

# MÓDULO DE SUPORTE À DECISÃO PARA LICENCIAMENTO E REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL

EDUARDO ANTONIO SPERANZA<sup>1</sup>  
SILVIA MARIA FONSECA SILVEIRA MASSRUHÁ<sup>2</sup>  
JOÃO DOS SANTOS VILA DA SILVA<sup>3</sup>  
WILLIAN HIROKI AKAMINE<sup>4</sup>  
HELANO PÓVOAS DE LIMA<sup>5</sup>

**RESUMO:** Este artigo descreve a modelagem e implementação de um sistema de suporte à decisão para licenciamento e regularização ambiental baseado em lógica fuzzy, desenvolvido como um módulo componente do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA). O SISLA é um produto do projeto GeoMS, uma parceria entre a Embrapa Informática Agropecuária e o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul). Por meio desse módulo, o usuário poderá obter um suporte à tomada de decisão para processos de licenciamento ambiental. Esse suporte é fornecido a partir de variáveis de entrada, como distância e intersecção da área do empreendimento solicitante de licenciamento ambiental com áreas protegidas pelo governo estadual. Como saída, o sistema fornece o grau de "Aptidão" do processo, que pode ser "Deferido", "Indeferido" ou "Pendência". Ao longo desse trabalho, serão descritos os métodos utilizados para a criação desse módulo, bem como alguns resultados obtidos com dados reais.

**PALAVRAS-CHAVE:** licenciamento ambiental, geotecnologias, lógica fuzzy.

## DECISION SUPPORT MODULE FOR ENVIRONMENTAL REGULATION AND LICENSING

**ABSTRACT:** This paper describes the modeling and implementation of a decision support system for licensing and environmental regulations based on fuzzy logic. It was developed as a component module of Interactive System Support for Environmental Licensing(SISLA). The SISLA is a product of GeoMS project, a partnership between Embrapa Information Technology and the Environment Institute of Mato Grosso do Sul (Imasul). Through this module, the user can obtain a decision making support to environmental licensing processes. This support is provided from input variables such as distance and intersection of the requesting licensing venture area with environmental protected areas by the state government. As output, the system provides the level of "Fitness"of the process, which can be "Deferred", "Met"or "Pending". Throughout this paper, we describe the methods used to build this module and some results with real data.

**KEYWORDS:** environmental licensing, geotechnologies, fuzzy logic.

## 1.INTRODUÇÃO

A Embrapa Informática Agropecuária vem desenvolvendo um sistema para licenciamento e regularização ambiental, denominado SISLA – Sistema Interativo de Suporte ao

---

<sup>1</sup> Msc. em Engenharia Elétrica, Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: speranza@cnptia.embrapa.br

<sup>2</sup> Dr. em Ciências de Computação, Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: silvia@cnptia.embrapa.br

<sup>3</sup> Dr. em Engenharia Agrícola, Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: jvilla@cnptia.embrapa.br

<sup>4</sup> Graduando em Engenharia de Computação, UNICAMP, E-mail: hikiakamine@gmail.com

<sup>5</sup> Bach. em Ciência da Computação, Embrapa Informática Agropecuária, E-mail: helano@cnptia.embrapa.br

Licenciamento Ambiental (VENDRUSCULO et al., 2009). Em um primeiro momento, o sistema está sendo utilizado pelo estado de Mato Grosso do Sul, e as peculiaridades do sistema para atender especificamente a esse estado estão sendo desenvolvidas em um projeto em parceria com o Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul (Imasul).

Dentre as principais funcionalidades destacam-se: a análise georreferenciada do entorno de propriedades rurais solicitantes de licenciamento ambiental para empreendimentos; as consultas georreferenciadas de processos de licenciamento; e a análise técnica dos processos de licenciamento. A primeira, possibilita ao empreendedor verificar, pela internet e de maneira rápida e simples, a proximidade e intersecção da área de sua propriedade com relação a áreas protegidas pelo governo estadual. A segunda possibilita aos gestores estaduais acompanharem a evolução dos processos de licenciamento nos diversos municípios que compõem o estado; e a terceira permite uma análise visual das áreas solicitantes de licenciamento por técnicos especializados, bem como sua comparação com outros temas, inclusive imagens de satélite, no intuito de encontrar irregularidades que possam impedir a continuidade do processo (SPERANZA; SILVA, 2010).

