

Construção de uma ontologia de referência para o domínio da HIV/aids

Construction of a reference ontology for the domain of HIV/Aids

Construcción de una ontología de referencia para el dominio del VIH/sida

Danielli dos Reis Costa^{1,a}

daniellic9@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0003-3651-3521>

Thayza Sacconi Guarnier^{1,a}

thayzasacconi@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0003-1287-340X>

Andréia Soprani dos Santos^{1,b}

andrea_soprani@hotmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-4377-6517>

Susana Bubach^{1,b}

sbubach@gmail.com | <https://orcid.org/0000-0002-7190-5275>

Silvia das Dores Rissino^{1,c}

silvia.rissino@ufes.br | <https://orcid.org/0000-0002-1180-9142>

Maria das Graças da Silva Teixeira^{1,d,e}

maria.teixeira@ufes.br | <https://orcid.org/0000-0003-0398-8029>

¹ Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo. São Mateus, ES, Brasil.

^a Graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Espírito Santo.

^b Doutorado em Epidemiologia pela Universidade Federal de Pelotas.

^c Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá.

^d Doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal do Espírito Santo.

^e Doutorado em Applied Economic Sciences pela Universiteit Gent.

RESUMO

O uso da Tecnologia da Informação está presente nos mais diversos domínios, inclusive no da saúde, ao utilizar várias metodologias e ferramentas computacionais. O objetivo deste artigo é apresentar o modelo conceitual baseado em ontologia sobre o domínio HIV/aids denominado OntoHI. No processo para desenvolver a OntoHI adotam-se a metodologia SAbiO e a ontologia de fundamentação UFO, além do conhecimento de especialistas da área da saúde, o que garante a representação da realidade. Artefatos da ontologia aqui apresentados: representação gráfica, glossário de termos, questões de competência. O controle de qualidade se dá através dos processos de validação e verificação das questões de competências. A OntoHI possibilita a integração com representações de outros domínios. Pode ser utilizado como artefato para a construção de ferramentas computacionais, principalmente sistemas de informações e aplicativos móveis para acompanhar o tratamento de pacientes, além de poder ser expandida para se adaptar a novas situações.

Palavras-chave: Ontologias biomédicas; HIV; Sistema Único de Saúde; Gestão do conhecimento; Semântica.

ABSTRACT

The use of Information Technology is present in the most diverse domains, including health care, using various methodologies and computational tools. The goal of this work is to present an ontology-driven conceptual model on the HIV/AIDS domain called OntoHI. In the process of developing OntoHI, the SABiO methodology and the UFO foundational ontology are adopted, in addition to the specialist's knowledge in the field of health care, which guarantees a consistent representation of reality. Ontology artifacts that are presented here: graphical representation, glossary of terms, validation of competence questions. Quality control happens in the process of validation and verification of competency questions. OntoHI enables integration with representations from other domains. It can be used as an artifact for building computational tools, mainly information systems and mobile applications to monitor patient treatment, in addition to being able to be expanded to adapt to new situations.

Keywords: Biomedical ontologies; HIV; Unified Public Health System; Knowledge management; Semantics.

RESUMEN

El uso de las Tecnologías de la Información ocurre en los más diversos dominios, incluido el de la salud, utilizando diversas metodologías y herramientas computacionales. El objetivo de este trabajo es presentar el modelo conceptual basado en ontologías sobre el dominio del VIH/sida denominado OntoHI. En el proceso de desarrollo de OntoHI se adoptan la metodología SABiO y la ontología de fundamentos OVNI, además del conocimiento de especialistas en el campo de la salud, lo que garantiza la representación de la realidad. Artefactos ontológicos presentados: representación gráfica, glosario, temas competenciales. El control de calidad se lleva a cabo a través del proceso de validación y verificación de problemas de competencia. OntoHI permite la integración con representaciones de otros dominios. Puede usarse como artefacto para construir herramientas computacionales, principalmente sistemas de información y aplicaciones móviles para monitorear el tratamiento del paciente, además de poder expandirse para adaptarse a nuevas situaciones.

Palabras claves: Ontologías biomédicas; VIH; Sistema Único de Salud; Gestión del conocimiento.

INFORMAÇÕES DO ARTIGO

Contribuição dos autores:

Concepção e desenho do estudo: Danielli dos Reis Costa, Andréia Soprani dos Santos, Maria das Graças da Silva Teixeira, Sílvia das Dores Rissino, Susana Bubach, Thayza Sacconi Guarnier.

