

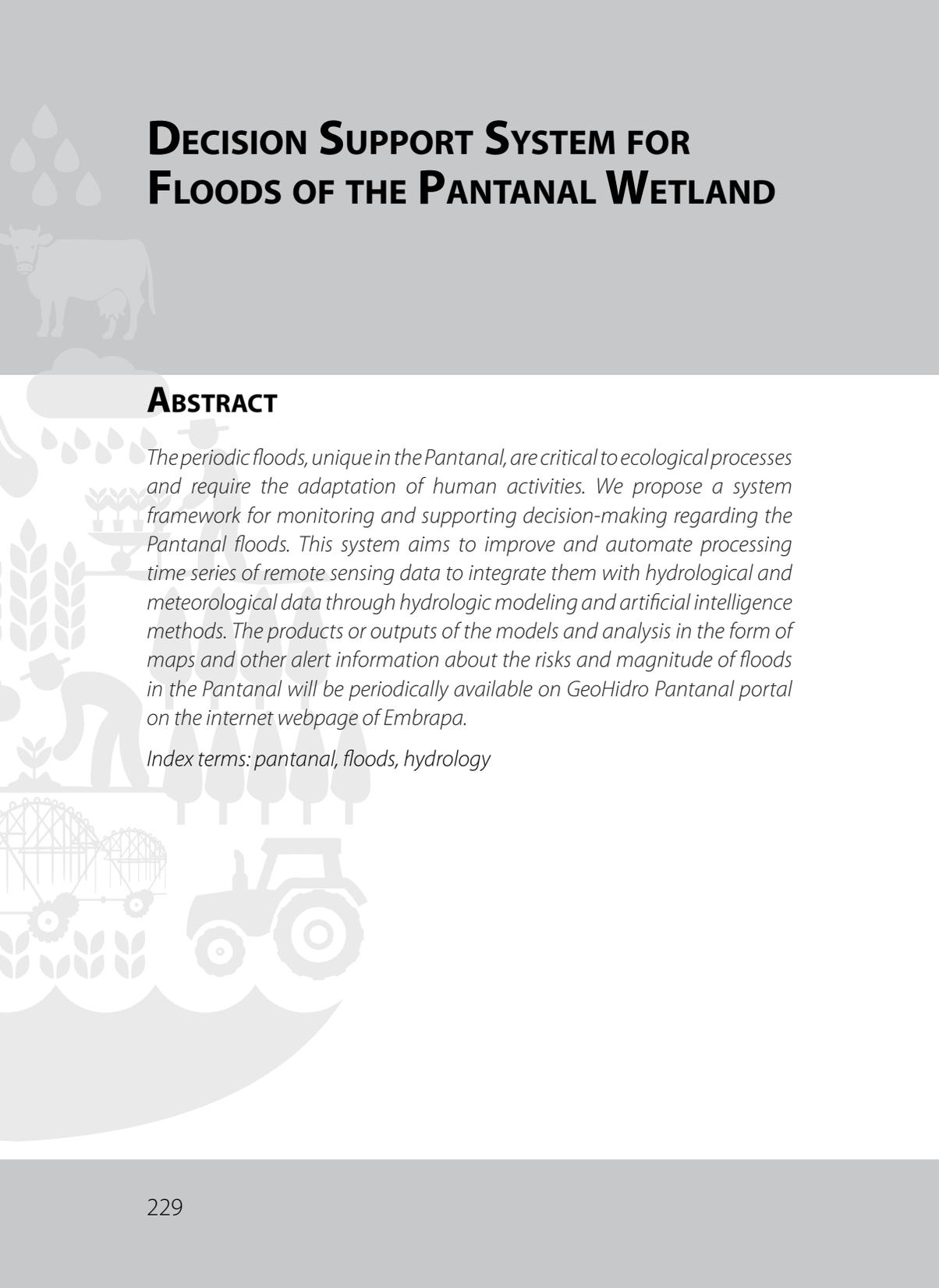
SISTEMA DE SUPORTE À DECISÃO FRENTE ÀS INUNDAÇÕES DO PANTANAL

**CARLOS ROBERTO PADOVANI; JÚLIO CÉSAR DALLA MORA
ESQUERDO; ALEX FERNANDO DE ARAÚJO; RENATO PORFIRIO
ISHII; EDSON TAKASHI MATSUBARA; RAFAEL MINGOTI**

