

# A Proposal of Knowledge Base for Applications in the Scope of HIV/AIDS

Kévin Cardoso de Sá<sup>\*†</sup>, Felipe Lauermann Vielitz<sup>\*†</sup>, Fábio Rafael Damasceno<sup>\*†</sup>  
Cristiano André da Costa<sup>\*‡</sup>, Sandro José Rigo<sup>\*‡</sup> and Rodrigo da Rosa Righi<sup>\*‡</sup>

<sup>\*</sup>Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)

Programa de Pós-graduação em Computação Aplicada (PIPICA)

São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brazil, 93022-000

<sup>†</sup> Email: {kvdesa, felipevielitz, fabiorafaeldamasceno}@gmail.com

<sup>‡</sup> Email: {cac, rigo, rrrighi}@unisinis.br

**Abstract**—Ontologies are being increasingly used in a varied number of fields such as knowledge management, information extraction, and the semantic web. In this context, it's possible to verify the feasibility of using ontologies in healthcare. The number of seropositive people in relation to HIV, and its early detection is still a problem in today's world, especially in Brazil. Therefore, this study reports the creation and evaluation of an ontology meant to be used in healthcare applications, focused on telehealth. This ontology's main objective is to define the profiles of patients who attend the health centers of a city. The ontology proposed here can be used in a range of applications related to healthcare, not only to HIV, but also other diseases categorized as chronic. The article details the creation of ontology and its grounding. The evaluation that was made is described and its results, which are considered promising, are commented.

**Keywords**—ontology, chronic diseases, HIV, AIDS, profile, knowledge base, healthcare.

## I. INTRODUÇÃO

O vírus da imunodeficiência humana (HIV) é um problema de *healthcare* mundial, afetando todos os países do globo [1]. No Brasil, existe uma grande parcela da população que é soropositiva e, apesar da redução da incidência do número de casos de AIDS entre os anos de 2002 e 2007, novos casos continuam a surgir nos últimos anos [2].

A utilização de ontologias em diversos campos, como web semântica, está em ascensão [3]. Sendo assim, este trabalho relata a criação de uma ontologia voltada para aplicações na área da saúde, no âmbito de condições crônicas. Esta aplicação consiste no desenvolvimento de um modelo de jogo ubíquo relacionado à identificação e capacitação no âmbito de condições crônicas.

Um dos objetivos da ontologia criada é a delimitação dos perfis de pacientes que comparecem aos postos de saúde de uma cidade, a fim de categorizá-los conforme a necessidade, ou não, de realizar os testes para diagnóstico de soropositividade, no âmbito do HIV. A ontologia também será utilizada a fim de visualizar todas as etapas que um paciente é conduzido quando o mesmo comparece a um posto de saúde, desde o acolhimento inicial por um enfermeiro e/ou técnico em enfermagem, consulta com o médico, realização de exames, diagnóstico, até a definição de um tratamento apropriado.

Finalmente, a ontologia será empregada para contribuir no desenvolvimento de um jogo *mobile*, que possui como objetivo auxiliar no treinamento dos profissionais da saúde a respeito do Protocolo Clínico para Acompanhamento e Tratamento de pessoas com HIV/AIDS na Atenção Primária à Saúde [4]. Isto permitirá aos profissionais lidar melhor com detecção de vírus HIV em pacientes e seu respectivo tratamento.

Foi optado por desenvolver uma ontologia nova, ao invés de utilizar alguma já existente, por dois motivos; o primeiro, e principal, foi o desejo dos autores, que outrora não possuíam experiência na criação de ontologias, em desenvolver uma ontologia a fim de adquirir conhecimento na área; o segundo motivo, foi o fato de que a realização de pesquisas por ontologias já existentes não revelou resultados satisfatórios, que suprissem a necessidade dos autores de demonstrar o processo de um paciente no posto de saúde bem como delimitar o perfil do mesmo. Exemplos de ontologias encontradas são: a proposta de de Abinaya, et al. [5], que pretende solucionar a demora na entrega de informações dos pacientes aos médicos e a dispersão de tais informações em diferentes hospitais; *Symptom Ontology* [6], ontologia que descreve sintomas; *Management of a Crisis (MOAC) Vocabulary Specification* [7], um vocabulário visando proporcionar condições para permitir que profissionais relacionem diferentes “coisas” em atividades de gestão de crises; o trabalho de Riaño et al. [8], que propõe uma ontologia para o cuidado de pacientes com doenças crônicas; o estudo de Zeshan et al. [9], que denota uma ontologia para o compartilhamento de conhecimento entre os dispositivos e atores, profissionais da saúde, durante o processo de diagnóstico de pacientes.

Segundo o projeto Cuidados Inovadores para Condições Crônicas, lançado pela Organização Mundial de Saúde (OMS), o HIV/AIDS é caracterizado como uma condição crônica [10]. Assim, é possível vincular a ontologia criada, que possui como tema o HIV, com o escopo das doenças crônicas.

Por fim, a escolha do foco no vírus HIV na ontologia foi estabelecida com o propósito de atender a demanda existente por parte do projeto TelessaúdeRS, projeto de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que busca por projetos relacionados à solução de

problemas que possam ser devidamente trabalhados através da Atenção Primária à Saúde (APS).

Na Seção III é apresentada a fundamentação teórica, explicitando os conceitos utilizados na criação da ontologia. A Seção IV denota todos recursos e ferramentas escolhidas para o desenvolvimento deste trabalho. Durante a Seção V é explicado o modelo da ontologia desenvolvida, bem como todos elementos que a constituem. A metodologia de avaliação da ontologia, bem como os resultados oriundos dessa avaliação são realizados na Seção VI. A Seção II introduz trabalhos relacionados que propõem ontologias para a área da saúde. Finalmente, na Seção VII são feitos comentários finais, denotando os trabalhos futuros a serem realizados.

## II. TRABALHOS RELACIONADOS

O trabalho de Abinaya et al. [5] visa solucionar dois problemas: a demora na entrega de informações acerca dos pacientes para os médicos, em situações de emergência; e a dispersão de tais informações em diferentes hospitais. A redução desse tempo de entrega melhora a qualidade do atendimento em serviços médicos de emergência. Os autores de [5] propõem a construção de uma ontologia que tem como propósito resolver os problemas acima citados. No modelo, os dados clínicos dos pacientes são definidos como recursos com endereços de URL únicos e, esses recursos, podem ser acessados por profissionais da saúde. A ontologia modelada em [5] possui classes, propriedades de dados e objetos que englobam o conceito de descobrir sintomas através de informações do paciente.

