

COMPUTAÇÃO ORIENTADA A SERVIÇOS EM AGRICULTURA DE PRECISÃO: SERVIÇO DE RECOMENDAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE INSUMOS EM TAXA VARIÁVEL

FABIANA S. SANTANA¹, WILIAN F. COSTA², ANTONIO. M. SARAIVA³, JOSÉ
PAULO MOLIN⁵, EDSON MURAKAMI⁶

¹ Prof.^a Dr.^a, Centro de Matemática, Computação e Cognição, Universidade Federal do ABC (UFABC), fabiana.santana@gmail.com.

² MSc, Pesquisador, Depto de Eng. de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP), wilianfc@gmail.com.

³ Prof. Titular, Depto de Eng. de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (POLI/USP), saraiva@usp.br.

⁵ Prof. Associado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ/USP), Depto de Eng. de Biosistemas. jpmolin@usp.br.

⁶ Prof. Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Depto de Ciência da Computação, murakami@joinville.udesc.br.

Apresentado no
Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão – ConBAP 2010
27 a 29 de setembro de 2010 – Ribeirão Preto – SP, Brasil

RESUMO: Entre os benefícios da agricultura de precisão (AP) estão a minimização dos insumos necessários, o aumento da lucratividade e a redução dos danos ambientais, em função da melhoria no nível de gerenciamento das lavouras. A necessidade de integrar grandes quantidades de dados para a realização de análises indica a necessidade de adoção de sistemas de informação. Com o advento da Internet e em função dos múltiplos provedores e fontes de dados dos quais a AP pode se beneficiar, a solução computacional recomendada é o uso de serviços computacionais. Uma infraestrutura orientada a serviços foi proposta e está sendo disponibilizada na Internet, onde os serviços relacionados à AP estão sendo disponibilizados de acordo com o avanço da tecnologia. Este trabalho descreve o serviço de recomendação para aplicação de insumos em taxa variável. O serviço utiliza dados georreferenciados e os fatores CTC, K e P, de atributos do solo. As fórmulas para realizar os cálculos de recomendação podem ser fornecidas pelo usuário ou selecionadas a partir de um banco de fórmulas disponível no sistema. Os resultados podem ser visualizados através de um mapa de aplicação ou de uma planilha com os dados calculados, e outros atributos de solo podem ser integrados posteriormente para calcular a recomendação, de acordo com a necessidade do agricultor.

PALAVRAS-CHAVE: aplicação de insumos em taxa variável, modelagem de processos, arquitetura orientada a serviços

SERVICE-ORIENTED COMPUTER IN PRECISION AGRICULTURE: SERVICE FOR RECOMMENDATION OF FERTILIZER APPLICATION IN VARIABLE RATE

ABSTRACT: Among the benefits of precision agriculture (PA) are reducing the need for fertilizers, increasing the profitability and reducing the environmental impact, because of the improvements in agricultural management. The need to integrate large amounts of data to perform the analysis indicates the adoption of information systems. The computational solution recommended is the use of computer services in order to take advantage of the

Internet and of the multiple providers and data sources that PA can benefit from. A service-oriented infrastructure was proposed and is being made available on the Internet, where services related to PA are being published as technology progresses. This paper describes the service for fertilizer recommendation for variable rate application. The service uses georeferenced data and CEC, K and P, as soil attributes. Formulas for recommendation may be provided by the user or selected from a database of formulas available in the system. The results can be viewed through a map of application or a spreadsheet with calculated data, and other attributes of soil can be integrated later to calculate the recommendation, according to the farmer's need.

KEYWORDS: fertilizer application, variable rate application, process modelling, service-oriented architecture

INTRODUÇÃO

A Agricultura de Precisão, AP, permite melhorar o nível de gerenciamento da agricultura, oferecendo aos produtores melhor suporte para a tomada de decisão (MOLIN et al., 2006). Entre os benefícios, destacam-se a economia de insumos, o aumento da lucratividade e a potencial redução de impactos ambientais. São diversos os aspectos a serem analisados em AP, resultando na necessidade de se integrar grandes quantidades de dados, em diversos formatos e a partir de diversas fontes e provedores, para o que se recomenda o uso da Tecnologia da Informação, TI (SARAIVA, 2003). Desta forma, a TI pode ser aplicada para suportar as decisões associadas à produção agrícola (SARAIVA, 2003), através da coleta, armazenamento, processamento e análise das variáveis e dos dados envolvidos em seus processos.

