

## **Sistema especialista para o domínio do Licenciamento Ambiental: estudo de caso com Shell Expert Sinta**

### **Specialist system for the domain of Environmental Licensing: case study with Shell Expert Sinta**

DOI:10.34117/bjdv7n1-289

Recebimento dos originais: 17/12/2020

Aceitação para publicação: 12/01/2021

#### **José Damiano de Melo**

Doutorando em Difusão do Conhecimento  
Faculdade de Educação – UFBA

Endereço: Av. Reitor Miguel Calmon, S/N. Canela. Salvador – BA

E-mail: damiaomelo@gmail.com

#### **Alvaro Luis Enrique Adriazola Uribe**

Doutorando em Difusão do Conhecimento  
Faculdade de Educação – UFBA

Endereço: Av. Reitor Miguel Calmon, S/N. Canela. Salvador – BA

E-mail: alvaro.adriazola.uribe@gmail.com

#### **Daniel Antonio de Jesus Melo**

Graduando em Engenharia Eletrônica  
Universidade Federal de Sergipe

Endereço: Av. Mal. Rondon, S/N, São Cristovão – SE

E-mail: daniel@jesusmelo.com.br

#### **Mikaele Costa Mendonça**

Graduanda em Sistemas de Informação  
Universidade Federal de Sergipe

Endereço: Av. Mal. Rondon, S/N, São Cristovão – SE

E-mail: mikaelemendonca@gmail.com

#### **Ubirajara Rodrigues Xavier**

Especialista em Gestão Ambiental

Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Sustentabilidade – SEDURB

Endereço: Av. Prof. Heráclito Rollemberg. Aracaju – SE

E-mail: biraxavier@yahoo.com.br

#### **Valdenice de Jesus Melo**

Mestre em Educação Profissional e Tecnológica  
Instituto Federal da Bahia – IFBA

Endereço: Rua Araújo Pinho, 69. Canela. Salvador – BA

E-mail: nicejesus@gmail.com

**Patrick Henrique da Silva Brito**

Doutor em Ciência da Computação

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, S/N. Tabuleiro do Martins. Maceió - AL

E-mail: patrick@ic.ufal.br

**Evandro de Barros Costa**

Doutor em Engenharia Elétrica

Universidade Federal de Alagoas – UFAL

Endereço: Av. Lourival Melo Mota, S/N. Tabuleiro do Martins. Maceió - AL

E-mail: evandro@ic.ufal.br

**RESUMO**

Este documento busca relatar o processo de modelagem e a construção de um protótipo de sistema especialista no domínio do licenciamento ambiental, com a utilização do Shell Expert Sinta utilizando técnicas de inteligência artificial. Apresenta uma seção inicial com aspectos do campo da Inteligência Artificial, Sistemas Especialistas, do Shell Expert SINTA e a delimitação do Licenciamento Ambiental, em seguida os materiais e métodos do processo de modelagem e construção do protótipo e as conclusões e considerações acerca da pesquisa. Os sistemas baseados em conhecimento são o objeto deste estudo, através da modelagem e construção de um sistema especialista no domínio do Licenciamento Ambiental, quanto às ações executadas por Órgãos Públicos Estaduais, especificamente no enquadramento dos empreendimentos licenciáveis no âmbito da gestão do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Expert Sinta, Inteligência artificial, licenciamento ambiental, Sistemas especialistas

**ABSTRACT**

This paper show the modeling and the construction process of a prototype for a specialist system in the field of environmental licensing, using the Shell Expert Sinta supported by artificial intelligence techniques. It presents an initial section with aspects from the field of Artificial Intelligence, Expert Systems, Expert SINTA and the delimitation of Environmental Licensing, followed by the materials and methods of the prototype modeling and construction process and the conclusions and considerations about the research. Knowledge-based systems are the object of this study, through the modeling and construction of a specialist system in the field of Environmental Licensing, regarding the actions carried out by State Public Agencies, specifically our focus is located in the framework of licensable enterprises in the scope of environmental management.

**Keywords:** Expert Sinta, Artificial intelligence, environmental licensing, Expert systems

**1 INTRODUÇÃO**

A utilização inicial do termo Inteligência Artificial é atribuída a John MacCarthy, durante um workshop no Dartmouth College em 1956, evento que contou com a participação de Marvin Minsky, Newell e Simon, entre outros, onde a expressão Inteligência Artificial foi o termo adotado para designar o tipo de inteligência construída pelo homem para dotar a máquina de comportamentos inteligentes (Russel, 2008).

