



Descrição de um sistema de suporte ao diagnóstico de demência e Transtornos Mentais Relacionados

A support system description for diagnosis of dementia and Related Mental Disorders

Descripción del sistema de soporte para el diagnóstico de Demencia y Trastornos Relacionados

Flavio Luiz Seixas¹, Carolina M. Carvalho², Débora C. Muchaluat-Saade¹, Aura Conci¹, Jerson Laks³

RESUMO

Descritores: Aplicação de Informática Médica; Diagnóstico Clínico; Doença de Alzheimer

Objetivo: Este artigo descreve um sistema de suporte à decisão clínica para auxiliar médicos no diagnóstico da Demência e outras doenças relacionadas. **Método:** Este sistema foi projetado para dispositivos móveis e implementado usando as especificações J2EE, padrões de projeto baseados em Web e orientação a objetos. **Resultados:** O sistema permite ao médico cadastrar os registros clínicos do paciente no momento do atendimento, e avalia o diagnóstico positivo ou negativo para Demência, Doença de Alzheimer e Transtorno Cognitivo Leve, e respectivo fator de certeza. Adicionalmente, o sistema indica os principais indícios clínicos que o levaram a tal sugestão de diagnóstico, e a relação dos testes neuropsicológicos ainda não aplicados e que podem reduzir o nível de incerteza do diagnóstico. **Conclusão:** A qualidade de uso do aplicativo médico e os resultados do sistema de apoio à decisão estão sendo avaliados por médicos em uma rotina clínica real.

ABSTRACT

Keywords: Medical Informatics Applications; Clinical Diagnosis; Alzheimer Disease

Objective: This article describes a clinical decision support system to assist physicians in the diagnosis of dementia and other related diseases. **Method:** This system has been designed for mobile devices and implemented using the J2EE specifications, Web-based design patterns and object-oriented analysis. **Results:** The system allows the physician to register the patient health records at the time he is attended, and evaluates the positive or negative diagnosis for Dementia, Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment, and its corresponding correction evaluators. Additionally, the system displays the health records that lead to such a suggestion of diagnosis and the list of neuropsychological tests not yet applied and that can reduce the level of uncertainty of the indicated diagnosis. **Conclusion:** Physicians are evaluating the use quality and the decision support system results accuracy in a real clinical routine.

RESUMEN

Descriptores: Aplicaciones de Informática Médica; Diagnóstico Clínico; Enfermedad de Alzheimer

Objetivo: Este artículo describe un sistema de ayuda al diagnóstico médico para ayudar al especialista en el diagnóstico de la demencia y otras enfermedades neurodegenerativas senis. **Método:** Un sistema diseñado para dispositivos móviles e implementado utilizando las especificaciones J2EE, el diseño basado en estándares web y el paradigma orientado a objetos (OO). **Resultados:** El sistema permite al médico registrar la historia clínica del paciente en el momento de la consulta, y evaluar el diagnóstico tanto positivo como negativo para la demencia, la enfermedad de Alzheimer y el deterioro cognitivo ligero, y su nivel de confianza. Además, el sistema permitirá inferir mediante los principales registros clínicos las causas de la enfermedad o una sugerencia de tal diagnóstico, y la relación de pruebas neuropsicológicas aún no aplicadas y que pueden disminuir el nivel de incertidumbre del diagnóstico. **Conclusión:** La evaluación de la calidad del uso de la aplicación médica y los resultados del sistema de ayuda a la toma de decisiones están siendo validados por los expertos médicos en un entorno clínico real.

¹ Professor do Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói (RJ), Brasil.

² Aluna de Doutorado do Instituto de Computação, Universidade Federal Fluminense - UFF, Niterói (RJ), Brasil.

³ Professor e Coordenador do Centro de Doença de Alzheimer e outras Desordens Mentais na Velhice, Instituto de Psiquiatria, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro (RJ), Brasil.

INTRODUÇÃO

O fenômeno global de envelhecimento da população é um problema importante de saúde pública, que vem recebendo atenção crescente dos pesquisadores. Nesse contexto, o aumento das doenças neurodegenerativas, com alta prevalência na população idosa, como a Doença de Alzheimer e outros transtornos relacionados, requer um diagnóstico precoce e correto como forma de garantir a melhoria na qualidade de vida dos pacientes. Berner destaca que os Sistemas de Suporte à Decisão Clínica (CDSS – *Clinical Decision-Support Systems*) são uma categoria importante de sistemas de informação de saúde projetados para melhorar a tomada de decisão clínica através da redução das taxas de erros de diagnósticos⁽¹⁾. Martinez-Perez et al. destacam que os últimos avanços em *eHealth* e *mHealth* têm propiciado uma rápida expansão na criação de aplicações móveis destinadas aos cuidados em saúde, fazendo um levantamento sobre CDSSs em dispositivos móveis descritos na literatura ou disponíveis comercialmente⁽²⁾.