RESUMO

As inundações periódicas, peculiares do Pantanal, são fundamentais para os processos ecológicos e requerem a adaptação das atividades humanas. Com esse trabalho procurou-se obter um “framework” (estrutura) de um sistema de monitoramento e suporte à tomada de decisão quanto às inundações do Pantanal, que visa aperfeiçoar e automatizar processamentos em séries temporais de dados de sensoriamento remoto e integrá-los com dados hidrológicos e meteorológicos por meio de modelagem hidrológica e métodos de inteligência artificial. Os produtos ou saídas dos modelos e análises, obtidos na forma de mapas e demais informações de alertas quanto aos riscos da magnitude das inundações no Pantanal serão periodicamente disponibilizados na página do GeoHidro-Pantanal, no Portal da Embrapa.

Termos para indexação: pantanal, inundação, hidrologia.



DECISION SUPPORT SYSTEM FOR FLOODS OF THE PANTANAL WETLAND

ABSTRACT

The periodic floods, unique in the Pantanal, are critical to ecological processes and require the adaptation of human activities. We propose a system framework for monitoring and supporting decision-making regarding the Pantanal floods. This system aims to improve and automate processing time series of remote sensing data to integrate them with hydrological and meteorological data through hydrologic modeling and artificial intelligence methods. The products or outputs of the models and analysis in the form of maps and other alert information about the risks and magnitude of floods in the Pantanal will be periodically available on GeoHidro Pantanal portal on the internet webpage of Embrapa.

Index terms: pantanal, floods, hydrology

INTRODUÇÃO

Modelos hidrológicos tradicionais, se considerados isoladamente, não servem como ferramentas para previsões e para dar todas as respostas necessárias para a tomada de decisão sobre as inundações do Pantanal. Além disso, estes simulam parcialmente a hidrologia do Pantanal (PADOVANI, 2010; PAZ, 2011). Métodos alternativos e auxiliares como o monitoramento das áreas inundáveis do Pantanal a partir de sensores remotos são um componente importante como dado de entrada em modelos hidrológicos adaptados a planícies de inundação, análises estatísticas e de inteligência artificial para fins de previsão e tomada de decisão. A produção de mapas das áreas inundadas do Pantanal a partir de séries temporais de imagens de satélite requer uma série de processamentos que são muito demorados e trabalhosos se realizados de forma “manual”, sem a automação de processos. O objetivo desse trabalho é apresentar a estrutura (“framework”) de um sistema de monitoramento e suporte à tomada de decisão quanto às inundações do Pantanal, com foco em métodos de processamento e automação dos processamentos das imagens de satélite para o monitoramento e produção de mapas de inundação do Pantanal que poderão ser integrados a modelos hidrológicos e técnicas de inteligência artificial para a tomada de decisão, além da disponibilização das informações via web.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema é composto de cinco etapas principais: filtragem; modelagem e índices; classificação e mapeamento; integração de dados, modelagem e previsão; e Comunicação. No processo de integração de dados, os dados hidrológicos e meteorológicos podem ser obtidos de fontes secundárias, porém os dados de áreas inundadas precisam ser gerados a partir de imagens de satélite. Para tanto, foram utilizadas as imagens do sensor MODIS, a bordo das plataformas Terra e Aqua, e seus produtos MOD 9 e MOD13 Q1 versão 5, com uma resolução espacial de 250 metros, resolução temporal de 16 dias e resolução espectral de quatro bandas de refletância (azul, vermelho, NIR e MIR). Como as passagens do MODIS nas plataformas Terra e Aqua são intercaladas, obtém-se imagens a cada oito dias da região do Pantanal. Ferramentas de filtragem de imagens no do-

