

Artigo

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA UTILIZANDO A LÓGICA FUZZY PARA O ACOMPANHAMENTO DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM DOENÇAS CRÔNICAS

ARTIFICIAL INTELLIGENCE: DEVELOPMENT OF A SPECIALIZED SYSTEM USING THE FUZZY LOGIC FOR THE FOLLOW-UP OF CHILDREN AND ADOLESCENTS WITH CHRONIC DISEASES

Danilo Rangel Arruda Leite¹
Ronei Marcos de Moraes²
Claudio Teixeira Regis³
Rodrigo Vital de Miranda⁴
Iracema Filgueira Leite⁵
Sérgio Ribeiro dos Santos⁶

RESUMO - As doenças crônicas na infância e adolescência podem ser causadas por fatores biológicos, psicológicos ou cognitivos. Geralmente possui variação de meses a anos e acarreta modificações no crescimento e desenvolvimento da criança, da mesma forma, nas suas relações sociais. Diante dessa situação, percebe-se que a utilização de

¹ Doutorando em Modelos de Decisão e Saúde (MDS) pela Universidade Federal da Paraíba – UFPB. Analista de Tecnologia da Informação no setor de Gerencia de Ensino e Pesquisa - Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) – Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW). E-mail: danilorangel@buscapb.com.br

² Professor Associado do Departamento de Estatística da UFPB. E-mail: ronei@de.ufpb.br

³ Mestrando em Modelos de Decisão e Saúde (MDS) pela UFPB. Médico Pediatra da Prefeitura municipal de João pessoa (PMJP). Gestor em Cargo Comissionado na função do diretor geral do Complexo de Pediatria Arlinda Marques. E-mail: claudiotregis@gmail.com

⁴ Médico Anestesiologista e Mestrando pela USP-RP. E-mail: rodrigomiranda@hotmail.com

⁵ Doutoranda em Modelos de Decisão e Saúde, Professora da Faculdade São Vicente de Paula. E-mail: irafilgueira@hotmail.com

⁶ Professor doutor e Pesquisador do Programa de pós-graduação em Modelos de Decisão e Saúde - UFPB. E-mail: profsergioufpb@gmail.com



Artigo

Sistemas de Informação que utilizem Inteligência Artificial (IA) com técnicas de modelo de decisão como a Lógica *Fuzzy* (LF), pode contribuir para representação e manipulação do conhecimento no processamento de informações sobre crianças e adolescentes com doenças crônicas. Assim, o presente estudo tem o objetivo de apresentar o desenvolvimento de um Sistema Especialista de Suporte a Decisão utilizando a LF para acompanhar o tratamento de crianças e adolescentes acometidos de doenças crônicas, auxiliar na elaboração de indicadores, monitoramento, apoiar o processo decisório e nas pesquisas clínicas de doenças crônicas na infância e adolescência. Para isso, utilizou-se o conhecimento especialista de profissionais da área de enfermagem na definição e seleção das variáveis linguísticas, grau de pertinência e regras de lógica nebulosa. Os resultados apontam uma taxa de acerto de 16%, em que os profissionais puderam direcionar um melhor atendimento aos pacientes, tendo em vista a perspectiva de evolução do quadro positivamente ou negativamente.

Palavras-Chave: Sistemas de Informação; Tomada de decisões; Doença Crônica; Lógica *Fuzzy*

ABSTRACT - Chronic diseases in childhood and adolescence can be caused by biological, psychological or cognitive factors. It usually varies from months to years and causes changes in the child's growth and development, in the same way, in their social relations. In this situation, the use of Information Systems using Artificial Intelligence (AI) with decision-making techniques such as Fuzzy Logic (LF) can contribute to the representation and manipulation of knowledge in the processing of information about children and adolescents with chronic diseases. Thus, the present study aims to present the development of an Expert Decision Support System using LF to follow the treatment of children and adolescents affected by chronic diseases, assist in the elaboration of indicators, detection, monitoring, and assist in the decision process and clinical research on chronic diseases in childhood and adolescence. For this, we used the expert knowledge of nursing professionals in the definition and selection of linguistic variables, degree of pertinence and rules of nebulous logic. The results can present information that can aid in the process of diagnosis construction and clinical



Artigo

researches of chronic diseases in childhood and adolescence attended at the Arlinda Marques Pediatric Complex.