Este artigo apresenta a arquitetura de um sistema de suporte à decisão e o processo de desenvolvimento de um aplicativo médico para auxiliar no diagnóstico de Demência, Doença de Alzheimer (DA) e Transtorno Cognitivo Leve (TCL), proporcionando aos médicos lembranças de aspectos a serem considerados em um diagnóstico. O sistema utiliza as redes Bayesianas (RBs) modeladas em Seixas et al.⁽³⁾. Este CDSS vai além dos aspectos apresentados nos sistemas descritos em Martinez-Perez et al., possibilitando aos médicos e profissionais de saúde cadastrar os registros clínicos de pacientes e as pontuações obtidas em testes neuropsicológicos a eles aplicados⁽²⁾. Com base nisso, o CDSS sugere os diagnósticos ou outros exames e testes a serem realizados, auxiliando assim a tomada de decisão. O CDSS disponível em dispositivos móveis possibilita aos médicos, especialistas ou não no domínio do conhecimento, aplicar os testes neuropsicológicos e realizar triagem e avaliação de pacientes possivelmente afetados cognitivamente, em postos de atendimento mais convenientes aos mesmos, sem a necessidade de que os pacientes tenham que se deslocar para clínicas ou hospitais.

Conforme descrito em Seixas et al., o modelo de decisão baseado em RB é adequado ao contexto clínico, por proporcionar a inclusão de características quase sempre presentes nas aplicações computacionais na área de saúde, tais como o tratamento de incertezas, o mapeamento da causalidade entre os itens clínicos, a sugestão de diagnóstico com a indicação dos fatores que levaram a este diagnóstico, a ordenação de relevância dos aspectos que resultaram na sugestão de diagnóstico apresentada, e os itens clínicos ainda não observados que levariam a indicação de um diagnóstico com fator de certeza mais alto⁽³⁾. A especificação do modelo de decisão, orientada por dados, incluiu a construção manual das RBs, uma para cada doença a ser diagnosticada, com a ajuda de especialistas e fazendo uso de literatura médica e critérios de diagnóstico atuais para as doenças em questão. As tabelas de distribuições de probabilidades, que compõem

os parâmetros das RBs, foram obtidas através de aprendizagem supervisionada a partir da base de dados de pacientes do Centro de Doença de Alzheimer e outras Desordens Mentais (CDA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) contendo fatores predisponentes, dados demográficos, resultados de escalas de avaliação de exames neuropsicológicos, sintomas e sinais. Os atributos numéricos da base de dados foram discretizados para que as estimativas das distribuições de probabilidades fossem baseadas na maximização do estimador de verossimilhança, para o que foi utilizado o algoritmo *Expectation-Maximization* (EM)⁽⁴⁾. O desempenho do modelo de decisão foi comparado ao desempenho de outros classificadores comumente encontrados na literatura, constatando-se um desempenho similar para o diagnóstico de demência e DA e ligeira superioridade da RB para diagnóstico de TCL⁽³⁾. Contudo, ainda havia a necessidade do projeto e implementação de um CDSS que expusesse o modelo de decisão para os médicos, dentro de uma rotina clínica, permitindo que as saídas do sistema pudessem ser avaliadas e comentadas pelos especialistas. Para tal, no presente trabalho foi especificada uma arquitetura e desenvolvido um CDSS, contendo as RBs inicialmente modeladas, incluindo a possibilidade do seu aprimoramento, de maneira a adequá-lo com o uso, às necessidades atuais e futuras dos usuários finais.

Considerando o uso de dispositivos móveis para propósitos de saúde, outros projetos relacionados visam a melhoria da qualidade de vida dos pacientes pela inclusão de monitoramento e diagnóstico auxiliado por computador. Memom et al. conduziram uma pesquisa sobre o estado da arte de frameworks *Ambient Assisted Living* (AAL)⁽⁵⁾. Giroux et al. resumiram uma pesquisa realizada por uma universidade canadense objetivando prover AAL para pessoas com prejuízos cognitivos através de casas inteligentes⁽⁶⁾. Stavropoulos et al. apresentam uma plataforma AAL orientada a serviços para auxiliar pessoas com demência com uma variedade de cenários piloto incluindo testes de laboratório, enfermarias e casas de paciente, provendo os meios necessários para coletar dados, dar suporte aos pacientes e suportar diagnóstico clínico⁽⁷⁾. Billis e Bamidis apresentam um paradigma que incorpora aprendizado de máquina e algoritmos de mineração de dados para prever as condições médicas dos pacientes em suas próprias casas, sendo que consideram quinze condições médicas a serem previstas, incluindo condições pulmonares e cardíacas⁽⁸⁾. Sindi et al. descrevem uma aplicação móvel que prediz o risco de demência na terceira idade com base em fatores de risco vasculares presentes na meia idade⁽⁹⁾. Habash et al. descrevem um aplicativo baseado no sistema operacional Android para auxiliar médicos no cuidado a portadores de DA que considera o envio de mensagens relativas à medicação a ser administrada⁽¹⁰⁾. Pigot e Giroux descrevem como dispositivos móveis podem melhorar a supervisão médica para pessoas com déficits cognitivos de modo a melhorar a autonomia e a segurança das mesmas⁽¹¹⁾.

