

## IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA PARA MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA CONTAMINADA POR SOLO

MARA A. DOTA<sup>1</sup>, CARLOS E. CUGNASCA<sup>2</sup>, DOMINGOS S. BARBOSA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Bacharel em Ciência da Computação, Doutoranda em Engenharia de Computação, Escola Politécnica, USP/São Paulo – SP, maraadota@gmail.com

<sup>3</sup> Eng<sup>o</sup> Eletricista, Prof. Associado 3, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica, USP/São Paulo – SP, carlos.cugnasca@poli.usp.br

<sup>2</sup> Bacharel em Ciências Biológicas, Prof. Dr. , Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, UFMT/Rondonópolis – MT, domingosbar@gmail.com

Apresentado no  
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão - ConBAP 2014  
14 a 17 de setembro de 2014 - São Pedro - SP, Brasil

**RESUMO (14 linhas):** O presente artigo apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar no monitoramento da qualidade da água contaminada por solo. Essa ferramenta engloba um sistema computacional que, por meio de dados de entrada referentes de uma amostra de água, automaticamente possa indicar a sua qualidade. A importância dessa ferramenta está relacionada a necessidade em se identificar com rapidez a contaminação de corpos de água superficiais com águas de deflúvios contaminadas por suspensão de solo, advindo por exemplo, de áreas de cultivo e áreas urbanas. A proposta é usar dados provenientes de sensores como entrada desta ferramenta e assim, determinar, em tempo real, a contaminação, visando a tomada de decisões por parte dos gestores ambientais. A ferramenta encontra-se em fase de desenvolvimento e utiliza técnicas de Mineração de Dados para determinar a qualidade da água.

**PALAVRAS-CHAVE:** rede de sensores sem fio, inteligência artificial, enxurradas.

## IMPLEMENTATION OF A TOOL TO SUPPORT SOIL-CONTAMINATED WATER QUALITY MONITORING

**ABSTRACT:** This paper presents the development of a tool to help in monitoring the quality of water contaminated by soil. This tool comprises a computational system using input from sample water can automatically indicate its quality. The importance of this tool is related to the necessity to quickly identify the contamination of water bodies with surface waters deflúvios contaminated soil suspension, arising for example from croplands and urban areas. The proposal is to use data from sensors as input of this tool and thereby determine in real time the contamination, aiming to help environmental managers. The tool is under development and uses data mining techniques to determine water quality.

**KEYWORDS:** wireless sensor network, artificial intelligence, runoff.

## INTRODUÇÃO

O processo usado para identificar alterações em corpos de água superficiais com fluxos de águas contaminadas por suspensão de solo é realizado por meio de amostragem em campo e a maior parte dos métodos de monitoramento *online* envolvem altos custos. Em regiões afastadas de centros urbanos, o monitoramento ambiental da qualidade das águas é prejudicado pelo fator logística, envolvendo a necessidade de se percorrer grandes distâncias

no projeto de monitoramento de uma única bacia hidrográfica, limitando a geração de informações e a tomada de decisões a respeito da qualidade da água. A ferramenta proposta nesse artigo pretende auxiliar os gestores ambientais, oferecendo-os instantaneamente a informação sobre a qualidade da água. A ideia envolve o uso das Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) para coletar dados de uma área que se deseja monitorar. Esses dados sendo transmitidos em tempo real, serão analisados pela ferramenta que determinará a qualidade da água naquele momento emitindo, quando necessário, alertas. A possibilidade de avaliar, remotamente, a estimativa de alteração da qualidade das águas em função da entrada de solos, permitirá o desenvolvimento de modelos de previsão e o monitoramento de processos ecológicos de grande relevância tais como o assoreamento, perdas e solos, carreamento de pesticidas e degradação de habitats aquáticos.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