Na terceira funcionalidade citada foi criado um módulo de suporte à decisão quanto ao deferimento de processos de licenciamento ambiental. Na versão atual, o módulo é capaz de fornecer suporte à decisão para processos da área florestal, como Regularização de Reserva Legal, Supressão Vegetal e Carvoejamento. Baseado em dados obtidos por meio de consultas à base de dados georreferenciada, como distância da propriedade com relação a unidades de conservação e terras indígenas, volume de material lenhoso obtido, dentre outros, o sistema utiliza lógica fuzzy para fornecer o suporte à tomada de decisão. Assim, os dados de entrada são fuzzificados<sup>6</sup> e conseqüentemente inferidos por diferentes métodos, como centro de gravidade, centro de área ou máxima média. A defuzzificação<sup>7</sup> resulta em uma variável chamada “Aptidão”, que fornecerá ao técnico uma resposta se o processo tende à ser deferido, indeferido ou se deverá gerar pendências.

A determinação das variáveis de entrada e saída, bem como suas funções de pertinência, é resultado do estudo em conjunto da legislação estadual por analistas e pesquisadores da Embrapa e técnicos do Imasul.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi criar um módulo de suporte à tomada de decisão para processos de licenciamento ambiental cadastrados no SISLA, com o intuito de fornecer ao técnico do governo estadual uma análise baseada em dados georreferenciados que permitem o cálculo da distância e verificação de intersecção de áreas solicitantes de licenciamento ambiental com áreas protegidas pelo governo estadual.

## 3. MATERIAL E MÉTODOS

O SISLA foi todo concebido com a utilização de *software* livre. A base de dados do SISLA utiliza o Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL, com sua extensão espacial PostGIS, capaz de realizar operações com dados georreferenciados. Para o desenvolvimento da aplicação, foram utilizados o servidor de mapas MapServer (MAPSERVER, 2011), manipulado dinamicamente a partir do *framework* PHPMapsript, o software para criação de interface de sistema de informação geográfica para Web i3Geo (GOVERNO ELETRONICO, 2011), e a linguagem de programação PHP. O módulo de suporte à decisão, incluído na funcionalidade de análise técnica de processos de licenciamento ambiental, foi desenvolvido

---

<sup>6</sup>Fuzzyficação: conversão de entrada numérica em conjuntos difusos.

<sup>7</sup>Defuzzyficação: conversão de um conjunto fuzzy em um valor numérico.

utilizando a linguagem de programação Java, a partir da biblioteca FuzzyGen (LIMA; MASSRUHÁ, 2009), desenvolvida pela Embrapa Informática Agropecuária.

Para essa primeira etapa do projeto, foram escolhidos quatro tipos diferentes de processos de licenciamento ambiental: Aproveitamento de Material Lenhoso, Carvoejamento, Regularização de Reserva Legal e Supressão Vegetal. Em estudos realizados por técnicos da Embrapa e do Imasul verificou-se que algumas variáveis relacionadas à distância entre áreas deveriam ser utilizadas como entradas em todos os processos. Além disso, se cada medida de distância fosse considerada, teríamos um total de oito variáveis, tornando a modelagem e fuzzificação destas bastante complexas. Desse modo, as oito medidas de distância foram distribuídas em apenas três variáveis descritas conforme a Tabela 1:

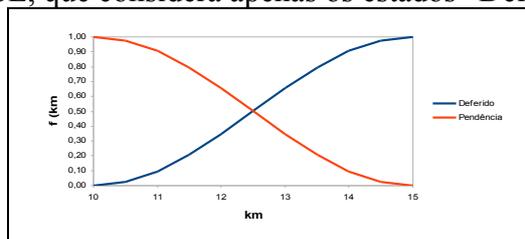
**Tabela 1 - Variáveis de entrada selecionadas**

Nome	Descrição	Mínimo	Máximo	Unidade
DISTTI	Distância Mínima de Terras Indígenas	0	$\geq 15$	km
DISTCE	Distância Mínima de Corredores Ecológicos, Áreas Prioritárias, Encrave Florístico, Florestas, APAS ou RPPN	0	$\geq 15$	km
DISTUC	Distância de Unidades de Conservação	0	$\geq 15$	km

O termo “Distância Mínima”, presente nas três variáveis acima descritas, corresponde a menor distância do polígono que identifica a área solicitante de licenciamento ambiental com relação a área de todos os polígonos que identificam as entidades descritas. O cálculo dessas distâncias é realizado a partir de funções disponibilizadas pelo PostGIS, utilizando-se dados reais da base de dados do SISLA.