Aquisição, análise ou interpretação dos dados: Danielli dos Reis Costa, Andréia Soprani dos Santos, Maria das Graças da Silva Teixeira, Sílvia das Dores Rissino, Susana Bubach, Thayza Sacconi Guarnier.

Redação do manuscrito: Danielli dos Reis Costa, Andréia Soprani dos Santos, Maria das Graças da Silva Teixeira, Sílvia das Dores Rissino, Susana Bubach, Thayza Sacconi Guarnier.

Revisão crítica do conteúdo intelectual: Danielli dos Reis Costa, Andréia Soprani dos Santos, Maria das Graças da Silva Teixeira, Sílvia das Dores Rissino, Susana Bubach, Thayza Sacconi Guarnier.

Declaração de conflito de interesses: não há.

Fontes de financiamento: não houve.

Considerações éticas: não há.

Agradecimentos/Contribuições adicionais:

Histórico do artigo: submetido: 9 fev. 2023 | aceito: 20 maio 2023 | publicado: 29 set. 2023.

Apresentação anterior: não houve.

Licença CC BY-NC atribuição não comercial. Com essa licença é permitido acessar, baixar (*download*), copiar, imprimir, compartilhar, reutilizar e distribuir os artigos, desde que para uso não comercial e com a citação da fonte, conferindo os devidos créditos de autoria e menção à Reciis. Nesses casos, nenhuma permissão é necessária por parte dos autores ou dos editores.

INTRODUÇÃO

A área das ciências da saúde demanda constantemente a construção e a aplicação de Tecnologias da Informação (TI), voltadas a colaborar para a estruturação dos serviços e a solução de questões relacionadas ao processo saúde-doença, visando à melhoria da qualidade de vida das pessoas. No entanto, a construção de tecnologias adequadas às necessidades da saúde, como, por exemplo, um banco de dados unificado com informações dos pacientes, integrado a aplicativos de acompanhamento de consultas e tratamentos, sempre será um desafio.

Entre as tecnologias disponíveis para a compreensão dos processos saúde-doença, neste trabalho optou-se pelo uso de modelos conceituais, que é uma representação dos aspectos dos mundos físico e social, como suporte para a comunicação, a resolução de problemas e a negociação de significados entre humanos (Mylopoulos, 1992).

Um modelo conceitual possibilita clareza de informações do domínio trabalhado, que pode ser uma área, uma doença ou um problema. Exemplos de domínios na área da saúde: tuberculose, transtorno bipolar, processo de vacinação, mortalidade infantil. Assim, os interessados nesses domínios podem manter boa comunicação, tendo uma compreensão integrada entre os conceitos, o que possibilita a redução de problemas, tais como a duplicidade de significado para um mesmo conceito e a perda de informações (Duarte *et al.*, 2014).

Uma forma de construção de um modelo conceitual é a aplicação da Modelagem Conceitual Baseada em Ontologias (MCBO) (Verdonck *et al.*, 2015) (no original, *Ontology-Driven Conceptual Modeling – ODCM*). Desde o seu surgimento, as ontologias estão influenciando diversas áreas de estudo científico: na computação (Almeida, 2014); na saúde – *OntoSaúde* (Costa *et al.*, 2020), *OntoTB* (Guarnier *et al.*, 2021), *OntoGender* (Meiros; Oliveira; Teixeira, 2021); no direito (Bolzan; Griffo; Teixeira, 2020); e na indústria (Steinmetz *et al.*, 2018).

Existem inúmeras definições e aplicações para ontologias nas diversas áreas trabalhadas. Na ciência da computação, uma das definições mais divulgadas é de que “uma ontologia é uma especificação formal, explícita de uma conceitualização compartilhada” (Studer; Benjamins; Fensel, 1998, p. 25., tradução nossa). Na prática, uma ontologia significa um modelo abstrato de um conhecimento consensual, que deve ser definido explicitamente e que pode ser utilizado na construção de diferentes artefatos computacionais, tais como algoritmos de Inteligência Artificial (IA), para análise de dados ou como fonte de informação por si só. Essa utilização pode ser diversa, dependendo da necessidade de quem a utiliza, seja para comunicação e compreensão dos envolvidos no estudo de uma área (tanto para uso profissional quanto para ensino, tanto para agentes humanos quanto artificiais), seja como artefato de entrada para *softwares* dos mais variados tipos (Brandão; Lucena, 2002).