As RSSFs apresentam um bom potencial para auxiliar no monitoramento ambiental, permitindo-se avaliar, em tempo real, mudanças ocorridas nesse ambiente. Uma RSSF é um tipo especial de rede *ad hoc*, com capacidade de coletar e processar informações de maneira autônoma, sendo que os sensores podem ser distribuídos com facilidade e flexibilidade em uma determinada área de interesse (AKYILDIZ et al, 2002; TUBAISHAT et al, 2003; GAJBHIYE et al, 2008). Em princípio, a proposta de usar uma RSSF não substitui o uso de protocolos de amostragem, mas geraria informações sobre o que ocorreu no sistema de monitoramento antes e após as campanhas de amostragem complementando as informações para os gestores ambientais. A necessidade de muitos nós sensores e intervalos de tempos pequenos para a coleta dos dados, gera um grande volume a serem analisados. É preciso se ter uma visão integrada e global dos valores coletados pela RSSF para uma melhor exatidão da realidade estimada por esses dados (REN, 1995). Para isso, sensores podem se relacionar para oferecerem informações além dos dados coletados (SRIVASTA e BUCKMASTER, 2006). A ferramenta em desenvolvimento neste trabalho utilizará um modelo de classificação da qualidade da água que permite a identificação dessa qualidade em tempo real, utilizando a Fusão de Sensores (FS) para a avaliação da qualidade voltado para aplicações na agricultura e meio ambiente, em específico o indicando a contaminação por solo nas águas de rios. O modelo também utiliza técnicas da Inteligência Artificial (IA) que estão entre as principais técnicas de fusão utilizadas, como a probabilística, estatística, Teoria da Evidência de Dempster-Shafer, entre outras (KAFTANDJIAN, 2005) (SANTOS, 2007). A técnica utilizada neste modelo foi a Indução por Árvore de Decisão (AD). Os algoritmos usados foram FT (Functional Trees) e J48 (C4.5 Decision Tree) que demonstraram melhor desempenho segundo testes realizados em (DOTA, 2014). A implementação utilizará a linguagem de programação Java e as classes J48 e FT do pacote de desenvolvimento WEKA (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*), que agrega diversas classes de algoritmos aplicados a Mineração de Dados. O WEKA encontra-se licenciado sob a *General Public License* (GPL) (HALL, 2009). O modelo classifica a água em sete classes: Excelente, Muito Boa, Boa, Pouco Boa, Pouco Ruim, Ruim, Péssima.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para aplicar o modelo proposto, deve-se receber como entrada os dados dos sensores (advindos, por exemplo, de uma RSSF) fazer a fusão por meio dos métodos de AD, segundo a arquitetura apresentada na Figura 1.

FIGURA 1. Fluxo de dados de entrada e a saída que será a classificação de acordo com as classes definidas. Fonte: adaptado de Bar-Shalom (2000).



Os testes realizados com os algoritmos de classificação indicaram, por meio da taxa de classificação correta de cada um, que os algoritmos FT, J48graft e J48 são os melhores para compor o modelo de classificação. O presente trabalho aborda a fusão seguindo a premissa que a contaminação causa mudanças em variáveis que podem ser medidas no ambiente monitorado. Em geral, os trabalhos abordam a questão da fusão no sentido de inferir por meio de variáveis conhecidas o valor de uma variável não medida, como Motamarri e Boccelli (2012) apresentam a aplicação de um método para inferir a quantidade de coliformes fecais na qualidade da água para recreação baseado na turbidez, fluxo de água e dados referente a precipitação. Já o presente trabalho teve o objetivo de criar classes para qualificar a água com base na realidade, testá-la, propor o modelo de classificação e a partir dele construir um sistema automático para auxiliar os gestores ambientais. A relevância está relacionada a necessidade em se identificar, com rapidez e acurácia, a contaminação de corpos de água superficiais com fluxos de águas contaminadas por suspensão de solo. O processo usado para identificar essas alterações é por meio de amostragem em campo e a maior parte dos métodos de monitoramento online envolvem altos custos.