Keywords: Decision Support System; Chronic Diseases; Fuzzy Logic.

INTRODUÇÃO

Em virtude do acelerado e contínuo crescimento de informações médicas (doenças, sintomas, tratamentos, etc), profissionais e instituições de saúde apresentam dificuldades para extrair informações úteis que apoiem a decisão médica. A sobrecarga de informação na medicina tem levado o processo de classificar diferentes tipos de sintomas, através de um único nome e determinar o tratamento apropriado um tanto quanto difícil, com isso, em muitos casos, torna o diagnóstico do paciente demorado (ARAÚJO, 2016).

Uma doença crônica pode se manifestar em estágios variados em diversos pacientes, além disso um sintoma pode ser a indicação de diferentes doenças, tornando o diagnóstico inicial mais difícil e o seu tratamento mais complexo. Diagnosticar tais doenças, no estágio inicial, vem sendo um trabalho de investigação longo e muitas vezes falho.

Nesse processo de investigação, o médico comumente adquire o conhecimento sobre o paciente através do histórico clínico, geralmente utilizando termos linguísticos intrinsecamente vagos, resultados e/ou exames laboratoriais ou complementares, entre outros procedimentos de investigação (JEANPIERRE; CHARPILLET, 2004; INNOCENT *et al.*, 2004). O conhecimento proveniente de uma dessas origens pode ocasionar inúmeras incertezas e interpretações.

Dessa maneira, fica evidente a necessidade de desenvolvimento de novos Sistemas de Informação (SI) que utilize técnicas de inteligência artificial (IA) apoiado pela Lógica *Fuzzy* (LF) para dar suporte a decisão, bem como auxiliar no tratamento e construção do diagnóstico de crianças e adolescentes acometidos por doenças crônicas (BENITO; LICHESKI, 2009; FORNAZIN, 2015).

Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo descrever o desenvolvimento de um sistema especialista nebuloso para apoiar a tomada de decisão do médico criando



Artigo

estratégias de tratamento, na construção do diagnóstico e na detecção precoce da doença, que pode colaborar para aumentar a exposição aos cuidados necessários ao paciente e favorecer a cura. O objetivo de se trabalhar com Lógica *Fuzzy* e Diagnóstico Médico é tentar identificar a relação de uma pessoa com uma doença, segundo seus sintomas e sinais, avaliados por um médico especialista.

IA é um seguimento da ciência da computação que estuda a simulação das capacidades do intelecto humano, propondo diversas técnicas e recursos no desenvolvimento de programas inteligentes, ou seja, programas capazes de tomar uma decisão semelhante a humana, sendo a área da saúde quem mais vem se beneficiando com o desenvolvimento e utilização de sistemas desse tipo, pois, está em contínuo avanço, desenvolvendo pesquisas cada vez mais especializadas (INNOCENT *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2014).

LÓGICA FUZZY

Segundo Kantowitz (1997), LF é uma ferramenta com a possibilidade de aproximar as decisões computacionais das decisões humana, capturando informações vagas, que comumente são descritas em linguagem natural vagas e imprecisas, convertendo-as em um formato numérico de fácil manipulação pelo computador. Na LF muitas das experiências humanas não podem ser classificadas simplesmente como verdadeiras ou falsas, sim ou não, uma vez que as definições dos comportamentos e respostas humanas para a saúde e doença, por exemplo, não podem simplesmente ser explicados com o preto ou branco, diferentemente da lógica clássica que trata dos valores "verdade" das afirmações, classificando-as como verdadeiras ou falsas (WARREN *et al.*, 2000; JUNIOR *et al.*, 2016).

Pode-se exemplificar com a seguinte afirmativa: se o tempo de internação do paciente é longo e ele está estável, então, o percentual de infecção será possivelmente alta. Os termos “longo”, “estável” e “alto” demonstram informações vagas. A representação destas informações vagas se dá por meio do uso de conjuntos nebulosos (INNOCENT *et al.*, 2004).

