

## SEDOR - Sistema Especialista para Diagnóstico Odontológico baseado em Radiografias

Renato Borges<sup>1</sup>, Gabriela Saddi<sup>2</sup>, Rogerio Salvini<sup>1</sup>, Fernanda Yamamoto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Informática – Universidade Federal de Goiás (INF-UFG) – Goiânia – GO

<sup>2</sup>Associação Brasileira de Odontologia – Seção Goiás (ABO) – Goiânia – GO

<sup>3</sup>Faculdade de Odontologia – Universidade Federal de Goiás (FO-UFG) – Goiânia – GO

{renatojunior, rogeriosalvini}@inf.ufg.br

**Abstract.** *Obtaining accurate diagnosis in Dentistry has always been a challenge for professionals, especially those who have just started their careers. The knowledge required to get to a correct diagnosis, coupled with the variety of lesions with similar clinical and radiographic findings, led to the creation of systems for clinical decision support, called Expert Systems. In this work we presented an expert system to aid the process of diagnosing benign radiolucent lesions, that integrates a database based on radiographic features and a user-friendly web interface.*

**Resumo.** *A obtenção de diagnóstico preciso na Odontologia sempre foi um desafio para os profissionais da área, especialmente aqueles em início de carreira. O conhecimento necessário para se chegar a um diagnóstico correto, associada à variedade de lesões com aspectos clínicos e radiográficos semelhantes, levou à necessidade da criação de sistemas de apoio à decisão clínica, chamados de Sistemas Especialistas. Neste trabalho apresentamos um sistema especialista de apoio à decisão clínica para auxiliar o diagnóstico de lesões ósseas benignas radiolúcidas, que integra uma base de dados baseada em características radiográficas e uma interface web de fácil utilização.*

### 1. Introdução

O principal aspecto a ser analisado no atendimento do paciente é a necessidade de se garantir um diagnóstico preciso. O planejamento do tratamento e o prognóstico são fundamentados no diagnóstico e, por esta razão, faz-se necessário uma correta diferenciação das diversas doenças que afetam o complexo oral e maxilofacial. Devido à similaridade na apresentação clínica de várias entidades patológicas, embora sejam distintas suas patogêneses e etiologias, a decisão do diagnóstico torna-se uma tarefa árdua [Neville *et al.*, 2009].

O exame radiográfico é uma ferramenta imprescindível na Odontologia e constitui um recurso auxiliar do diagnóstico, pois apesar do exame clínico ser imperativo, as radiografias podem contribuir para detectar doenças ósseas que não poderiam ser visualizadas pelo exame físico.

O uso de sistemas computacionais pelos profissionais de saúde tem crescido significativamente nos últimos anos. Os avanços tecnológicos, principalmente da informática, têm proporcionado considerável auxílio na área do diagnóstico [Rudin, 1994]. Para profissionais isolados ou menos experientes, esses sistemas de auxílio

diagnóstico são benéficos por fornecerem uma segunda opinião [Ralls et al., 1986]. Isto é especialmente verdadeiro nas situações em que pequenas diferenças no julgamento de diagnóstico podem resultar em tratamentos radicalmente diferentes.

Neste trabalho apresentamos um sistema especialista para auxiliar o processo de diagnóstico de lesões radiolúcidas benignas baseado em características radiográficas. Este sistema, denominado SEDOR (Sistema Especialista para Diagnóstico Odontológico baseado em Radiografia), foi construído a partir de estudos científicos publicados sobre várias lesões, extraindo-se as características de cada uma delas. A partir desta base científica as lesões foram colocadas de forma analítica em uma base de conhecimento utilizada pelo sistema para inferir hipóteses diagnósticas para auxiliar o cirurgião-dentista.

Este artigo está organizado da seguinte forma. Na seção seguinte é apresentada uma fundamentação teórica básica sobre sistemas especialistas, e alguns trabalhos importantes sobre sistemas de diagnóstico baseados em radiografias são brevemente comentados. Na Seção 3 detalhamos o desenvolvimento do SEDOR. A avaliação e validação do sistema são mostradas na Seção 4. Por fim, na Seção 5, são apresentadas as considerações finais do trabalho e as perspectivas para trabalhos futuros.

