

ARTIGO ORIGINAL

Sistema de alerta baseado em ontologia para lousa eletrônica em um hospital público

Ontology based alerting system for electronic whiteboard in a public hospital

Alisson Lopes de Sousa Freitas^{,¹}, Alan Lopes de Sousa Freitas^{,¹}, Heloise Manica Paris Teixeira^{,¹}

¹Universidade Estadual de Maringá (UEM)

*alissonlopes3@gmail.com; alanlopes4@gmail.com; hmp Teixeir@uem.br

Recebido: 28/08/2018. Revisado: 26/03/2019. Aceito: 14/08/2019.

Resumo

Sistemas de Lousas Eletrônicas são utilizados em hospitais para gerenciamento de tarefas e apresentação de alertas sobre o estado de saúde dos pacientes internados. Em ambiente crítico como o de atendimento de emergência, onde profissionais atuam sob pressão, sistemas de alertas contribuem com a visualização de informações, que devem ser compartilhadas entre a equipe de saúde para tomada de decisão. Este artigo apresenta a aplicação prática de uma ontologia de domínio no desenvolvimento de um sistema de alertas para lousa eletrônica em Hospitais. O modelo proposto utiliza uma camada ontológica para identificar, avaliar e disparar alertas para os profissionais de saúde. A ontologia foi definida pelo mapeamento do esquema de banco de dados do sistema e complementada com o conhecimento de especialistas de enfermagem que atuam no atendimento de emergência do Hospital. O uso da ontologia foi avaliada com base na tarefa de analisar e definir a emissão dos alertas na lousa, considerando o tempo de resposta e utilidade dos alertas emitidos. Os resultados indicam que o uso da ontologia contribui na definição e emissão de alertas, no entanto se faz necessário a utilização de um hardware com boa capacidade de processamento e memória. As avaliações positivas com usuários em ambiente real indicam que os alertas emitidos na lousa são úteis e contribuem nas atividades dos profissionais em saúde.

Palavras-Chave: Sistema de Informação em Saúde; Lousa Eletrônica em Hospitais; Ontologia.

Abstract

Electronic Whiteboard Systems are introduced in hospitals to manage tasks and to send alerts about patient health status. In a critical environment such as emergency care, where professionals work under pressure, alert systems contribute to the information visualization, which must be shared by the complete team of health professionals in decision making. This paper presents a practical ontology application in the alert system development for electronic whiteboard at the University Hospital of Maringá-PR. The proposed model uses an ontological layer to identify, evaluate and produce warnings for the Hospital health team. The ontology was defined by mapping the system database schema and complemented with the knowledge of experts in the nursing area, who work in the hospital emergency unit. The ontology use was evaluated based on the task of analyzing and defining the alert emission on the whiteboard, considering the response time and usefulness of the issued alerts. The results indicate that the use of the ontology contributes to the alerts definition and delivery, however, it is necessary to use a hardware with good processing capacity and memory. Positive evaluations with users in real environment indicate that the alerts issued on the board are useful and contribute to the activities of health professionals.

Keywords: Health Care Information Systems; Whiteboard in Hospital; Ontology.

1 Introdução

Sistemas de Informação em Saúde (SIS) contribuem para estruturação do processo assistencial, dispondo mecanismos para promoção da segurança do paciente e recursos que auxiliam na redução de erros no processo de atendimento (Barra et al., 2015). As unidades de emergência dos hospitais são caracterizadas como locais onde ocorrem eventos altamente adversos e propensos a erros (France et al., 2005). Os profissionais de saúde que atuam neste ambiente possuem especialidades variadas e para a tomada de decisão, devem ter uma visão global do atendimento realizado pela equipe.

Com o crescimento na demanda em medicina de emergência, cresce o esforço de pesquisadores no sentido de propor inovações tecnológicas para promover melhorias na organização do trabalho, no acesso e compartilhamento de informação, de modo que profissionais de saúde executem suas atividades de forma segura e eficiente. Nesse contexto, as lousas tradicionais (manuais) estão sendo substituídas pelas digitais, também conhecidas como lousa eletrônica, que são geralmente monitores distribuídos em pontos estratégicos do hospital e apresentam alertas importantes para equipe de saúde (Aronsky et al., 2008, Wong et al., 2009, Hertzum and Simonsen, 2013, 2016, Brooks et al., 2017).

As informações sobre atendimentos aos pacientes gerenciadas por SIS em hospitais são importantes fontes de conhecimento. Para que um sistema computacional possa analisar informações e inferir novas relações e descoberta de conhecimento por meio de motores de raciocínio, é necessária a representação dos conceitos no domínio e seus relacionamentos. Na área da saúde, ontologias tem se mostrado uma abordagem de sucesso, usada para formalizar um vocabulário comum no domínio, na integração de sistemas hospitalares, no desenvolvimento de aplicações de WEB semântica, sistemas especialistas, portais de conhecimento, entre outros. Em especial, são amplamente utilizadas para resolver problemas de comunicação e interoperabilidade em SIS (Diaz et al., 2017).

Apesar do crescimento de pesquisas envolvendo aplicações práticas com uso de ontologias, uma dificuldade refere-se ao seu processamento em tempo de execução (Raad and Cruz, 2015). Ao usar uma representação semântica em SIS, é importante estudar seu custo computacional para o cálculo dos axiomas lógicos, pois uma lógica muito expressiva pode levar a modelos que não podem ser processados por computador. Deste modo, para o algoritmo ser considerado tratável, o tempo para processar a ontologia, na pior das hipóteses, deve ser especificado por uma função polinomial.

Neste contexto, a principal motivação desta pesquisa foi desenvolver e avaliar uma aplicação prática de ontologia no desenvolvimento do sistema de alertas para lousa eletrônica, de modo que os benefícios e dificuldades pudessem ser observadas. Discutir seu potencial e apresentar os benefícios e relevância do uso de ontologia em sistemas de informação motiva seu uso e, consequentemente, contribui com a padronização e interoperabilidade entre sistemas de informação.

Este artigo descreve e discute a experiência de uma

aplicação prática de ontologia no sistema de lousa eletrônica denominado SHAVI (*SHared View*) (Roecker et al., 2014), desenvolvido com base na emergência do Hospital Universitário de Maringá (HUM). O modelo de gerenciamento dos alertas é feito em tempo de execução, com base na ontologia de tarefas para o atendimento de emergência. Assim, com base no conhecimento representado na ontologia, o sistema identifica e dispara alertas relevantes, que poderiam passar despercebidos aos profissionais de saúde.

O artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 descreve os procedimentos metodológicos; a seção 3 apresenta a fundamentação teórica e trabalhos correlatos que embasaram a pesquisa; a seção 4 descreve o modelo de alertas baseado em ontologia proposto e a seção 5 sua avaliação e discussão dos resultados; por fim, a seção 6 apresenta as considerações finais.

2 Procedimentos Metodológicos

A presente pesquisa, de natureza aplicada, adota uma metodologia teórica/experimental. O sistema de alertas, desenvolvido para a lousa eletrônica do sistema SHAVI (Roecker et al., 2014), está sendo avaliado na sala de emergência do Hospital Universitário de Maringá-PR. O desenvolvimento do sistema SHAVI deu-se com base nos métodos das áreas de Engenharia de Software, Engenharia do Conhecimento e Interação-Humano Computador.