mínio temporal e espacial foram utilizadas para eliminar, minimizar e modelar as séries temporais de imagens. Após o emprego das técnicas de filtragem foram isolados os índices de vegetação (NDVI e EVI), e calculado o índice de água (NDWI). As bandas de reflexão de comprimento de onda da faixa do azul, vermelho, infravermelho próximo (NIR) e infravermelho médio (MIR) foram utilizadas para a modelagem de mistura espectral (SHIMABUKURO, 1991). Todas essas variáveis foram analisadas conjuntamente para a classificação das imagens e extração das áreas inundadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, mostram-se a estrutura do sistema com os fluxos de processamentos das imagens MODIS para a geração de mapas das áreas inundadas do Pantanal, sua integração com modelos hidrológicos e as técnicas de inteligência artificial para gerar informações sobre alertas de risco às inundações, que são disponibilizadas via internet.

FILTRAGEM

As imagens apresentam ruídos que devem ser minimizados para melhorar a detecção.

Os processamentos de filtragem das imagens MODIS no domínio temporal, para eliminar ou minimizar ruídos, podem ser feitos com as funções matemáticas implementadas no software TIMESAT Jönsson e Eklundh (2004). Porém, considerando que as séries temporais de imagens são longas e abrangem a grande área da Bacia do Alto Paraguai (BAP-Pantanal), o TIMESAT requer muito tempo de processamento e grande espaço de armazenamento. Para minimizar essas limitações foi desenvolvido a TIMESAT-Cluster, que utiliza “clusters” ou conjunto de computadores trabalhando de forma paralela para o processamento e armazenamento dos dados, visando diminuir o tempo de processamento e aumento da capacidade de armazenamento. Para facilitar a sua usabilidade foi desenvolvida uma interface amigável com os processos e configurações oferecidas pelo TIMESAT, além do acesso por meio da web (SILVA, 2016). A filtragem das imagens no domínio espacial está sendo desenvolvida a partir da aplicação de algoritmos mais complexos e eficientes que aqueles encontrados em softwares de processamento de imagens, comerciais ou livres.

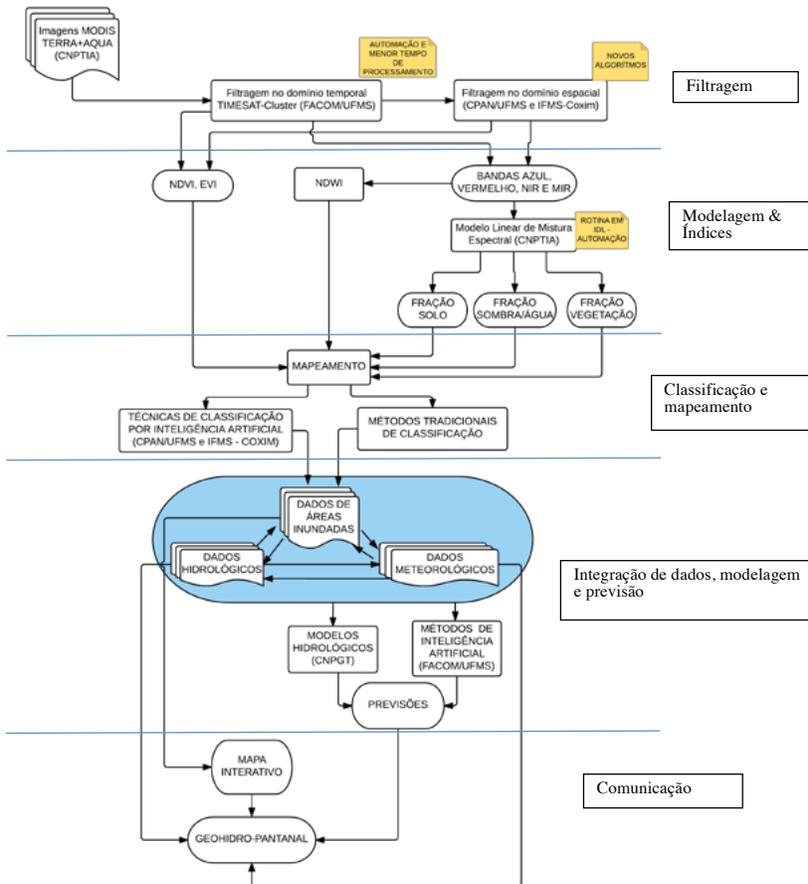


Figura 1. Estrutura do sistema, em suas cinco etapas principais, com os fluxos de processamentos das imagens MODIS para a geração de mapas das áreas inundadas do Pantanal e integração com outros dados hidrológicos para a disponibilização de informações para a tomada de decisão.