No estudo de Zeshan et al. [9] é desenvolvida uma ontologia que abrange o domínio de serviços médicos, onde tais serviços cobrem diversas áreas, sendo elas atendimento ao paciente, as decisões clínicas e administrativas, dispositivos de assistência e diagnóstico de pacientes. É quase impossível para uma única ontologia cobrir todas estas áreas [9]. Assim, o âmbito da ontologia proposta por Zeshan et al. é limitada ao compartilhamento de conhecimento entre os dispositivos e atores durante o processo de diagnóstico. Isso oferece a oportunidade dos atores, profissionais da saúde, estudarem as condições do paciente com a ajuda de aparelhos e, se necessário, para obter ajuda de especialistas. Para desenvolver a ontologia, os autores de [9] realizaram entrevistas com cinco especialistas, da área da saúde, com o intuito de extrair informações.

## III. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para o desenvolvimento da ontologia aqui proposta, foi feito o uso da linguagem OWL (*Web Ontology Language*): essa linguagem é empregada para definir ontologias na *Web*. Uma ontologia OWL descreve um determinado domínio através de classes, propriedades e indivíduos, podendo, ou não, incluir descrições detalhadas de cada um desses elementos [11].

Como norteadores para o aprendizado do processo de criação de ontologias, para compreender as metodologias, os padrões a serem seguidos e os erros comuns quando desenvolvendo uma, foram utilizados diferentes trabalhos; sendo o primeiro deles o de Horridge et al. [12], o qual explica

o funcionamento do *software Protégé*, ilustrando, explicando e exemplificando a criação de ontologias que utilizam a linguagem OWL; o livro *Handbook on Ontologies* [13], o qual elucida a arquitetura da linguagem OWL e seus construtores; o trabalho de Rector et al. [14], onde os autores demonstram o clássico exemplo da criação de uma ontologia para pizzas, denotando os padrões utilizados e os erros comuns cometidos na criação de ontologias; Finalmente, o trabalho de Sampalli et al. [15] auxiliou na compreensão da utilização de ontologias na área da saúde, especificamente em ontologias aplicadas em condições crônicas.

As doenças crônicas e os distúrbios mentais representam 59% do total de óbitos no mundo. Presume-se que esse percentual atingirá 60% até o ano 2020 e as maiores incidências serão de doenças cardíacas, cerebrovasculares e oncológicas. Até o ano 2020, as condições crônicas serão responsáveis por 78% da carga global de doenças nos países em desenvolvimento [10]. Estes fatores geram um peso para o atual sistema de saúde brasileiro, formatado para atender condições agudas e tendo que lidar com o aumento das questões crônicas além das de caráter materno-infantil.

Neste cenário a Medicina de Família e Comunidade (MFC) é uma especialidade médica que ganha destaque, sendo vital no segmento de saúde de Atenção Primária à Saúde (APS) [16]. A Conferência de Alma Ata realizada pela OMS em 1978 é um marco, definindo a Atenção Primária à Saúde (APS) como estratégia para se atingir a equidade e a universalidade no âmbito dos sistemas de saúde [16] [17], baseada em métodos e tecnologias práticas cientificamente fundamentadas e socialmente aceitas, ao alcance de todos a um custo que a comunidade e país possam suportar [18]. Neste contexto a APS busca o equilíbrio da tecnologia, necessidades de saúde e disponibilidade de recursos [19]. A ontologia aqui proposta será empregada em aplicações no âmbito da APS, de forma a auxiliar no treinamento dos profissionais da saúde.

A capacitação é uma das estratégias mais usadas para enfrentar os problemas de desenvolvimento dos serviços de saúde. Estas ações intencionais e planejadas têm como missão fortalecer conhecimentos, habilidades, atitudes e práticas dos profissionais envolvidos. Aproximar a educação da vida cotidiana é fruto do reconhecimento do potencial educativo da situação de trabalho. Transformar as situações diárias em aprendizagem, analisando reflexivamente os problemas da prática e valorizando o próprio processo de trabalho no seu contexto intrínseco é algo a ser buscado [20].

A EPS no espaço dos serviços de saúde é uma modalidade de intervenção de grande potencial que alcança cada vez mais visibilidade e prioridade, tendo um avanço considerável em suas dimensões conceituais e metodológicas. É necessário identificar estes mecanismos que incrementam a eficácia e impacto das intervenções realizadas pelos profissionais de saúde [21]. A aplicação, o jogo, será empregada neste âmbito de Educação Permanente em Saúde para capacitar profissionais da saúde em relação ao atendimento e diagnóstico de possíveis pacientes soropositivos ao HIV, bem como integrar o aprendizado no dia a dia dessas pessoas.

#### IV. MATERIAIS E MÉTODOS

A criação da ontologia, utilizando a linguagem OWL [13], ocorreu através do *software Protégé*, desenvolvido pelo *Stanford Center for Biomedical Informatics Research* na Universidade de Stanford. Através dele, foi possível delimitar a hierarquia de classes pertinente ao tema selecionado, descrever as propriedades dos objetos e as propriedades dos dados da ontologia, bem como visualizar os elementos existentes e suas correlações, com a utilização da ferramenta interna do *Protégé* chamada *OntoGraf* [22].

As pesquisas por ontologias, mencionadas anteriormente, foram realizadas em diferentes domínios, entre eles estão: *Linked Open Vocabularies* [23], *OpenCyc* [24], *OWL Manchester* [25], *OpenClinical* [26] e *NCBO Bioportal* [27]. As pesquisas não retornaram o resultado esperado, o de constatar a existência de uma ontologia que suprisse a demanda dos autores; assim sendo, foi determinada a necessidade de consumir, de fato, a criação de uma ontologia para esse fim.

O Ministério da Saúde do Brasil identificou, a partir de 2006, diferentes experiências existentes no país envolvendo a Telemedicina e a Telessaúde. A partir da união das experiências, desenvolveu um projeto-piloto de Telessaúde e o implementou, com o objetivo de promover a qualificação em serviço das Equipes de Saúde da Família e o aumento da resolubilidade da Atenção Primária à Saúde prestada à população e fortalecendo o modelo de atenção baseada na Atenção Primária como porta de entrada e ordenadora do sistema de Saúde.