Como resultado da utilização do aplicativo médico descrito neste artigo, espera-se melhorar o diagnóstico

seguro dos pacientes, reduzindo os custos do tratamento, elevando as chances de diagnóstico da doença em estágios iniciais. O sistema foi desenvolvido como uma plataforma móvel baseada na *Web* e componentes, a qual pode ser facilmente reutilizada por outros sistemas de auxílio a diagnóstico. O sistema tem alto potencial de utilização por proporcionar o acesso por dispositivos móveis à assistência à saúde para uma população idosa com provável declínio cognitivo e possíveis dificuldades de locomoção.

As próximas seções estão organizadas da seguinte forma. A Seção 2 descreve a arquitetura do aplicativo médico e do CDSS propostos e o processo de diagnóstico. As telas do aplicativo médico são apresentadas na Seção 3. A Seção 4 discute os principais resultados. Por fim, a Seção 5 apresenta as conclusões e propostas de trabalhos futuros.

MÉTODOS

A arquitetura do CDSS é baseada em aplicativo Web J2EE (Java Enterprise Edition Platform)⁽¹²⁾. A Figura 1 ilustra a arquitetura com os principais componentes que foram projetados ou integrados no aplicativo médico e CDSS propostos. A arquitetura desenvolvida se baseia em componentes, implementa importantes padrões de projeto de software como *Dependency injection*, *Facade* e outros padrões de codificação⁽¹³⁾. Também foi escolhido o framework JSF (Java Server Faces)^I que inclui o MVC (*Model-View-Controller*) como padrão arquitetural⁽¹⁴⁾. Na camada de apresentação, foi utilizado o PrimeFaces^{II}, pois disponibiliza controles de interface de usuário responsivos e adaptáveis ao contexto e dispositivo em uso. Para implementar o mecanismo de inferência, foi escolhida a API (*Application Programming Interface*) Java fornecida por GeNIe/SMILE^{III}. Como framework de persistência, foi escolhido JPA (Java Persistence API) e, como SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados), o MySQLServer^{IV}⁽¹⁵⁾. Páginas XHTML e todos os códigos Java estão hospedados em um servidor de aplicação de forma que as funcionalidades do CDSS podem ser acessadas através de um navegador Web com suporte a AJAX e JavaScript sem necessidade de instalações no lado do cliente. Do lado cliente, um navegador Web troca mensagens HTTP através da Internet com um servidor de aplicação GlassFish^V, que provê um Container Servlet no qual o CDSS executa. No que se refere ao modelo MVC, a camada *view* (apresentação) inclui Primefaces, uma biblioteca baseada em CSS-JS (*Cascading Style Sheet - JavaScript*) para JSF que lida com componentes da interface de usuário. O Primefaces provê o suporte para lidar com eventos, processamento das interações com os usuários, geração dinâmica de páginas e gerenciamento de formulários, incluindo a validação de dados

^I <https://javaserverfaces.java.net/>

^{II} <http://www.primefaces.org/>

^{III} GeNIe(Graphical Network Interface)/ SMILE (Structural Modeling, Inference and Learning Engine), uma ferramenta de autoria e aprendizagem de redes BN. <https://dslpitt.org/genie/>

^{IV} <http://dev.mysql.com/>

^V <http://glassfish.java.net>

informados.

As requisições HTTP e a lógica específica da aplicação são processadas em objetos do tipo *controller*. Objetos facade acessam funções CRUD (*Create, Update, Delete*) facilitando a visualização, buscas e atualizações nos dados. Na arquitetura JPA, o banco de dados é orientado a objetos, as tabelas sendo representadas por classes de entidade. Usando JPA, estas classes são devidamente mapeadas para o domínio relacional do SGBD, criando uma independência quanto ao SGBD adotado. Em nosso CDSS, foram desenvolvidos três pacotes contendo classes de entidade de três tipos: (1) classes de administração do sistema, que são responsáveis pela administração dos usuários do sistema, gerenciamento de senhas, preferências e outros parâmetros de configuração; (2) classes de registros clínicos de saúde do paciente, que são responsáveis por lidar com informações demográficas, pontuações obtidas nos testes neuropsicológicos e todos os registros do histórico de saúde do paciente; (3) classes das RBs, que espelham os nodos ou variáveis aleatórias, e arestas ou dependências condicionais presentes no modelo de decisão.

O componente desenvolvido para o mecanismo de inferência pode ser logicamente dividido em duas partes: (1) a baseada em regras, responsável por listar as avaliações de diagnóstico possíveis de serem realizadas de acordo com o histórico de dados de saúde do paciente; (2) a parte do mecanismo de inferência Bayesiana, que é responsável por obter as probabilidades de diagnóstico negativo ou positivo para as doenças passíveis de serem diagnosticadas de acordo com os dados clínicos do paciente.

Esta segunda parte invoca a API de uma ferramenta de autoria e aprendizagem bayesiana chamada GeNIe/SMILE. O objetivo é calcular as probabilidades marginais a posteriori do nodo de diagnóstico, dadas às evidências, as quais são produzidas pelo casamento dos dados clínicos dos pacientes com os nós do modelo de decisão. O modelo de decisão foi previamente armazenado em arquivos XDSL, os quais contêm nodos, arestas e tabelas de distribuição de probabilidades condicionais das redes Bayesianas^{VI}.