Para modelar e representar o conhecimento das tarefas realizadas por especialistas no atendimento dos pacientes utilizou-se uma ontologia de aplicação no domínio de emergência médica hospitalar. Por ser proposta para uma aplicação em um domínio específico, não foi possível usar outras ontologias já existentes. A ontologia foi definida a partir do banco de dados do sistema SHAVI com a utilização da ferramenta de mapeamento D2QR (D2RQ, 2018).

Após o mapeamento da base de dados para RDF (*Resource Description Framework*), as propriedades e os relacionamentos entre a entidades mapeadas foram revisados e ajustadas com a ferramenta Protégé (Protégé, 2018). Com a participação de especialistas que atuam na emergência do hospital, foram definidas as regras, usadas para gerenciar os alertas na lousa eletrônica. Para testar o uso da ontologia obtida, a mesma foi aplicada no desenvolvimento do sistema SHAVI, na tarefa de identificar alertas importantes que são disparados em uma lousa eletrônica na unidade de emergência do HUM.

A avaliação da ontologia foi feita pelo método baseado em tarefas conforme Welty (2003). O sistema SHAVI foi avaliado por usuários na sala 08 da unidade de emergência. A percepção pós-uso e utilidade percebida foi verificada com a aplicação de um questionário para especialistas em saúde que atuam na emergência do HUM.

A pesquisa foi aprovada por Comitê de Ética e por uma Comissão de Regulamentação das Atividades Acadêmicas no HUM.

3 Fundamentação Teórica

Ontologia em Ciência da Computação é definida como um conjunto de primitivas de representação para modelar um domínio de conhecimento [Gruber \(2009\)](#). O papel e contribuições quanto ao uso de ontologia no desenvolvimento de SI é amplamente discutido na literatura ([Tran et al., 2007](#), [Diaz et al., 2017](#), [Beydoun et al., 2014](#), [Zviedris et al., 2014](#), [Guarino, 1998](#)).

A revisão sistemática apresentada em ([Diaz et al., 2017](#)) mostra a importância do papel de ontologias para resolver principalmente problemas de comunicação e interoperabilidade em sistemas de informação em saúde. Os resultados da revisão indicam que ontologias são ferramentas promissoras, no entanto, seu uso deve ser expandido para áreas como a de gestão hospitalar para permitir interoperabilidade de sistemas heterogêneos.

De acordo com [Beydoun et al. \(2014\)](#), ontologias podem oferecer muitos benefícios durante o desenvolvimento de Sistemas de informações: i) fornecer conhecimento de domínio aos engenheiros de requisitos; ii) são componentes de software reutilizáveis para aplicativos da Web ou agentes inteligentes; iii) podem facilitar a verificação e validação semiautomática do modelo e iv) contribuir na extensibilidade, interoperabilidade e reutilização de sistemas de software.

Quando usadas para descrever fontes de dados, ajudam a dar semântica à informação gerenciada, ampliando a capacidade de um Sistema de Informação ([Tran et al., 2007](#)). Em [Mena \(2014\)](#) é apresentada uma análise sobre o papel das ontologias e ferramentas para desenvolver SI inteligentes nos últimos 30 anos. Os autores destacam que o problema não é armazenar ou pesquisar as grandes bases de dados, mas sim entender o significado da resposta recuperada.

3.1 Banco de Dados e Ontologia

Uma dificuldade para a criação de ontologias no domínio da saúde é a tarefa de capturar o conhecimento do especialista. Parte deste conhecimento se encontra expresso no modelo do Banco de Dados (BD) de um SIS. Segundo [Spanos et al. \(2012\)](#), com o uso de métodos e ferramentas automatizadas, as informações do BD podem ser mapeadas para uma nova ontologia ou acrescentadas a uma já existente. O uso de ferramentas que automatizam parte do processo de construção de ontologias não substitui o especialista humano, mas contribui com a redução do tempo empregado por eles, pois parte do vocabulário no domínio podem ser obtidos nas bases de dados.

O esquema de um BD é obtido a partir do mapeamento do esquema conceitual para objetos de armazenamento físico, por exemplo, tabelas de um banco de dados relacional. O esquema conceitual reflete principalmente o ponto de vista único de seus criadores. Assim, o esquema de BD reflete um ponto de vista limitado e quando os requisitos mudam, este deve ser modificado. Uma ontologia é compartilhada e definida de acordo com vários pontos de vista de especialistas no domínio e pode ser usada de forma flexível para

modelar quaisquer requisitos de dados relacionados a um determinado domínio.

De acordo com [Uschold \(2015\)](#), as semelhanças e diferenças entre uma ontologia (focada no significado) e um esquema de banco de dados (focado em dados) são principalmente históricas, não técnicas. Conforme [Tran et al. \(2007\)](#), uma distinção entre ontologias e esquemas de banco de dados é seu comportamento em tempo de execução. Depois de ser traduzida para tabelas físicas, a ontologia também está disponível para recuperação e inferência de novos fatos em tempo de execução. Os autores destacam que, embora os esquemas do BD sejam menos flexíveis, provavelmente não serão substituídos por ontologias, mas sim os complementados.

O mapeamento é o processo pelo qual são estabelecidas as correspondências entre os componentes do banco de dados e os componentes da ontologia ([Ghawi and Cullot, 2007](#)). As abordagens para realizar este mapeamento podem ser: 1) criar uma nova ontologia a partir do banco de dados e 2) mapear um banco de dados para uma ontologia pré-existente. Esta pesquisa adotou a primeira abordagem, conforme descrito na seção 4. Após a geração da ontologia ela pode ser populada com indivíduos extraídos do BD e acessada por ETL (Extraction, Transformation and Loading), SPARQL (linguagem de query para realizar consultas em arquivos RDF) ou Linked Data (um conjunto de regras para a publicação de dados na Web).

3.2 Lousa Eletrônica em Hospitais

Uma revisão na literatura mostra que o número de pesquisas sobre o uso de lousa eletrônica em hospitais vem crescendo nos últimos anos ([Lopes et al., 2014](#)). A lousa é usada para apresentar dados essenciais dos pacientes com o objetivo de facilitar a execução dos procedimentos médicos e reduzir custos hospitalares ([Boger, 2003](#)). No trabalho de [Brewster Mallalieu et al. \(2011\)](#), a implantação de uma lousa digital contribuiu na organização do trabalho dos funcionários do hospital e na difusão da informação sobre os cuidados médicos aos pacientes atendidos por profissionais de diferentes áreas da saúde.

