

Ambiental Web: Sistema Especialista para Apoio à Avaliação de Processos de Licenciamento Ambiental

Luciano Rosa de Almeida, Sidnei Renato Silveira, Guilherme Bernardino Cunha

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – Centro de Educação Superior Norte do RS (CESNORS) – Frederico Westphalen – RS – Brasil

lucralm@gmail.com, sidneirenato.silveira@gmail.com

Resumo. *O licenciamento ambiental é um dos primeiros passos para a implantação de empreendimentos e desenvolvimento de atividades que podem trazer algum impacto potencialmente causador de significativa degradação do meio ambiente. Devido à complexidade e diversidade de casos que as leis ambientais brasileiras abrangem, desenvolvemos o Ambiental Web, um sistema especialista que fornece suporte às decisões de técnicos e fiscais ambientais para que suas ações estejam amparadas pela legislação ambiental vigente, no contexto do licenciamento ambiental florestal.*

Palavras-Chave: *Licenciamento ambiental, Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas*

Abstract. *Environmental licensing is one of the first steps for the implementation of projects and development activities that can bring some potentially causing impact of significant degradation of the environment. Because of the complexity and diversity of cases that Brazilian environmental laws cover, we developed the Ambiental Web, an expert system that provides support in technical decisions and environmental tax so that their actions are supported by current environmental legislation in the context of forest environmental licensing.*

Keywords: *Licensing environment, Artificial Intelligence, Expert Systems*

1. Introdução

O processo de licenciamento ambiental é um procedimento administrativo que mede o impacto que um empreendimento poderá trazer ao meio ambiente, buscando ao máximo a redução dos impactos negativos que as atividades utilizadoras de recursos naturais e potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental. O conhecimento da legislação e de aspectos importantes das normas legais relacionadas a unidades de conservação é um importante instrumento para a proteção das espécies de árvores. As leis são muito abrangentes, alcançando os mais diversos temas ambientais. A literatura em geral trata de temas, na maioria das vezes, direcionados especificamente a determinadas áreas (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009).

Neste contexto, desenvolvemos o Ambiental Web, uma ferramenta que auxiliará na análise prévia e automatizada do processo de corte eventual de árvores, instituindo na sua base de conhecimento princípios, fixando objetivos e normas básicas para a proteção do meio ambiente, estabelecidos na lei, de cada localidade, observando as demais normas estaduais e federais. Acreditamos que, com a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial, por meio da implementação de um protótipo de

Sistema Especialista, seja possível apoiar os técnicos da área ambiental nos processos que envolvem o licenciamento florestal para corte de árvores, respeitando a legislação vigente, em especial, na cidade de Frederico Westphalen – RS.

2. Referencial Teórico

A Inteligência pode ser definida como a capacidade de raciocinar, planejar, processar ideias, compreender linguagem e adquirir conhecimento. O conceito de Inteligência Artificial (IA) pode ser sintetizado, na capacidade do homem em desenvolver sistemas computacionais, que são capazes de simular o raciocínio humano, resumindo ser inteligente (FERNANDES, 2005; LORENZI; SILVEIRA, 2011).

Entre as ferramentas e técnicas existentes na IA, existem os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC). Os Sistemas Especialistas (foco deste trabalho) são uma das categorias de SBCs. Definimos SBCs como um programa que se comporta como um ser humano em um domínio específico do conhecimento. Um SBC é um programa que utiliza conhecimento representado explicitamente para resolver problemas, ou seja, são desenvolvidos para serem usados em situações em que é indispensável uma quantidade considerável de conhecimento e perícia na área (FERNANDES, 2005; LORENZI, SILVEIRA, 2011; REZENDE, 2003).

O que difere os SBCs dos sistemas convencionais é a capacidade de manipular o conhecimento armazenado na base de conhecimento e de possuir rotinas de inferência e questionamentos. O problema proposto deve estar explicitamente representando nessa base de conhecimento para que o sistema possa auxiliar na busca de soluções para o mesmo (FERNANDES, 2005).