A tendência atual da computação é utilizar sistemas baseados em Internet e orientados a serviços (PASLEY, 2005), para viabilizar a troca de dados, a integração e a interoperabilidade entre máquinas, equipamentos e sistemas (STAL, 2002; STAL, 2006). Além disso, as funcionalidades da AP devem evoluir com a tecnologia e, portanto, uma solução que permita a fácil integração de novas funcionalidades é extremamente desejável.

Em SANTANA (2009), foi proposta uma infraestrutura para a solução de um problema semelhante em biodiversidade a partir dos estudos para AP feitos por MURAKAMI (2006) e MURAKAMI et al. (2007) e, a partir da grande similaridade encontrada entre estes problemas (SANTANA et al., 2007), foi possível estender esta solução para AP. A solução está baseada no paradigma de Arquiteturas Orientadas a Serviços, ou *Service Oriented Architecture*, SOA (MACKENZIE, 2006), com serviços computacionais disponibilizados na forma de *web services* e em tecnologias de padrões abertos para aplicações web, a saber (SANTANA, 2009): 1) Sistema operacional Windows Server [<http://www.microsoft.com/servers/home.mspix>]; 2) Java Web e EE compatíveis com especificações JEE [<http://java.sun.com/javaee/>]; 3) Netbeans IDE [<http://netbeans.org/>]; 4) Glassfish [<https://glassfish.dev.java.net/>]; 5) Open ESB [<https://open-esb.dev.java.net/>]; 6) BPEL, Business Process Execution Language [<http://bpelsource.com/>]; e 7) PostGIS [<http://postgis.refractor.net/>]. Esta infraestrutura conta também com um portal na Internet, onde as funcionalidades desenvolvidas podem ser disponibilizadas. A solução é adequada para usuários de qualquer porte, desde que possuam acesso à Internet.

A construção de um sistema de apoio à tomada de decisão em AP depende da implementação de serviços especializados, integrados na forma de *web services* (SARAIVA, 2003; BOUMA et al., 1999). Como esta solução obedece a padrões já estabelecidos, novos serviços podem ser integrados de forma transparente e praticamente ilimitada. Portanto, as funcionalidades do sistema de apoio à decisão dependem da capacidade de produção de soluções para AP.

A condição ideal para o plantio (AMADO et al., 2007) está relacionada com a disponibilidade de água e com a quantidade de determinados nutrientes no solo. Neste trabalho, serão considerados a quantidade de potássio (K), a quantidade de fósforo (P) e a CTC ou capacidade de troca de cátions. O valor da CTC está relacionado com a capacidade do solo armazenar cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio. Outros fatores podem ser posteriormente adicionados ao serviço, de acordo com as necessidades especificadas.

Portanto, um dos fatores críticos de sucesso para o aumento da produtividade agrícola é a correta aplicação de insumos para a preparação do solo para o plantio, com o objetivo de ajustar e uniformizar os seus atributos químicos às necessidades da cultura a ser nele cultivada (CORA et al., 2004). Em AP, isto pode ser feito com base na análise de layers georreferenciados, que descrevem pontualmente as condições atuais de CTC, K e P do solo (CORA et al., 2004). Desta forma, é possível analisar a variabilidade espacial do solo e realizar a aplicação de insumos em taxa variável, reduzindo custos e permitindo um aumento potencial da produtividade agrícola de maneira uniforme.

Usando como dados de entrada n pontos em coordenadas georreferenciadas, com os respectivos valores medidos para CTC, K e P, o objetivo deste trabalho é construir um serviço para a recomendação de aplicação de insumos em AP, a fim de uniformizar a química do solo. O serviço será disponibilizado na Internet para livre acesso.

MATERIAL E MÉTODOS

A avaliação da qualidade do solo é uma estratégia importante para o planejamento agrícola, pois possibilita a identificação e o aprimoramento de sistemas de manejo, buscando o aumento da produtividade e a preservação ambiental (AMADO et al., 2007).