Quanto ao processo de diagnóstico, o sistema segue as diretrizes médicas para demência, DA e TCL⁽³⁾. A Figura 2 ilustra este processo de diagnóstico. Em um primeiro momento, o médico ou profissional de saúde coleta através de entrevista ao paciente o seu histórico clínico e aplica testes para triagem de Demência. Se o médico suspeita que o paciente possa ter demência, ou seja, se o resultado da triagem é positivo para demência, são realizados testes neuropsicológicos para confirmar ou não o diagnóstico de demência. Se o diagnóstico de demência é confirmado como positivo, testes neuropsicológicos adicionais são realizados para diagnosticar se a demência é do tipo DA ou não. Sendo negativo para o diagnóstico de demência, testes neuropsicológicos adicionais são realizados para diagnosticar se o paciente possui TCL (que

^{VI} Descrição do formato disponível em <http://support.bayesfusion.com/docs/>

pode ser um estágio pré-clínico de DA). O sistema foi projetado para seguir este fluxo de diagnóstico em que as redes Bayesianas proveem suporte à tomada de decisão quanto ao diagnóstico de Demência, DA e TCL, nos respectivos momentos em que cada avaliação de diagnóstico deve ser realizada pelo médico que acompanha o paciente. O paciente é atendido e as observações e resultados dos testes neuropsicológicos são registrados diretamente no aplicativo pelo médico ou profissional de saúde. Estes dados são utilizados como entrada ao processo de tomada de decisão.

A regra de exibição dos resultados apresentados pelo CDSS é ilustrada na Figura 3. Com base nos registros clínicos do paciente cadastrados no aplicativo, o sistema avalia se é possível sugerir algum diagnóstico. Caso seja possível, o sistema sugere um diagnóstico positivo ou negativo, um nível de certeza alto ou baixo associado a este diagnóstico e os principais itens clínicos que levaram ao diagnóstico sugerido. Se o fator de certeza for alto (maior que 80%), um diagnóstico seguinte é avaliado, caso contrário, o sistema sugere quais exames devem ser realizados de forma a aumentar o fator de certeza.

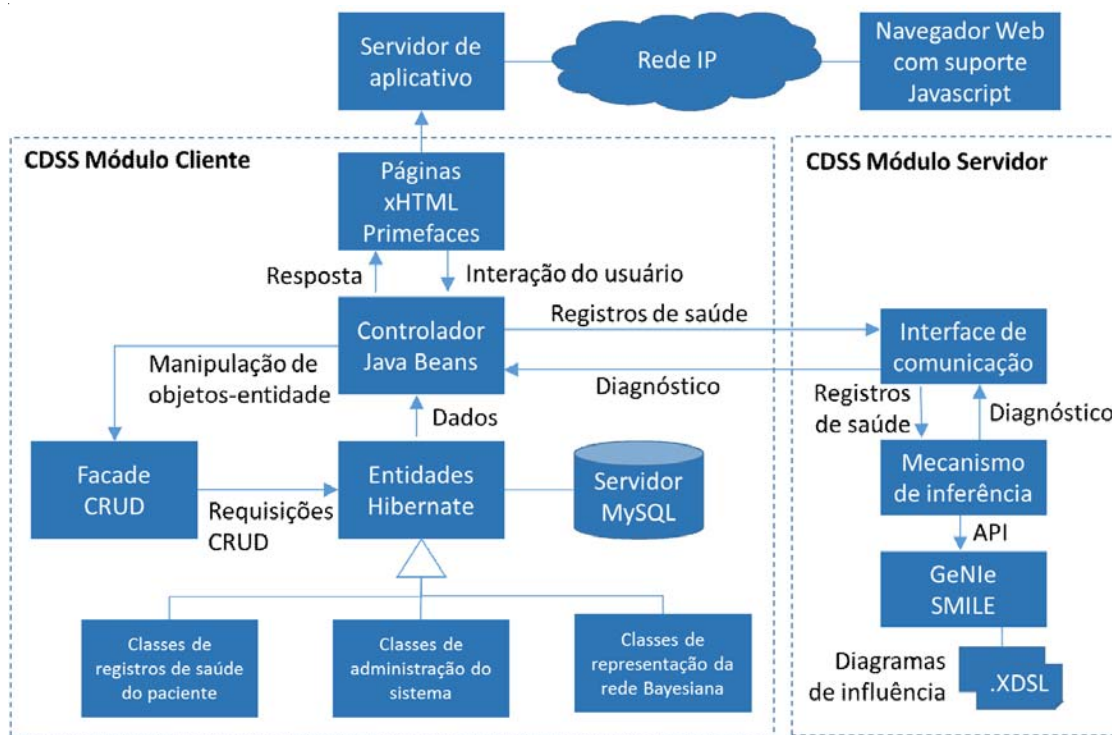


Figura 1 - Arquitetura do CDSS baseada em componentes.