A lógica *fuzzy* ou difusa ou nebulosa, desenvolvida por Lofti Zadeh em 1965, estende a lógica booleana, e é baseada na teoria dos conjuntos *fuzzy*, ela difere dos



Artigo

sistemas lógicos tradicionais em seus detalhes e conceitos. Esta lógica tem o objetivo de permitir que modelos computacionais tenham condições de elaborar soluções que tratem de incertezas, propondo uma forma de representar o raciocínio humano mais aproximado, a representação linguística, baseada em categorias gerais, não em termos simbólicos e números discretos (REYNA, 2015).

As regras nebulosas correspondem às regras utilizadas em linguagem natural com o objetivo de operar de maneira correta determinados conjuntos nebulosos, sendo necessário, um raciocínio coerente com o que se pretende obter para criar as regras. Este raciocínio é dividido em duas etapas: (a) avaliar a variável de entrada e (b) aplicar o resultado na variável de saída (SA *et al.*, 2015; COSTA, 2014). Para construção de um sistema difuso, as seguintes tarefas deverão ser desenvolvidas: definir o problema, definir as variáveis linguísticas, os conjuntos difusos, as regras difusas, construir, testar e ajustar o sistema. A figura 1 descreve a estrutura básica e simplificada de funcionamento de um sistema *fuzzy*.

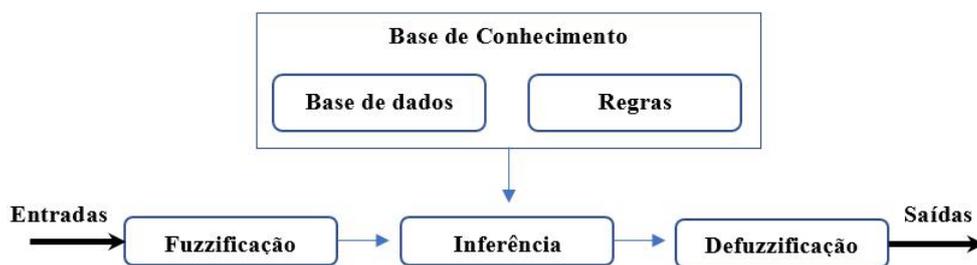


Figura 1 – Estrutura básica de um sistema fuzzy, 2017.

As estruturas são (REYNA, 2015):

- Base de conhecimento: representa o modelo do sistema a ser controlado. Composta por uma base de dados (variáveis linguísticas extraídas sobre o domínio em estudo) e uma base de regras *fuzzy* (onde as variáveis linguísticas são modeladas por conjuntos *fuzzy*, representa o conhecimento sobre o domínio);
- Fuzzificação: dados de entradas para o sistema de inferências são transformados em dados nebulosos;
- Inferências: com base nas regras e nas funções de pertinência, o raciocínio *fuzzy* executa a tomada de decisão;



Artigo

- Defuzzificação – traduz e/ou transforma a saída *fuzzy* em valores que poderão ser utilizados em contexto não-*fuzzy*.

METODOLOGIA

O sistema foi construído com base na definição de fluxos de trabalho como sendo a circulação de documentos e/ou tarefas por meio de um procedimento de trabalho, ou seja, como será a metodologia de trabalho para o planejamento e desenvolvimento do sistema? Como serão organizadas as tarefas? Quem são os responsáveis por cada tarefa e suas prioridades de execução? Como serão sincronizadas e monitoradas?

Criação de um fluxograma para uma melhor visualização e divisão das etapas do desenvolvimento das opções do sistema, onde, posteriormente, foi apresentado a todos da equipe (desenvolvedores e colaboradores). Nesta etapa de planejamento, foi utilizado o Runrun.it, (software gratuito, utilizado como gerenciador de tarefas, tempo e desempenho da equipe) e o *GoogleDrive* (serviço online que permite o armazenamento de arquivos na nuvem do Google), utilizado para compartilhar os relatórios com todos os participantes do projeto.

O processo de construção do sistema proposto, baseia-se nas seguintes etapas: a) seleção das variáveis linguísticas na base de dados do SISHosp, sistema de inserção de dados do Hospital, para representação das entradas do sistema especialista nebuloso; b) baseado na etapa anterior, especificação das regras e funções de pertinência, com o auxílio de especialistas da área; c) planejamento do sistema especialista nebuloso, linguagem de programação, bibliotecas, banco de dados, para representar e processamento os dados; d) avaliação dos resultados gerados pelo sistema, o acompanhamento e grau de risco das crianças e adolescentes acometidas de doenças crônicas.