O resultados apresentados em [Mainthia et al. \(2012\)](#), mostram que a implantação da lousa no hospital, além de melhorar o acesso à informação, promove uma maior aceitação no uso do sistema por profissionais da saúde durante os processos pré-operatórios em salas de cirurgias. Em [Hertzum and Simonsen \(2016\)](#) o sistema de lousa desenvolvido contribuiu na agilidade no atendimento dos pacientes, pois os profissionais de enfermagem passaram a visualizar o estado de saúde dos pacientes internados sem ter que passar pessoalmente de quarto em quarto. Da mesma forma, a pesquisa desenvolvida por [Brooks et al. \(2017\)](#) relata um série de benefícios obtidos com o uso da lousa eletrônica. Segundo os autores, em apenas um ano pôde-se verificar uma redução na lista de espera por leitos e também foi observado um melhor desempenho nas atividades realizadas por profissionais no atendimento dos casos mais urgentes.

Com a revisão da literatura (Lopes et al., 2014), verificou-se que os trabalhos correlatos em geral apresentam modelos de sistemas de alertas em lousa eletrônica e discutem os benefícios de seu uso. Observou-se que nenhum deles utiliza ontologia para representar conhecimento no domínio dos SIS desenvolvidos. De outro modo, a presente pesquisa propõe e discute o uso de uma ontologia para avaliar a qualidade e definir os alertas apresentados na lousa eletrônica. A ontologia é um componente do SI, usada em tempo de execução para garantir que o sistema alcance seus objetivos e funcionalidades de modo que promova a formalização do conhecimento no domínio.

4 Sistema de alerta baseado em ontologia

As unidades de emergência em hospitais são caracterizadas por um variado grupo de pessoas, especialidades, artefatos, doenças, condições, protocolos, emergências, entre outros. Os profissionais de enfermagem, médicos e nutricionistas são os principais usuários do sistema. A equipe médica, ao realizar o diagnóstico do paciente, prescreve os cuidados necessários (dietas, medicamentos e demais cuidados com o paciente). A equipe de enfermagem realiza as tarefas de sua competência, de acordo com a prescrição médica de cada paciente. Já a equipe de nutrição administra as dietas aos pacientes, também em conformidade com a prescrição médica.

Os dados produzidos nos atendimentos de urgência e emergência do HUM são gerenciados por meio de 13 módulos do sistema SHAVI: paciente, clínica, leito, internação, prescrição médica, evolução médica, prescrição de enfermagem, relatório de enfermagem, evolução de enfermagem, lembrete, plano assistencial, relatório antropométrico e o módulo da lousa.

O módulo lousa eletrônica é o responsável por gerenciar o envio de alertas, que são informações relevantes sobre o atendimento dos pacientes internados. Para apresentação dos principais eventos, os dados cadastrados no sistema pelos especialistas e provenientes de equipamentos médicos (monitores multiparamétricos) são analisados em tempo de execução por meio da ontologia. Sempre que é identificado um fato relevante, um alerta sobre o estado de saúde dos pacientes é emitido, de forma que toda a equipe de saúde visualize e tome conhecimento.

A Fig. 1 ilustra um exemplo da interface de alertas do sistema. A primeira coluna apresenta informações gerais sobre o paciente internado, a segunda coluna resume informações relevantes que os profissionais de saúde devem ter conhecimento, por exemplo, se o paciente deve estar em jejum, se tem alergia a algum medicamento ou alguma restrição alimentar, entre outros. A terceira coluna é reservada para os alertas, que são classificados e apresentados em cores, de acordo com os critérios definidos pelos profissionais de saúde: a cor vermelha indica prioridade e urgência no atendimento; cor laranja indica uma atividade atrasada; cor amarela representa as atividades que deverão ser executadas em breve, mas que podem aguardar.

A arquitetura do sistema SHAVI, ilustrada na Fig. 2,

foi definida segundo o modelo Cliente-Servidor, como um conjunto de componentes clientes, que realizam requisições a serviços por meio de um protocolo comum; e servidores, que disponibilizam interfaces a serviços. O servidor, composto por dois principais componentes, persistência e aplicação, gerencia o acesso a recursos que são compartilhados entre os clientes. O componente interface de gestos implementa comandos acionados por voz e gestos (Freitas et al., 2017), visto que em determinadas situações, por motivo de segurança e prevenção de contaminação, podem ser requeridas interações alternativas, sem contato manual. A camada ontologia, foco deste artigo, permite que o conhecimento dos especialistas seja representado de modo que possa ser utilizado pelos sistemas do hospital.

A ontologia, suas entidades, relacionamentos e regras são representadas no arquivo RDF. Foi utilizado o framework Jena, para construção de aplicações na Web Semântica e o Pellet, que é um motor de inferência desenvolvido em Java. O interfaceamento entre os componentes, representados pelas setas na Fig. 2, é feito por meio de módulos conectores, que abstraem os acessos entre os componentes.

No modelo proposto, a ontologia é um componente do SI, usada em tempo de execução para garantir que o sistema alcance seus objetivos e funcionalidades. A ontologia que representa o conhecimento no domínio foi desenvolvida a partir do banco de dados em MySQL do sistema SHAVI.

O mapeamento para a ontologia RDF foi executado em duas etapas: 1) transformação do esquema de banco de dados em estrutura ontológica e 2) migração de dados, ou seja, a migração de conteúdo de banco de dados em instâncias de ontologia. A Fig. 3 ilustra o processo de mapeamento. Com a ferramenta D2RQ (D2RQ, 2018), o esquema do banco de dados MySQL foi mapeado automaticamente para um arquivo RDF. Nessa etapa, as tabelas são mapeadas como *Classes*, as colunas de cada tabela são mapeadas como *Atributos* e as chaves estrangeiras das tabelas são mapeadas como *Relações* na ontologia. Numa segunda etapa, o arquivo RDF gerado foi editado com a ferramenta Protégé (Protégé, 2018).

Os mapeamentos são as correspondências entre cada componente ontológico criado (conceito, propriedade, etc.) e seu componente no banco de dados original (tabela, coluna, etc.). O modelo do BD e a ontologia gerada são muito semelhantes e os mapeamentos são bastante diretos. Porém, este tipo de mapeamento direto não trata situações complexas e o resultado obtido nessa etapa não foi suficiente para expressar a semântica completa do domínio. Assim, foi essencial a participação dos especialistas em saúde para definir relações semânticas adicionais e declarar as regras que permitem ao sistema identificar os alertas que devem ser disparados na lousa.

A migração de instâncias do banco de dados em instâncias ontológicas (indivíduos), também chamado de população de ontologia, pode ser feita de duas maneiras (Tran et al., 2007): como um processo em lote (todas as instâncias do BD é despejado na ontologia) ou como um processo orientado por consulta. A presente pesquisa

adotou o processo orientado por consulta, em que é transformado apenas as instâncias do BD que fazem parte da resposta de uma determinada consulta. Uma visão geral (resumida) da ontologia obtida é ilustrada na Fig. 4.