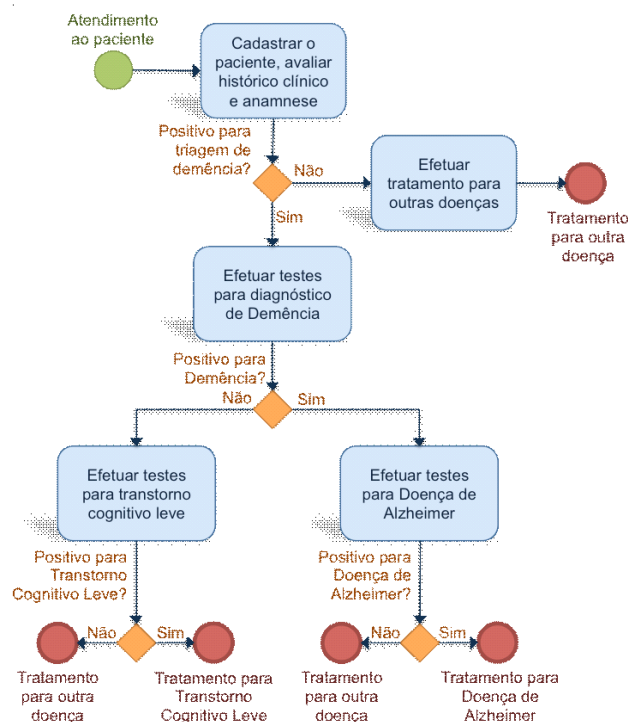


Figura 2 - Processo de diagnóstico de Demência, DA e TCL.

RESULTADOS

A Figura 4 mostra a interface do aplicativo desenvolvido como visto por um navegador Web de um smartphone e mostra os registros clínicos de um paciente fictício, e as opções apresentadas para o cadastro de um novo registro clínico.

A Figura 5, tela à esquerda, mostra a saída da inferência Bayesiana do CDSS apresentada pelo aplicativo médico. No caso, o paciente recebeu um diagnóstico positivo para Demência, com baixo fator de certeza. Os dados do paciente e registros clínicos mais relevantes que conduziram a este diagnóstico foram: o resultado do teste neuropsicológico *Clinical Dementia Rate* e o gênero do paciente. Como o fator de certeza foi baixo (menor que

80%), os itens clínicos ainda não observados que poderiam confirmar o diagnóstico são: os testes neuropsicológicos *Berg balance scale*, *Verbal fluency test score*, além da presença, ou ausência, de depressão. Ainda na mesma Figura, a tela à direita mostra a entrada de dados para avaliação, pelo médico, dos resultados apresentados pela inferência Bayesiana, admitindo que o médico discorde de algum dos resultados apresentados na saída da inferência Bayesiana.

DISCUSSÃO

Uma RB foi modelada para cada doença de modo a prover o diagnóstico clínico. Para modelagem da RBs, foi utilizado um método híbrido, envolvendo tanto os

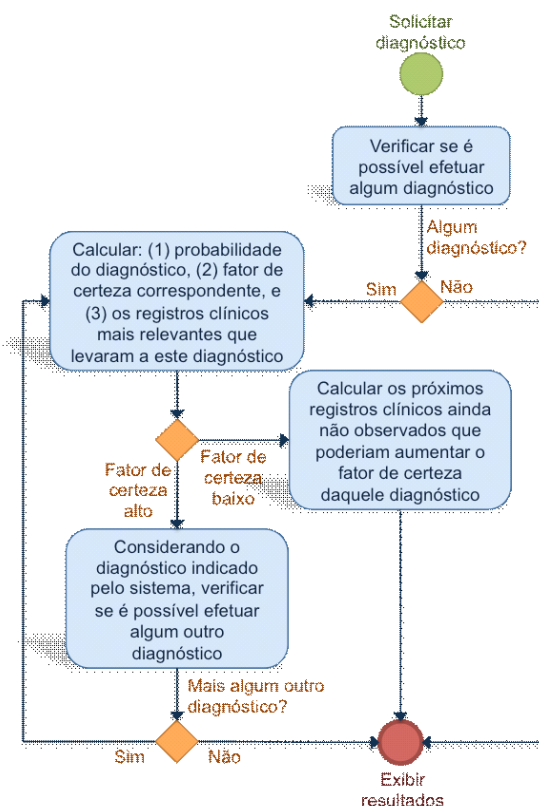


Figura 3 - Lógica de exibição dos resultados pelo CDSS.

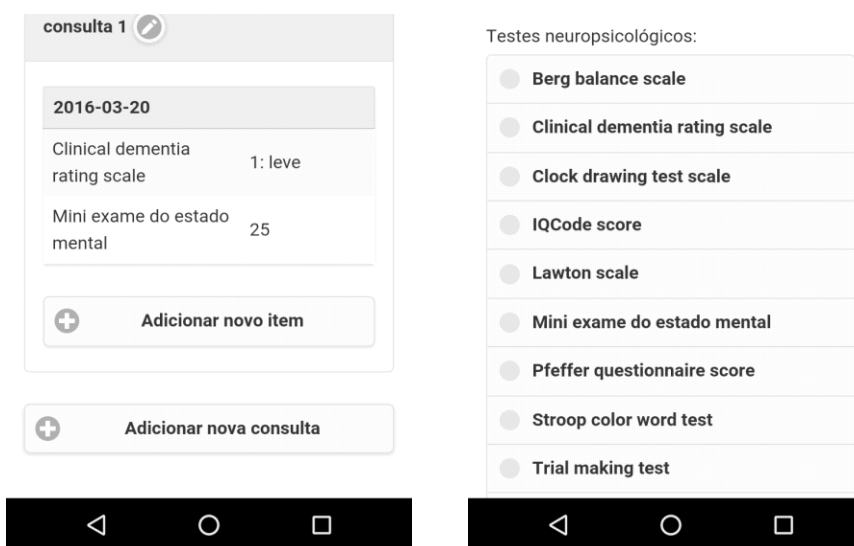


Figura 4 - Telas exibindo os registros de saúde do paciente (lado esquerdo), e os sinais, sintomas e exames neuropsicológicos disponibilizados no aplicativo (tela direita).