Considerando a abrangência do tema podemos elencar uma definição possível para Inteligência Artificial como o estudo e a modelagem de sistemas e dispositivos que visem um comportamento que permita simular as capacidades humanas de decidir, raciocinar, tomar decisões e resolver situações em que existam problemas.

Parte importante do campo da Inteligência Artificial, os sistemas baseados em conhecimento e em particular os sistemas especialistas, categoria de sistemas que resolvem problemas em um determinado domínio onde a presença de um especialista humano é necessária para sua solução, através da utilização de seu conhecimento tácito, explicitado na forma de regras.

São esses sistemas a base deste estudo, onde propomos a modelagem de um sistema especialista de domínio específico e sua validação mediante a construção de um protótipo aplicável ao domínio do Licenciamento Ambiental, especificados para as ações executadas por Órgãos Estaduais de Meio Ambiente - OEMA, emulando as ações do especialista no enquadramento dos empreendimentos licenciáveis,

A estrutura básica de um Sistema Especialista consta de três elementos: a base de conhecimento, responsável por representar o conhecimento do especialista através de regras, fatos e heurísticas; o motor de inferência é o elemento essencial aos sistemas especialistas, nele são aplicadas as regras obtidas na base de conhecimento para a solução dos problemas e a interface com o usuário, responsável por fazer a interface entre o usuário e o sistema. (Mendes, 1999)

Para Mendes (1999), existem alguns pré-requisitos que precisam ser atendidos para que o uso de sistemas especialistas seja adequado. A seguir elencamos alguns desses pontos, que de forma alguma são exaustivos quanto à temática:

- ✓ (...existência peritos que dominem o segmento do conhecimento que encerra o problema, pois é exatamente esse conhecimento que será o responsável direto pela resolução do problema; ...
- ✓ ...existência de tarefas que requeiram conhecimento de detalhes que, se esquecidos, provocam a degradação do desempenho;

- ✓ *existência de tarefas que demonstrem grandes diferenças entre o desempenho dos melhores e dos piores peritos;*
- ✓ *escassez de mão de obra especializada sobre o conhecimento requerido para a solução do problema...*

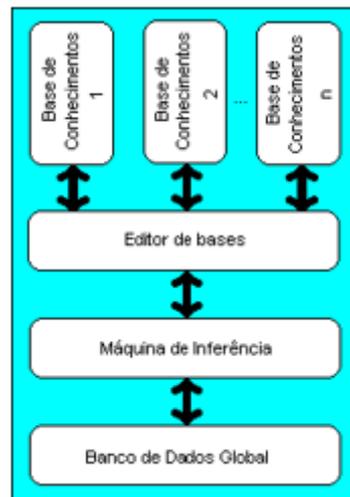
## 2 DESENVOLVIMENTO

O Shell Expert SINTA é fruto do trabalho do Grupo Sistemas Inteligentes Aplicados do Laboratório de Inteligência Artificial – LIA, um projeto conjunto da Universidade Federal do Ceará e da Universidade Estadual do Ceará. O Objetivo do Shell é a construção automática de sistemas especialistas através da utilização de técnicas de inteligência artificial, regras de produção e probabilidade para representar o conhecimento.

A construção de sistemas especialistas se dá pelo uso da máquina de inferência, construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras de produção e da utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada. Suas características principais são: Utilização do encadeamento para trás; Utilização de fatores de confiança; Ferramentas de depuração; Possibilidade de incluir ajudas on-line para cada base(Silva, et al, 2020).

Na figura 1 temos a representação esquemática da arquitetura do Shell, onde a base de conhecimentos é a representação do conjunto de informações que o especialista possui, construída computacionalmente através de fatos e regras; o editor de bases permite a construção das bases; a máquina de inferência responde pelas deduções a serem efetuadas sobre a base de conhecimentos e o banco de dados global apresenta quais são as evidencias apontadas pelos usuários do sistema especialista durante uma consulta. O Shell Expert SINTA objetiva simplificar ao máximo as etapas de criação de um sistema especialista.

Figura 1 – Estrutura Simplificada do Shell Expert Sinta



(Fonte: Manual Expert Sinta, LIA)

Sobre a base de conhecimento é importante destacar que no Expert SINTA o projetista deverá especificar as variáveis, regras, perguntas, variáveis objetivo e informações adicionais. Quando cada um destes conjuntos de atributos encontra-se definido, torna-se possível a utilização do sistema especialista.