A finalidade básica de um Sistema Especialista é simular o comportamento de um especialista em uma determinada área de conhecimento e elaborar respostas como se fosse um especialista humano (FERNANDES, 2005). Os SEs são caracterizados como programas computacionais que simulam a capacidade de especialistas humanos na resolução de problemas em determinadas áreas de conhecimento específicas, por meio de inferência lógica utilizando fatos e regras. O especialista humano fornece o conhecimento de como serão inseridas as informações e como devem ser processadas para determinadas saídas. Os especialistas em IA, com base nessas informações, implementam o conhecimento em programas, sempre com a supervisão analítica do especialista (FERNANDES, 2005; LUGER, 2004; REZENDE, 2003).

3. Estado da Arte

Nesta seção, apresentamos um comparativo entre o Ambiental Web e outros SEs que tratam de conhecimentos ligados à legislação. Como foram encontrados poucos trabalhos que abordam a implementação de SEs na área ambiental, estudamos também, SEs desenvolvidos para a área de Direito, que são os que mais se parecem com esta proposta, já que tratam de legislação. O quadro 1 apresenta um comparativo entre o SE proposto e os sistemas estudados nesta seção.

Após a análise dos trabalhos estudados, comparamos e observamos algumas semelhanças entre os sistemas. Todos utilizam a mesma técnica de IA e apresentam finalidades distintas, mas o que mais se parece com o sistema proposto é o Previndex, pois ambos tratam de temas específicos de determinada legislação.

Quadro 1. Comparativo entre os sistemas estudados

Característica	Previdex (ANSELMO; SILVEIRA, 2009)	Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra GIBOSHI (et. al, 2014)	SisDec (MARTINS JÚNIOR; VASCONCELOS , 2008)	<i>Ambiental Web</i>
Finalidade do sistema	Consulta em Direito Previdenciário	Cálculo de capacidade de uso do solo	Apoio à decisão em Direito Ambiental	Consulta em legislação ambiental
Técnica de IA utilizada	Sistema Baseado em Conhecimento: Sistema Especialista	Sistema Baseado em Conhecimento: Sistema Especialista	Sistema Baseado em Conhecimento	Sistema Baseado em Conhecimento: Sistema Especialista
Tipo de aplicação	<i>Web</i>	<i>Desktop</i>	<i>Desktop</i>	<i>Web</i>
Forma de Representação do Conhecimento	Regras de Produção	Representação lógica	Representação lógica	Regras de Produção
Tecnologias para Implementação	PHP com banco de dados MySQL	Visual Basic 5	Prolog	PHP com banco de dados MySQL
Permite a Manutenção da base de conhecimento	Sim, as regras podem ser manipuladas.	Não, apenas executa as regras pré-estabelecidas	Não, apenas executa as regras pré-estabelecidas	Sim, as regras poderão ser manipuladas.

4. Solução Implementada

O Ambiental Web é um protótipo de SE, visando auxiliar na análise de informações, proporcionando mais agilidade aos profissionais da área ambiental com especial interesse na obtenção de licenças ambientais florestais, seja em propriedades particulares ou em áreas de passeio público. As informações que compõem a base de conhecimento do SE compreendem as legislações ambientais nas esferas Municipal, Estadual e Federal, sob o ponto de vista e conhecimento do analista técnico ambiental.

Com a finalidade de facilitar o entendimento da área do conhecimento envolvida e, conseqüentemente, encontrar a melhor maneira de representar o conhecimento em um SE, é fundamental identificar a forma como o especialista do domínio tratará as informações. Para isso é necessário seguir a linha de raciocínio do profissional. Sendo assim, por meio de entrevistas realizadas com um especialista da área de legislação ambiental, verificamos que as regras de produção seriam a forma mais adequada para o desenvolvimento do Ambiental Web, visto que o especialista utiliza-se do raciocínio “se...condições... então... conclusões e ações.” para chegar a um parecer técnico sobre as licenças ambientais.