Outras variáveis de entrada foram consideradas em alguns dos processos. Para processos de Supressão Vegetal, por exemplo, foram consideradas como entrada a Distância do Bioma Mata Atlântica, obtida também da base de dados do SISLA, bem como o volume de material lenhoso que será obtido. Para todas essas variáveis, a fuzzificação foi dividida em três possíveis valores para o estado do processo: “Deferido”, “Indeferido” e “Pendência”.

De acordo com as normas definidas pelo governo estadual, a distância da área solicitante de licenciamento ambiental em relação a áreas protegidas pelo governo estadual, como Terras Indígenas, Áreas Prioritárias, Unidades de Conservação, entre outras, quando calculada entre 0 (significando intersecção) e 15km, pode gerar pendências ao processo de licenciamento. Levando-se em conta essa regra, e o trabalho de Samizava et al. (2008), verificou-se que para as variáveis referentes à distância deveria ser considerada a função Sigmoidal como função de pertinência, onde valores de distância maiores ou iguais a 15 km devem resultar em processos com estado “Deferido”. Para valores entre 0 e 15 km, e utilizando-se a função Sigmoidal, a possibilidade do processo estar no estado “Deferido” aumenta de acordo com o aumento da distância, e a possibilidade do processo estar no estado “Indeferido” ou “Pendência” aumenta de acordo com a diminuição da distância. A Figura 1 mostra a função Sigmoidal para a variável de entrada DISTCE, que considera apenas os estados “Deferido” e “Pendência”.



**Figura 1 – Função de pertinência – Variável DISTCE**

Finalmente, foi definida uma variável única de saída para todos os processos, denominada “Aptidão”. Essa função de saída foi fuzzificada utilizando-se uma função Trapezoidal, com as possíveis saídas “Indeferido”, “Deferido” e “Pendência” conforme a Figura 2:

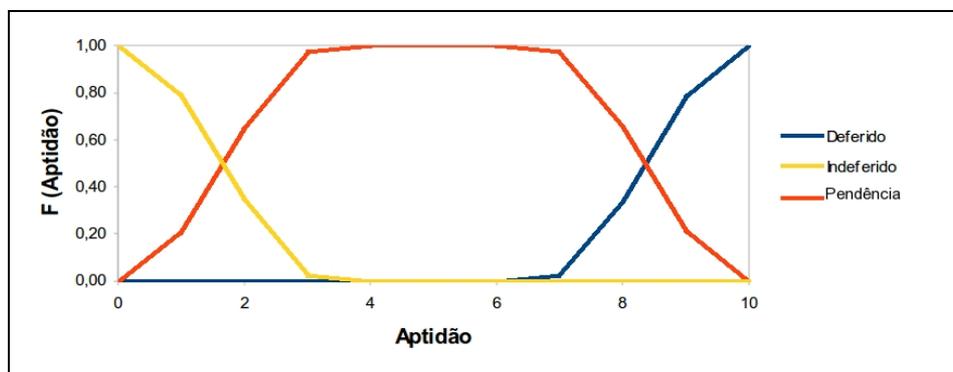


Figura 2 – Função de Pertinência - Aptidão

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns testes vem sendo realizados pelos técnicos do IMASUL utilizando-se uma base real de processos de licenciamento ambiental. As Figuras 3 e 4 mostram, respectivamente, os resultados de inferência de uma variável de entrada e da variável de saída em um processo de Regularização de Reserva Legal, utilizando o método de defuzzificação “Centro de Gravidade”.