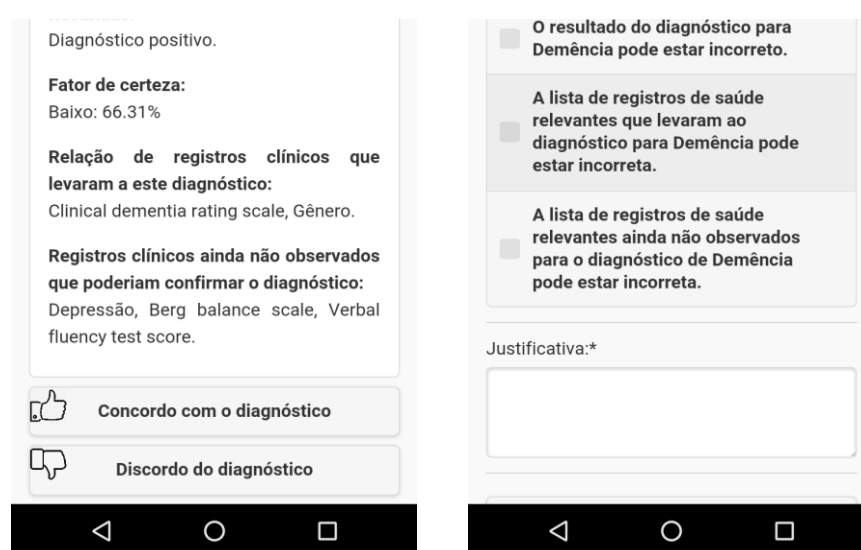


Figura 5 - Telas exibindo a análise do CDSS com base nos registros clínicos do paciente (tela esquerda) e a avaliação dos resultados, admitindo que o médico discorde do diagnóstico.

critérios de diagnóstico publicados na literatura científica, como a aprendizagem Bayesiana através da estimativa das distribuições de probabilidades associadas a cada variável aleatória ou nodo bayesiano. Para aprendizagem Bayesiana foi utilizado um algoritmo de estimativa por maximização da função de verossimilhança denominado *Expectation-Maximization* (EM)⁽⁴⁾. A aprendizagem utilizou uma base de treinamento contendo registros clínicos de 247 pacientes e controles normais assistidos pelo Centro de Doença de Alzheimer e outras Desordens Mentais (CDA) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Essa base é uma amostra de conveniência de pacientes que procuram o serviço, que é comparável aos dados sócio-demográficos do IBGE. Estes registros clínicos estavam organizados em planilhas eletrônicas administradas diretamente pelos médicos e profissionais de saúde do CDA, em um período de dois anos.

A avaliação da aprendizagem foi baseada no método de validação-cruzada, onde $\frac{3}{4}$ do conjunto de registros clínicos foi utilizado para treinamento supervisionado utilizando como função busca a maximização da função log-verossimilhança, e $\frac{1}{4}$ do conjunto de registros clínicos foram utilizados para testes⁽³⁾. Na base de testes, utilizamos várias medidas de desempenho de classificação, dentre elas, a área sobre a curva *Receiver Operating Characteristics* (ROC), ou AUC (*Area Under ROC Curve*). A curva ROC tem sido bastante utilizada para avaliação de métodos de aprendizagem de máquina, pois resume o desempenho de medidas de sensibilidade e especificidade de um classificador com duas classes: classe positivo e negativo⁽¹⁶⁾. Medidas próximas de 1 indicam um desempenho ótimo. A Figura 6 apresenta os resultados da AUC para as RBs resultantes do processo de aprendizagem Bayesiana em comparação com outros classificadores bem conhecidos: *Náive Bayes*, *Logistic*, *Multilayer Perceptron*, *Decision Table*, *Decision Stump* e *J48*. Os atributos da base de treinamento, os testes neuropsicológicos, os pontos de corte e os resultados da avaliação estão detalhados em Seixas et al⁽³⁾.

Na Figura 6, observa-se que a RB gerou resultados de desempenho competitivos em relação aos outros classificadores, para Demência, DA e TCL, as doenças de interesse relacionadas. Diferentemente dos outros classificadores, uma RB pode ser representada graficamente, o que facilita a comunicação e apresentação dos critérios de diagnóstico para validação do especialista do domínio. Outro aspecto relevante é a RB ter apresentado os melhores resultados para TCL. O TCL trata-se de uma condição pré-demencial e cujo diagnóstico pode indicar um paciente que poderá ser acometido pela DA dentro de poucos anos, e o seu diagnóstico pode aumentar a eficiência do tratamento⁽¹⁷⁾.