A classe Internacao refere-se aos pacientes internados, por exemplo, possui seu nome, sexo, leito, clinica, entre outros. A classe de Lembrete é responsável por representar os lembretes e alertas que serão apresentadas na lousa. A classe Prescricaoomedica diz respeito às prescrições realizadas pelo médico enquanto a classe Evolucaoomedica representa a evolução do paciente no ponto de vista do médico. Na classe Evolucaoenfermagem é definido a evolução do paciente de acordo com os cuidados e tratamentos que foram prescritos na classe Prescricaoenfermagem. A classe de Planoassistencial e Relatorioenfermagem definem, respectivamente, todas as informações coletadas sobre o paciente e o seu estado. A classe Qualidade representa conhecimento sobre a qualidade dos alertas e possui atributos que permitem que o sistema verifique a validade da informação que está sendo utilizada em um alerta, conforme estudo proposto em Bettin et al. (2017). Para relacionar indivíduos das classes, foram definidas as Relações, por exemplo, possuiClinica, possuiLeito, éUm, pertenceInternacao, entre outras.

As regras (axiomas), definidas com o conhecimento dos especialistas, foram implementadas com a linguagem SQWRL (Semantic Query-enhanced Web Rule Language). Para realizar inferências, foi utilizado o motor

de inferência Pellet 3.0, de código aberto, desenvolvido em Java e que pode ser utilizado para verificar consistências em ontologias e inferir informações com base nas regras definidas em SQWRL. As etapas do processo de definição dos alertas são ilustradas na Fig. 5.

Quando uma requisição que usa regras definidas na ontologia é recebida, esta é executada com o Pellet. A primeira etapa no processo é a de criação dos objetos em Java, de modo que estes possam ser analisados. A segunda etapa é a de conversão, onde os objetos Java são convertidos em indivíduos na ontologia. Em seguida, na etapa de análise, é feito o carregamento e a leitura do arquivo RDF e os indivíduos são verificados de acordo com as regras definidas na ontologia. Por fim, se for o caso, um alerta é apresentado na lousa.

5 Avaliação e Discussão

A avaliação teve como finalidade verificar o uso da ontologia para realizar a tarefa de gerenciamento dos alertas e o tempo do algoritmo para processar a ontologia. Um critério usado para verificar o uso de uma ontologia é avaliar sua eficiência computacional, que mede a capacidade das ferramentas usadas para trabalhar com a ontologia, em particular, a velocidade que os raciocinadores realizam as tarefas requeridas (Raad and Cruz, 2015).

A avaliação baseada em tarefa (task-based) busca medir como uma ontologia melhora os resultados de

✔ Leito Disponível ✖ Leito Ocupado ⚠ Urgente ⚠ Alerta Atividade ⚠ Atividade Atrasada ℹ Informação		
A-01 Paciente: xxxxxxxx Sexo: Masculino Prontuário: 123 Entrada: 09/02/2018	Queixa: Hipertensão Alimentação: Jejum Alergia: Sem conhecimento Clínica: Médica	Paciente em choque!! Higiene oral Cepacol
B-02 Paciente: xxxxxxxx Sexo: Masculino Prontuário: 128754 Entrada: 12/02/2018	Queixa: Dores na barriga Alimentação: NPT Alergia: Sem conhecimento Clínica: Médica	Testar localização de SNE/SNG antes de infundir dieta Verificar Pressão do Cuff
B03 Paciente: xxxxxxxx Sexo: Masculino Prontuário: 985678 Entrada: 12/02/2018	Queixa: Acidente de carro Alimentação: Oral Alergia: Sem conhecimento Clínica: Médica	Proteção ocular Refrigeração tópica Trocar Pressão Arterial Média Lavar ao término da dieta com Soro fisiológico 0,9% -
Disponível Paciente: Sexo: Prontuário: Entrada:	Queixa: Alimentação: Alergia: Clínica:	

Figura 1: Interface de Alertas do Sistema SHAVI

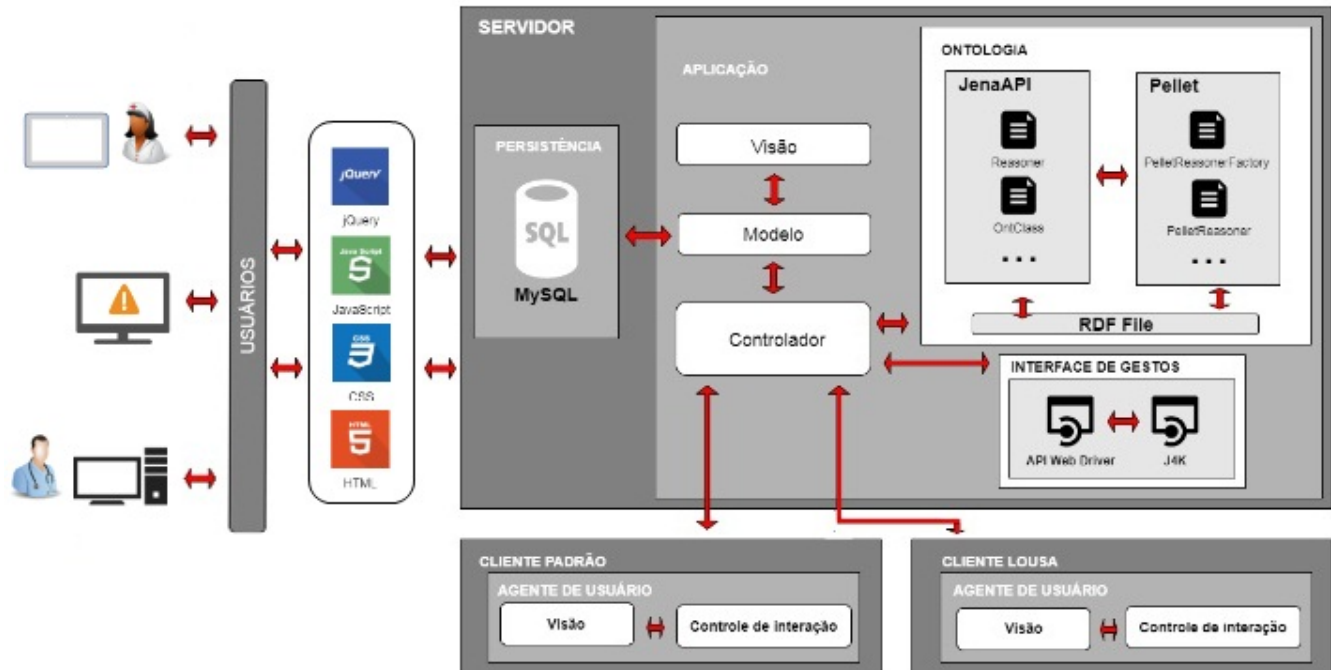


Figura 2: Arquitetura Geral do Sistema SHAVI

uma tarefa específica, independentemente de todas as características estruturais. De acordo com [Welly \(2003\)](#), os elementos mínimos para a avaliação baseada em tarefas de uma ontologia são: i) tarefas; ii) pelo menos uma ontologia; iii) um aplicativo, isto é, o algoritmo específico que usa a ontologia para executar a tarefa em questão; iv) um padrão ouro: conjunto de respostas para avaliar o desempenho do algoritmo.