Na implementação do protótipo aqui apresentado tratamos apenas de um tipo de requerimento, que é a emissão de Alvará de Licenciamento Florestal para corte eventual de árvores. Segundo o Departamento de Meio Ambiente da Prefeitura de Frederico Westphalen-RS, este tipo de requerimento corresponde a mais de 50% da demanda de pedidos de licença. Para facilitar o entendimento da área do conhecimento envolvida, contamos com um especialista, Técnico do Departamento de Meio Ambiente, responsável pela fiscalização, laudos e licenças ambientais na

Secretaria de Meio Ambiente de Frederico Westphalen-RS, que acompanhou o desenvolvimento do Ambiental Web. Com o apoio deste especialista, foram criados fluxogramas que delimitaram o domínio do sistema, permitindo a construção da base de conhecimento e definição do mecanismo de inferência do SE. A base de conhecimento foi modelada por meio de um modelo ER (Entidade-Relacionamento). A Figura 1 apresenta o modelo ER do SE implementado, destacando-se:

- Tabela especies, que armazena as espécies vegetais com nome científico, nome comum e categoria;
- Tabela categorias, onde são armazenadas as informações fornecidas pelos técnicos em conformidade com a legislação para identificar as regra na base de conhecimento;
- Tabela justificativa, que armazena as informações fornecidas pelos técnicos em conformidade com a legislação, com identificador da regra de corte de árvore correspondente na base de conhecimento;
- Tabela regras_reps, que armazena as informações fornecidas pelos técnicos em conformidade com a legislação em relação à reposição das espécies, com identificador da regra correspondente na base de conhecimento;
- Tabela requerimentos, que armazena as informações da solicitação do pedido referente ao consulta de licença ambiental, como dados pessoais do requerente, informações de localização da propriedade;
- Tabela itens_requerimento: tabela relacionada com a tabela requerimentos, que tem a função de armazenar os itens que compõem o questionário de requerimento relacionada com a tabela espécies.

O processo de inferência foi implementado no código-fonte do SE, por meio da consulta às regras definidas na base de conhecimento. O especialista ou o usuário final, a partir do cadastro dos requerimentos, dispara o processo de inferência. Esse processo funciona por meio da comparação de todos os dados recebidos no requerimento, com as regras cadastradas. As regras são compostas de itens pré-definidos pelo especialista que, a partir do seu conhecimento técnico, informa ao sistema quais espécies de árvores são vulneráveis, quais requisitos são necessários, a lei e as justificativas que dão suporte ao corte, a quantidade e tipos de espécies de mudas que devem ser repostas. Como ponto de partida para implementar o processo de inferência, usamos os fluxogramas (roteiros) elaborados em conjunto com o especialista. A figura 2 apresenta, de forma gráfica, como funciona o processo de inferência no Ambiental Web.

Para desenvolver o Ambiental Web utilizamos a linguagem de programação PHP, o gerenciador de Banco de dados Mysql para armazenar a base de conhecimento e o framework Bootstrap, que contém diversos componentes visuais desenvolvidos com CSS (Cascade Style Sheet) e bibliotecas implementadas em JavaScript. Para instalar o SE, faz-se necessário um servidor web que suporte as tecnologias citadas.