O sistema vem sendo desenvolvido com a linguagem de programação JAVA utilizando a biblioteca nebulosa *jFuzzyLogic*. Esta biblioteca baseia-se em um arquivo FCL (*Fuzzy Control Language*), composta pelas seguintes informações: variáveis de entrada, variáveis de saída, fuzificação e defuzificação e conjunto de regras, que correspondem ao raciocínio lógico do sistema especialista nebuloso.



Artigo

A seleção das variáveis foi realizada, a partir da base de dados do SISHosp que possui cerca de 93 questões relacionados a informações de crianças e adolescentes acometidas de doenças crônicas. As funções de pertinência e definição de regras foram elaboradas por uma equipe formada de profissionais, professores e estudantes de pós-graduação da área de enfermagem.

A equipe de especialistas definiu, inicialmente, as variáveis de entrada do sistema para obter o grau da doença em que o paciente se encontra e auxiliar no acompanhamento e, assim, favorecer na sua cura e/ou tratamento. Para as perguntas com respostas de dois estados Sim e Não, foi criada uma variável total que representa a soma das respostas Sim dadas as perguntas escolhidas pelos especialistas. Posteriormente, os especialistas escolheram as variáveis linguísticas de entrada da base de dados, que são: varL_idade, que representa a idade do paciente, varL_sexo. Referente ao sexo do paciente, VarL_diagDefinitivo, referente ao diagnóstico definitivo, varL_faseDoença, referente a fase atual da doença, varL_Sintomas, referente aos sintomas da doença, entre outras.

Portanto, o SAD processa as informações extraídas da base de dados do SISHosp, que poderá contribuir para uma melhor organização do cuidado ofertado pelos serviços, bem como possibilitar o apoio no processo decisório nos hospitais, permitindo subsidiar o planejamento de políticas públicas para os usuários, através dos novos conhecimentos adquiridos pelo sistema.

O projeto encontra-se na fase de definição das regras e funções de pertinência, com o auxílio de especialistas da área da saúde, para isso, os passos a serem seguidos serão, a) definir os conjuntos *fuzzy*; b) construção das regras *fuzzy*; c) codificar os conjuntos e regras *fuzzy* e os procedimentos para realizar a inferência no sistema;

Após a conclusão dos passos anteriores, será criado o web service para integração entre o SISCACD e o sistema proposto. O webservice extrairá os dados relevantes de informações do pacientes, tais como: primeiros sinais e sintomas percebidos, primeira hipótese diagnóstica, primeiros sinais e sintomas percebidos entre outros. Essas informações serão armazenadas na base de conhecimento do sistema proposto para classificar objetos em um número de categorias ou classes que, posteriormente, auxiliarão os profissionais na tomada de decisão.



Artigo

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para validar a primeira fase do desenvolvimento do sistema, foram realizados testes de validação e simulação do sistema, tanto na integração, quanto na geração do conhecimento e apoio a tomada de decisão. Na coleta de informações foi utilizado um questionário avaliativo, contendo 10 (dez) questões, que contemplaram as variáveis de investigação do estudo, que são eficiência, conhecimento descoberto, usabilidade, qualidade, interface gráfica, apreensibilidade, aspectos motivacionais, tempo de resposta, inteligibilidade, recursos e operabilidade.

Esse estudo está sendo realizado desde junho de 2017 no Complexo de Pediatria Arlinda Marques, foram identificados um total de 845 crianças e adolescentes em tratamento no complexo e, deste total, 125 foram hospitalizados na clínica pediátrica hospitalizados por doenças crônicas.

Os dados coletados foram organizados e analisados mensalmente, no presente estudo foi possível destacar as cinco principais causas de internação no Complexo de Pediatria Arlinda Marques, como: asma, cardiopatia congênita, fibrose cística, púrpura trombocitopênica idiopática e síndrome nefrótica.