## **2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados**

### **2.1. Sistemas Especialistas**

Não existe uma definição exata do que é um Sistema Especialista (SE). De acordo com [Levine *et al.*, 1988] “um sistema de inteligência artificial criado para resolver problemas em um domínio particular é chamado de Sistema Especialista”. Em [Bielawski e Lewand, 1988] é proposto uma definição mais formal: “um Sistema Especialista é um programa que simula o desempenho de um especialista humano em um domínio ou campo específico”. Pode-se dizer que SE são sistemas que utilizam de conhecimento empírico baseado na experiência de um profissional humano em uma área de conhecimento para resolver problemas deste domínio, procurando chegar a uma conclusão utilizando de forma semelhante a mesma forma de raciocínio que o especialista humano. Dentre os sistemas especialistas mais conhecidos, podemos citar: MYCIN, PROSPECTOR e DENTRAL [Alty, 1985].

Podemos dividir a arquitetura de sistemas especialistas em três componentes principais: base de conhecimento, motor de inferência e interface de usuário. A base de conhecimento é o componente responsável por armazenar as informações a respeito do domínio do problema que se deseja resolver. Estas informações são compostas por fatos e regras, sendo possível obtê-las por meio do conhecimento de especialistas humanos ou de bases de dados que muitas vezes são utilizadas por estes profissionais. O motor de inferência consulta a base de conhecimento para determinar uma ação a ser realizada. Ele é o mecanismo responsável por manipular o conhecimento já presente na base de conhecimento, podendo inferir novos fatos ou chegar a conclusões a respeito do problema. A interface de usuário é uma representação gráfica que permite o usuário alvo interagir com o sistema. Nela são exibidas as respostas, as previsões e as sugestões obtidas pelo motor de inferência.

### **2.2. Diagnóstico Odontológico baseado em Radiografias**

O primeiro exemplo de sistema de computador para uso em diagnóstico oral foi desenvolvido por [Leonard *et al.*, 1973] que baseava-se em um modelo de

reconhecimento de padrões linear. Ele buscava fornecer o diagnóstico e um plano de tratamento para dor e disfunção miofacial - um tipo de dor craniofacial. Firriolo criou um protótipo de sistema para ajudar na análise e diagnóstico baseados em radiografias panorâmicas denominado CAREOP (*Computer Assisted Radiographic Evaluation of Oral Pathology*) [Firriolo, 1986 *apud* Siegel *et al.*, 1993].

Um dos principais sistemas de apoio à decisão diagnóstica baseadas em radiografias foi desenvolvido por [White, 1989] denominado ORAD (*Oral Radiographic Differential Diagnosis*), que utiliza métodos estatísticos para avaliar as características clínicas e radiográficas de pacientes com lesões intraósseas com intuito de auxiliar na sua identificação. Foram descritas, a princípio, 98 lesões dos maxilares pelas suas prevalências e distribuição por idade, sexo, raça, presença de dor, número, tamanho e localização das lesões, associação com dentes, expansão, loculação, bordas, conteúdo e efeitos nos dentes adjacentes.

Hubar *et al.* desenvolveram o programa COMRADD (*Computerized Radiographic Differential Diagnosis*), que inclui tanto alterações ósseas quanto anormalidades do elemento dentário em radiografias. No total, 125 patologias orais foram categorizadas dentro de uma de cinco diferentes classes, sendo as maiores: alterações radiográficas do elemento dentário, lesões radiográficas de tecidos moles e lesões radiolúcidas, mistas e radiopacas do crânio, maxila e mandíbula [Hubar *et al.*, 1990].

Wiener *et al.* descrevem um sistema para ajudar no diagnóstico de quatro cistos e oito tumores de origem odontogênica, fundamentado em métodos estatísticos baseado em achados clínicos e radiográficos do paciente [Wiener *et al.*, 1986].

### 3. SEDOR

#### 3.1. Framework

O desenvolvimento do SEDOR se deu utilizando a linguagem de programação Java em conjunto com um *framework* de SE. A escolha quanto ao *framework* utilizado se motivou principalmente por dois fatores: possibilidade de integração com outras linguagens e que possuísse uma documentação vasta e de qualidade.

O CLIPS (*C Language Integrated Production System*) é um *framework* de SE projetado para facilitar o desenvolvimento de softwares capazes de modelar o conhecimento humano ou uma perícia. Originalmente desenvolvido pela *Software Technology Branch* (STB), NASA/Lyndon B. Johnson Space Center, hoje já é usado por milhares de pessoas no mundo todo [Giarratano, 2007].

Outro *framework* é o JESS [Friedman-Hill, 2008], uma biblioteca que integra o CLIPS e a linguagem Java, por meio de classes e métodos em Java que fazem chamadas ao motor do CLIPS. Além de estar diretamente ligado ao Java, o JESS possui algumas adições em relação ao CLIPS. Por exemplo, ele permite adicionar objetos instanciados em Java a sua memória de trabalho. Além disto, também é possível criar e manipular objetos Java e transferir valores entre o código JESS e Java. O JESS também possui uma ampla documentação e uma licença de uso acadêmico.