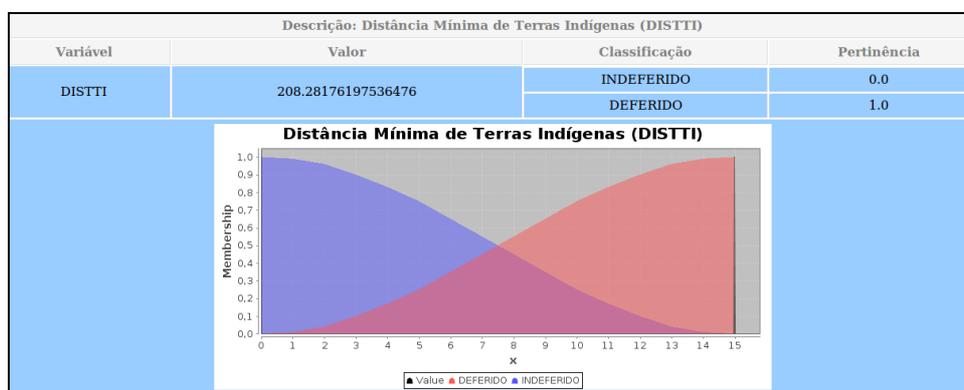


Figura 3 – Inferência – DISTTI

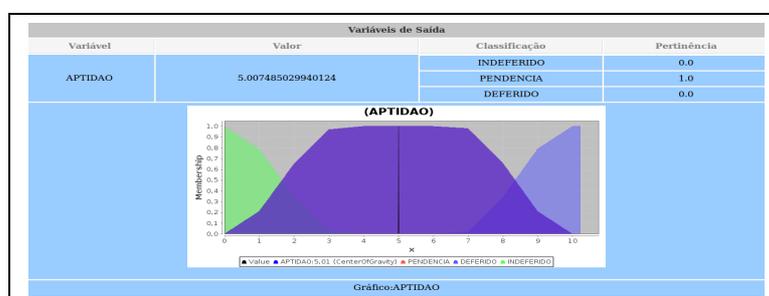


Figura 4 – Defuzzificação da variável de saída “Aptidão”

O resultado obtido nesse teste mostra, a partir da Figura 3, que a área analisada está a aproximadamente 208 km da terra indígena mais próxima. Analisando-se apenas essa variável, o processo poderia ser considerado como “Deferido”, pois apenas a intersecção com áreas indígenas causa o indeferimento do processo. No entanto, ao se analisar outra variável,

como a “Distância de Áreas Prioritárias” consideradas pelo governo estadual, verifica-se que a área solicitante de licenciamento ambiental intercepta uma área considerada como de prioridade extremamente alta, o que causaria o indeferimento do processo. Analisando-se a composição dessas duas variáveis, bem como de outras consideradas nessa análise, o sistema indica ao usuário que o processo deverá gerar pendências que devem ser analisadas para que o mesmo seja, em um segundo momento, deferido ou indeferido. Portanto, de acordo com o Figura 4, o processo deverá ser colocado no estado “Pendência”.

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

As variáveis utilizadas no modelo descrito nesse trabalho se mostraram relevantes para fornecer um suporte à tomada de decisão aos técnicos do governo estadual com relação ao licenciamento ambiental, de acordo com os testes realizados até o momento. No entanto, a criação de mais variáveis de entrada a partir da separação de variáveis referentes à distância que foram agrupadas, bem como a inclusão de novas variáveis não incluídas nessa versão, podem fornecer uma análise automática mais precisa quanto ao deferimento dos processos. Em uma nova etapa de desenvolvimento essas variáveis podem ser acrescentadas, causando o aumento do número de regras de inferência para o processo.

## 6. REFERÊNCIAS

**GOVERNO ELETRONICO.** Governo disponibiliza solução para acesso e integração de dados geográficos. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/noticias-e-eventos/noticias/governo-disponibiliza-solucao-para-acesso-e-integracao-de-dados-geograficos>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

LIMA, H. P.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. **Sistema FuzzyGen: manual do usuário.** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2009. 24 p. (Embrapa Informática Agropecuária. Documentos, 96).

**MAPSERVER.** MapServer 5.6.5 Documentation. Disponível em: <<http://www.mapserver.org>>. Acesso em: 20 mai. 2011.

SAMIZAVA, T. M.; KAIDA, R. H.; IMAI, N. N.; NUNES, J. O. R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no município de Presidente Prudente - SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, p. 43-55, 2008.

SPERANZA, E. A.; SILVA, J. dos S. V. da. Ferramenta computacional para auxílio à análise técnica de processos de licenciamento ambiental utilizando geotecnologias. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 3., 2010, Cáceres, MT. **Anais...** Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; São José dos Campos: INPE, 2010. p. 867-876.

VENDRUSCULO, L. G. ; ARAUJO, L. B. ; NAGLIATI, M. M. ; Silva, J. dos S. V. . Sistema de Busca Avançada de dados espaciais voltados ao licenciamento ambiental do Estado do Mato Grosso do Sul. **Geografia e pesquisa** (UNESP. Ourinhos), v. 34, p. 769-782, 2009.