Dentro do cenário de necessidade de qualificação e aumento das Equipes de Saúde da Família (ESF) o Ministério da Saúde criou a partir da portaria número 35 de Janeiro de 2007 o Projeto Telessaúde Brasil Redes [28] [29] [30]. O Programa Telessaúde Brasil Redes surgiu como projeto piloto na época avaliando diferentes estratégias de qualificação da ESF em nove estados (núcleos de Telessaúde) da federação (Amazonas, Ceará, Goiás, Minas Gerais, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo), tendo o objetivo não apenas fomentar as atividades de EPS, aproximando-as das equipes de APS localizadas em qualquer ponto do país, mas ofertar estratégias de apoio assistencial que fortalecessem a integração entre os serviços de saúde com sua resolutividade.

O núcleo do Rio Grande do Sul, nomeado TelessaúdeRS, realiza suas atividades na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, hoje contando com mais de 200 colaboradores. Estes atuam na resposta de teleconsultorias pela Plataforma de Telessaúde do Ministério da Saúde, em trabalho de campo com equipes de unidades de saúde, serviços de telefonia 0800 (disponível a médicos de todo o Brasil e enfermeiros do RS para discutir casos), qualificando a fila de espera de especialidades médicas no RS (regulação), além de atividades de tele-educação (cursos à distância e palestras online) e telediagnóstico (espirometria). Para a validação dos termos utilizados na ontologia, a mesma se encontra sob revisão de profissionais de saúde do TelessaúdeRS: consequentemente, termos contidos na mesma se encontram passíveis de alteração.

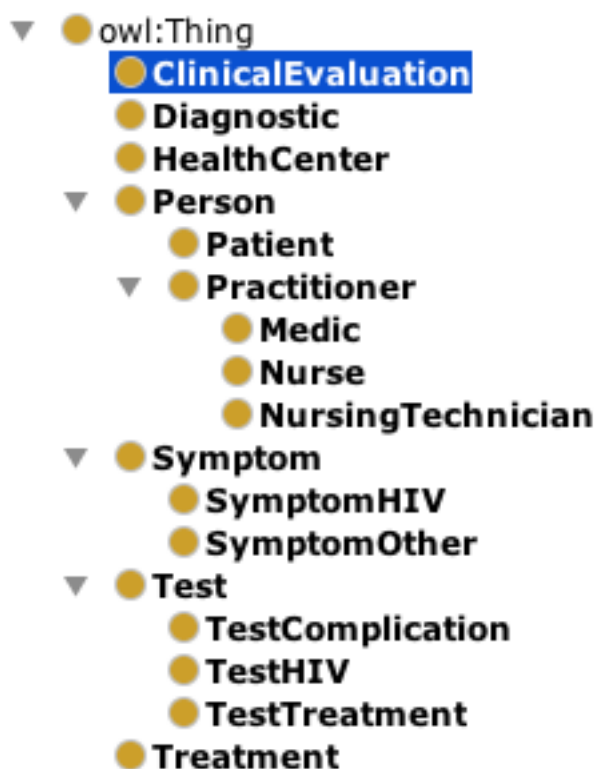


Fig. 1: Classes da ontologia.

#### V. MODELO PROPOSTO

A ontologia concebida visa auxiliar na categorização dos pacientes, conforme sua relação com o vírus HIV, que frequentam os postos de saúde; conjuntamente, para desempenhar o papel de explicitar, de forma clara, o processo o qual os pacientes se submetem durante a sua passagem por esses postos, desde sua chegada até a realização da consulta. Como mencionado anteriormente, utilizou-se o *software Protégé* para o desenvolvimento de uma ontologia nova na linguagem OWL [11], sem a reutilização de ontologias já existentes.

A Figura 1 demonstra todas as classes da ontologia. A seguir cada classe será explicada, individualmente, denotando suas propriedades de objetos e propriedades de dados.

- *ClinicalEvaluation*: Representa uma avaliação clínica do paciente. É feita pelo médico após o diagnóstico e é importante para o tratamento do paciente. Possui as seguintes propriedades de objetos: *isImportantTo*, *isMadeAfter* e *isMadeBy*. Não contém propriedades de dados;
- *Diagnostic*: Simboliza um diagnóstico provido pelo médico e é realizada anteriormente à avaliação clínica. Possui as seguintes propriedades de objetos: *isMadeBefore* e *isProvidedBy*. Não compreende nenhuma propriedade de dados;
- *HealthCenter*: Reflete um posto de saúde o qual o paciente visita em busca de uma consulta médica e