O Licenciamento Ambiental é um Instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, estabelecida pela Lei nº 6.938/1981, cuja principal função é conciliar o desenvolvimento econômico com a conservação do meio ambiente. O Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, aprovou a Resolução CONAMA nº 237/97, onde está definido que o licenciamento ambiental é o “procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou daquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental, considerando as disposições legais e regulamentares e as normas técnicas aplicáveis ao caso.” (CONAMA, 2008)

No âmbito do Estado de Sergipe, a estrutura normativa que regulamenta o licenciamento ambiental é a resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CEMA 06/2008, que faz a definição de potencial poluidor degradador e a tipologia dos empreendimentos, classificando o primeiro como Baixo(B), Médio(M) ou Alto(A), e definindo os tipos de licenças como Prévia (LP), concedida na fase preliminar do

planejamento do empreendimento ou atividade, aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação; Instalação (LI), autoriza o início da instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos executivos aprovados e Licença de Operação (LO), que autoriza a operação da atividade, obra ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento das exigências das licenças anteriores (LP e LI), bem como do adequado funcionamento das medidas de controle ambiental, equipamentos de controle de poluição e demais condicionantes determinados para a operação. (CEMA, 2006)

A estratégia para a construção do Protótipo com o Shell Expert SINTA para o domínio de licenciamento ambiental teve como meta a obtenção de dois resultados essenciais na fase de enquadramento dos empreendimentos: a tipologia de licença a ser solicitada e qual o potencial poluidor degradador do empreendimento. Outro ponto importante no escopo deste trabalho está relacionado à definição de porte do empreendimento, que variam entre micro, pequeno, médio, grande e excepcional porte. Deriva-se dessa condição de porte, em associação com a atividade desenvolvida, o potencial poluidor e degradador da atividade que está passível de licenciamento. Neste contexto, as seguintes variáveis são definidas como objetivo para o Shell: área, atividade, Estágio, Tipo de Licença a ser Emitida e Potencial Poluidor Degradador.

Tabela 1 – Conjunto de Regras presentes no protótipo de sistema especialista

Nome	Regra
Regra 1	SE area <= 150 ENTÃO porte = Micro
Regra 2	SE area > 150 E area <= 1000 ENTÃO porte = Pequena
Regra 3	SE area > 1000 E area <= 5000 ENTÃO porte = Media
Regra 4	SE area > 5000 E area <= 10000 ENTÃO porte = Grande
Regra 5	SE area > 10000 ENTÃO porte = Excepcional

---

Regra 6	SE atividade = COMERCIO E SERVICOS OU atividade = AGROPECUARIA E atividade <> INDUSTRIA E Estagio <> Produção E porte = Pequena OU porte = Micro E porte = Grande E porte = Excepcional ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Baixo
Regra 7	SE atividade = AGROPECUARIA OU atividade = AQUICULTURA OU atividade = IMOBILIARIAS E Estagio <> Produção E porte <> Pequena ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Medio
Regra 8	SE atividade <> DESCONHECIDO E porte = Grande OU porte = Excepcional ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto
Regra 9	SE atividade = INDUSTRIA E porte <> DESCONHECIDO ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto
Regra 10	SE atividade <> DESCONHECIDO OU atividade = INDUSTRIA E porte = Excepcional OU porte = Grande ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto
Regra 11	SE Estagio = Planejamento E porte <> DESCONHECIDO ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Previa
Regra 12	SE Estagio = Produção E porte <> DESCONHECIDO E Potencial Poluidor Degradador <> DESCONHECIDO ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Operação
Regra 13	SE Estagio = Construção E porte <> DESCONHECIDO E Potencial Poluidor Degradador <> DESCONHECIDO ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Instalação