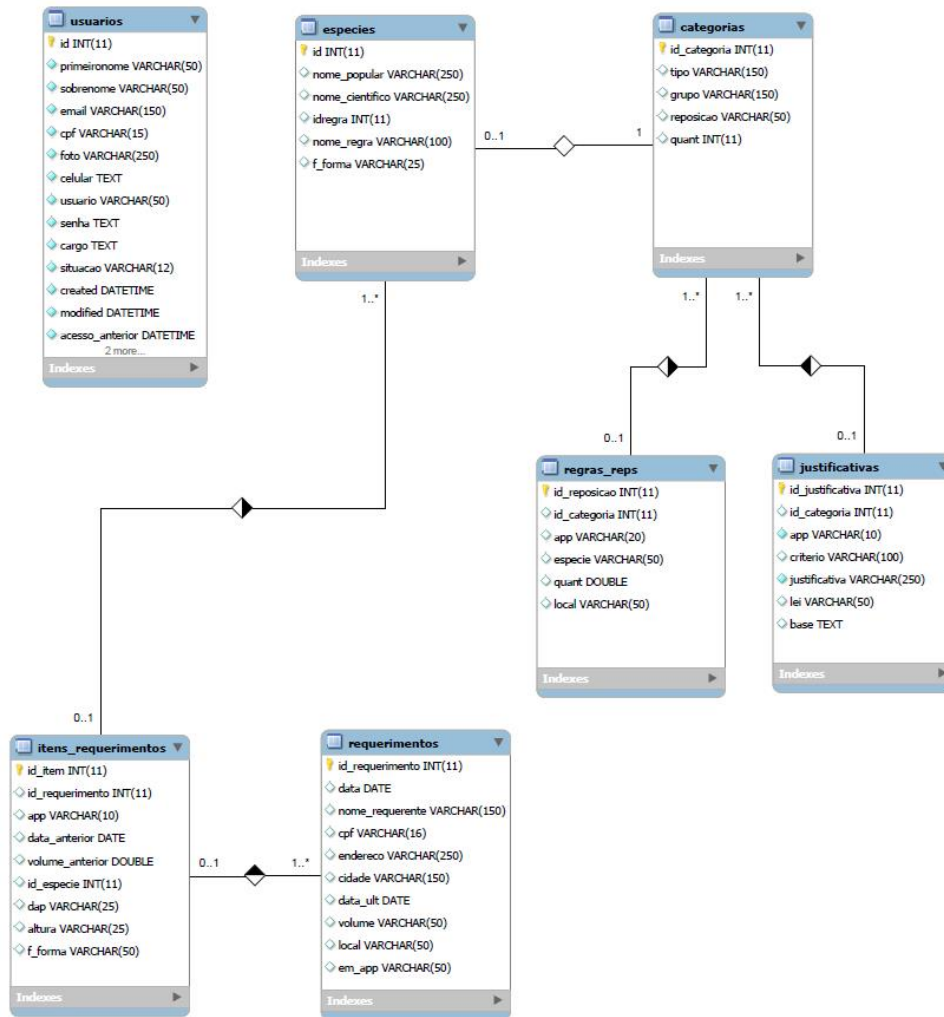


Figura 1: Modelo ER do Ambiental Web (Fonte: Dos Autores, 2015)

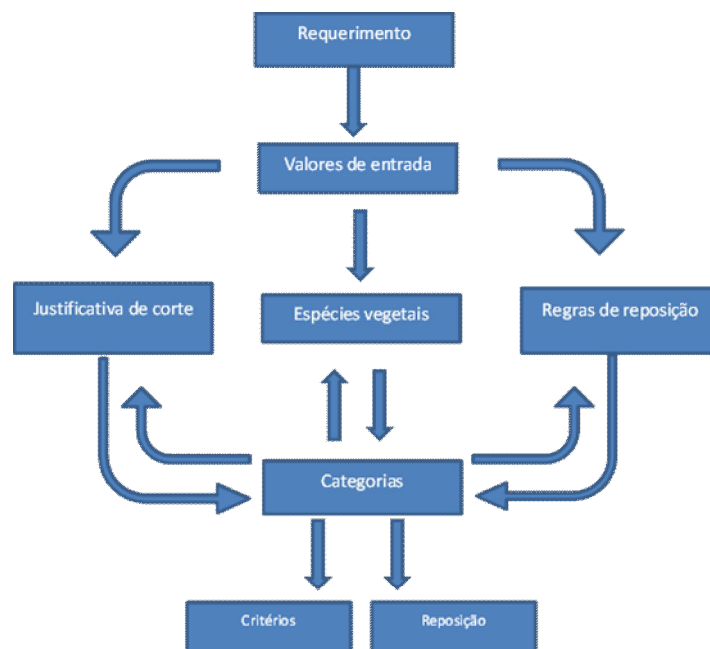


Figura 2: Processo de Inferência do Ambiental Web (Fonte: Dos Autores, 2015)

Para demonstrar as funcionalidades implementadas no Ambiental Web, escolhemos algumas das telas que apresentam as principais tarefas que podem ser desenvolvidas com apoio do SE implementado. A Figura 3 apresenta a interface para que o especialista faça o cadastro de regras de corte e de reposição de árvores.