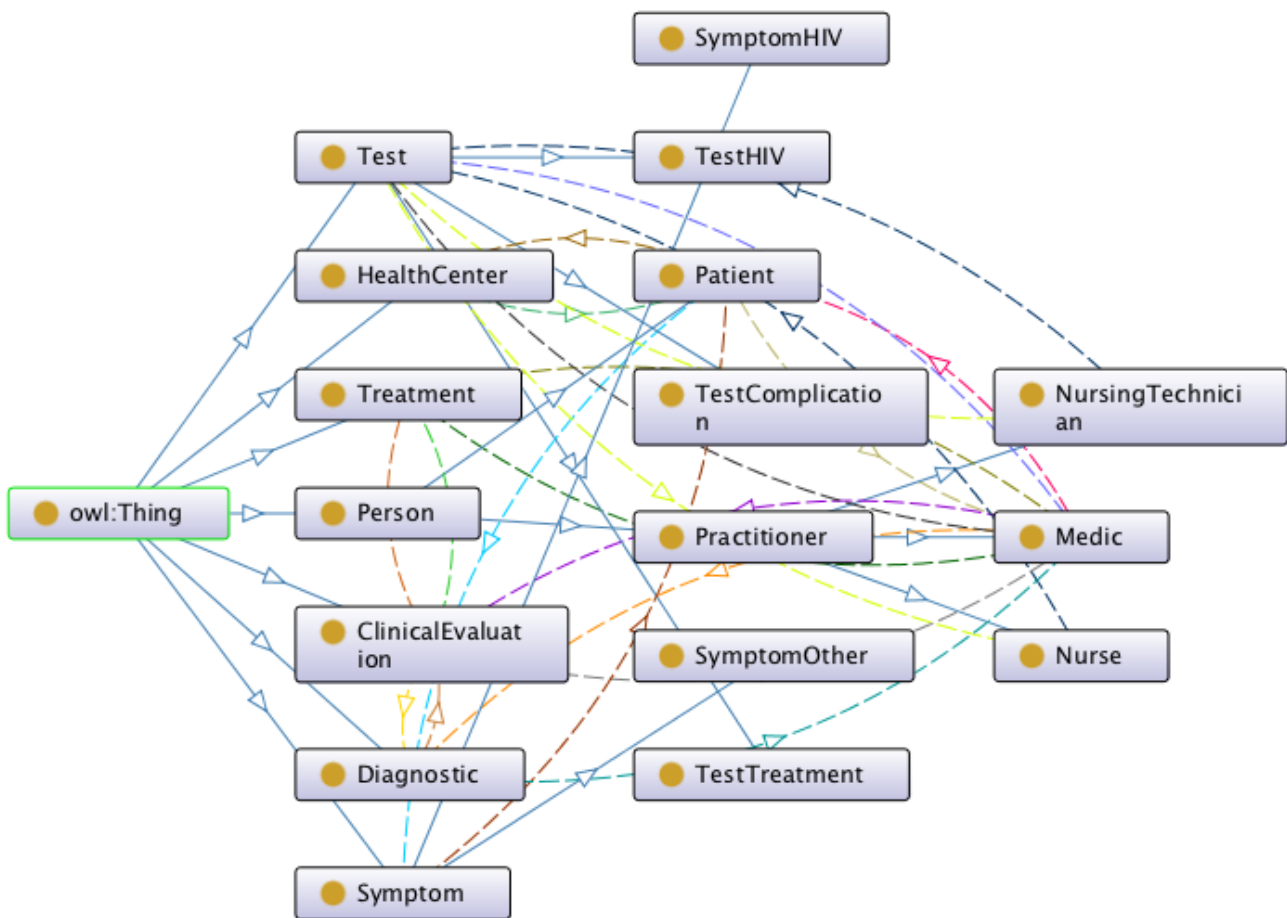


Fig. 2: Representação visual da ontologia.

é atendido pelos profissionais da saúde. Possui duas propriedades de objetos: *receives* e *employs*. Não dispõe de propriedades de dados;

- *Person*: Descreve uma pessoa, podendo ela ser um paciente ou um profissional. Não apresenta propriedades de objetos e propriedades de dados;
- *Patient*: Abaixo de *Person*, representa um paciente que pode, ou não, suspeitar de seu parceiro, que visita um posto de saúde, exibe sintomas, consulta com um médico, possui risco cardiovascular, gênero, imunodeficiência, personalidade, atividades de risco e carga viral. Compreende *consultsWith*, *exhibits* e *visits* como propriedades de objetos e *cardiovascularRisk*, *gender*, *immunodeficiency*, *personality*, *suspectsPartner* e *viralLoad* como propriedades de dados;
- *Practitioner*: Abaixo de *Person*, simboliza um profissional da saúde que trabalha em um posto. Apresenta *worksAt* como propriedade de objetos e *approach* como propriedade de dados;
- *Medic*: Abaixo de *Practitioner*, reflete um médico responsável por requisitar exames, definir o tratamento,

efetuar a avaliação clínica, prover o diagnóstico e atender o paciente. Dispõe as seguintes propriedades de objetos: *asksFor*, *defines*, *makes*, *provides* e *serves*; por sua vez, não abrange nenhuma propriedade de dados;

- *Nurse*: Abaixo de *Practitioner*, descreve um enfermeiro que aplica exames. Possui somente uma propriedade de objetos, *performs*, e nenhuma propriedade de dados;
- *NursingTechnician*: Abaixo de *Practitioner*, descreve um técnico em enfermagem responsável por aplicar exames. Similarmente ao *Nurse*, possui a propriedade de objetos *performs* e nenhuma propriedade de dados;
- *Symptom*: Representação de um sintoma que se apresenta em um paciente. Compreende somente uma propriedade de objeto, *presentsItself*, e nenhuma propriedade de dados;
- *SymptomHIV*: Abaixo de *Symptom*, são os sintomas relacionados ao HIV. Não engloba propriedade de objetos e propriedade de dados;
- *SymptomOther*: Abaixo de *Symptom*, são os demais sintomas, os que não estão vinculados ao HIV. Semelhante ao *SymptomHIV*, não engloba propriedade de objetos e

propriedade de dados;

- *Test*: Exerce o papel de um exame médico, o qual auxilia o médico, é aplicado pelo enfermeiro e/ou técnico em enfermagem, pode ser categorizado, possui resultados, uma data inicial e final. Apresenta *assists* e *isPerformedBy* como propriedades de objetos e *results*, *startDate*, *whichTest* e *isCompleted* como propriedades de dados;
- *TestComplication*: Abaixo de *Test*, abrange os exames realizados com o intuito de verificar a existência, ou não, de alguma complicação relacionada ao HIV. Não compreende nenhuma propriedade de objetos e propriedade de dados;
- *TestHIV*: Abaixo de *Test*, engloba os diferentes tipos de exames utilizados para detectar a soropositividade do paciente em relação ao HIV. Similar ao *TestComplication*, não compreende nenhum tipo de propriedade;
- *TestTreatment*: Abaixo de *Test*, ilustra os exames efetuados para adequar o tratamento do paciente que já foi diagnosticado com HIV. Por exemplo, um exame de sangue que visa determinar se o tipo de HIV que o paciente apresenta é resistente à certas medicações anti-HIV. Conforme as outras categorias de exames, não compreende nenhum tipo de propriedade;
- *Treatment*: Representa o tratamento, o qual o paciente será submetido, definido pelo médico. Ocorre após o médico realizar a avaliação clínica do paciente, pois depende da mesma. Contém *dependsOn* e *isDefinedBy* como propriedades de objetos e nenhuma propriedade de dados;

A Figura 2 apresenta visualmente as classes da ontologia, explicadas anteriormente, através do *plugin OntoGraph* do *Protégé*. As setas, que ligam as classes entre si, representam as propriedades de objetos de cada uma das classes e suas relações dentro da ontologia. A Tabela I ilustra todas as propriedades de objetos e seus respectivos atributos, sendo eles *domain* (domínio da propriedade), *range* (valores da propriedade) e *inverse* (propriedade inversa). Uma propriedade de objetos define a relação entre duas classes da ontologia: por exemplo, a classe *Medic* possui uma relação de *serves* com a classe *Patient*, isto quer dizer que o médico possui uma função de atender o paciente. Toda propriedade de objetos pode ter um domínio, *domain*, e/ou um valor *range* específico, de forma a restringir as classes que aceitam receber e transmitir tal propriedade. Já o atributo *inverse* denota uma propriedade de objetos que age como o inverso: por exemplo, a propriedade inversa da mencionada anteriormente (a propriedade *serves* do *Medic*) é a propriedade *consultsWith* do *Patient* que possui como valor a propriedade *Medic*; isto é, o paciente consulta com o médico.