Portanto, os testes como sistema teve início no segundo semestre de 2018, em que foi possível detectar o estágio inicial da asma e fibrose cística, através de regras estabelecidas, com uma taxa de acerto de 16%, com menor risco de evolução da doença e assim, dar um melhor tratamento aos pacientes. O sistema também foi capaz de classificar os grupos de maior risco de piora ou de melhora do quadro clínico, quanto a probabilidade da redução dos sintomas dos pacientes acometidos pela a doença.

Sendo os grupos de moradores dos bairros com saneamento básico, que estudam, com pais que trabalham e são pais de crianças na faixa etária entre 06 a 17 anos, constatou-se que estes são os menos vulneráveis a progressão da doença, conforme as tabelas 1, 2, 3 e 4.



Artigo

Tabela 1: Risco de piorar da doença

Grupo 1	Risco
Com faixa etária entre 01 a 5 anos	Alto
Com faixa etária entre 06 a 9 anos	Médio
Com faixa etária entre 10 a 13 anos	Baixo
Com faixa etária entre 14 a 17 anos	Médio

Tabela 2: Risco de piora relacionada ao saneamento básico

Grupo 2	Risco
Com saneamento básico	Alto
Sem saneamento básico	Baixo a médio

Tabela 3: Risco de piora relacionado a assiduidade na escola

Grupo 3	Risco
Frequenta a escola	Baixo
Não Frequenta a escola	Médio a alto

Tabela 4: Risco relacionado a empregabilidade dos pais

Grupo 4	Risco
O Pai trabalha e a mãe não trabalha	Médio a baixo
O Pai não trabalha e a mãe trabalha	Médio a alto
Os pais trabalham	Médio a baixo

Em relação à faixa etária dos pacientes, os testes realizados demonstraram que uma idade menor que 10 anos ($p < 0,01$) tem um risco maior de piora da doença pela demora no fechamento do diagnóstico. Esse dado contribui para afirmar que há



Artigo

necessidade de utilizar novas tecnologias, a exemplo da Inteligência Artificial que pode auxiliar o profissional da saúde na tomada de decisão clínica, de modo a contribuir com a qualidade de vida do paciente, dando a possibilidade ao gestor público de criar políticas de saúde voltadas ao acompanhamento e tratamento mais apropriado a condição crônica, minimizando erros nos exames e classificando os diferentes tipos de sintomas para a construção do diagnóstico mais eficiente, possibilitar o controle de gastos, e assim, justificando o caráter inovador desta pesquisa (ARAÚJO, 2016; BENITO; LICHESKI 2009; COSTA, 2014).

Quanto ao saneamento básico, Roquayrol (2013), afirma que a doença é multifatorial e as condições socioeconômicas influenciam acerca da probabilidade e evolução do quadro patológico. A tabela 2 refere a escassez de saneamento como um fator de alto risco de piora das crianças, a falta de saneamento também aumenta a capacidade de acúmulo de resíduos, aumentando a probabilidade de adoecimento.

A frequência na escola, tabela 3, diminui os riscos de piora, isso se explica porque a escola é um ambiente educacional e ao entrar em contato com outros colegas e ter acesso a alimentos saudáveis na hora do lanche, a criança desde cedo vai sendo conscientizada acerca da importância da alimentação, hábitos saudáveis, atividade física dentre outras. Logo, são fatores que poderão reduzir os riscos de piora da doença. Araújo (2016); Benito, Licheski (2009) e Costa (2014), afirmam que a educação em saúde é de extrema importância para a redução de riscos de complicações da doença, aprendendo como lidar com os problemas, a criança se desenvolve de uma maneira mais saudável.

Quanto a ocupação dos pais, tabela 4, não se obteve resultados mais precisos, talvez porque os fatores podem proporcionar menor influência ou em virtude da dificuldade obtida dos dados secundários, que ao longo do tempo poderá ser uma variável a ser mais observada. Contrariando aos resultados, Roquayrol (2013) afirma que, quando os pais trabalham muitas vezes a criança é cuidada por outros membros da família que tendem a não cooperar com a rotina exigida pelas doenças crônicas e as doenças tendem a piorar.