MODELAGEM E ÍNDICES

Foi desenvolvida uma rotina na linguagem Interactive Data Language (IDL) para a modelagem de mistura espectral que é usada para quantificar a proporção dos componentes: água, solo e vegetação em cada pixel das imagens.

CLASSIFICAÇÃO E MAPEAMENTO

Ao invés da metodologia tradicional do uso apenas das bandas de reflectância como entrada para a classificação das imagens são usados diversos índices. Os índices de vegetação, de água e os componentes, água, solo e vegetação do modelo de mistura espectral podem ser integrados por técnicas de redes neurais e outras técnicas computacionais de inteligência artificial para a classificação das áreas inundadas, como realizado em (FUCCI et al., 2015).

INTEGRAÇÃO DE DADOS, MODELAGEM E PREVISÃO

Séries temporais de dados hidrológicos como nível dos rios, podem ser analisadas via técnicas de inteligência artificial para a previsão dos valores máximos, como em Valle (2016), assim como a estimativa da data em que estes têm maior chance de ocorrência, como em Claurea et al. (2016)⁽¹⁾. A integração dos componentes hidrológicos, a partir dos dados de áreas inundadas, dos dados de nível dos rios e dos dados meteorológicos, está sendo realizada com modelos hidrológicos e/ou métodos de inteligência artificial.

COMUNICAÇÃO

Fornece as informações necessárias a partir de mapas interativos e da página do Geohidro-Pantanal no Portal da Embrapa para o suporte à decisão frente às inundações do Pantanal.

CONCLUSÕES

A estrutura do sistema apresentado representa o planejamento organizado da automação dos processamentos das imagens MODIS, que promoverá a diminuição do tempo de processamento, permitindo o monitoramento em tempo real de forma a disponibilizar para o público interessado um panorama das inundações a cada oito dias para a tomada de decisão frente a estas. Os mapas gerados de área inundada, integrados com dados de chuva e de nível dos rios, fornecerão informações valiosas para a tomada de decisão.

⁽¹⁾ CLAUREA, Y. N.; CLAUREA, E. T. M.; PADOVANI, C. R. Estimating water travel time to improve river level prediction. Computers & Geosciences, 2016. No prelo.

REFERÊNCIAS

FUCCI, R. R.; PADOVANI, C. R.; ARAUJO, A. F.; NUNES, G. M. Classificação de imagens do Pantanal usando redes neurais artificiais MLP e perceptron linear. In: IBERIAN LATIN AMERICAN CONGRESS ON COMPUTATIONAL METHODS IN ENGINEERING, 36., 2015, Rio de Janeiro. **Proceedings...** Rio de Janeiro: ABEMEC, 2015. CILAMCE.

JÖNSSON, P.; EKLUNDH, L. TIMESAT - a program for analysing time-series of satellite sensor data. **Computers & Geosciences**, v. 30, p. 833-845, 2004.

PADOVANI, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do Pantanal**. 2010. 174 f. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.

PAZ, A. R.; COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; PADOVANI, C. R. Large-scale modelling of channel flow and floodplain inundation dynamics and its application to the Pantanal (Brazil). **Hydrological Processes**, v. 25, p. 1498-1516, 2011.

SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-square mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16-20, 1991.

SILVA, C. A. S. **TIMESAT- Cluster**: uma abordagem em cluster para analisar séries-temporais de dados produzidos por sensores de satélite. 2016. 10 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Computação, Campo Grande, MS, 2016.

VALLE, H. S. R. **Predição de níveis de rios do pantanal utilizando perceptron multicamadas**. 2016. 6 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Faculdade de Computação, Campo Grande, MS, 2016.