Na Tabela II estão denotadas as propriedades de dados definidas no escopo da ontologia. Tais informações estão organizadas semelhantemente a tabela das propriedades de objetos, tendo como diferença a última coluna; na primeira tabela é reservada à propriedade de objetos inversa, enquanto

que na segunda tabela essa coluna é ocupada pelas anotações da propriedade de dados específica. Pode-se perceber que as propriedades de dados informam a relação entre uma classe e um literal de dados, XML ou RDF [13]; também que esse tipo de propriedade não possui o atributo *inverse* existente nas propriedades de objetos.

Foram cadastradas instâncias para todas as classes que não são abstratas, isto quer dizer que as classes *Person*, *Practitioner*, *Symptom* e *Test* não possuem instâncias. A Figura 3 apresenta todas as instâncias geradas, bem como as relações entre elas.

Através da Figura 3 pode-se constatar que o paciente (Pedro) visitou o posto de saúde (UnidadeBasicaDeSaude) e foi atendido pelo médico (Roberto) que trabalha no posto; o paciente apresentou tanto sintomas não relacionados ao HIV (Gripe) quanto sintomas relacionados ao HIV (Fadiga, Febre e Sapinho); o médico solicitou diferentes tipos de exames: um exame de complicação (TC\_Pedro\_1), realizado pela técnica em enfermagem (Raquel); um exame de HIV (TH\_Pedro\_1), realizado pela mesma técnica em enfermagem; e dois exames de tratamento (TT\_Pedro\_1, TT\_Pedro\_2), realizados pela enfermeira (Maria). Também verifica-se que o médico proveu o diagnóstico do paciente (DIAG\_Pedro\_1) e realizou sua avaliação clínica (CE\_Pedro\_1). Finalmente, o médico definiu o tratamento (TREAT\_Pedro\_1) adequado ao paciente em questão.

## VI. AVALIAÇÃO

A avaliação de uma ontologia é uma importante etapa, pois através disso é possível guiar o desenvolvimento da ontologia com o intuito de torná-la o mais refinada e precisa possível [3]. Dessa forma, a ontologia aqui proposta foi avaliada através de uma estratégia que consiste em analisar a qualidade e a fidelidade da mesma. O cenário ideal seria comparar duas ontologias que representam conceitos semelhantes, mas, como mencionado anteriormente na Seção I, não foi possível encontrar resultados satisfatórios quando feita a pesquisa por ontologias que abordassem o mesmo tema. Assim sendo, não será feita comparação com outra ontologia, mas sim uma análise das métricas obtidas da ontologia desenvolvida.

Como metodologia de avaliação da ontologia foi determinada a avaliação por métricas, especificamente a metodologia descrita em *FOEval* [31]. Tal metodologia também é utilizada no trabalho de Abech et al. [32] como uma estratégia de validação da ontologia proposta, *OntoAdapt*. O objetivo principal de *FOEval* é facilitar a tarefa de avaliação, para usuários que desejam reutilizar ontologias disponíveis. Através do *FOEval* o usuário escolhe métricas entre um conjunto predefinido e atribui um peso para cada uma dessas métricas baseado no impacto que a mesma possui. A atribuição de peso em métricas específicas auxilia na eleição da melhor ontologia para uma aplicação específica. A metodologia possibilita a avaliação tanto de ontologias armazenadas localmente como de ontologias pesquisadas.

As métricas, propostas em *FOEval*, escolhidas para a avaliação do trabalho aqui proposto são *coverage*, *richness*

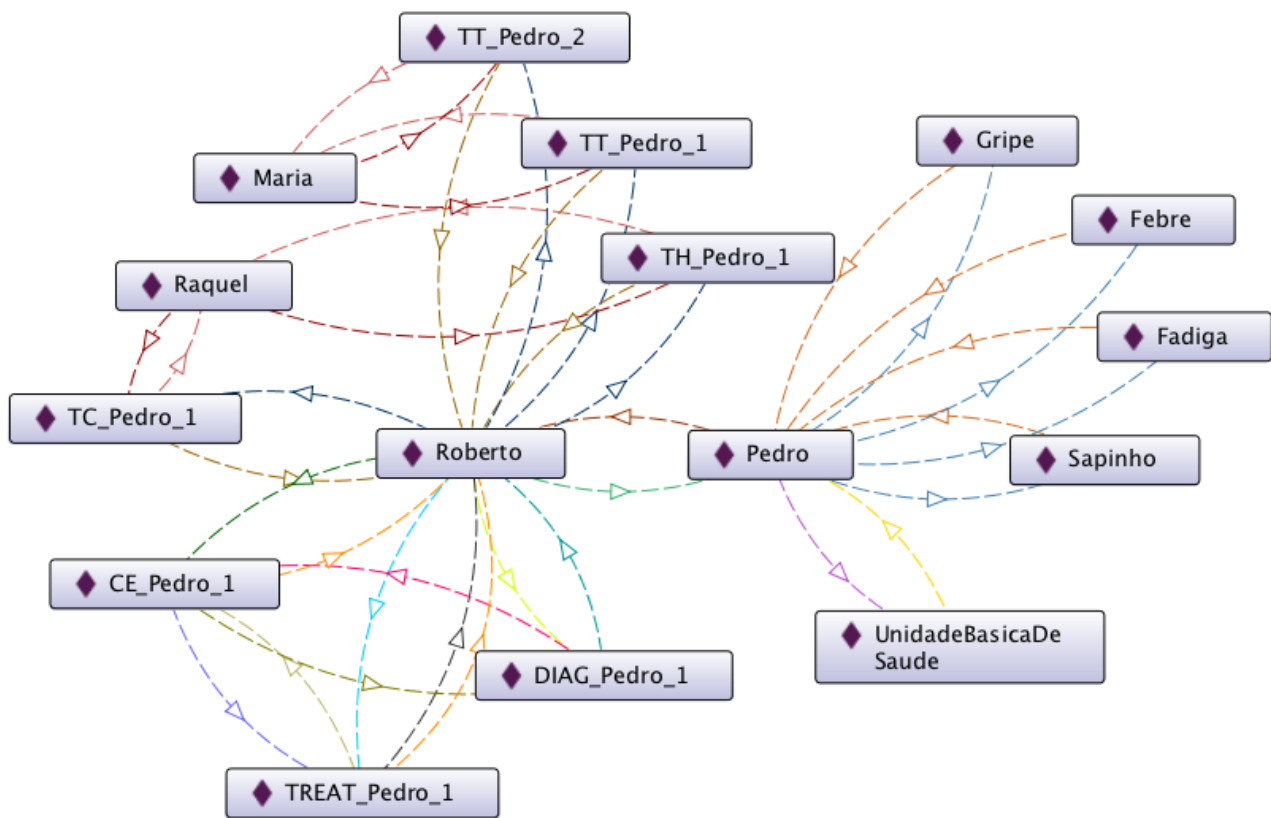


Fig. 3: Representação visual das instâncias.