---

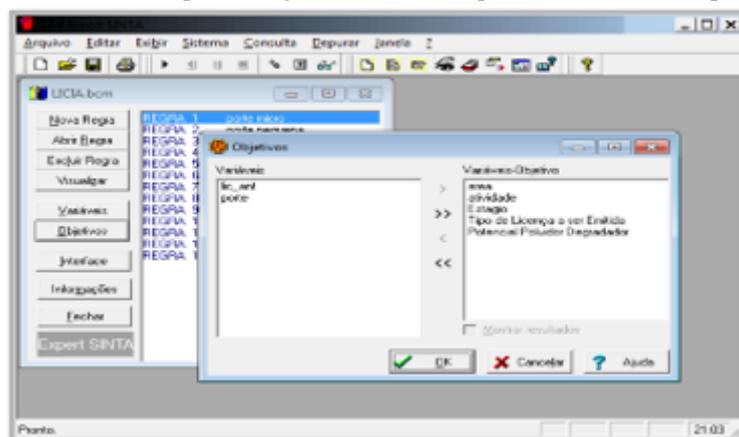
As regras utilizadas no protótipo seguiram o modelo Conectivo-Atributo-Operador-Valor. Foram criadas treze regras no sistema para atender ao escopo do Sistema Especialista, conforme tabela 1 acima, visando emular a ação do especialista humano do domínio, bem como quais seriam as variáveis que necessitariam de participação do usuário na resposta as perguntas, criando a interface com o usuário e as informações gerais do sistema. É solicitado ao usuário que forneça as informações particulares ao caso

que o sistema deverá analisar, fornecendo a área ocupada pelo empreendimento, sua atividade operacional e o estágio do empreendimento econômico.

Tabela 2 – Variáveis presentes no sistema especialista

Variáveis	Valores	Tipo
estagio	planejamento produção construção	univalorada
area		numérica
atividade	comercio e servicos imobiliarias agropecuaria indústria aquicultura	univalorada
lic_ant	univalorada	
porte	pequena grande micro media excepcional	multivalorada
potencial poluidor degradador	medio alto baixo	univalorada

Figura 2 – Interface para Criação do Sistema Especialista no Shell Expert Sinta



As regras utilizadas no sistema devem seguir o modelo Conectivo - Atributo-operator - valor, as quais estão especificadas a seguir:

### Regra 1

SE area <= 150

ENTÃO porte = Micro CNF 100%

**Regra 2**

SE area > 150

E area <= 1000

ENTÃO porte = Pequena CNF 100%

**Regra 3**

SE area > 1000

E area <= 5000

ENTÃO porte = Media CNF 100%

**Regra 4**

SE area > 5000 E area <= 10000

ENTÃO porte = Grande CNF 100%

**Regra 5**

SE area > 10000

ENTÃO porte = Excepcional CNF 100%

**Regra 6**

SE atividade = COMERCIO E SERVICOS

OU atividade = AGROPECUARIA

E atividade <> INDUSTRIA

E Estagio <> Produção

E porte = Pequena

OU porte = Micro

E porte = Grande

E porte = Excepcional

ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Baixo CNF 100%

**Regra 7**

SE atividade = AGROPECUARIA

OU atividade = AQUICULTURA

OU atividade = IMOBILIARIAS

E Estagio <> Produção

E porte <> Pequena

ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Medio CNF 100%

**Regra 8**

SE atividade <> DESCONHECIDO

E porte = Grande

OU porte = Excepcional

ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto CNF 100%

**Regra 9**

SE atividade = INDUSTRIA

E porte <> DESCONHECIDO

ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto CNF 100%

**Regra 10**

SE atividade <> DESCONHECIDO

OU atividade = INDUSTRIA

E porte = Excepcional

OU porte = Grande

ENTÃO Potencial Poluidor Degradador = Alto CNF 100%

**Regra 11**

SE Estagio = Planejamento

E porte <> DESCONHECIDO

ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Previa CNF 100%

**Regra 12**

SE Estagio = Produção

E porte <> DESCONHECIDO

E Potencial Poluidor Degradador <> DESCONHECIDO

ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Operação CNF 100%

**Regra 13**

SE Estagio = Construção

E porte <> DESCONHECIDO

E Potencial Poluidor Degradador <> DESCONHECIDO

ENTÃO Tipo de Licença a ser Emitida = Instalação CNF 100%

Finalmente foram definidos quais seriam as variáveis que necessitariam de participação do usuário na resposta as perguntas, criando a interface com o usuário e as informações gerais do sistema, conforme as duas imagens seguintes.