Desta forma, o JESS foi a escolha final como o *framework* para desenvolvimento do SEDOR. A sua integração com a linguagem Java nos permitiu separar a construção da base de conhecimento e o motor de inferência, que processará o diagnóstico, de outros módulos do sistema, como a interface gráfica, por exemplo.

### 3.2. Representação do Conhecimento

Para formar a base de conhecimento do sistema tivemos a participação ativa de uma professora da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Goiás (FO-UFG) especialista em Patologia Bucal, Diagnóstico, Radiologia Odontológica e Imaginologia.

Utilizamos planilhas eletrônicas para expressar o conhecimento do especialista. Optamos por esta ferramenta pela facilidade de uso e interação, e também por ajudar na conversão nas regras de produção. Uma planilha modelo foi usada para gerar as planilhas de todas as lesões estudadas. Seu principal objetivo é criar um *template* do JESS que permita preencher as diversas propriedades para um diagnóstico.

Além do gênero e faixa etária do paciente, o especialista selecionou os seguintes atributos radiográficos para se fazer o diagnóstico de uma lesão: Densidade, Localização, Limites, Forma, Efeitos nos tecidos adjacentes e Interior da lesão. Para cada atributo, o especialista também indicou um conjunto de valores possíveis que o atributo poderia possuir.

Na Figura 1 é mostrada uma parte da planilha modelo. A coluna A representa o nome do atributo. A coluna B é o peso que aquele atributo exerce no diagnóstico final. A coluna C é o percentual relativo ao peso do atributo. A coluna D representa os valores de cada atributo. As colunas E e F são semelhantes as colunas B e C, porém referem-se aos pesos e probabilidades dos valores, respectivamente. Por fim a coluna G refere-se ao tipo de cada atributo que podem ser: “u” (univalorados, apenas um valor pode ser selecionado pelo usuário) ou “m” (multivalorados, mais de um valor pode ser selecionado).

	A	B	C	D	E	F	G
1	NOVA_LESAO						
2							
3	Atributo	Peso	%	Valores	Peso	%	Tipo
4	GENERO			FEMININO			u
5	GENERO			MASCULINO			
6	FAIXA_ETARIA			0-9			u
7	FAIXA_ETARIA			10-19			
8	FAIXA_ETARIA			20-29			
14	DENSIDADE			RADIOLUCIDA			u
15	DENSIDADE			MISTA			
16	DENSIDADE			RADIOPACA			
17	LOCALIZACAO			MAXILA_ANTERIOR			m
18	LOCALIZACAO			MAXILA_POSTERIOR			
19	LOCALIZACAO			MANDIBULA_ANTERIOR			
38	LIMITES			DEFINIDOS			u
39	LIMITES			DEFINIDOS_(CORTICALIZADO)			
40	LIMITES			DISCRETAMENTE_DEFINIDOS_(CORTICAL_POUCO_NITIDA)			
43	FORMA			UNILOCLAR			m
44	FORMA			MULTILOCLAR			
45	FORMA			OVALADA_OU_ARREDONDADA			
48	EFEITOS_NOS_TECIDOS_ADJACENTES			EXPANSAO_DAS_CORTICAIS_OSSEAS_(ABAULAMENTO)			m
49	EFEITOS_NOS_TECIDOS_ADJACENTES			ADELGACAMENTO_DAS_CORTICAIS_OSSEAS			
50	EFEITOS_NOS_TECIDOS_ADJACENTES			REABSORCAO_RADICULAR_DO(S)_DENTE(S)_ENVOLVIDO(S)			
81	INTERIOR_DA_LESAO			RADIOLUCIDA			u
82	INTERIOR_DA_LESAO			RADIOLUCIDA_COM_FOCOS_DE_CALCIFICACAO			
83	INTERIOR_DA_LESAO			RADIOLUCIDA_COM_FOCOS_DE_CALCIFICACAO_PROXIMO_A_COROA_DENTARIA			
84	INTERIOR_DA_LESAO			MISTA			
85	INTERIOR_DA_LESAO			RADIOPACA			
86	INTERIOR_DA_LESAO			SEPTACOES			

Figura 1. Planilha modelo

As demais planilhas foram baseadas na planilha modelo e expressam as características de cada lesão. Foram registradas 29 lesões, gerando 29 planilhas. Para cada lesão, o especialista atribuiu um peso para cada atributo referente à sua importância no diagnóstico da lesão. Estes pesos foram atribuídos pelo especialista baseados em pesquisas na literatura específica e na experiência de casos clínicos. Da mesma forma foram atribuídos pesos para os valores dos atributos. Se um valor de atributos ficasse com valor zero isso indicaria que aquele valor não ocorre em um atributo para uma

determinada lesão. A partir dos pesos dados, os percentuais relativos, tanto dos atributos quanto dos valores do atributo, são calculados automaticamente e serão usados na avaliação de um diagnóstico pelo sistema.