No contexto da presente pesquisa, a ontologia foi projetada para melhorar o mecanismo de alertas na lousa, então buscou-se coletar vários alertas gerados e verificar se eles estão de acordo com o esperado pelo especialista. Para a avaliação foi selecionada a tarefa de emissão de alertas, sendo que o algoritmo deve decidir pela emissão dos alertas com base na análise das relações ontológicas entre entidades existentes. Esta é uma tarefa muito importante, pois alertas incorretos ou desatualizados, além de comprometer a compreensão do usuário e levá-los a erros no atendimento, pode levar o sistema ao desuso, por emitir alertas que não

são confiáveis.

A tarefa apresentada é a mesma do modelo de cenário real, realizada pela equipe de saúde no atendimento de emergência na sala 08 do HUM. Nesse caso, os modelos predefinidos pela equipe de saúde foram usados para serem instanciados na ontologia. A tarefa pode ser considerada como resolvida com sucesso se o mapeamento, raciocínio e a emissão do alerta (ou não) estiverem contextualmente adequado, de acordo com o caso do paciente atendido.

O aplicativo considerado foi o módulo de alertas do sistema SHAVI, responsável por gerenciar e apresentar os alertas relevantes na lousa eletrônica. O sistema deve, com base na ontologia, identificar casos de alertas, avaliar a qualidade e também gerar uma classificação dos alertas, de modo que os mais urgentes sejam apresentados primeiro. O padrão-ouro foi produzido por meio da definição de um conjunto de dados de entrada determinado por casos reais, consistindo em hipóteses de emissão de alertas identificados por especialistas

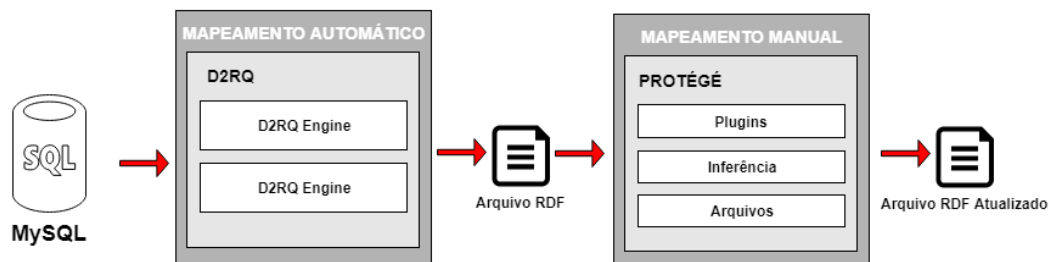


Figura 3: Processo de Mapeamento dos Dados para RDF

Tabela 1: Resultados

Entrada	Alerta	Tempo	Análise
Paciente 1	-	10.009 seg	Correto
Paciente 2	Obesidade grau I	11.987 seg	Correto
Paciente 3	Hipertenso, Sobrepeso	9.329 seg	Omissão de alerta
Paciente 4	Em choque	10.002 seg	Correto
Paciente 5	Sobrepeso	11.112 seg	Correto
Paciente 6	Hipertenso, Obesidade grau I, Seps	10.607 seg	Classificação insuficiente
Paciente 7	Sobrepeso, Atividade atrasada	10.107 seg	Correto
Paciente 8	Sobrepeso, Informação Desatualizada	12.301 seg	Correto

em saúde.

Inicialmente, a amostra foi composta por um conjunto de oito entradas que representam casos de pacientes atendidos. Após a execução do experimento, os resultados obtidos foram comparados com o padrão ouro para ver se a tarefa foi executada de acordo com o esperado. Adicionalmente, observou-se o tempo em que o algoritmo levou para processar a ontologia em um microcomputador com processador Intel(R) Core(TM) i3-2350M e 4 GB de RAM.

Os resultados obtidos nesta avaliação são apresentados na Tabela 1, onde a primeira coluna apresenta cada caso de entrada, a segunda o alerta emitido (ou não) para o caso, a terceira o tempo que o algoritmo levou para executar a tarefa e a coluna análise informa se o resultado está de acordo com o padrão-ouro.

Observou-se que em 75% dos casos os alertas foram emitidos de acordo com o esperado, no entanto foi identificado um caso de omissão de alerta (paciente 3), ou seja, a falta de um alerta que deveria ser disparado e um caso de classificação insuficiente (paciente 6) onde o alerta de sepsse foi emitido mesmo com entrada de dados incompleta.

Um ponto negativo observado foi o tempo que o

algoritmo levou para definir o alerta, que foi maior que o esperado. Apesar da pouca capacidade do hardware, a ontologia nesse experimento estava populada com apenas oito instâncias. De acordo com Jena (2018), a performance de motores de inferência externos que é o caso do Pellet, ainda deixa a desejar. Quando o processo de definição dos alertas é executado pela primeira vez (Fig. 5), o tempo de análise é maior pelo fato dos objetos (indivíduos) não estarem armazenados em memória cache.

Em um segundo experimento, a mesma tarefa foi avaliada na ontologia populada e processada em um servidor com alta capacidade de processamento (Intel® Xeon® 2.26 GHz e memória de 16 GB RAM). O objetivo foi verificar o tempo de execução do algoritmo em um hardware melhor e com um número maior de dados de entrada. A Fig. 6 ilustra os resultados obtidos. O experimento consistiu em avaliar o desempenho em duas situações: primeiro com os dados ainda não armazenados no cache (linha azul na Fig. 6) e segundo, com os dados já processados uma vez e armazenados em memória cache (linha vermelha na Fig. 6). O tempo médio para processar cada entrada sem cache foi de 2.99 segundos, já com cache foi de 1.83 segundos. Compa-