O aplicativo foi desenvolvido com o objetivo de gerenciar os registros clínicos dos pacientes assistidos, armazenando de forma estruturada os resultados dos testes neuropsicológicos, dentre outros dados clínicos de interesse, transmitindo-os para o sistema de suporte à decisão, com uma apresentação objetiva e *user friendly* dos resultados.

O método de avaliação do CDSS incluirá a avaliação pelos médicos da usabilidade do aplicativo, e validação dos resultados exibidos, decorrentes do processo de inferência Bayesiana. Quanto a avaliação da usabilidade do aplicativo, objetiva-se a qualidade da interação entre o médico e o aplicativo. Para isto, foi implementado uma versão eletrônica do formulário de avaliação da usabilidade, incluindo a escala SUS (*System Usability Scale*) de avaliação de usabilidade de software⁽¹⁸⁾, que está disponível para o usuário no próprio aplicativo. O usuário então responderá 10 perguntas com base em uma escala, e estas, após serem armazenadas, são transformadas em um escore, representando a avaliação da usabilidade pelo usuário.

Já para a avaliação das respostas do modelo de decisão, a proposta foi apresentar uma tela que permitisse ao médico discordar de algum resultado apresentado pelo modelo de decisão e ainda justificar o porquê da discordância. O médico pode discordar do resultado do

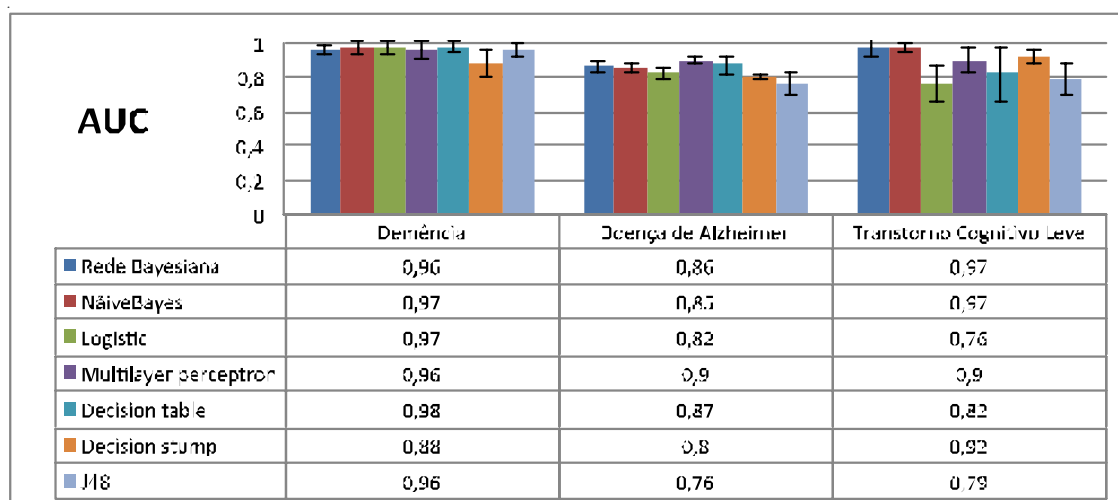


Figura 6 - Resultados da área da curva ROC (AUC – Area Under ROC Curve) apresentados em Seixas et al.⁽³⁾

diagnóstico, dos registros clínicos mais relevantes que levaram ao diagnóstico, ou dos registros que levarão a uma condição mais assertiva do diagnóstico. Este retorno do médico é importante para, primeiro, avaliar o grau de aproximação dos resultados da inferência Bayesiana com a realidade clínica, e posteriormente, utilizar um mecanismo de ajuste contínuo dos parâmetros da RB, permitindo o refinamento dos resultados em função da utilização do aplicativo pela comunidade médica.

O aplicativo foi inicialmente testado por alguns médicos e estudantes de medicina, que deram algumas sugestões já incorporadas ao aplicativo. Todos os médicos consideraram o sistema com bom potencial para uso prático clínico.

Neste momento, estamos em fase de testes envolvendo toda a equipe médica do Centro de Doença de Alzheimer e outras Desordens da UFRJ e também a equipe do setor de geriatria da UFF.

CONCLUSÃO

O presente trabalho propôs um sistema de suporte ao diagnóstico de Demência, DA e TCL. O artigo apresentou a arquitetura do CDSS e seu processo de desenvolvimento. Este processo de desenvolvimento pode ser reutilizado na implementação de outros sistemas de suporte ao diagnóstico. O reuso é facilitado pela adoção de padrões abertos e bem documentados e pelo uso de padrões de projeto que refletem as melhores práticas de codificação orientada a objetos. A apresentação da interface aplicação é dinamicamente modificada de acordo com o dispositivo final de usuário, seja ele móvel ou não.

Dentre as contribuições do artigo, destaca-se o desenho

da arquitetura e descrição do processo de desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para o diagnóstico clínico.

