

SISTEMA DE APOIO À INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS LABORATORIAIS

O. F. Bertol, L. Paludo, P. Antonioli

Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Unidade de Pato Branco (<http://www.cefetpr.br>)
Via do Conhecimento - Km 1. CEP 85503-390. Pato Branco - PR - Brasil.
omero@pb.cefetpr.br

RESUMO

A principal função da realização de exames laboratoriais está relacionada à confirmação de um sintoma clínico, no estabelecimento ou no descarte de um diagnóstico, na monitoração de uma terapia, no estabelecimento de prognósticos e na triagem ou detecção de doenças. O desempenho laboratorial para satisfazer as necessidades dos clínicos é medido em termos da garantia de qualidade, a qual implica diretamente na assistência médica com eficiência e economia e em benefício do paciente. Apesar de exatidão e precisão serem sempre pré-requisitos do bom desempenho laboratorial, a rapidez na informação dos resultados é essencial. Os resultados interpretativos estão tendo ênfase na prática moderna de laboratório médico. O patologista é chamado não apenas para informar os resultados mas também à dar assistência na interpretação do seu significado. O objetivo geral deste projeto, foi o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão médica, baseado em regras de produção, para atuar na interpretação dos testes laboratoriais, desejando assistir os profissionais da saúde nas decisões diagnósticas, terapêuticas e prognósticas, e a viabilizar a comunicação dos resultados de forma rápida, clara e exata, evitando seu atraso e a possibilidade de tornar os dados inúteis. A estrutura do sistema baseia-se na implementação de um mecanismo de inferência que é responsável pela aplicação das regras de produção sobre os dados laboratoriais a fim de chegar a uma conclusão, isto é, se existem ou não anormalidades nas medidas laboratoriais realizadas. Segundo a opinião dos especialistas sobre os atributos levados em consideração para a validação das regras de produção e indicações das anormalidades das medidas laboratoriais, a abordagem realizada respondeu de forma excelente às indicações de anormalidades detectadas. Também a forma de comunicação das anormalidades detectadas através de e-mail foi muito bem aceita entre eles. Os benefícios da utilização do computador para realizar a interpretação de medidas laboratoriais, levantados por este estudo, reforçam a necessidade do uso de sistemas especialistas como ferramenta de apoio às atividades médicas.

Palavras chaves: *Sistema Especialista, Regra de Produção, Sistema de Apoio à Decisão.*

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento notável da patologia clínica, observado nestes últimos anos, segundo Guimarães, veio proporcionar à medicina clínica novos dados capazes de auxiliar no

diagnóstico das doenças. Foram tantos os novos exames de laboratório introduzidos na rotina diária que surgiu a necessidade de se programar cursos de interpretação de seus resultados destinados aos médicos clínicos [1].

Para que o médico clínico possa realmente usufruir tudo o que a patologia clínica lhe oferece é preciso que tenha presente todos os dados clínicos obtidos pelos sintomas do paciente, pois só assim poderá indicar quais os exames necessários para a elucidação diagnóstica. Por outro lado, o

médico deverá ter os conhecimentos necessários à perfeita interpretação dos resultados laboratoriais e assim, unindo os dados clínicos com os exames laboratoriais, poderá chegar à exata definição do processo patológico que acomete o paciente [1].

Sabe-se que a clínica é soberana no diagnóstico das doenças, pois dela depende a orientação na busca de provável etiologia, e ao laboratório cabe confirmá-la através dos vários exames que estão à disposição dos médicos. A patologia clínica oferece hoje aos médicos das várias especialidades numerosos elementos para o diagnóstico clínico, mas é preciso saber realmente utilizá-los pedindo os exames laboratoriais indicados e interpretando corretamente seus resultados [1].

O desenvolvimento deste trabalho justifica-se pelo fato de que as principais indicações ou razões de solicitações de exames laboratoriais relacionam-se à confirmação de um sintoma clínico, no estabelecimento ou no descarte de um diagnóstico, na monitoração de uma terapia, no estabelecimento de prognósticos e na triagem ou detecção de doenças [2].