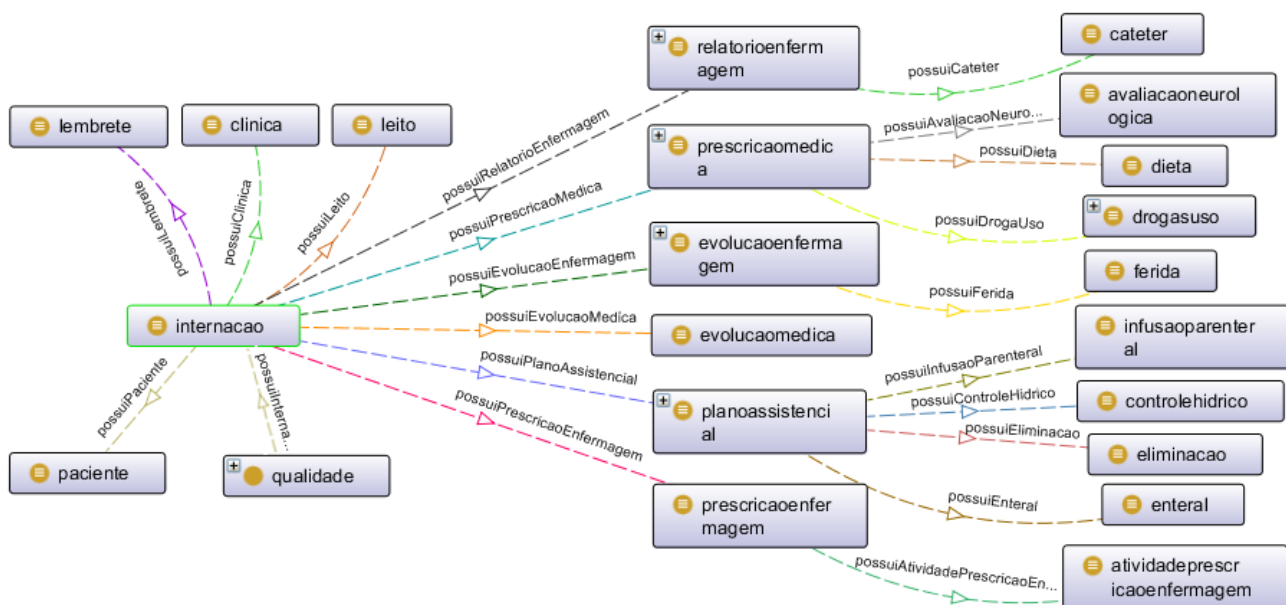


Figura 4: Visão Simplificada da Ontologia

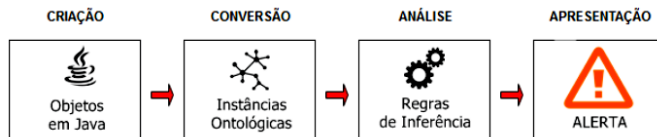


Figura 5: Etapas do Processo de Definição dos Alertas

Quando comparado com os tempos obtidos no primeiro experimento, verificou-se que o hardware utilizado para processar a ontologia influenciou no tempo de processamento, ou seja, com um bom processador e memória o tempo de execução melhorou significativamente.

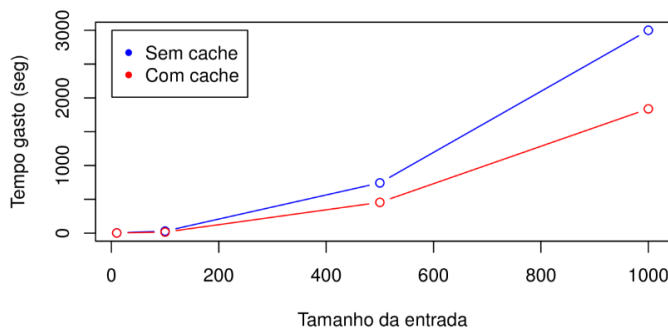


Figura 6: Tempo de execução do motor de inferência em relação ao tamanho da entrada

5.1 Avaliação com usuário

Esta seção descreve uma aplicação do sistema SHAVI em um ambiente real. Um exemplo prático de uso é ilustrado no contexto de atendimento realizado por especialistas na sala 8 da unidade de urgência e emergência do HUM.

A Fig. 7 ilustra o ambiente real onde o sistema está sendo implantado, a sala 8 da unidade de emergência. Esta sala, também chamada de sala de estabilização, possui quatro leitos e uma equipe de saúde multidisciplinar (médicos, técnicos em enfermagem, enfermeiros, fisioterapeutas e residentes) realizam o atendimento e monitoramento dos pacientes até a sua recuperação ou transferência.

Para fins de testes e avaliação do sistema, foi utilizado provisoriamente em um microcomputador e dois monitores. Um monitor é usado para que a equipe de enfermagem use o sistema e o segundo monitor fica exclusivo para apresentação dos alertas.

O objetivo principal da investigação foi verificar se os alertas gerados na lousa são úteis para o atendimento dos pacientes e se podem ser facilmente percebidos e interpretados pelos usuários. Avaliação ocorreu em contexto de uso, ou seja, em ambiente não controlado, no qual fornece dados de situações típicas de uso que não seriam percebidos em uma avaliação em laboratório.

Foi solicitado à equipe de saúde que atuam na sala



Figura 7: Ambiente de Uso – Sala 8

de enfermagem que, durante o uso do sistema da lousa, observassem se os alertas emitidos eram corretos, úteis e se contribuíam em suas atividades. Após o uso, foi aplicado um questionário para 10 profissionais voluntários, coletando sua opinião sobre a experiência de uso, suas percepções e interpretações durante a execução das tarefas e visualização dos alertas.

Segundo Nielsen and Landauer (1993), cinco usuários ou mais já revelam 85% dos problemas que um sistema possa apresentar. O perfil dos usuários são profissionais e estudantes, sendo 2 médicos, 4 enfermeiros e 4 de outras áreas da saúde com curso superior completo.

A Fig. 8 mostra o resultado obtido sobre a percepção pós-uso do sistema. De forma geral, observou-se que os profissionais concordam que os alertas são relevantes, adequados e os símbolos adotados são fáceis de interpretar. No entanto 40% apresentaram algum tipo de dificuldade para entender os alertas, essa dificuldade é devido a inexperiência do usuário com o computador. Ademais, 50% dos usuários não acharam adequado o tempo de resposta de resposta dos alertas, isso se deve a performance do motor de inferência externo utilizado no processamento dos dados. A Fig. 9 mostra o resultado obtido sobre a utilidade percebida. A maioria recomendaria o uso do sistema para outra pessoa e consideram importante seu uso em outros setores do hospital. Também concordam fortemente que os alertas apresentados na lousa podem contribuir com seu trabalho, facilitando os atendimentos e o auxiliando a lembrar de uma atividade importante. De acordo com os especialistas, os alertas podem melhorar a visão global das tarefas e facilitar o planejamento conjunto das atividades e a comunicação interpessoal. Como ficam visíveis para todos, promove a conscientização de todos sobre as ações tomadas para o tratamento dos pacientes internados. Todos os participantes responderam que recomendariam o uso do sistema de alertas.

6 Considerações Finais

O desenvolvimento tecnológico tem contribuído com inovações nas atividades de profissionais que atuam em diversas especialidades na área da saúde. As ino-

vações propiciadas pelo uso de sistemas computacionais são importantes, pois contribuem com melhorias no atendimento aos pacientes, apoiam a tomada de decisão médica, organizam e facilitam as tarefas de profissionais que atuam sob pressão e com sobrecarga de trabalho, como na área de urgência e emergência médica dos hospitais.

Este artigo apresentou uma aplicação prática de ontologia no desenvolvimento de um sistema de alertas, projetado com o objetivo de contribuir com a formalização do conhecimento no domínio de emergência. Buscou-se adotar formatos de dados que garantam a interoperabilidade das informações, de modo que seja possível uma futura integração e compartilhamento de informações entre os departamentos do hospital, bem como outras unidades públicas de saúde.

O modelo proposto realiza análise dos dados de entrada em tempo de execução com base em uma ontologia de domínio, buscando a formalização semântica na

área. O uso da ontologia permite que o conhecimento nela representado possa ser acessado por sistemas externos ao hospital, aumentando a interoperabilidade entre SIS.

Com o estudo, observou-se que ontologias são complementares a um esquema de banco de dados, onde as regras representadas nela permitem inferência de novos fatos em tempo de execução. Assim, a principal vantagem com relação ao modelo tradicional é que se os requisitos mudam, o uso da ontologia torna a definição das regras mais flexível e de senso comum, pois é definida de acordo com vários pontos de vista de especialistas no domínio. Além disso, o uso da ontologia permite que a semântica dos dados seja expressa de modo que possa ser consultada, reusada ou futuramente integrada com demais departamentos do hospital e outras unidades de saúde pública.