O serviço para a recomendação de aplicação de insumos em AP tem o objetivo de obter valores para CTC_{FN} , K_{AP} e P_{AP} para os n pontos, onde “AP” representa o valor que a ser “aplicado” e “FN” representa o valor “final” que o CTC do solo deve ter. A fórmula para obtenção destes valores pode ser fornecida pelo usuário ou selecionada em um banco de fórmulas disponibilizadas pelo sistema, onde estão disponíveis, por exemplo, fórmulas do tipo $CTC_{FN} = f(CTC, V)$ e $K_{AP} = f(K)$.

Em arquiteturas orientadas a serviço, SOA – Service-Oriented Architecture, a construção de um serviço inicia-se com a definição de um processo (ENDREI et al., 2004), indicando as operações a serem realizadas. Outros atributos podem ser adicionados posteriormente, de acordo com a evolução dos parâmetros agrônômicos.

A Figura 1 apresenta a visão geral do processo correspondente a este serviço, em Business Process Modeling Notation [http://www.bpmn.org/], BPMN, um padrão para o desenho de processos. O uso do BPMN deve-se à sua simplicidade de conversão para o BPEL, que é a linguagem de implementação dos serviços em arquiteturas SOA, de acordo com a solução especificada em SANTANA (2009).

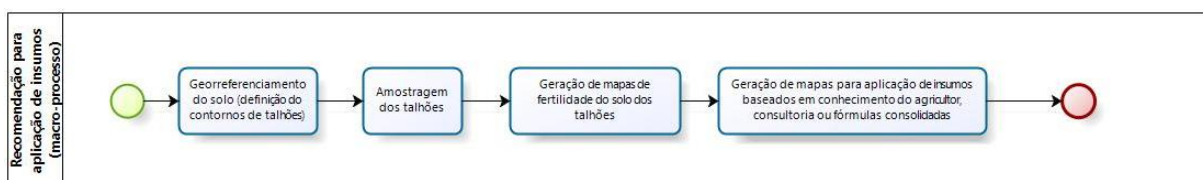


FIGURA 1. Processo correspondente ao serviço para recomendação de aplicação de insumos.

A Figura 2 apresenta o detalhamento deste serviço, mostrando as atividades relacionadas com: 1) Aplicação de insumos, onde são feitos os cálculos para obter a recomendação; 2) Publisher, que é responsável pela exibição de dados, o que pode ser feito na

forma de uma tabela ou de um mapa; 3) Uploader, responsável por carregar os dados no banco de dados georreferenciado, de acordo com a solução especificada em SANTANA (2009); e 4) Usuário/Agricultor, que descreve as tarefas do usuário do serviço.