e *level of detail*. A Tabela III apresenta métricas da ontologia desenvolvida, algumas dessas informações foram extraídas do *software Protégé*. Para complementar essas métricas, foi utilizada uma ferramenta chamada *Manchester-OWL Ontology Metric* [33]; essa ferramenta é empregada para validar e exibir estatísticas referentes à uma ontologia feita em OWL.

As anotações da Tabela III exercem o papel de descrever qualquer elemento contido na ontologia, vale ressaltar que nem todos elementos possuem uma anotação. As propriedades de objetos são as relações existentes entre duas classes dentro da ontologia, já as propriedades de dados são as relações entre classes e literais de dados, RDF ou XML. Os dois tipos de propriedades podem dar um e/ou uma extensão de valores específicos, todas as propriedades existentes na ontologia desenvolvida, seus domínios e valores estão denotados nas Tabelas I e II. Finalmente, o número total de classes e o número total de subclasses representam a quantidade de tais elementos nas duas ontologias.

Semelhantemente ao trabalho descrito em [32], as métricas apresentadas na Tabela III foram utilizadas para calcular as métricas de avaliação, como proposto em [31], descritas na Tabela IV, sendo elas: *Relation Richness* (RR), *Attribute Richness* (AR) e *Subclass Richness* (SR). Para calcular a métrica *Ontology Richness* (OR), foram somadas a *Relation Richness*

e a *Attribute Richness*. A métrica RR reflete a diversidade de relações e atribuição de relações entre classes na ontologia. Uma ontologia que compreender um número maior de relações ao invés de heranças é mais rica do que uma ontologia com tais características opostas. O cálculo dessa métrica é definido pelo o número de relações não-hierárquicas dividido pelo número de todas as relações da ontologia. Já a métrica AR indica a quantidade de informação armazenada na ontologia e seu cálculo é feito pelo número de atributos dividido pelo número de classes. A métrica OR é a soma de RR com AR. A métrica SR define a distribuição do conhecimento através dos diferentes níveis da ontologia, e seu cálculo é feito pelo número total de subclasses dividido pelo número total de classes. Os resultados da ontologia desenvolvida foram 0.69 pontos para RR e 0.7 pontos para AR. Os resultados de RR e AR indicam que a ontologia é mais rica em atributos do que em relações. Somando essas duas pontuações, temos 1.39 pontos para OR, que indica a riqueza da ontologia como um todo e deve ser utilizado para comparar com outras ontologias. Como pontuação para SR, foram obtidos 0.59 pontos; isto significa que a ontologia tende a ser vertical [31], pois o valor de SR não é alto; também indica que a ontologia representa conhecimento detalhado.

A Tabela IV resume as métricas em concordância com o

Tabela I: Propriedades de objetos da ontologia.

<b>Propriedade de Objetos</b>	<b>Domain</b>	<b>Range</b>	<b>Inverse</b>
<i>employs</i>	<i>HealthCenter</i>	<i>Practitioner</i>	<i>worksAt</i>
<i>worksAt</i>	<i>Practitioner</i>	<i>HealthCenter</i>	<i>employs</i>
<i>asksFor</i>	<i>Medic</i>	<i>Test</i>	<i>assists</i>
<i>assists</i>	<i>Test</i>	<i>Medic</i>	<i>asksFor</i>
<i>consultsWith</i>	<i>Patient</i>	<i>Medic</i>	<i>serves</i>
<i>serves</i>	<i>Medic</i>	<i>Patient</i>	<i>consultsWith</i>
<i>defines</i>	<i>Medic</i>	<i>Treatment</i>	<i>isDefinedBy</i>
<i>isDefinedBy</i>	<i>Treatment</i>	<i>Medic</i>	<i>defines</i>
<i>dependsOn</i>	<i>Treatment</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>isImportantTo</i>
<i>isImportantTo</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>Treatment</i>	<i>dependsOn</i>
<i>exhibits</i>	<i>Patient</i>	<i>Symptom</i>	<i>presentsItself</i>
<i>presentsItself</i>	<i>Symptom</i>	<i>Patient</i>	<i>exhibits</i>
<i>isMadeAfter</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>Diagnostic</i>	<i>isMadeBefore</i>
<i>isMadeBefore</i>	<i>Diagnostic</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>isMadeAfter</i>
<i>makes</i>	<i>Medic</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>isMadeBy</i>
<i>isMadeBy</i>	<i>ClinicalEvaluation</i>	<i>Medic</i>	<i>makes</i>
<i>performs</i>	<i>NursingTechnician/Nurse</i>	<i>Test</i>	<i>isPerformedBy</i>
<i>isPerformedBy</i>	<i>Test</i>	<i>NursingTechnician/Nurse</i>	<i>performs</i>
<i>provides</i>	<i>Medic</i>	<i>Diagnostic</i>	<i>isProvidedBy</i>
<i>isProvidedBy</i>	<i>Diagnostic</i>	<i>Medic</i>	<i>provides</i>
<i>receives</i>	<i>HealthCenter</i>	<i>Patient</i>	<i>visits</i>
<i>visits</i>	<i>Patient</i>	<i>HealthCenter</i>	<i>receives</i>

modelo FOEval apresentando os valores da ontologia criada. Os valores obtidos na ontologia desenvolvida que denotam as riquezas de relações, atributos e, conseqüentemente, da ontologia como um todo (OR), foram satisfatórios. Entretanto, o valor da métrica *Subclass Richness* foi de apenas 0.59 pontos. Foi destacado que de quatro métricas escolhidas para realizar a avaliação da ontologia, em três dessas métricas (RR, AR e OR) a ontologia desenvolvida adquiriu pontuação adequada.