A avaliação baseada em tarefa permitiu verificar que, apesar da ontologia inicialmente definida gerar os aler-

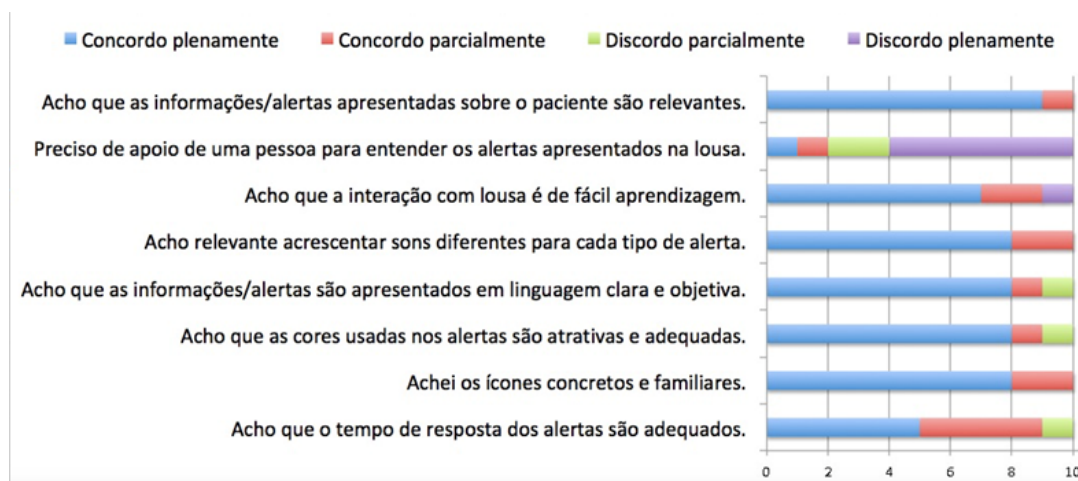


Figura 8: Percepção Pós-Uso do Sistema

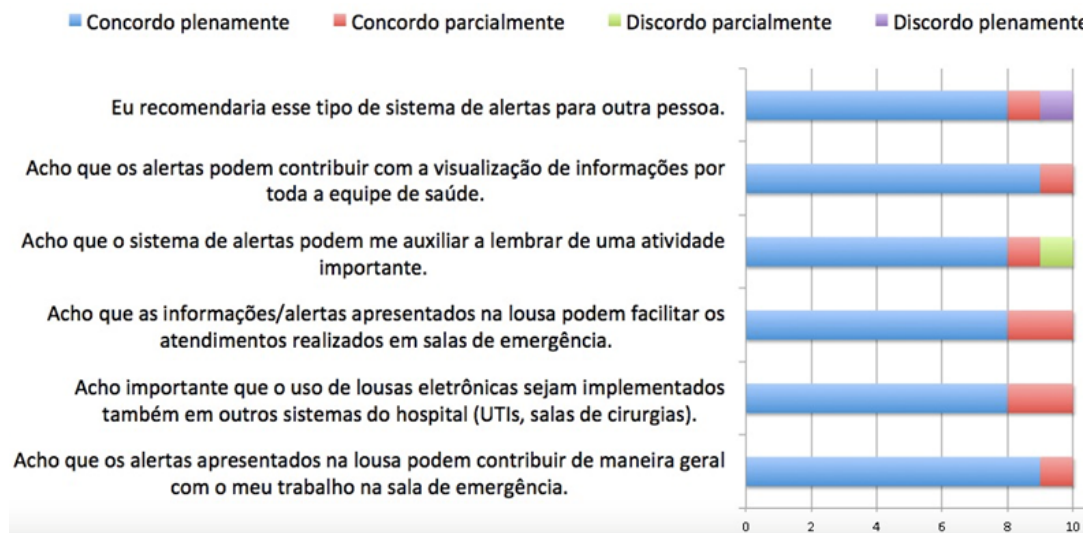


Figura 9: Utilidade Percebida do Sistema

tas, foram identificados problemas nas regras, que podem ser corrigidos junto com os especialistas.

Também foi avaliado o desempenho do sistema ao usar a camada ontológica para realizar a tarefa de gerenciar os alertas na lousa eletrônica. Com relação ao tempo de execução e processamento, os resultados indicam que a ontologia pode ser aplicada no sistema de alerta proposto para uso real, desde que o mesmo seja processado em um hardware com boa capacidade de processamento e memória. Considerando que a instituição onde o sistema vai ser usado possui atualmente servidores de alto desempenho, o uso da camada ontológica é viável e poderá trazer benefícios para integração e reuso nos SIS do hospital, conforme descritos anteriormente.

A avaliação do sistema com usuários em ambiente real foram positivas e indicaram que os alertas emitidos na lousa são úteis e contribuem nas atividades dos profissionais em saúde. Os alertas apresentados na lousa possibilitam que profissionais observem e reajam às mudanças mais rapidamente, e podem contribuir com a redução da carga de trabalho mental e consequentemente melhorar a eficiência na execução das atividades. Se distribuídas e utilizadas em vários pontos do hospital, tem potencial de reduzir a necessidade de mobilidade de profissionais para obter conhecimento sobre pessoas, lugares ou recursos. Além disso, lousas em áreas públicas podem contribuir com a consciência social e comprometimento da equipe.

Na área da saúde, manter a qualidade das informações que representam o estado de saúde de um paciente tende a ser uma das principais dificuldades dos sistemas de informações que apoiam a tomada de decisão médica. A próxima etapa da pesquisa é incluir na ontologia elementos do contexto das informações para que os alertas passem por um rigoroso controle de qualidade antes de serem apresentados na lousa. Pretende-se também estudar o impacto do uso do sistema na segurança do paciente e qualidade do atendimento de enfermagem.

Como trabalho futuro, sugere-se mapear outros bancos de dados, de modo que se tenha uma ontologia local para cada sistema, mas que possam ser integradas em uma ontologia global que descreva a semântica de todo o domínio de interesse do hospital. Outro trabalho futuro a ser desenvolvido é avaliar o conteúdo e características estruturais da ontologia.

Agradecimentos

Agradecemos aos profissionais de saúde do HUM pelas contribuições no desenvolvimento do sistema SHAVI. Agradecemos também à Fundação Araucária pelo financiamento da pesquisa (Edital PPSUS, edição 2015).

Referências

Aronsky, D., Jones, I., Lanaghan, K. and Slovis, C. M. (2008). Supporting patient care in the emergency department with a computerized whiteboard system, *Journal of the American Medical Informatics Association* 15(2): 184–194. <http://dx.doi.org/10.1197/jamia.M2489>.

Barra, D. C. C., Sasso, G. T. M. D. and Almeida, S. A. R. W. d. (2015). Usability of computerized nursing process from the ICNP® in intensive care units, *Revista da Escola de Enfermagem da USP* 49: 0326 – 0334. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342015000200326&nrm=iso.