Fig. 6 – Definição de Variáveis com perguntas

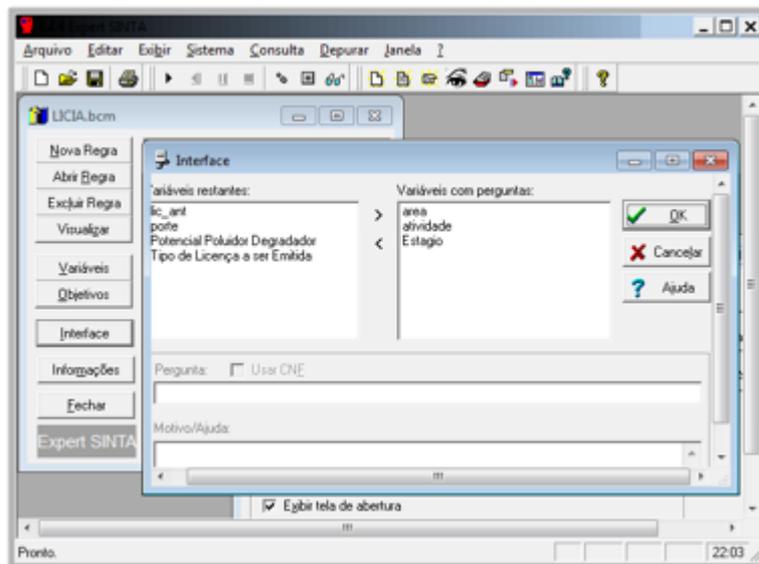
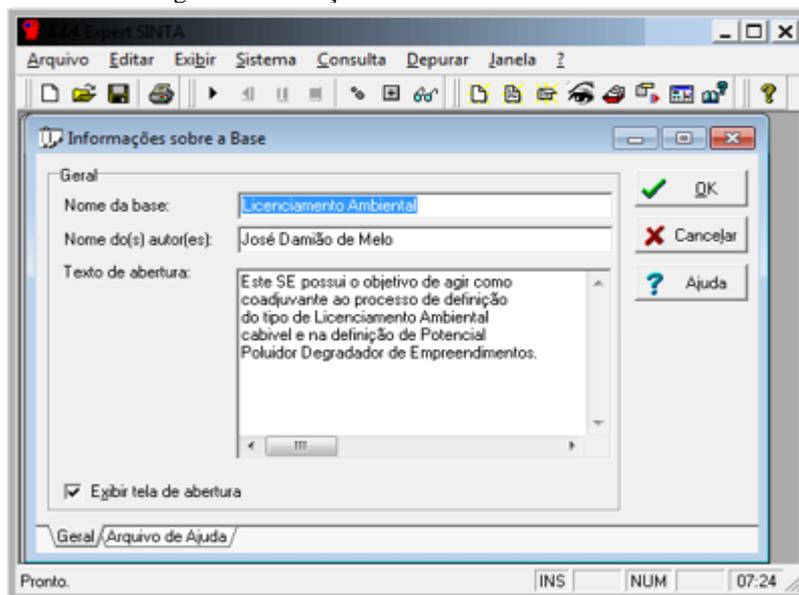
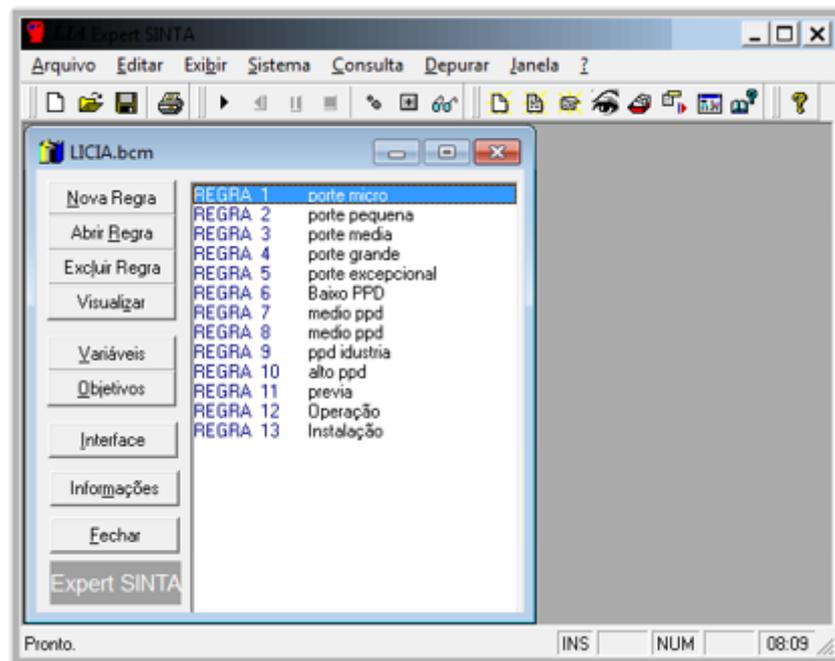