Outra informação contida nas planilhas é a frequência de cada lesão, expresso como um valor real entre 0 e 1, na linha 1 e coluna B da Figura 1. Ela foi utilizada para expressar a raridade das lesões, pois algumas ocorrem com mais frequência que outras.

### 3.3. Base de Conhecimento e Motor de Inferência

O JESS encontra-se na base do sistema. Ele faz a construção das regras e fatos iniciais na base de conhecimento e é o seu motor de inferências quem faz o processamento para determinar o melhor diagnóstico de uma entrada de sintomas (fatos) presentes na radiografia de um paciente. O código Java lê as planilhas e cria as regras de produção no formato que é compreendido pelo JESS.

O método utilizado pelo motor de inferência para dar o diagnóstico de uma lesão é conhecido como “soma de pesos”. Uma função linear determina a probabilidade de cada lesão individual por meio da soma dos pesos relacionados a cada característica ou atributo que contribui com uma parcela da probabilidade final da lesão. Após receber a entrada do usuário com as características presentes em uma radiografia, o sistema calcula para cada lesão a probabilidade resultante, somando os pesos de cada valor escolhido pelo usuário em cada uma delas. Por fim, as probabilidades são ordenadas para determinar as lesões mais prováveis.

Foi gerado uma regra para cada valor possível em uma lesão, de forma que, o antecedente da regra irá validar se o valor foi escolhido pelo usuário, e então, a regra é ativada e o consequente da regra adiciona a probabilidade correspondente ao peso deste valor na probabilidade final da lesão.

### 3.4. Interface Gráfica

Utilizando JSP (*Java Server Pages*) e *Servlets*, presentes na linguagem Java e utilizados para criação de sistemas Web, foi criada uma interface gráfica para a Web que pudesse executar em um navegador. Essa escolha se deu devido à grande difusão dos sistemas Web, eliminando problemas com instalação ao mesmo tempo que facilita uso do sistema.

O sistema possui três diferentes telas, acessadas por meio de um menu com as opções: Diagnóstico, Lesões e Testes. A tela de Diagnóstico é apresentada na Figura 2, é nela que o usuário seleciona as entradas para o sistema realizar o diagnóstico.

A Figura 3 exhibe o resultado do diagnóstico após submeter os valores da tela anterior. As 5 mais prováveis lesões são exibidas e logo abaixo também é mostrado os valores que foram escolhidos de cada atributo.

No menu Lesões, é possível adicionar uma nova lesão por meio de uma planilha no formato de arquivo *.csv*, utilizado para representar uma lesão, além disto ela também lista todas as lesões já presentes no sistema. A tela de Testes permite realizar diagnósticos a partir de planilhas que descrevem as características de uma radiografia. Esta opção é semelhante a de Diagnóstico, porém ao utilizar planilhas prontas, ela permite realizar o diagnóstico de várias entradas de uma única vez, armazenando e exibindo o resultado final.

Figura 2. Tela de diagnóstico

Figura 3. Tela de resultados

#### 4. Testes e Validação

Foram selecionadas 10 radiografias panorâmicas obtidas por um aparelho radiográfico convencional. As radiografias selecionadas tinham o diagnóstico definitivo registrado em seu prontuário, cujo exame anatomopatológico foi realizado pela disciplina de Patologia Oral do Departamento de Ciências Estomatológicas da FO-UFG. Todas as radiografias apresentavam uma lesão benigna de densidade radiolúcida e tinham como diagnóstico

final umas das 29 lesões ósseas contidas na base de conhecimento do sistema.

Foram convidados 3 observadores, sendo um acadêmico do 6º período do curso de Odontologia, um Radiologista e um Patologista, os dois últimos com mais de cinco anos de experiência clínica. Cada observador analisou as 10 radiografias selecionadas e tinha a opção de escrever até três hipóteses diagnósticas. Depois, os dados analisados pelo observador foram inseridos no SEDOR e obtidos uma lista de cinco prováveis diagnósticos pelo programa, os quais foram considerados corretos se a lesão aparecesse até o quinto lugar.