Para exemplificar o uso da ontologia como auxílio na delimitação de perfis de pacientes, veja a Figura 3 com a representação visual das instâncias da ontologia. Através dessa figura e das informações contidas na Tabela II, pode-se constatar o seguinte cenário, parte deste cenário está descrito no último parágrafo da Seção V: o paciente, Pedro, possui as seguintes propriedades de dados, com seus respectivos valores:

- *personality*: *Introverted*;

- *riskActivities*: Sexo casual, sexo sem camisinha;
- *viralLoad*: *Unknown*;
- *immunodeficiency*: *Unknown*.

Pedro visita o posto de saúde e é atendido por Roberto; Pedro resolveu realizar uma consulta com o médico, pois está com gripe; Roberto percebe que Pedro não conversa muito, que ele é introvertido; durante a consulta, Roberto verifica que Pedro não apresenta somente gripe, mas também fadiga, febre e sapinho, sintomas relacionados ao HIV; Roberto decide abordar assuntos mais íntimos de forma indireta, pelo fato do paciente ser introvertido, perguntando coisas como: “Você costuma sair muito? Com que frequência?”, até que, através das perguntas indiretas de Roberto, Pedro admite praticar sexo casual e sem camisinha; Roberto indaga se o paciente alguma vez já realizou um exame de HIV; a resposta de Pedro é não, por isso possui carga viral e nível de imunodeficiência desconhecidos, para descobrir essas informações o médico, Roberto, precisaria

Tabela II: Propriedades de dados da ontologia.

Propriedade de Dado	Domain	Range	Annotation
<i>cardiovascularRisk</i>	<i>Patient</i>	Inteiro de 0 a 100	Risco cardiovascular.
<i>gender</i>	<i>Patient</i>	<i>String</i>	Gênero.
<i>immunodeficiency</i>	<i>Patient</i>	<i>Advanced/Moderate/None/Unknown</i>	Nível de imunodeficiência.
<i>personality</i>	<i>Patient</i>	<i>Introverted/Outgoing</i>	Personalidade.
<i>suspectsPartner</i>	<i>Patient</i>	<i>Boolean</i>	Suspeita de seu parceiro.
<i>viralLoad</i>	<i>Patient</i>	<i>High/Medium/Low/Undetectable/None/Unknown</i>	Carga viral do paciente.
<i>riskActivities</i>	<i>Patient</i>	<i>String</i>	Atividades de risco.
<i>startDate</i>	<i>Test</i>	<i>dateTime</i>	Data inicial do teste.
<i>results</i>	<i>Test</i>	<i>String</i>	Resultados do teste.
<i>isCompleted</i>	<i>Test</i>	<i>Boolean</i>	Status do teste.
<i>whichTest</i>	<i>Test</i>	<i>String</i>	Definição específica do teste.
<i>approach</i>	<i>Practitioner</i>	<i>Direct/Indirect</i>	Abordagem do profissional.

Tabela III: Métricas da ontologia.

Métricas	Ontologia Criada
Anotações	11
Propriedades de objetos (PO)	22
Propriedades de dados (PD)	12
Número total de classes (NC)	17
Número total de subclasses (NSC)	10

Tabela IV: Métricas de avaliação da ontologia.

Métricas	Ontologia Criada
<i>Relation Richness</i> (RR)	$PO/(PO+NSC) = 0.69$
<i>Attribute Richness</i> (AR)	$PD/NC = 0.7$
<i>Ontology Richness</i> (OR)	$RR+AR = 1.39$
<i>Subclass Richness</i> (SR)	$NSC/NC = 0.59$

solicitar por exames específicos. Foi possível verificar o perfil do paciente, bem como definir o tipo de abordagem que o médico deveria ter para extrair informações relevantes quanto as atividades de risco do paciente, de forma a constatar a necessidade, ou não, da realização de exames por parte do paciente.

## VII. CONCLUSÃO

Visto que a incidência de novos casos de pessoas soropositivas está em ascensão nos últimos anos [2] e que esse é um problema mundial [1], verifica-se a validade do desenvolvimento da ontologia aqui proposta, ontologia esta que visa auxiliar no desenvolvimento de aplicações na área da saúde em relação às condições crônicas. Essa ontologia atende as necessidades denotadas neste trabalho, sendo elas a delimitação de perfis de pacientes e a visualização do processo de atendimento de um posto de saúde. Os resultados obtidos através da avaliação e a verificação do uso da ontologia como auxílio na delimitação de perfis de pacientes, veja a Seção VI, foram satisfatórios; dessa forma, a ontologia será utilizada para contribuir no desenvolvimento de um modelo de jogo ubíquo relacionado à identificação e capacitação no âmbito de condições crônicas. A ontologia também poderá ser utilizada para auxiliar no desenvolvimento de outras aplicações relacionadas às condições crônicas, para isso devem ser geradas novas classes que compreendem a condição crônica em questão, visto que a versão aqui detalhada possui classes e propriedades de objetos e dados que estão relacionados ao HIV/AIDS.

Existem ontologias desenvolvidas para a área da saúde, tais ontologias foram explicadas anteriormente. O estudo de Abinaya et al. [5] possui como foco a solução de problemas relacionados à entrega e agrupamento de informações dos pacientes em situações de emergência. Já o trabalho de Zeshan et al. [9] é outro exemplo de ontologia para a área da saúde, a ontologia desenvolvida neste trabalho concentra-se na comunicação dos profissionais da saúde através de dispositivos. Os exemplos anteriores não atendem a necessidade de categorizar o perfil de tais pacientes, tal demanda é atendida



pela ontologia proposta neste trabalho.

Como trabalhos futuros está a geração de um número maior de instâncias na ontologia, para melhor visualizar o processo de atendimento de um paciente. Similarmente, a ontologia será ampliada, com a adição de novas classes, propriedades de objetos e propriedades de dados, com a finalidade de torná-la mais rica e confiável; tais adições devem englobar condições crônicas como um todo e não serão específicas à um assunto. A cada modificação efetivada, a ontologia será apresentada aos profissionais da área, através da parceria com o TelessaúdeRS, e serão realizadas novas avaliações, utilizando-se da metodologia da Seção VI, com o intuito de manter as métricas com a mesma pontuação obtida e/ou melhorá-las.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos especiais à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e ao TelessaúdeRS pelo apoio no projeto.