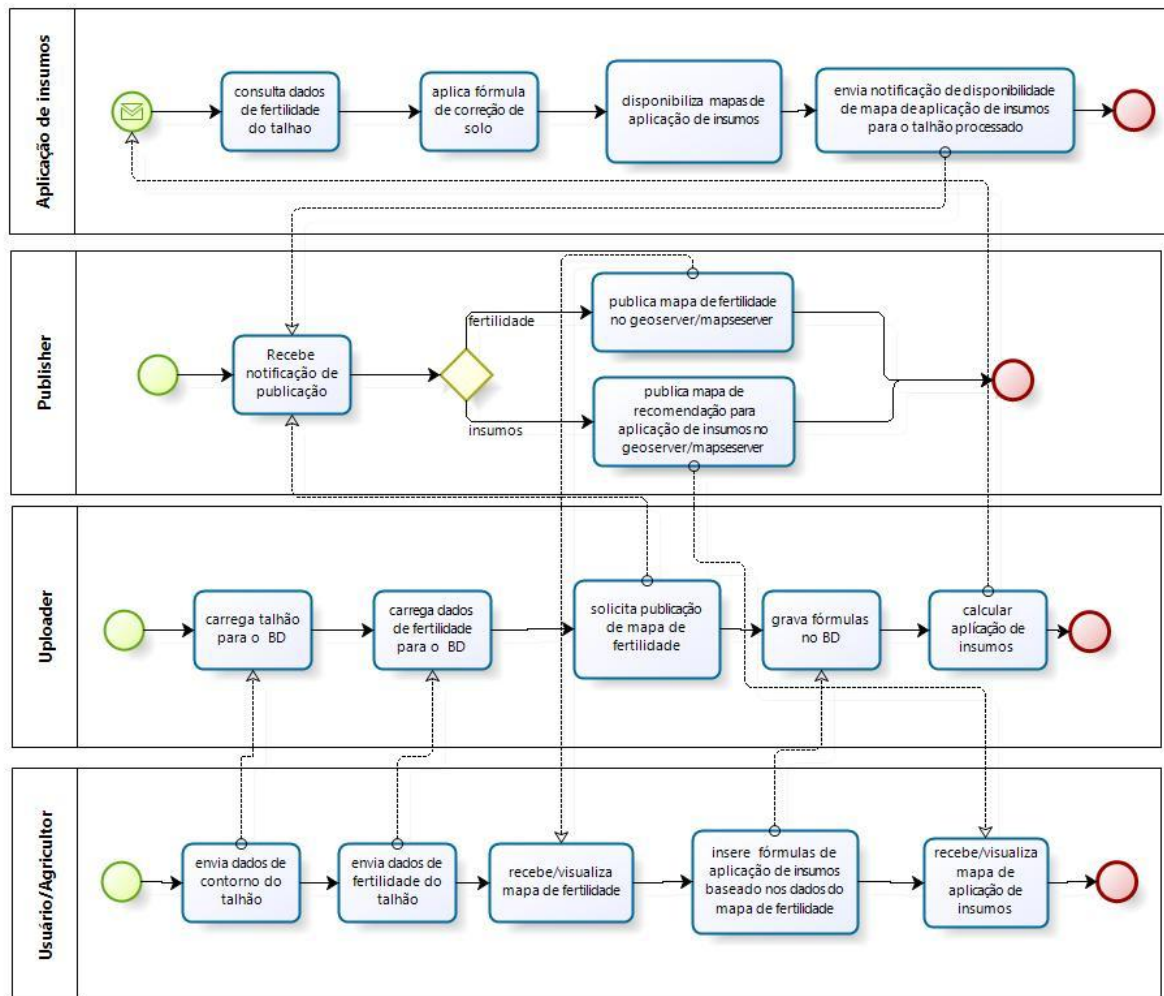


FIGURA 2. Detalhamento do processo correspondente ao serviço para recomendação de aplicação de insumos.

O processo detalhado na Figura 2 corresponde à especificação de software para a construção do serviço, de acordo com as tecnologias especificadas na infraestrutura proposta em SANTANA (2009).

O serviço relaciona em seu banco de dados a identificação dos n pontos com as coordenadas georreferenciadas (latitude e longitude) e os valores medidos de K , P e CTC . Cada ponto corresponde a um ponto amostral do talhão e correspondente resultado de análise laboratorial. Em seguida, aplica-se a fórmula definida ou selecionada pelo usuário para os n pontos. O resultado é a obtenção dos valores de CTC_{FN} , K_{AP} e P_{AP} para os n pontos especificados. Estes pontos podem ser visualizados na forma de um mapa de aplicação, uma vez que a solução incorpora serviços de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a exibição de mapas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta a página principal para acesso ao portal do agronegócio e ambiente. Pode-se notar que, entre os serviços disponíveis ou previstos, está o serviço de recomendação de aplicação de insumos descrito neste trabalho.



FIGURA 3. Página principal para acesso ao portal do agronegócio e ambiente.

A Figura 4 apresenta o serviço de recomendação de aplicação de insumos em taxa variável, apresentado neste trabalho. Observe que o usuário pode fornecer um arquivo de entrada contendo os dados para análise ou utilizar a interface proposta pelo serviço para fornecê-lo. Para cada ponto, identificado pelo seu “Id”, devem ser fornecidos a latitude, a longitude e os valores de K, P e CTC. O usuário deve fornecer a fórmula para cálculo ou selecionar uma das fórmulas disponíveis para o cálculo dos valores de recomendação. A partir destas informações, o serviço gera como resultado as quantidades de insumo a serem aplicadas, por “Id”. Estas quantidades também podem ser visualizadas graficamente.

