A Bacia costuma ser dividida em quatro regiões fisiográficas, sendo a área da pesquisa denominada de Baixo São Francisco que vai de Paulo Afonso até a Foz, uma área de 36.959 km<sup>2</sup> que representa 6% do total da Bacia do São Francisco, segundo a ANA (2006). Através de dados de Sensoriamento Remoto são organizadas as informações cartográficas temporais resgatadas possibilitando criar um banco de dados geográfico para extrair informações do processo de mudança temporal antrópica, além de informação espacial da morfologia ao longo da foz do Rio. Utilizou-se como materiais: • Análise da vazão do Rio no período de 1979 a 2006, como pode ser visto em Ferreira, et. al, (2011). • Imagens tiff do sensor TM/Landsat5, órbita-ponto 214/067 de 10/06/1984; 05/06/1988; 11/06/1990; 09/06/1995; 05/09/2004; 26/08/2006 que servem para representar as informações espaciais da morfologia. • Software ERDAS 9.3 para o georreferenciamento e composição da imagem. • E o software ArcGIS 9.3 para elaboração de dados em formato Shapefile, confecção de mapas temáticos, interpretação de feições cartográficas e da geomorfologia. • O software Matlab®: Fuzzy Logic Toolbox® será utilizado para fazer a análise dos resultados, onde a entrada fuzzy possibilita uma análise quantitativa. Segundo Silva & Gonçalves (2012), para desenvolver uma modelagem, pode-se escolher uma abordagem semi-quantitativa, na qual todos os atributos, qualitativos ou quantitativos, são codificados em variáveis linguísticas utilizando lógica fuzzy de acordo com seu grau de influência sobre a vulnerabilidade da costa à erosão. Todos os dados referentes a cada segmento podem ser organizados em matrizes. As classes utilizadas como dados de entrada são: Foz e Sedimentação. Tendo como variáveis linguísticas: avanço, constante e recuo. Como saída observaremos se a vazão progrediu, estabilizou ou regrediu.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 resulta da área de sedimentação calculada através da imagem de satélite para analisar a veracidade dos dados no surface viewer dos anos de 1984, 1988, 1990, 1995, 2004 e 2006, respectivamente. Através da análise das imagens de satélites foi possível calcular a extensão das classes, ao longo da foz do Rio. No qual o cálculo da área de sedimentação apresentou os seguintes resultados respectivamente: 3486, 3699, 3939, 4056, 4076 e 4345. O aumento de sedimentação na Foz também apresentou dados significativos, os anos de 1984 e 2006 de aproximadamente 24,64% do depósito sedimentar. Os resultados através da rule viewer observou-se que a vazão teve uma redução de aproximadamente 65,4%. Figura 1- Evolução do estreitamento da foz do Rio São Francisco entre os anos de 1984 a 2006 Na análise, observou-se que em 1984 a área delimitada antes da construção da UHE de Xingó. Em 1988 após o início das obras e com o rio já desviado houve um recuo e diminuição da largura na foz. Em 1990 ainda há mais uma diminuição, assim como em 1995 ainda continua a diminuir. Comparando 2004 com 1995 observa-se que houve uma reparação e há um pequeno aumento na largura da foz, provavelmente fatores como vento, grande período chuvosos ou algum fenômeno que precisa ser investigado tenham provocado essa situação. Mas em 2006 a foz volta a recuar, os dados numéricos podem ser visto na tabela 1. Tabela 1 - Área e recuo da Foz do São Francisco de 1984 a 2006

Ano	1984	1988	1990	1995	2004	2006
Extensão (m)	1195,0	1058,0	873,0	731,0	814,0	745
Recuo (m)	-	137,0	185,0	142,0	83,0	69,0