Bettin, G. C. S., Teixeira, H. M. P. and Berardi, R. C. G. (2017). Modelagem de uma ontologia de contexto no domínio de urgência e emergência médica, *Proceedings of the IX Seminar on Ontology Research in Brazil and I Doctoral and Masters Consortium on Ontologies, Brasília, Brazil, August 28th–30th, 2017.*, pp. 125–130. Disponível em <http://ceur-ws.org/Vol-1908/paper12.pdf>.

Beydoun, G., Low, G., García-Sánchez, F., Valencia-García, R. and Martínez-Béjar, R. (2014). Identification of ontologies to support information systems development, *Information Systems* 46: 45 – 60. <https://doi.org/10.1016/j.is.2014.05.002>.

Boger, E. (2003). Electronic tracking board reduces ed patient length of stay at indiana hospital, *Journal of Emergency Nursing* 29(1): 39–43. <https://doi.org/10.1067/men.2003.13>.

Brewster Mallalieu, L. J., Sharma, A., Jamshidi, A., Cao, Y., Kapur, A., Pinsky, J., Mogavero, J. and Potters, L. (2011). A virtual whiteboard for improvement of coordination of physics processes in a multi-site radiation therapy department, *International Journal of Radiation Oncology - Biology - Physics* 81(2): S697. <http://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2011.06.1331>.

Brooks, S., Bhatia, R., Tudge, K. and Wilson, I. (2017). P-115 implementing an electronic whiteboard system on the in patient unit, *BMJ Supportive & Palliative Care* 7(Suppl 1): A42–A43. <http://doi.org/10.1136/bmjspcare-2017-00133.114>.

D2RQ (2018). *The D2RQ Mapping Language*, FU Berlin, Berlin, Alemanha. Disponível em <http://d2rq.org/d2rq-language>.

Diaz, M. A. C., Antonelli, L. and Sanchez, L. E. (2017). Health ontology and information systems: A systematic review, *IEEE Latin America Transactions* 15(1): 103–120. <http://doi.org/10.1109/TLA.2017.7827914>.

France, D. J., Levin, S., Hemphill, R., Chen, K., Rickard, D., Makowski, R., Jones, I. and Aronsky, D. (2005). Emergency physicians' behaviors and workload in the presence of an electronic whiteboard, *International Journal of Medical Informatics* 74(10): 827 – 837. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2005.03.015>.

Freitas, A. L. S., de Camargo, V. P., Teixeira, H. M. P., Balancieri, R. and Colanzi, T. E. (2017). Gesture and voice-based natural user interface for electronic whiteboard system in a medical emergency department, *Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems, IHC 2017, ACM, New*

- York, NY, USA, pp. 27:1–27:10. <http://doi.acm.org/10.1145/3160504.3160534>.
- Ghawi, R. and Cullot, N. (2007). Database-to-ontology mapping generation for semantic interoperability.
- Gruber, T. (2009). Ontology in the encyclopedia of database systems, ling liu and m. tamer Özsu (eds.), springer-verlag, 2009. Disponível em <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>.
- Guarino, N. (1998). *Formal Ontology in Information Systems: Proceedings of the 1st International Conference June 6-8, 1998, Trento, Italy*, 1st edn, IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands.
- Hertzum, M. and Simonsen, J. (2013). Work-practice changes associated with an electronic emergency department whiteboard, *Health Informatics Journal* **19**(1): 46–60. <https://doi.org/10.1177/1460458212454024>.
- Hertzum, M. and Simonsen, J. (2016). Effects of electronic emergency-department whiteboards on clinicians' time distribution and mental workload, *Health Informatics Journal* **22**(1): 3–20. <https://doi.org/10.1177/1460458214529678>.
- Jena, A. (2018). *Jena Ontology API*, The Apache Software Foundation. Disponível em <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>.
- Lopes, D. T., Balancieri, R., Teixeira, H. M. P. and Dias, M. M. (2014). Electronic whiteboard in hospitals: a systematic review, *Journal of Health Informatics* **6**(4): 166–171.
- Mainthia, R., Lockney, T., Zotov, A., France, D. J., Bennett, M., St. Jacques, P. J., Furman, W., Randa, S., Feistritz, N., Eavey, R., Leming-Lee, S. and Anders, S. (2012). Novel use of electronic whiteboard in the operating room increases surgical team compliance with pre-incision safety practices, *Surgery* **151**(5): 660–666. <http://doi.org/10.1016/j.surg.2011.12.005>.
- Mena, E. (2014). The role of ontologies in intelligent information systems, *International Academic Conference on Engineering, Internet and Technology in Prague*. Disponível em <http://www.dit.unitn.it/~pavel/OM/articles/IAC-EIaT2014.pdf>.
- Nielsen, J. and Landauer, T. K. (1993). A mathematical model of the finding of usability problems, *Proceedings of the INTERACT '93 and CHI '93 Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '93, ACM, New York, NY, USA, pp. 206–213. <http://doi.acm.org/10.1145/169059.169166>.
- Protégé (2018). *Ontology editor and knowledge-base framework*, Stanford Center for Biomedical Informatics Research, Stanford, California. Disponível em <http://protege.stanford.edu/>.
- Raad, J. and Cruz, C. (2015). A survey on ontology evaluation methods, *Proceedings of the International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management, IC3K 2015, SCI-TEPRESS - Science and Technology Publications, Lda, Portugal*, pp. 179–186. <https://doi.org/10.5220/0005591001790186>.
- Roecker, M. N., Ramalheira, J. L., Balancieri, R., Manica, H., Dias, M. and Martins, J. S. (2014). Um sistema de lousa eletrônica para unidade urgência e emergência médica, *XIV Brazilian Congress of Information Technology in Health (XIV Congresso Brasileiro de Informática em Saúde)*, Santos, Brazil, pp. 125–130.
- Spanos, D. E., Stavrou, P. and Mitrou, N. (2012). Bringing relational databases into the semantic web: A survey, *Semantic Web* **3**: 169–209. <https://doi.org/10.3233/SW-2011-0055>.
- Tran, T., Lewen, H. and Haase, P. (2007). On the role and application of ontologies in information systems, *2007 IEEE International Conference on Research, Innovation and Vision for the Future*, pp. 14–21. <http://doi.org/10.1109/RIVF.2007.369130>.
- Uschold, M. (2015). Ontology and database schema: What's the difference? applied ontology, *Applied Ontology* **10**: 243–258. <https://doi.org/10.3233/AO-150158>.
- Welty, C. A., M. R. . C.-C. J. (2003). Evaluating ontological analysis, *In Semantic Integration Workshop (SI-2003)*, SI-2003, USA.
- Wong, H. J., Caesar, M., Bandali, S., Agnew, J. and Abrams, H. (2009). Electronic inpatient whiteboards: Improving multidisciplinary communication and coordination of care, *International Journal of Medical Informatics* **78**(4): 239 – 247. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2008.07.012>.
- Zviedris, M., Romane, A., Barzdins, G. and Cerans, K. (2014). Ontology-based information system, in W. Kim, Y. Ding and H.-G. Kim (eds), *Semantic Technology*, Springer International Publishing, Cham, pp. 33–47.