Artigo

CONCLUSÃO

Este artigo apresentou um estudo do desenvolvimento de um Sistema Especialista, *open source*, utilizando a LF, para oferecer a possibilidade de manipulação de dados através de uma abordagem de relativa facilidade para auxiliar o processo de tomada de decisão clínica, mostrando-se ser mais adequada para tratar imperfeições da informação do que a teoria das probabilidades. O Sistema Especialista utilizando LF para apoio a tomada de decisão tem sido utilizado internacionalmente em algumas áreas da saúde, produzindo evidências científicas de sua efetividade na perfeição das informações o que gera conhecimento e auxilia no processo decisório clínico (HORTEGAL, 2016; GHOSH, 2012).

Os resultados do desenvolvimento do Sistema Especialista nessa área, poderão fortalecer as discussões local, regional e nacional sobre a permanente necessidade de maiores investimentos em saúde e pesquisas na área, contribuindo de forma direta para reorganizar e firmar o cuidado em saúde para essa clientela. Deste modo, para as próximas fases de desenvolvimento, o sistema será expandido para um contexto mais colaborativo por meio da Internet, dando acesso a outras instituições para seu uso e disponibilidade de acesso *off-line* em dispositivos móveis pelos profissionais da saúde, bem como, adicionar novos conjunto de regras, que correspondem ao raciocínio lógico do sistema especialista nebuloso, bem como, seu refinamento.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Y. B.; et al. 2016. Construção de um protótipo de sistema de informação para crianças e adolescentes com doença crônica. **SBIS**.

BENITO, G. A. V.; LICHESKI, A. P. 2009. Sistemas de Informação apoiando a gestão do trabalho em saúde, **Revista Brasileira de Enfermagem - REBEn**, vol. 62, nº 3, maio-jun.

BITTENCOURT, S. A.; et al. 2006. **O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva**. V. 22, n 1, p. 19-30.



Artigo

COSTA, T. K L.; et al. Inteligência artificial e sua aplicação em *serious games* para saúde. **Rev Eletron de Comun Inf Inov Saúde**. V. 8, n. 4, out-dez 2014.

FORNAZIN; JOIA, L. A. Articulando perspectivas teóricas para analisar a informática em saúde no Brasil, **Saúde e Sociedade**. v. 24, n 1, p. 46-60, 2015.

GHOSH, B. 2012. Using fuzzy classification for chronic disease management. **Indian Journal of Economics and Business**. p231-240.

HORTEGAL, M. 2016. Aplicação da lógica fuzzy no controle do desempenho de estacas hélice contínua. Tese (Doutorado em Geotecnia), **Universidade de Brasília**.

INNOCENT, P.R.; et al. **Fuzzy Methods and Medical Diagnosis**, 2004. Disponível em:
<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.193.1953&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

JEANPIERRE L, CHARPILLET F. 2004. Automated medical diagnosis with fuzzy stochastic models: monitoring chronic diseases. **Acta Biotheor**. V. 52, n. 4, p. 291-311.

JUNIOR, C. R. S.; et al. 2016. Identificação do risco de Saúde da gestante utilizando lógica fuzzy. **XV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde**.

KANTOWITZ, M. 1997. What is fuzzy logic? Pittsburgh (PA): Corneggie Mellon University; COX, E. **Fuzzy modeling and genetic algorithms for data mining and exploration**.

REYNA, V. F. et al. Decision Making and Cancer. **American Psychologist**, v. 70, p. 105–118, Feb–Mar 2015.



Artigo

SÁ L.R., NOGUEIRA J.A., MORAES R.M. Modelo de decisão sobre o perfil demográfico para o controle da tuberculose usando lógica Fuzzy. **Rev. Eletr. Enf.** v. 17, n. 2, p. 223-37, abr-jun 2015.

WARREN, JIM; BELIAKOV, GLEB; ZWAAG, BEREND VAN DER. 2000. Fuzzy logic in clinical practice decision support systems. Proceedings of the **33rd Hawaii International Conference on System Sciences**.



INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA ESPECIALISTA UTILIZANDO A LÓGICA FUZZY PARA O ACOMPANHAMENTO DE CRIANÇAS E ADOLESCENTES COM DOENÇAS CRÔNICAS

Páginas 240 a 252