Todo acúmulo de sedimentos nesta área tem uma relação direta com a diminuição da vazão do Rio. Visto que, quando a vazão do Rio diminui o banco de areia na costa aumenta, é importante observar que no ano de 2004 quando a vazão teve um pequeno acréscimo à área de sedimentação pouco variou avançando, aumentando apenas em mais 20 ha em relação a 1995. Através da rotina no Matlab utilizou-se a lógica fuzzy analisando a relação entre os dados de entrada e as variáveis linguísticas o qual pertence. A relação entre os dados de entrada e as variáveis linguísticas foram realizados através de um grau de pertinência que pode variar de 0 a 1, onde o 0 exclui totalmente esse dado das variáveis linguísticas e o 1 indica a inclusão total do dado das variáveis linguísticas, ver mais em Guiera, et. al, (2005). Obtendo-se como saída se a vazão do rio aumentou, permaneceu constante ou diminuiu. As características morfológicas e antrópicas serviram como entrada de dados, foi utilizado dados numéricos obtidos no cálculo de área resultante da vetorização feita no ArcGIS 9.3, além da fotointerpretação, essenciais para a realização entre a relação entre os dados de entrada e as variáveis linguísticas. Através da caixa toolbox Editor FIS, foi determinado as regras de interferência no sistema fuzzy Mamdani, onde criou-se: as entradas, as regras de pertinência (rule editor) e as saídas (rule viewer e surface viewer). Como entrada utilizou-se as características morfológicas onde foram determinadas as variáveis linguísticas para as regras de pertinência. No FisEditor ocorreu o

processo da fuzzificação, no qual as variáveis de entrada foram modeladas matematicamente por meio de conjuntos nebulosos, onde, cada variável de entrada é atribuído a uma variável linguística. As características morfológica da foz e sedimentação, associaram-se a três termos linguísticos: avanço, constante e recuo através de funções de pertinência gaussmf que podem variar de 0 a 1. Para saída (considerou-se a vazão do rio) assim como para a entrada utilizamos as funções de pertinência gaussmf associados as variáveis linguísticas. Após definirmos a função de pertinência, escreveu-se três regras para associar as variáveis de entrada e suas variáveis linguísticas, para se obter os resultados na variável de saída. Nas regras foi adotado o conectivo and (mínimo). O processo de defuzzificação gerou uma saída fuzzy numérica.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Nas últimas décadas o Brasil vem aumentando a produção industrial, sendo necessária a ampliação do potencial de geração de energia elétrica através das usinas hidrelétricas, mas é necessário tentar diminuir os possíveis impactos ambientais decorrentes do funcionamento dessas usinas, sendo necessário monitorar constantemente as modificações da paisagem em volta das usinas. Os procedimentos da lógica fuzzy foram utilizados para analisar áreas de incertezas e imprecisões. E apresentou bons resultados, além das vantagens na interpretação da vazão que é visto através da rule viewer e das regras interpretadas quanto ao avanço e o recuo das variáveis linguísticas. O sensoriamento remoto é fundamental para obtenção de dados temporais e espaciais sendo utilizado como base identificação dos problemas causados pelo não planejamento. Através dessas duas técnicas foi possível a medição da foz e quantificação da sedimentação em épocas diferentes além da análise do caso do estreitamento da Foz.

## **AGRADECIMENTOS**

As autoras agradecem o espaço físico, licença de softwares e equipamentos para pesquisa disponibilizada pela UFPE - DECart. E às bolsas de mestrado contempladas pela Capes.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA**

AHMAD, S. J.; LAKHAN, V. C. GIS-Based Analysis and Modeling of Coastline Advance and Retreat Along the Coast of Guyana. Marine Geodesy: Taylor & Francis Group, LLC, 35:1-15, 2012

ANA. Agência Nacional de Águas. 2010. Disponível em: <http://www.ana.br>. Acesso em: 18 de maio de 2010.

FELIPPE, M. F.; MAIA-RODRIGUES, B. H.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Uso de técnicas de sensoriamento remoto na análise da dinâmica morfológica da foz do rio São Francisco no período de 1979 a 2008. In: Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3737-3744, 2009.

FERREIRA, H. S.; SILVA, B. Q.; ALBUQUERQUE, R. T. D. B. Utilização do sensoriamento remoto para análise de mudanças na dinâmica da paisagem da Foz do Rio São Francisco. In: Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE p.4994, 2011.

GUIERA, A. J. A.; CENTENO, T. M.; DELGADO, M. R.; MÜLLER, M. Segmentação por Agrupamentos Fuzzy Cmeans em Imagens LiDAR Aplicados na Identificação de Linhas de Transmissão de Energia Elétrica. Espaço Energia. 3 ed., 2005, 9p.

SILVA, L. M.; GONÇALVES, R. M. Uma Revisão da Modelagem Fuzzy da Interface Continente e Oceano para identificar locais vulneráveis à erosão. In: I Congresso Internacional "Geociências na CPLP", Coimbra, Portugal, 12 a 19 de maio de 2012, UC, 8 p, 2012.