Fig. 7 – Informações Gerais do Sistema



Para executar uma consulta ao sistema, o usuário deverá acionar o botão iniciar, conforme destacado na figura seguinte:

Fig. 8 – Tela inicial do Expert SINTA



Após iniciar a consulta, a tela de abertura do sistema é apresentada, em seguida é solicitado ao usuário que forneça as informações particulares ao caso que o sistema deverá analisar, fornecendo a área ocupada pelo empreendimento, sua atividade operacional e o estágio do empreendimento econômico. Para exemplificar a ação do sistema, assumiremos que pretendemos licenciar um empreendimento que possui 1000 metros quadrados, com atividade industrial e na fase de planejamento.

Fig. 9 – Tela de abertura

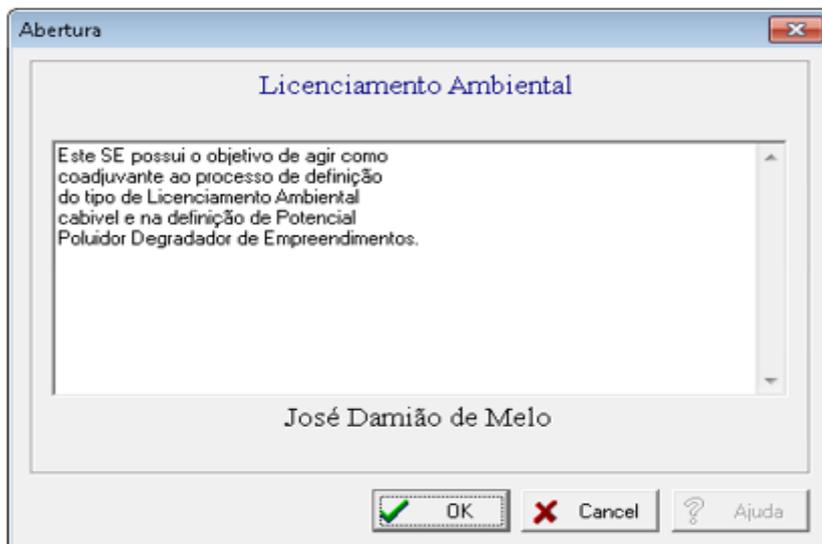
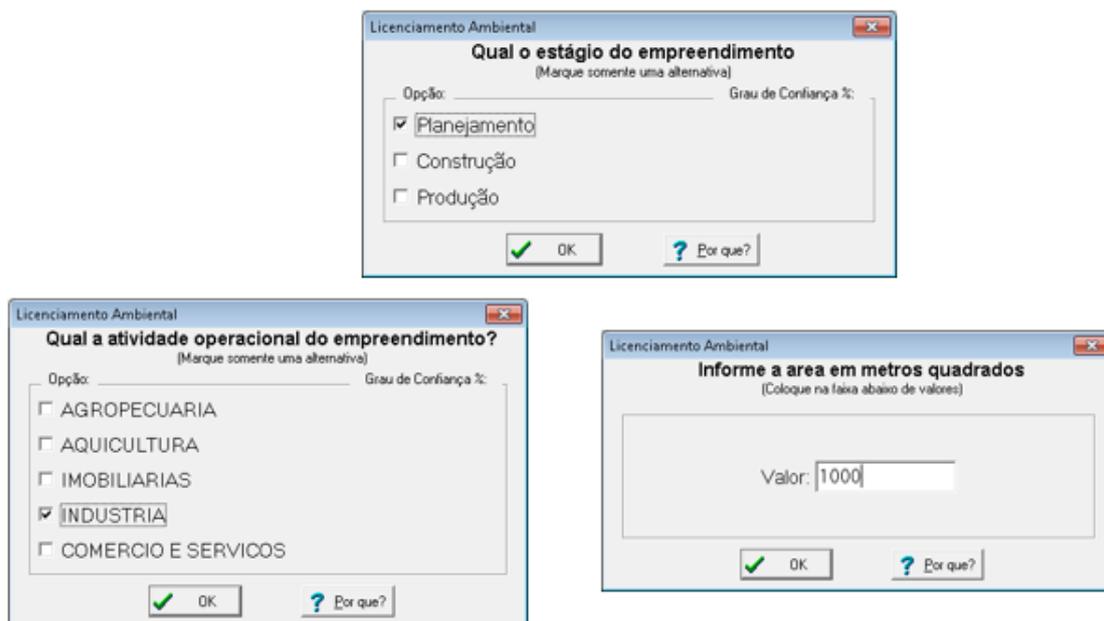
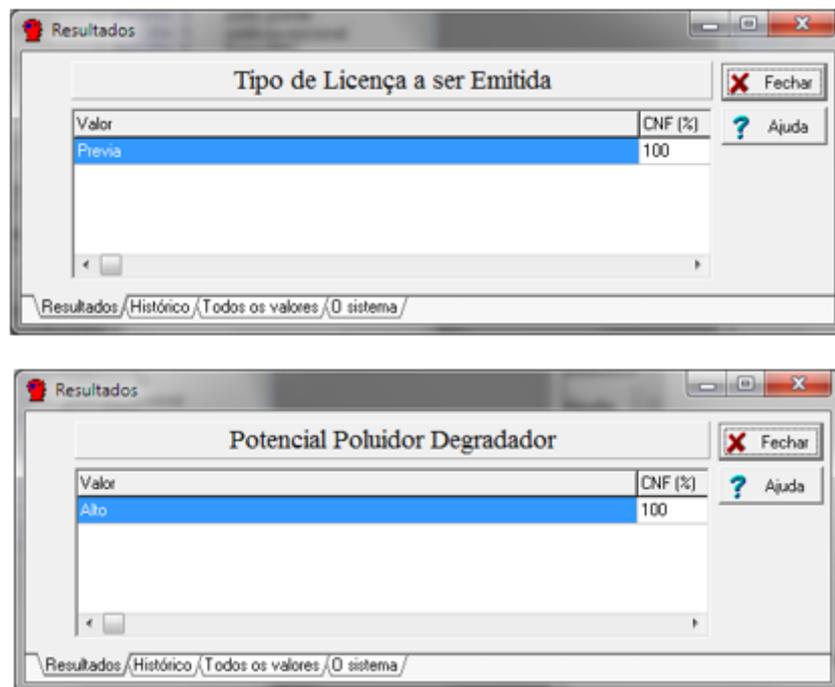