REGRAS DE CORTE				
#	Em APP *	Critério	Justificativa	
5	Sim	Técnico	dsadsa	Excluir
6	Sim	Técnico	sdfsdf	Excluir

* Reserva legal ou área de preservação permanente

REGRAS DE REPOSIÇÃO					
#	Em APP *	Local	Reposição de	Quantidade a ser reposta	
6	Não	Particular	Mesma espécie	15	Excluir
12	Sim	Passo público	Qualquer espécie	15	Excluir

* Reserva legal ou área de preservação permanente

Figura 3: Cadastro de Regras de Corte e de Regras de Reposição

(Fonte: Dos Autores, 2015)

As regras de corte são justificadas com base legal, destacando em que hipóteses são admitidas o corte de determinada categoria de árvore. Com relação às regras de reposição, são definidas quantas mudas deverão ser repostas e se deverão ser da mesma espécie ou se podem ser de espécies variadas. Após as telas relacionadas à manutenção da base de conhecimento (categorias, regras de reposição, regras de corte e espécies), apresentamos a tela a partir da qual é realizado um requerimento, que irá disparar o processo de inferência do SE. Por meio do formulário apresentado na Figura 4, o requerente informa os dados pessoais e de localização da propriedade onde estão as espécies que pretende cortar. Após, é preciso adicionar as espécies de árvores que serão cortadas.

Para informar as espécies, o usuário deve adicionar as espécies de árvores para corte, com base no cadastro de espécie que já estão pré-cadastradas no banco de dados. É preciso informar a espécie, o DAP (diâmetro na altura do peito) e a altura de cada árvore. O relatório (resultado do processo de inferência - Figura 5) apresenta as informações de dados pessoais do solicitante, localização da propriedade e a lista de espécies solicitadas para corte, trazendo as justificativas com as regras de corte e as regras de reposição, incluindo a quantidade e quais espécies de mudas devem ser repostas.

Após a implementação do Ambiental Web, foram realizados testes em situações reais do cotidiano. Para tanto, os técnicos ambientais da Prefeitura de Frederico Westphalen buscaram resultados de pareceres redigidos de forma manual e compararam com os resultados do sistema. Para refinar os resultados, os especialistas puderam modificar regras já existentes na base de conhecimento, além de criar novas regras, até conseguirem um resultado satisfatório.

ADICIONAR ESPÉCIE

Selecione a espécie DAP Altura

ESPÉCIES DE ÁRVORES

Nome popular / científico	DAP	Altura	volume	Regra	fator	
Araucária / Araucária angustifolia	0.85	20	9.92534375	NATIVA - AMEAÇADAS	0.875	<input type="button" value="Excluir"/>
Grápia / Apuleia leiocarpa	0.78	12	5.014737000000001	NATIVA - AMEAÇADAS	0.875	<input type="button" value="Excluir"/>
Angico vermelho / Parapiptadenia rigida	0.5	12	2.060625	NATIVA - COMUM	0.875	<input type="button" value="Excluir"/>

* Reserva legal ou área de preservação permanente

Ambiental Web © 2015

Figura 4: Requerimento - Espécies (Fonte: Dos Autores, 2015)

REGRAS DE CORTE

Para as seguintes espécies 'NATIVA - AMEAÇADAS' é necessário obedecer as seguintes regras para corte:

Critérios Legal: Implantação de obras ou atividades de interesse público ou social

Conforme descrito na legislação supra citada existe previsão legal para manejo.