#### REFERENCES

- [1] R. Somyanonthanakul and P. Plodgratoke, "Tatf: Test and treat follow-up system of hiv carriers in thailand," in *Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON), 2015 12th International Conference on*, June 2015, pp. 1–4.
- [2] S. R. Taquette, "Epidemia de HIV/Aids em adolescentes no Brasil e na França: semelhanças e diferenças," *Saúde e Sociedade*, vol. 22, pp. 618 – 628, 06 2013. [Online]. Available: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-12902013000200029&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902013000200029&nrm=iso)
- [3] J. Brank, M. Grobelnik, and D. Mladenčić, "A survey of ontology evaluation techniques," in *Proc. of 8th Int. multi-conf. Information Society*, 2005, pp. 166–169.
- [4] Protocolo clínico para acompanhamento e tratamento de pessoas com hiv/aids na atenção primária à saúde. [Online]. Available: [https://www.ufrgs.br/telessaunders/documentos/protocolos\\_resumos/protocolos\\_clinico\\_hiv\\_TSRS.pdf](https://www.ufrgs.br/telessaunders/documentos/protocolos_resumos/protocolos_clinico_hiv_TSRS.pdf)
- [5] Abinaya, V. Kumar, and Swathika, "Ontology based public healthcare system in internet of things (iot)," *Procedia Computer Science*, vol. 50, pp. 99 – 102, 2015, big Data, Cloud and Computing Challenges. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050915005682>
- [6] Symptom ontology. [Online]. Available: <http://www.berkeleybop.org/ontologies/symp.owl>
- [7] Management of a crisis (moac) vocabulary specification. [Online]. Available: <http://observedchange.com/moac/ns/>
- [8] D. Riaño, F. Real, J. A. López-Vallverdú, F. Campana, S. Ercolani, P. Mecocci, R. Annicchiarico, and C. Caltagirone, "An ontology-based personalization of health-care knowledge to support clinical decisions for chronically ill patients," *Journal of Biomedical Informatics*, vol. 45, no. 3, pp. 429 – 446, 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153204641100222X>
- [9] F. Zeshan and R. Mohamad, "Medical ontology in the dynamic healthcare environment," *Procedia Computer Science*, vol. 10, pp. 340 – 348, 2012, {ANT} 2012 and MobiWIS 2012. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050912004024>
- [10] Cuidados inovadores para condições crônicas. [Online]. Available: [http://www.saude.sp.gov.br/recursos/ses/perfil/gestor/homepage/outros-destaques/cuidados-inovadores-para-condicoes-cronicas/cuidados\\_inovadores\\_para\\_condicoes\\_cronicas.pdf](http://www.saude.sp.gov.br/recursos/ses/perfil/gestor/homepage/outros-destaques/cuidados-inovadores-para-condicoes-cronicas/cuidados_inovadores_para_condicoes_cronicas.pdf)
- [11] S. Bechhofer, *Encyclopedia of Database Systems*. Boston, MA: Springer US, 2009, ch. OWL: Web Ontology Language, pp. 2008–2009. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9\\_1073](http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-39940-9_1073)
- [12] A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools edition 1.3. [Online]. Available: [http://mowl-power.cs.man.ac.uk/protégeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4\\_v1\\_3.pdf](http://mowl-power.cs.man.ac.uk/protégeowltutorial/resources/ProtegeOWLTutorialP4_v1_3.pdf)
- [13] G. Antoniou and F. van Harmelen, *Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, ch. Web Ontology Language: OWL, pp. 67–92. [Online]. Available: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0\\_4](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_4)
- [14] A. Rector, N. Drummond, M. Horridge, J. Rogers, H. Knublauch, R. Stevens, H. Wang, and C. Wroe, "OWL pizzas: Practical experience of teaching OWL-DL: Common errors and common patterns," *Lecture notes in computer science*, vol. 3257, p. 63, 2004.
- [15] A. Sampalli, M. Shepherd, and J. Duffy, "A patient profile ontology in the heterogeneous domain of complex and chronic health conditions," *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, vol. 0, pp. 1–10, 2011.
- [16] M. Anderson, G. Gusso, and E. Filho, "Medicina de família e comunidade: especialistas em integralidade," *Revista Atenção Primária em Saúde*, vol. 8, June 2005.
- [17] E. Mendes, "As redes de atenção à saúde," 2011.
- [18] W. González, "Atención primaria de salud en acción," *Editorial Nacional de Salud y Seguridad Social (EDNASS)*, 2006.
- [19] A. M. Zurro and J. F. Pérez, "Atención primaria," *Gestión en Atención Primaria*, 1998.
- [20] M. C. Davini, "Enfoques, problemas e perspectivas na educação permanente dos recursos humanos de saúde," *Política Nacional de Educação Permanente em Saúde*, 2009.
- [21] Q. J. Haddad, M. A. C. Roschke, and M. C. Davini, "Gestión estratégica de la educación permanente," *Educación Permanente de Personal de Salud*, 1994.
- [22] Ontograf. [Online]. Available: <http://protegewiki.stanford.edu/wiki/OntoGraf>
- [23] Linked open vocabularies. [Online]. Available: <http://lov.okfn.org/dataset/lov>
- [24] Opencyc. [Online]. Available: <http://sw.opencyc.org/>
- [25] Ontology repositories — owl research at the university of manchester. [Online]. Available: <http://owl.cs.manchester.ac.uk/tools/repositories/>
- [26] Openclinical: Ontologies. [Online]. Available: <http://www.openclinical.org/ontologies.html>
- [27] Ncbo bioportal. [Online]. Available: <http://bioportal.bioontology.org/>
- [28] M. da Saúde, "Redefine e amplia o programa telessaúde brasil, que passa a ser denominado programa nacional telessaúde brasil redes," *Portaria GM/MS 2.546*, 2007.
- [29] A. E. Haddad, "Experiência brasileiro do programa nacional telessaúde brasil," *Gold Book: Inovação Tecnológica em Educação e Saúde*, 2012.
- [30] A. E. Haddad and et al, "Case study formative second opinion: Qualifying health professionals for the unified health system through the brazilian telehealth program," *Telemedicine and e-Health*, 2015.
- [31] A. Bachir Bouiadjra and S. M. Benslimane, "Foerval: Full ontology evaluation," in *Natural Language Processing and Knowledge Engineering (NLP-KE), 2011 7th International Conference on*, Nov 2011, pp. 464–468.
- [32] M. Abech, C. A. Costa, J. L. Barbosa, S. J. Rigo, and R. Rosa Righi, "A model for learning objects adaptation in light of mobile and context-aware computing," *Personal Ubiquitous Comput.*, vol. 20, no. 2, pp. 167–184, Apr. 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-016-0902-3>
- [33] Owl ontology metrics. [Online]. Available: <http://mowl-power.cs.man.ac.uk:8080/metrics/>