CONCLUSÕES

O serviço para recomendação de aplicação de insumos baseado em georreferenciamento e valores de K, P e CTC permite definir as quantidades de insumos que devem ser aplicados a cada ponto ou a superfície de interpolação, com as doses vinculadas a locais. Desta forma, é possível uniformizar a química do solo e atender aos objetivos de minimizar a quantidade de insumos aplicados com o aumento da lucratividade e a redução de impactos ambientais, atendendo aos propósitos da AP.

Nesta versão, cabe ao agrônomo definir suas fórmulas, a partir de seu conhecimento prévio ou da escolha de uma das alternativas do banco de fórmulas. Porém, a partir da disponibilização deste serviço, estratégias podem ser estudadas a fim de oferecer soluções mais específicas dentro do banco de fórmulas, bem como permitir a realização de diversas simulações simultâneas para que o agricultor possa escolher a que realizar o melhor ajuste da química do solo, dentro de suas próprias necessidades.

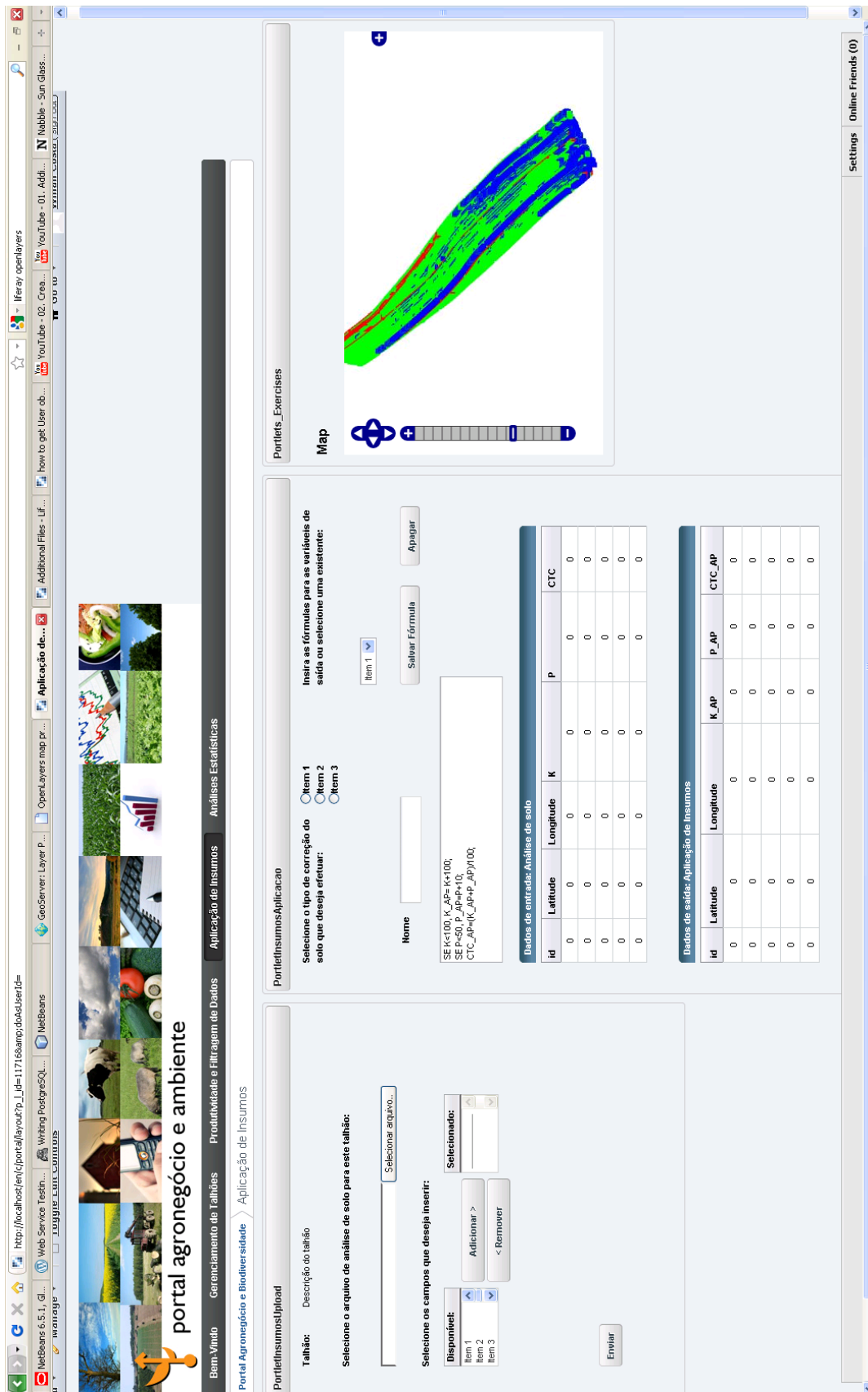


FIGURA 4. Serviço para recomendação de aplicação de insumos em taxa variável.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério da Ciência e Tecnologia, FINEP/MCT, pelo apoio ao projeto PROSENSAP, de nº 01.08.0566.00.

REFERÊNCIAS

- AMADO, T. J. C.; CONCEIÇÃO, P.C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F. Qualidade do solo avaliada pelo "Soil Quality Kit Test" em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31-1, 2007. doi: 10.1590/S0100-06832007000100012.
- CORA, J. E.; ARAUJO, A. V.; PEREIRA, G. T.; BERALDO, J. M. G.. Variabilidade espacial de atributos do solo para adoção do sistema de agricultura de precisão na cultura de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. V.28-6, p. 1013-1021, 2004. doi: 10.1590/S0100-06832004000600010.
- ENDREI, M.; ANG, J.; ARSANJANI, A.; CHUA, S.; COMTE, P.; KROGDAHL, P.; LUO, M.; NEWLING, T. *Patterns - Service-Oriented Architecture and Web Services*. IBM Redbook. 2004.