Para as seguintes espécies 'NATIVA - COMUM' é necessário obedecer as seguintes regras para corte:

Critérios Legal: Risco de queda

Com base na Lei Federal 12651

Critérios Legal: Implantação de obras ou atividades de interesse público ou social

Lei Federal 12651, Lei do Estado Rio grande do Sul - 9519

REGRAS DE REPOSIÇÃO

Para as seguintes espécies NATIVA - COMUM é necessário reposição das seguintes espécies:

15 mudas de qualquer espécie

Para as seguintes espécies NATIVA - AMEAÇADAS é necessário reposição das seguintes espécies:

15 mudas de Grápia (*Apuleia leiocarpa*)

Para as seguintes espécies NATIVA - AMEAÇADAS é necessário reposição das seguintes espécies:

15 mudas de Araucária (*Araucária angustifolia*)

Figura 5: Conclusão do Processo de Inferência (Fonte: Dos Autores, 2015)

5. Considerações Finais

Acreditamos que os objetivos do trabalho foram alcançados, pois realizamos um estudo sobre as técnicas referentes a sistemas especialistas e legislação ambiental em específico sobre o corte de árvores. A partir dessas informações e conhecimento do domínio e auxílio do especialista, modelamos a base de conhecimento e a forma como definimos o processamento das informações para obter as saídas necessárias, bem como implementamos e validamos um protótipo do SE proposto, o Ambiental Web.

Entre as dificuldades encontradas, destacamos o pequeno número de SEs existentes na área ambiental. Como existem poucos exemplos de SEs implementados

no domínio proposto tivemos que nos basear em outros domínios que utilizam as mesmas técnicas para realizar um estudo comparativo.

O Ambiental Web traz, como principal benefício, o acesso a informações de forma rápida e precisa para que, mesmo que com pouca experiência, técnicos e profissionais com interesse e conhecimento do domínio, consigam avaliar sem dificuldades a maior parte das questões com relevância sobre os processos de licenciamentos florestais.

Como trabalhos futuros propomos a implementação de novos tipos de requerimentos, com regras específicas a outras atividades, tais como licença ambiental para instalação de empresas ou licença para atividades rurais. Acreditamos que, ao disponibilizar um SE permitindo a automatização de tarefas, conseguimos trazer benefícios como redução do tempo e precisão na tomada de decisões do profissional da área ambiental, o que contribui para uma prestação de serviço de maior qualidade ao público, já que o protótipo foi implementado visando o atendimento na Prefeitura de Frederico Westphalen - RS.

Referências

- ANSELMO, M. P. A.; SILVEIRA, S. R. (2009) Preindex: Sistema Especialista para a área de Direito Previdenciário. Disponível em: <http://www.uniritter.edu.br/graduacao/informatica/sistemas/downloads/tcc2k9/TC CII_MarcosPaulo_2009_2.doc>. Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Sistemas de Informação. Porto Alegre: UniRitter. Acesso em: 20 jun 2014.
- FERNANDES, A. M. R. (2005) Inteligência Artificial: noções gerais. Florianópolis: Visual Books.
- GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A.; LOMBARDI NETO, F. (2004) Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662006000400012&script=sci_arttext>. Acesso em jun., 2014.
- LORENZI, F.; SILVEIRA, S. R. (2011) Desenvolvimento de Sistemas de Informação Inteligentes. Porto Alegre: UniRitter.
- LUGER, G. F. (2004) Inteligência artificial: estruturas e estratégias para a resolução de problemas complexos. 4. ed. Porto Alegre: Bookman.
- MARTINS JUNIOR, P. P.; VASCONCELOS, V. V. (2008). Protótipo de sistema especialista para auxílio à decisão em direito ambiental: situações de desmatamentos rurais. Disponível em: <<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/climatologia/article/view/1789/2206>>. Acesso em: 24 jun. 2009.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2009) Caderno de Licenciamento Ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/ultimo_caderno_pnc_licenciamento_caderno_de_licenciamento_ambiental_46.pdf>. Acesso em abr. 2014.
- REZENDE, S. O. (Coord.). (2003). Sistemas Inteligentes: fundamentos e aplicações. Barueri: Manole.