Para avaliar as facilidades do sistema, foi também realizado um questionário com seis perguntas referentes ao sistema, as quais foram respondidas por cada um dos observadores.

As avaliações visando a validação do programa foram realizadas pelos três observadores. Os valores percentuais de acertos dos observadores convidados e do sistema são mostrados na Tabela 1. As opiniões sobre a usabilidade do sistema são apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 1. Valores percentuais de acertos dos observadores e do SEDOR**

	<b>Acerto sem o SEDOR</b>	<b>Acerto do SEDOR</b>
Observador 1	50%	40%
Observador 2	60%	60%
Observador 3	60%	70%

**Tabela 2. Número de respostas (SIM ou NÃO) que o sistema obteve dos observadores para cada pergunta sobre sua usabilidade**

<b>Perguntas</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
Você acha que o programa é de fácil manuseio?	3	0
Você conseguiu utilizar o programa sem a necessidade de explicações adicionais?	2	1
O programa apresenta aspectos radiográficos não avaliados inicialmente?	2	1
Você utilizaria o programa na prática clínica?	3	0
Você adquiriria o programa?	3	0
O programa possui uma boa interface?	2	1

## 5. Conclusão

Os sistemas de apoio à decisão clínica têm mostrado bons resultados quando utilizados para incrementar o conhecimento dos profissionais da Odontologia quando da realização de diagnósticos. É evidente que tais sistemas não são capazes de sozinhos chegarem a um diagnóstico preciso, mas se converteram em um importante instrumento de apoio, principalmente para profissionais sem grande experiência em diagnósticos.

Consideramos que o SEDOR atingiu o propósito para o qual foi concebido. Os percentuais de acerto entre o SEDOR e os observadores são comparáveis em relação ao diagnóstico registrado no prontuário das radiografias selecionadas. Além disso, houve

um alto grau de aceitação do sistema pelos observadores.

No prosseguimento deste trabalho, iremos refinar os pesos das planilhas das lesões já existentes, principalmente aquelas onde há maior dificuldade no acerto do diagnóstico. Além disso, pretendemos aumentar o número de lesões da base de conhecimento para abranger outros grupos de lesões e aplicar novas estratégias de representação. Novos testes serão executados com um número maior de casos e de observadores especialistas, permitindo-nos fazer mais tipos de comparações.

## Referências

- Alty, J. "Use of expert systems", *Computer-Aided Engineering Journal*, 2(1):2-9, February, 1985.
- Bielawski, L.; Lewand, R. "Expert Systems Development", QED Information Sciences, Inc., 1988.
- Friedman-Hill, E. "Jess the Rule Engine for the Java Platform", Sandia National Laboratories, November, 2008.
- Giarratano, J. "CLIPS User's Guide", University of Houston-Clear Lake, december 2007.
- Hubar, J.S.; Manson-Hing, L.R.; Heaven, T. "COMRADD: Computerized Radiographic Differential Diagnosis", *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Alabama*, v. 69, n. 2, p.263-265, 1990.
- Leonard, M.S. *et al.* "Automated Diagnosis and Treatment Planning of Craniofacial Pain", *J. Dent. Res., Florida*, v. 53, n. 5, p.1155-1159, 1974.
- Levine, R.L.; Drang, D. E.; Edelson, B. "A Comprehensive Guide to AI and EXPERT SYTEMS: Turbo Pascal Edition", McGraw-Hill, 1988.
- Neville, B.W. *et al.* "Patologia Oral e Maxilofacial", 3 ed. Rio de Janeiro, Elsevier, 2009.
- Ralls, S.A.; Cohen, M.E.; Southard, T.E. "Computer-Assisted Dental Diagnosis", *Dental Clinic of North America*, v. 30, n. 4, p.695-712, 1986.
- Rudin, Jonathan L. "DART (Diagnostic Aid and Resource Tool): A Computerized Clinical Decision Support System for Oral Pathology", *Compendium*, v. 15, n. 11, p.1316-1328, 1994.
- Siegel, M.A.; Firriolo, F.J.; Finkelstein, M.W. "Computer Applications in Oral Diagnosis", *Dental Clinics of North America*, v. 37, n. 1, p.113-131, 1993.
- White, S.C. "Computer-aided differential diagnosis of oral radiographic lesions", *Dentomaxillofac. Radiol.*, v. 18, p.53-59, 1989.
- Wiener, F.; Laufer, D.; Ribak, A. "Computer-aided diagnosis of odontogenic lesions", *International Journal of Orall and Maxillofacial Surgery, Israel*, v. 15, p.592-596, 1986.