Fig. 10 – Telas de Coleta de Informações



Munido das informações fornecidas pelo usuário, o sistema fornece os dois resultados que são buscados em nosso protótipo: o tipo de licença a ser emitido e o potencial poluidor degradador da atividade.

Fig. 11 – Telas de Resultados



Além dos resultados, também está disponível para o usuário o histórico, que apresenta a árvore de pesquisa para os resultados obtidos, todos os valores que estão armazenados nas variáveis e todas as regras que fazem parte do sistema especialista. Estas informações permitem uma análise global de seu funcionamento, bem como visualmente pode-se acessar as principais condicionantes para os resultados obtidos, ampliando a capacidade do usuário do sistema.

Munido das informações fornecidas pelo usuário, o sistema fornecerá os dois resultados que são buscados em nosso protótipo: o tipo de licença a ser emitida e o potencial poluidor degradador da atividade a ser licenciada. Além dos resultados, também está disponível para o usuário o histórico, que apresenta a árvore de pesquisa para os resultados obtidos, todos os valores que estão armazenados nas variáveis e todas as regras que fazem parte do sistema especialista.

Estas informações permitem uma análise global de seu funcionamento, bem como visualmente pode-se acessar as principais condicionantes para os resultados obtidos, ampliando a capacidade do usuário do sistema, as figuras 3 e 4 abaixo elencam resultados obtidos com simulação de uso do protótipo.