Uma requisição de exame é um pedido de serviços consultoriais que movimenta uma grande quantidade de manobras para gerar um resultado laboratorial. O desempenho laboratorial para satisfazer as necessidades dos clínicos é medido em termos da garantia de qualidade, a qual implica diretamente na assistência médica com eficiência e economia e em benefício do paciente. Apesar de exatidão e precisão serem sempre pré-requisitos do bom desempenho laboratorial, a rapidez na informação dos resultados é essencial. Os resultados interpretativos estão tendo ênfase na prática moderna de laboratório médico [3]. O patologista é chamado não apenas para informar os resultados mas também à dar assistência na interpretação do seu significado.

A informática tem então, sido incorporada nas atividades médicas, como ferramenta de trabalho, com base na capacidade que os computadores disponibilizam para armazenar, recuperar e manipular grandes quantidades de informação, tornar o acesso fácil e rápido às mesmas, e apresentar resultados que comprovam uma diminuição no

nível de erros dos dados manipulados e no tempo de trabalho, proporcionando uma melhoria na qualidade do atendimento ao paciente. Adicionando-se que a grande parte dos equipamentos, utilizados nos laboratórios, podem ser conectados ao computador e os dados podem ser adquiridos automaticamente através do interfaceamento entre os mesmos.

2. METODOLOGIA

É comprovado que os programas de computador ajudam os profissionais da saúde e a partir do momento que os computadores pessoais se tornam cada vez mais baratos, mais poderosos, mais difundidos e passam a orientar as atividades médicas, é reconhecida a necessidade de um contínuo progresso neste campo [4].

Neste contexto o presente trabalho tem por objetivo o desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão médica, baseado em regras de produção, para atuar na interpretação automática dos testes laboratoriais, desejando assistir os profissionais da saúde nas decisões diagnósticas, terapêuticas e prognósticas, e a viabilizar a comunicação dos resultados de forma rápida, clara e exata, evitando seu atraso e a possibilidade de tornar os dados inúteis.

Os computadores podem providenciar direta ou indiretamente assistência ao processo de tomada de decisões através do desenvolvimento de programas específicos, denominados de sistemas especialistas [5] e [6]. Definidos de forma simples, por Widman, “os sistemas especialistas são programas de computador capazes de analisar dados de uma maneira que, se tivesse sido realizada por um ser humano, seriam considerados *inteligentes*” [7]. Ainda segundo o mesmo autor os sistemas especialistas (SE) podem ser úteis ao profissional da área da saúde de dois modos diferentes:

a) no *apoio à decisão* o programa ajuda o profissional experiente, responsável pelas tomadas de decisões, a lembrar-se de diversos tópicos ou opções que se consideram por ele sabidas, mas que possa ter esquecido ou ignorado. Este é o uso mais comum em medicina.

b) na *tomada de decisão* o programa toma a decisão no lugar de uma pessoa, pois isso implicaria algo que está acima de seu nível de treinamento ou experiência.

A estrutura de um SE é composta basicamente por três partes ou módulos: uma base de conhecimento, as interfaces de comunicação e um mecanismo de inferência [6], [7], [8].

1. A *base de conhecimento* é a estrutura de dados onde estão armazenados o conhecimento especializado a ser utilizado pelo SE nas decisões.

2. As *interfaces de comunicação* são os módulos de comunicação entre o SE e os usuários finais. É dividida em interface de aquisição e interface do usuário. A interface de aquisição é o módulo do sistema que é usado para modificar e adicionar o conhecimento à base. Segundo Sabbatini, ela geralmente trabalha interagindo diretamente com os especialistas humanos que “ensinam” as regras e os fatos novos ao SE [6]. E a interface do usuário é o módulo que tem por objetivo realizar o diálogo entre o usuário e o sistema. Segundo Degoulet e Fieschi, a qualidade da

interface do usuário é um fator chave para aceitação de um SE [5].

3. O *mecanismo de inferência* (ou máquina de inferência, ou motor de inferência) é o algoritmo capaz de elaborar as conclusões a partir dos dados fornecidos pelo usuário do sistema e pelo conhecimento armazenado em suas bases.

4.

O mecanismo de inferência integra diversas funções. Ele é capaz de receber dados, tanto do usuário quanto da base de conhecimentos, estabelecer metas de decisão e elaborar conclusões baseadas em alguma forma de raciocínio automático. A qualidade destas recomendações formuladas por um SE, afirmado por Elson e Connelly, está fortemente relacionada com a qualidade da informação armazenada na base de conhecimentos [5].