Através do uso de ontologias é possível compreender melhor o domínio com o objetivo de dar um aspecto semântico aos dados. Os dados semânticos trazem informações relevantes para os processos, ajudam na manutenção da consistência entre si, ao atender melhor aos interessados. Especificamente para a área da saúde, que utiliza amplamente sistemas de informação para a tomada de decisões em relação ao processo saúde-doença, fica caracterizada a necessidade do uso de dados e de processos qualificados (Peng; Goswami, 2019).

Os dados são as variáveis, os valores que um sistema manipula aplicando funções, que por sua vez implementam processos de uma área de interesse. Para que os processos sejam úteis e auxiliem os especialistas de forma adequada, os dados precisam ser de qualidade. Essa necessidade é significativa em diversas áreas, com destaque para a saúde (Duncan *et al.*, 2015).

O uso de ontologias em saúde pode colaborar para a organização, a padronização e a elaboração de fluxos que auxiliem na comunicação e na assistência ao paciente, possibilitando que o trabalho seja mais resolutivo. Ao estabelecermos conceitos em comum, de forma mais organizada e padronizada, os fluxos de sistemas, que apoiam decisões na área de saúde, serão mais claros tanto para os profissionais quanto para os pacientes.

Nos últimos anos, tem-se visto uma crescente cooperação entre computação e saúde, principalmente devido à situação da pandemia da covid-19, pois buscaram-se cada vez mais alternativas para a saúde através da TI. Um bom exemplo é o projeto VODAN (Virus Outbreak Data Network), que procura criar uma infraestrutura de dados federada alinhada aos princípios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable), tornando os dados sobre a pandemia mais facilmente acessíveis e reutilizáveis (Veiga *et al.*, 2021). Como exemplos de ontologias na área da saúde, podem ser citadas: OntoSaúde (Ontologia sobre processos em saúde não direcionada para problema específico) (Costa *et al.*, 2020), OntoTB (Ontologia sobre Tuberculose) (Guarnier *et al.*, 2020, 2021), HIV/Aids FAQ retrieval system (Sistema de FAQ sobre HIV/aids) (Ayalew; Moeng; Mosweunyane, 2019), OntoProg (Ontologia sobre gerenciamento de Prognósticos em saúde) (Nuñez; Borsato, 2018).

Destaca-se também o repositório de ontologias Open Biological and Biomedical Ontology (OBO) (OBO Foundry) (Grupo Aberto de Ontologias Biológicas e Biomédicas) (The OBO Foundry, 2020), que tem o objetivo de construir uma família de ontologias interoperáveis nas áreas de biologia e biomedicina. Pode-se citar ainda o projeto Disease Ontology (DO) (Projeto de Ontologias de Doenças) (Institute for Genome Sciences, 2020), que é uma ontologia de código aberto para a integração de dados biomédicos associados a doenças humanas. É uma ontologia que apresenta o mapeamento de doenças.

Considerando os benefícios que a aplicação de ontologias pode trazer, como a criação de aplicativos de coleta de dados claros e integrados às bases de dados – o que facilita as análises de dados, com a geração de informações importantes para a criação de políticas de saúde –, este trabalho mostra como aplicar a engenharia de ontologias ao domínio do Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) e da Síndrome da Imunodeficiência Adquirida (aids) (Ayalew; Moeng; Mosweunyane, 2019).

O HIV leva o indivíduo a um estado imunodepressivo denominado aids, que afeta, principalmente, as células de defesa, os linfócitos T CD4+. Durante o período de 2010 a 2019 foram registradas 338.966 internações por HIV no Brasil (Santos *et al.*, 2020). As regiões Sudeste (37,6%) e Nordeste (25,5%) apresentaram as maiores prevalências de internações. Já as maiores taxas de mortalidade se encontram nas regiões Norte (17,1%) e Sul (12,2%) (Santos *et al.*, 2020). São números expressivos, e acredita-se que a computação possa auxiliar com a construção de um modelo conceitual baseado em uma ontologia, o que abrirá espaço para um uso mais eficiente da TI no processo de saúde-doença no domínio do HIV/aids.

Assim, o objetivo do artigo é apresentar um modelo conceitual baseado em ontologia sobre o domínio HIV/aids denominado OntoHI, sendo este um primeiro passo para a criação de um sistema de informação de apoio à tomada de decisão – algo extremamente necessário para a área da saúde, e, em particular, para o domínio considerado.