Figura 3 – Árvore de pesquisa como resultado de consulta ao Sistema Especialista

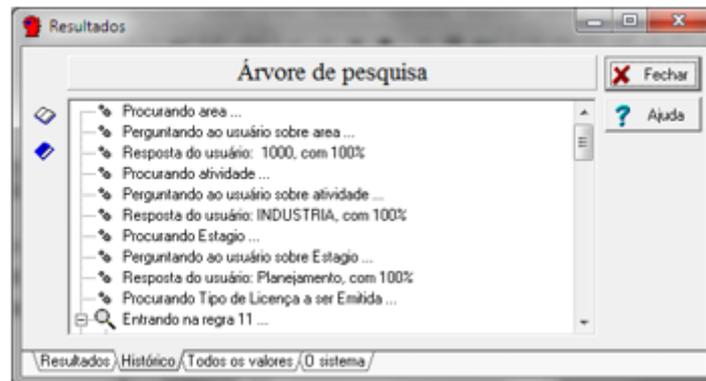
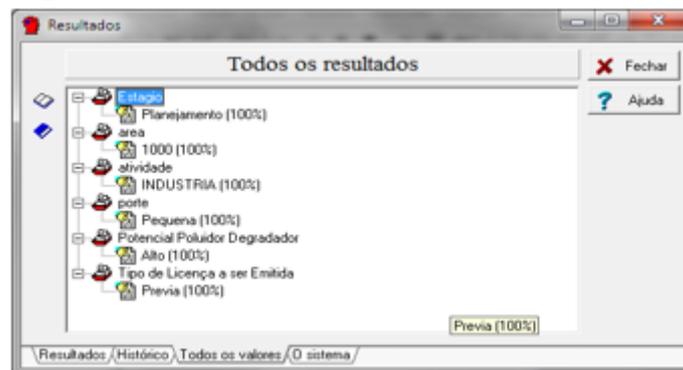


Figura 4 – Valores obtidos na consulta ao Sistema Especialista



### 3 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou um protótipo de sistema especialista para o domínio do licenciamento ambiental, buscando automatizar as tarefas de definição de tipologia de licença e do potencial poluidor degradador, utilizando o Shell Expert SINTA.

O sistema se aplica a classificação do potencial poluidor degradador e tipo de licenciamento a ser aplicado as atividades passíveis de licenciamento ambiental no âmbito do Estado de Sergipe, onde para os objetivos deste trabalho, considerando-se a construção do protótipo, efetuou-se um recorte que permitisse a demonstração e aplicabilidade de técnicas de inteligência artificial e por conseguinte a construção de sistemas especialistas no domínio.

O protótipo apresentou um desempenho satisfatório em testes iniciais e verificamos que a ferramenta Shell Expert SINTA se mostra adequada para a construção de sistemas especialistas e, considerando as limitações impostas ao protótipo, atendeu muito bem a proposta, tendo o protótipo de sistema especialista sido validado através de

entrevista com analistas responsável pelo enquadramento dos empreendimentos na Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA, órgão Estadual do Meio Ambiente em Sergipe responsável pelo licenciamento ambiental.

Finalmente, a multidisciplinaridade necessária à análise do processo de licenciamento ambiental por parte de órgãos do poder público se mostrou um domínio bastante adequado e promissor ao uso de elementos e técnicas para o desenvolvimento de sistemas de inteligência artificial e em particular de sistemas especialistas no domínio do licenciamento ambiental.

## **REFERÊNCIAS**

CEMA, Conselho Estadual do Meio Ambiente. “Resolução 006/2008 de 29 de julho de 2008”, Disponível em <<http://www.adema.se.gov.br/modules/tiny0/index.php?id=31>>. Acesso em 20 de julho de 2011.

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente. “Resoluções do Conama: resoluções vigentes publicadas entre julho de 1984 e novembro de 2008”. 2. ed. / Conselho Nacional do Meio Ambiente. – Brasília: Conama, 2008.

EXPERT SINTA, “Manual do usuário”; disponível em <[http://aljmartins.hostmach.com.br/ist/dis/sad/material/16.Sinta\\_manual.pdf](http://aljmartins.hostmach.com.br/ist/dis/sad/material/16.Sinta_manual.pdf)>, acesso em 30 de julho de 2011.

MENDES, Raquel Dias. “Inteligência artificial: sistemas especialistas no gerenciamento da informação”. Ci. Inf., Brasília, v. 26, n. 1, Jan. 1997.  
Disponível em <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-196519970001000006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-196519970001000006&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em de julho 2011. doi: 10.1590/S0100-19651997000100006.

RUSSEL, STUART; NORVIG, PETER. “Inteligência Artificial”. 2º ed. São Paulo: Elsevier Campus, 2004.

SILVA, Rodes Angelo Batista da, et al. Sistema especialista para diagnóstico do uso do solo em atividades agropecuárias. in: Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 7, 2020. ISSN 2525-8761. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-752>