O suporte a diagnóstico em dispositivos móveis facilita a interação entre médicos e pacientes. O sistema também disponibiliza um tutorial e documentação sobre sua utilização para a equipe de saúde. O aplicativo médico inclui a entrada de dados para pedidos de suporte através de um formulário eletrônico. Tais mensagens serão automaticamente enviadas para a equipe de suporte que tomará as medidas apropriadas. Relatórios estatísticos poderão ser gerados com o retorno provido pelos usuários do sistema.

Embora a aprendizagem das RBs já tenha sido avaliada usando o método de validação cruzada, ainda há a necessidade de validação do modelo de decisão pelos usuários finais, ou seja, pelos médicos especialistas no domínio clínico. Com a avaliação dos médicos quanto aos resultados apresentados pela inferência Bayesiana, pretende-se aprimorar o modelo de decisão e aumentar a confiabilidade conceitual do sistema. Pretende-se, portanto, projetar e implementar as adequações do sistema com base nos dados providos pelos testes e avaliações dos usuários, promovendo, assim, o ciclo de melhoria contínua.

Outros trabalhos futuros incluem melhorar a interoperabilidade semântica, capacitando o sistema a operar com outros sistemas e modelos de registros de dados de saúde, e estender o sistema a outros domínios de doenças, como a depressão tardia, doença com alta prevalência em portadores de DA. Para isto, será necessário o acesso a uma base de dados de novos casos clínicos, mais generalizável, para o qual já se obteve o consentimento do Comitê de Ética para Pesquisa Médica.

REFERÊNCIAS

1. Berner ES. Clinical decision support systems: theory and practice. Birmingham, England: Springer; 2007.
2. Martínez-Pérez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M, Sainz-de-Abajo B, Robles M, García-Gómez JM. Mobile clinical decision support systems and applications: a literature and commercial review. *J Med Syst.* 2014;38(1):1-10.
3. Seixas FL, Zadrozny B, Laks J, Conci A, Saade DCM. A Bayesian network decision model for supporting the diagnosis of dementia, Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Comput Biol Med.* 2014;51:140-58.
4. Dempster AP, Laird NM, Rubin DB. Maximum likelihood from incomplete data via the EM algorithm. *J Royal Statist Soc. Series B (Methodological).* 1977;39(1):1-38.
5. Memon M, Wagner SR, Pedersen CF, Beevi FHA, Hansen

- FO. Ambient assisted living healthcare frameworks, platforms, standards, and quality attributes. *Sensors*. 2014;14(3):4312-41.
6. Giroux S, Leblanc T, Bouzouane A, Bouchard B, Pigot H, Bauchet J, editors. The praxis of cognitive assistance in smart homes. *Behav Monitor Interp*. 2009;3:183-211.
 7. Stavropoulos TG, Meditskos G, Kontopoulos E, Kompatsiaris I, editors. The DemaWare service-oriented AAL platform for people with dementia. *Proceedings of the 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Assistive Medicine*; 2014 Set 18-22. Prague, Czech Republic. p. 11-15.
 8. Billis A, Bamidis PD, editors. Employing time-series forecasting to historical medical data: an application towards early prognosis within elderly health monitoring environments. *Proceedings of the 3rd International Conference on Artificial Intelligence and Assistive Medicine*; 2014 Set 18-22. Prague, Czech Republic. p. 31-35.
 9. Sindi S, Calov E, Fokkens J, Ngandu T, Soininen H, Tuomilehto J, et al. The CAIDE Dementia risk score app: the development of an evidence-based mobile application to predict the risk of dementia. *Alzheimers Dement (Amst)*. 2015;1(3):328-33.
 10. Habash ZA, Ishak WHW, Omar MH, editors. Android-based application to assist doctor with Alzheimer's Patient. *Proceedings of the 4th International Conference on Computing and Informatics*; 2013 Ago 28-30. Kuching, Sarawak, Malaysia. Available from: <http://www.icoci.cms.net.my/icoci2013/>
 11. Pigot H, Giroux S, editors. Keeping in touch with cognitively impaired people: How mobile devices can improve medical and cognitive supervision. *Proceeding of the 2nd International Conference on Smart Homes and Health Telematic*. 2004 Set 15-17. Singapore.
 12. Kassem N. *Designing enterprise applications: Java 2 platform*. Palo Alto California: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.; 2000.
 13. Yener M, Theedom A. *Professional Java EE Design Patterns*. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons; 2014.
 14. Yongliang L, Duwu C. Improvement and application of MVC design patterns. *Comput Engineer*. 2005;9:35.
 15. Keith M, Schincariol M. *Pro EJB 3: Java Persistence API*. New York: Apress; 2006. Available from: Apress.Pro.EJB.3.Java.Persistence.API.May.2006.pdf
 16. Bradley AP. The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms. *Pattern Recog*. 1997;30(7):1145-59.
 17. Sperling RA, Aisen PS, Beckett LA, Bennett DA, Craft S, Fagan AM, et al. Toward defining the preclinical stages of Alzheimer's disease: Recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement*. 2011;7(3):280-92.
 18. Bangor A, Kortum PT, Miller JT. An empirical evaluation of the system usability scale. *Intl J Human-Computer Interact*. 2008;24(6):574-94.