Considerando que o conhecimento necessário na detecção de anormalidades, indicadas por medidas laboratoriais, baseia-se no raciocínio do tipo verdadeiro/ falso, por exemplo, “*se o exame de glicose sérica for menor que 50 mg/100ml então é verdadeiro afirmar que o paciente está sujeito a uma Hipoglicemia*”, optou-se pela representação do conhecimento em regras de produção.

As regras são sentenças do tipo SE-ENTÃO, armazenadas na base de conhecimentos, ou implementadas diretamente no algoritmo do mecanismo de inferência [8] e [9].

A concepção deste projeto foi resultado de visitas técnicas, observações e entrevistas realizadas com os profissionais Médicos, Farmacêuticos Bioquímicos e Técnicos de Laboratório ligados ao Centro de Patologia Clínica do Sudoeste do Paraná¹ que repassaram os aspectos relevantes do domínio desta aplicação. A literatura de referência em análises clínicas e interpretação de medidas laboratoriais também foi utilizada para melhor entendimento e definição do escopo do projeto.

Concluída a fase de idealização do sistema, caracterizada pela definição e levantamento dos dados pertinentes ao problema, teve início a fase de desenvolvimento do sistema.

O sistema foi implementado, padrão Microsoft® Windows, utilizando os recursos do ambiente de desenvolvimento Borland®Delphi Client/Server versão 5.0².

O modelo do sistema construído a partir desta análise foi estruturado em três partes ou módulos: I) a base de conhecimento para armazenar as regras de produção; II) as interfaces para aquisição do conhecimento e para comunicação com o usuário final; e III) o algoritmo capaz de elaborar as conclusões a partir das regras.

I) Base de Conhecimento

Cada regra do sistema possui principalmente dez atributos:

¹ R. Pedro Ramires de Mello, 361. Centro. Telefone: 0xx46 224-2448. Pato Branco - PR – 85501-250.

² <http://www.borland.com> (nov./2000)

1. **Anormalidade**- representa a descrição da anormalidade levantada a partir da verificação da regra;
2. **Exame**- indica qual medida laboratorial será necessária para realizar a verificação da regra;
3. **Sexo**- define se a regra é aplicável a ambos os sexos (A) ou apenas ao sexo masculino (M) ou feminino (F);
4. **Faixa Etária**- limita a aplicação da regra a essa faixa etária, caso a regra seja aplicada a qualquer faixa etária a idade inicial e final recebem o valor zero;
5. **Tipo da Idade**- indica se a faixa etária é mensurada em anos (A) ou meses (M);
6. **Menstruação**- relacionado apenas ao sexo feminino, especifica uma determinada fase do ciclo menstrual: fase folicular do 1º ao 12º dia (F), pico ovulatório do 13º ao 16º dia (O), fase lútea do 17º ao 28º dia (L), ou se a mulher está na menopausa (M) ou ainda se é gestante (G);
7. **Crianças pré-púberes**- se determinada regra é específica para esta classe, sim (V) ou não (F);
8. **Jejum**- indica se deve ser levado em consideração (V) ou não (F) na aplicação da regra à determinados exames em que é obrigatório e cujo resultado possa indicar um falso-positivo;
9. **Operador**- define o operador relacional, <= (menor ou igual a), >= (maior ou igual a), < (menor que) ou > (maior que), a ser utilizado na expressão lógica da condição SE-ENTÃO;
10. **Valor de Referência**- indica o valor limite na interpretação da regra.

Atributos que informem as causas habituais, tratamento, prevenção, sinais e sintomas do problema, exames relacionados, podem ser acrescentados à regra de produção com o objetivo de enriquecer o apoio oferecido ao profissional da saúde.

As regras implementadas foram extraídas da literatura de referência e de especificações referenciais definidas pela ABBOTT³.

Tabela 1

- Exemplos de regras de produção utilizadas na interpretação de medidas laboratoriais.

Anormalidade	Exame	S	FE	TI	M	PP	J	O	Valor Referência
Portador do vírus da hepatite B.	HbsAg	A	0	A	-	F	F	>	7.00 S/N
Hipotireoidismo	T4	A	0	A	-	F	F	<	4.50 ug/dL
Hipertireoidismo	T4	A	0	A	-	F	F	>	12.0 ug/dL
Hipotireoidismo	TSH	A	0	A	-	F	F	>	6.0 uUI/mL
Hipertireoidismo	TSH	A	0	A	-	F	F	<	0.49 uUI/mL
Hipogonadismo primário, puberdade precoce, menopausa.	FSH:	M	0	A	-	F	F	>	8.0 mil/mL
		F	0	A	F	F	F	>	13.0 mIU/mL
		F	0	A	O	F	F	>	22.0 mIU/mL
		F	0	A	L	F	F	>	13.0 mIU/mL
		F	0	A	M	F	F	>	138 mil/mL