METODOLOGIA

Este trabalho utilizou metodologia de pesquisa aplicada e foi dividido em duas fases: uma fase de estudo para adquirir o conhecimento necessário – tanto de engenharia de ontologia quanto do domínio da saúde – e uma fase de construção da ontologia – OntoHI. Para ambas as fases, destaca-se a atividade de aquisição de conhecimento, na qual, além de consultas a documentos, artigos e livros sobre criação de ontologias, também foi estudado o domínio da saúde de doenças infecciosas, direcionado ao HIV/aids. Além disso, foram realizadas reuniões com profissionais da área da saúde, especializados em enfermagem

e epidemiologia, para melhor acompanhamento do trabalho realizado. Vale ressaltar que o conhecimento de tais profissionais é o principal guia para a modelagem da ontologia, de modo a garantir a sua conexão com a realidade.

Assim, como o termo ontologia tem variadas definições, recorre a variadas classificações. As ontologias podem ser classificadas segundo diversos critérios – por exemplo, quanto à sua conceitualização. Nesse sentido, ontologias podem ser separadas da seguinte forma: ontologias de alto nível ou de fundamentação; ontologias de domínio; ontologias de tarefa; e ontologias de aplicação (Gómez-Pérez; Benjamins, 1999). Para a criação de ontologias de domínio, usa-se uma ontologia de fundamentação para dar base à conceitualização e oferecer diretrizes de modelagem. A ontologia de fundamentação define os conceitos de alto nível, ou seja, conceitos mais abstratos que orientam a construção das ontologias de domínio, como, objetos, eventos e propriedades (Guizzardi *et al.*, 2015). A Unified Foundational Ontology (UFO) (Ontologia de Fundamentação Unificada) é uma ontologia de fundamentação que visa à modelagem conceitual (Guizzardi; Wagner, 2005). OntoHI é uma ontologia de domínio, guiada por uma ontologia de fundamentação, sendo UFO a fundamentação adotada na sua construção.

A metodologia adotada para a construção da OntoHI foi a Abordagem Sistemática para Construção de Ontologias – em inglês, Systematic Approach for Building Ontologies (SABiO) – (Falbo, 2014). A SABiO é baseada na metodologia proposta por Uschold (1996), que possibilitou a estruturação do processo de construção de ontologias de domínio, de forma a guiar a criação de um artefato final de alta qualidade (Falbo, 2004). A abordagem SABiO abrange a construção de ontologias de referência, que é o caso da OntoHI, e de ontologias operacionais. Além disso, a SABiO e UFO se integram, pois a metodologia pressupõe a adoção de uma fundamentação ontológica (Falbo, 2014). A Figura 1 apresenta a metodologia SABiO.

Um dos artefatos intermediários trabalhados na SABiO são as Questões de Competência (QCs), que são perguntas feitas para identificar assuntos com os quais o modelo ontológico deve lidar. Elaborar QCs possibilita listar os requisitos da ontologia mediante perguntas que devem ser respondidas por ela mesma, levando em consideração os usos pretendidos por tal artefato. Assim, é possível caracterizar seu escopo e suas principais características. Além de serem base para identificar os conceitos e as relações necessários para representar, as QCs são usadas para um controle de qualidade, durante a etapa de validação. Ademais, as QCs refletem possíveis situações de análise de dados dos usuários, ou seja, representam um item útil para diferentes atividades de construção de uma ontologia.