## CONCLUSÕES

Por meio do modelo proposto e, conseqüentemente, do sistema automatizado, espera-se que quando alguma alteração for detectada, alertas possam ser emitidos aos gestores ambientais para que as devidas ações sejam tomadas, ou uma averiguação *in situ* para se confirmar ou não o alerta emitido. Também, gestores ambientais poderão planejar políticas ambientais, como a elaboração de práticas de manejo da terra adequadas, minimizando a contaminação de corpos de água por perda de pesticidas e fertilizantes devido ao escoamento e enxurrada superficial desses produtos químicos de áreas agrícolas. Além dessas práticas adequadas auxiliarem na redução da contaminação, podem também aumentar a produtividade e proporcionar melhor relação custo/benefício aos agricultores a longo prazo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem pelo apoio à presente pesquisa: a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Mato Grosso (FAPEMAT), (projetos nº 278718/2010, nº 313438/2011 e “Monitoramento ambiental da qualidade de água por meio de redes de sensores sem fio e plataforma Arduino“/Edital Universal 2014); a CAPES, por meio do programa DINTER EPUSP/UFMT; e o Prof. Dr. Pablo Dalbem, do Instituto Federal de São Carlos (IFSC).

## REFERÊNCIAS

AKYILDIZ, I.F.; SU, W.; SANKARASUBRAMANIAM, Y.; CAYIRCI, E. (2002) Wireless sensor networks: a survey, Computer Networks. 38, p.393-422.

BAR-SHALOM, Y.; BLAIR, W. D.; (2000) Multitarget-Multisensor Tracking: Applications and Advances”, vol. III, Artech House.

DOTA, M. A.; CUGNASCA, C. E.; BARBOSA, D. S. (2014) Comparative analysis of decision tree algorithms for water quality classification with soil-contaminated. *Revista Ciência Rural*. No prelo.

GAJBHIYE, P.; MAHAJAN, A. (2008) A survey of architecture and node deployment in Wireless Sensor Network. In: *Applications of Digital Information and Web Technologies, ICADIWT*, p.426-430.

HALL, D. L. e LLINAS, J. (1997) An introduction to multisensor data fusion. *Proceedings of the IEEE*, v. 85, n. 1, p. 6-23. ISSN 0018-9219.

KAFTANDJIAN, V. et al. (2005) The Combined Use of the Evidence Theory and Fuzzy Logic for Improving Multimodal NDT Systems, *Instrumentation and Measurement*, v.54, p.1968-1977.

MOTAMARRI, S.; BOCCELLI, D. L. (2012) Development of a neural-based forecasting tool to classify recreational water quality using fecal indicator organisms. In: *Water Research*, Volume 46, Issue 14, 15, Pages 4508–4520

REN, C. L.; MICHAEL, G. K. (1995) Multisensor integration and fusion for intelligent machines and systems. Ablex Publishing Corp., p.688.

SANTOS, T. G.; SILVA, B. S.; VILAÇA, P. S.; SOUSA, J. M. C.; QUINTINO, L. (2007) Fusão de Dados em Ensaio Não Destrutivo Utilizando Decisão Fuzzy para a Avaliação de Soldas Obtidas pelo Processo de Fricção Linear, *Revista Soldagem Insp. São Paulo*, Vol. 12, No. 3, p.124-132. Julho.

SRIVASTAVA, A. K.; BUCKMASTER, D. R. (2006) Precision Agriculture. In: ASABE, C. A. S. O. A. A. B. E.-. (Ed.). *Engineering Principles of Agricultural Machines*. Michigan, p. 123 – 138.

TUBAISHAT, M.; MADRIA, S. (2003) Sensor networks: an overview. *IEEE Potentials*. 22 (2).

WITTEN, I. H.; et al. (2009) The WEKA Data Mining Software: An Update. In: *Newsletter ACM SIGKDD Explorations Newsletter*. v. 11, Issue 1, p. 10-18. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1656278>>. doi: 10.1145/1656274.1656278.