Hepatite C - doença ativa.	ANTI-VHC	A	0	A	-	F	F	>	2.10 S/CO
Anemia por deficiência de ferro.	Ferritina	M	18-30	A	-	F	F	>	323.0 ng/mL
		M	31-60	A	-	F	F	>	293.9 ng/mL
		F	0	A	-	F	F	>	282.5 ng/mL
		F	0	A	-	F	F	>	233.1 ng/mL

Onde: S- sexo, FE- faixa etária, TI- tipo da idade, M- menstruação, PP- crianças pré-púberes, J- jejum, O- operador relacional.

Bartels e colaboradores, destacam que casos simples de conhecimento podem ser representados na forma de tabelas. Para este tipo de modelagem, o mecanismo de inferência seria representado por um sistema simples, um pequeno módulo de código do programa, que faria as inferências sobre os dados estruturados na tabela [9]. Levando em consideração estas afirmações a base de conhecimento produzida a partir do conjunto de regras de produção foi implementada em banco de dados relacional Paradox 7⁴.

Este tipo de abordagem permite que a atualização e a inclusão de novas regras possam ser feitas sem que haja necessidade de recompilação do algoritmo de inferência, pois os parâmetros das regras são valores de campos de uma tabela no banco de dados.

II) Interfaces

As interfaces de comunicação desenvolvidas, interface de aquisição e interface do usuário, são responsáveis pela interação entre o sistema proposto, os especialistas e os usuários finais.

A interface de aquisição é utilizada pelo especialista para manter o conjunto de regras de produção na base de conhecimento. Enquanto que a interface do usuário tem a finalidade de receber os dados de entrada (identificação do paciente, exame e medida laboratorial), via meio magnético, pela leitura do arquivo texto gerado pelo equipamento que realiza os exames laboratoriais, ativar e exibir as conclusões da análise realizada pelo mecanismo de inferência, e ainda comunicar as anormalidades detectadas, por e-mail, ao profissional da saúde responsável pelo paciente.

III) Mecanismo de Inferência

O mecanismo de inferência implementado é responsável pela aplicação das regras de produção sobre os dados laboratoriais a fim de chegar a uma conclusão, isto é, se existem ou não anormalidades nas medidas laboratoriais realizadas.

O algoritmo recebe pela interface do usuário o arquivo texto gerado pelo equipamento do laboratório, com os dados de identificação do paciente, tipo de exame que foi realizado e sua respectiva medida laboratorial, para então procurar na base de conhecimento as regras que são verdadeiras para cada caso.

3. RESULTADOS

As regras de produção foram analisadas por profissionais da área médica atuantes nas especialidades de Clínica

³ ABBOTT LABORATORIES, Diagnostics Division.

⁴ Borland International© Database Desktop versão 7.0.

Médica, Nefrologia, Endocrinologia, Médico Intensivista, Ginecologia e Obstetrícia e da área de Farmácia e Bioquímica.

Segundo a opinião dos especialistas sobre os atributos levados em consideração para a validação das regras de produção e indicações das anormalidades das medidas laboratoriais, a abordagem realizada respondeu de forma satisfatória às indicações de anormalidades detectadas.

O desempenho do sistema foi testado utilizando a base de dados dos pacientes existentes no laboratório. Foram analisadas as medidas laboratoriais realizadas em duas datas distintas, obtendo um resultado compatível com a análise clínica dos mesmos.

Outro aspecto que obteve boa aceitação foi a comunicação das anormalidades detectadas, por e-mail, o que agilizou o processo de tomada de decisão em relação a conduta médica.

4. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

As informações utilizadas na detecção de anormalidades, apresentam um raciocínio tipicamente booleano. Por exemplo, dada uma medida laboratorial, pretende-se concluir se existe ou não a ocorrência de anormalidades. Respondendo de forma precisa à uma indicação de anormalidade a opção pela representação do conhecimento em regras de produção foi adequada.

A configuração das regras de produção adicionada a interface de aquisição do conhecimento no programa, permite que o sistema de apoio à interpretação automática de medidas laboratoriais se adapte ao conhecimento e necessidades de cada especialidade da área médica, utilizando regras que surjam de um consenso entre os especialistas, a literatura e a experiência do médico patologista.