- MENEGATTI, L.A.A.; MOLIN, J.P. Remoção de erros em mapas de produtividade via filtragem de dados brutos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.8, n.1, p.126-134, 2004.
- MOLIN, J. P.; MILAN, M.; NESRALLAH, M. G. T.; CASTRO, C. N.; GIMENEZ, L. M. Utilização de dados georreferenciados na determinação de parâmetros de desempenho em colheita mecanizada. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.26-3, p.759-767, set./dez. 2006.
- MURAKAMI, E.; SARAIVA, A. M.; RIBEIRO JR., L. C. M.; CUGNASCA, C. E.; HIRAKAWA, A. R., CORREA, P. L. P. An infrastructure for the development of distributed service-oriented information systems for precision agriculture. *Computer Electronics Agriculture*, 2007. Doi:10.1016/j.compag.2006.12.010.
- PASLEY, J. How BPEL and SOA are changing Web Services development. *IEEE Internet Computing*, v.9-3, p.60-67. 2005.
- SANTANA, F.S. Uma infraestrutura orientada a serviços para a modelagem de nicho ecológico. 141p. Tese (Doutorado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- SANTANA, F.S.; MURAKAMI, E.; SARAIVA, A.M.; CORREA, P.L.P. A Comparative Study between Precision Agriculture and Biodiversity Modelling Information Systems. *Proceedings of the 6th Biennial Conference of the European Federation of IT in Agriculture, EFITA*. Glasgow: C. Parker, S. Skerratt, C. Park, J. Shields, v.1, p.1-6, 2007.
- SARAIVA, A. M. Tecnologia da Informação na agricultura de precisão e biodiversidade: estudos e proposta de utilização de web services para desenvolvimento e integração de sistemas. Tese de livre docência. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, Brasil. 2003.
- STAL, M. Web Services: Beyond Component-Based Computing. *Communications of the ACM*. 2002. V. 45-10, p. 71-76.
- STAL, M. Service-Oriented Architecture Principles and Technologies. Has been published as: *Using Architectural Patterns and Blueprints for Service-Oriented Architecture*. IEEE Software. 2006. V. 23-2, March/April.