Vale ressaltar a boa receptividade demonstrada quanto a forma de comunicação por e-mail do resultado alterado das medidas laboratoriais analisadas.

Finalizando, com relação à estrutura do projeto desenvolvido, considera-se o objetivo de assistir os profissionais da área médica no auxílio à interpretação das medidas laboratoriais, uma boa forma de agilizar o atendimento ao paciente com segurança e rapidez no processo de formação de um diagnóstico clínico.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Patologia Clínica do Sudoeste do Paraná, ao corpo clínico do Hospital Policlínica Pato Branco S/A, em especial a Unidade de Terapia Intensiva e ao Serviço de Nefrologia.

REFERÊNCIAS

- [1] GUIMARÃES, R.X. *Clínica e Laboratório, Interpretação Clínica das Provas Laboratoriais*. São Paulo SP, Sarvier Editora de Livros Médicos Ltda, 1993.
- [2] DIAMOND, I. *The clinical purpose of laboratory testing*. Arch. Pathol. Lab. Med., p.112-377, 1988.

- [3] HALSTED, J.A.; HALSTED, C.H. *The Laboratory in Clinical Medicine, Interpretation and Application*. Philadelphia, W. B. Saunders Company, 1981.
- [4] YAMAMOTO, L.G. *Daily Calorie and Fluid Calculation in the Intensive Care Nursery Using a Pocket Computer*. Clinical Pediatrics, v.24, n.10, p.562-564, June 1985.
- [5] DEGOULET, P.; FIESCHI, M. *Introduction to Clinical Informatics: Medical Decision Support Systems*. Tradução Benjamin Phister. Springer-Verlag New York, p.153-167, 1997.
- [6] SABBATINI, R.M.E. *Uso do Computador no Apoio ao Diagnóstico Médico*. Campinas SP : Revista Informédica, v.1, n.1, p.5-11, mar./abr.1993.
- [7] WIDMAN, L. *Sistemas Especialistas em Medicina*. Tradução Renato M. E. Sabbatini. Campinas SP : Revista Informática Médica, v.1, n.5, p.14-16, set./out.1998.
- [8] ELSON, R.B.; CONNELLY, D.P. *Computerized Decision Support Systems in Primary Care*. Medical Decision Making : Primary Care, v.22, n.2, p.365-384, June 1995.
- [9] BARTELS, P.H.; THOMPSON, D.; WEBER, J.E. *Diagnostic and Prognostic Decision Support Systems*. Pathologica, v.87, p.221-236, 1995.

SISTEMA DE APOIO À INTERPRETAÇÃO AUTOMÁTICA DE MEDIDAS LABORATORIAIS

ABSTRACT

The main function of the accomplishment of laboratorial exams is related to the confirmation of a clinical symptom, in the establishment or in it discards it of a diagnosis, in the monitoring of a therapy, in the establishment of prognostics and in the screen or detection of diseases. The acting laboratorial to satisfy the needs of the clinical ones is measured in terms of the quality warranty, which picks directly in the medical attendance on efficiency and economy and in the patient's benefit. In spite of accuracy and precision they be requirements of the good I always carry out laboratorial, the speed in the information of the results is essential. The interpretative results are having emphasis in the modern practice of medical laboratory. The pathologist is not just called to inform the results but also to give attendance in the interpretation of its meaning. The general objective of this project, was the development of a support system to the medical decision, based on production rules, to act in the interpretation of the tests laboratoriais, wanting to attend the professionals of the health in the decisions diagnosis, therapeutics and prognosis, and to make possible the communication of the results in a fast, clear and exact way, avoiding its delay and the possibility of turning the useless data. The structure of the system bases on the implement of an inference mechanism that is responsible for the application of the production rules on the data laboratories in order to arrive to a conclusion, that is, they are existed or non abnormalities in the measured accomplished laboratories. According to the specialists' opinion on the attributes taken in consideration for the validation of the production rules and indications of the anormalities of the measures laboratories, the accomplished abordagem answered in an excellent way to the indications of detected anormalities. The form of communication of the anormalities detected through e-mail was also very well it accepts among them. The benefits of the use of the computer to accomplish the interpretation of measures laboratories, lifted by this study, reinforce the need of the use of specialist systems as support tool to the medical activities.