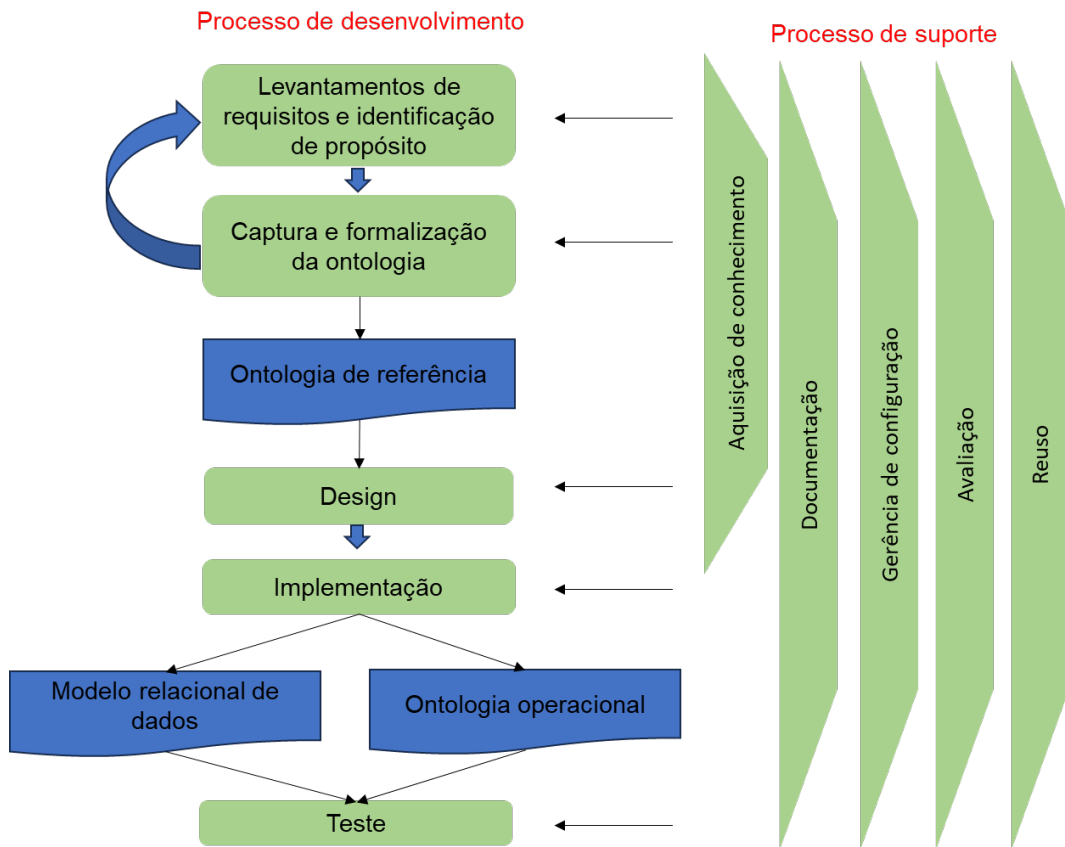


Figura 1 – Metodologia SABiO

Fonte: Adaptada pelos autores a partir de Falbo (2014).

Os conceitos identificados no domínio devem ter uma definição clara, evitando duplos sentidos e uma possível interpretação problemática, por isso, deve-se recorrer tanto a uma representação gráfica de tais conceitos (além de suas propriedades e suas relações) quanto a um glossário de termos. Ainda de forma a complementar a representação gráfica, se necessário, são escritos axiomas para caracterizar restrições da ontologia que não podem ser visualizadas de maneira gráfica.

Os processos de suporte da SABiO estão presentes durante todas as fases de desenvolvimento da ontologia e podem ser identificados na Figura 1. O processo de Aquisição de conhecimento acontece principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento. São usadas técnicas convencionais de levantamento de requisitos e de *brainstorming*. Junto com o desenvolvimento é possível o reuso de conceitualizações já estabelecidas sobre o domínio, sendo algumas dessas fontes: as ontologias de domínio existentes, as ontologias de núcleo, as ontologias de fundamentação e as de tarefas.

O processo de documentação é parte do resultado do desenvolvimento de uma ontologia. Tudo pode ser documentado, assim como os processos de suporte acontecem de forma paralela com outros. De acordo com a SABiO, ontologias operacionais devem ter suas mudanças gerenciadas e submetidas ao gerente de configurações para serem controladas (Falbo, 2014).

Na OntoHI foi adotada com maior destaque a atividade de avaliação, que compreende as tarefas de verificação e validação. A verificação assegura que os artefatos estão sendo desenvolvidos corretamente, de acordo com suas especificações e seu planejamento. A validação garante que a ontologia reflita o domínio necessário, bem como o seu escopo, as questões de competência e os usos pretendidos. Ao passo que a verificação costuma ser realizada apenas pelos desenvolvedores da ontologia, a validação idealmente envolve os especialistas do domínio. Na OntoHI, especialistas da saúde participaram ativamente da validação.

A OntoHI foi construída com a linguagem de modelagem OntoUML, que tem como base a ontologia UFO e é uma extensão da linguagem de modelagem UML (Zamborlini, 2011), através da ferramenta de modelagem [Astah](#), versão 8.4.1, com licença gratuita para estudantes e uma excelente relação custo-benefício.

A OntoUML é uma linguagem de modelagem conceitual baseada em UFO; fornece o necessário para a criação de um modelo conceitual baseado em ontologia bem fundamentado. Diferente da UML, a linguagem agrega estereótipos identificadores da classificação do conceito em UFO, mas ainda utiliza os padrões de classes, de caixas retangulares e de relações com diferentes tipos de linhas (Rybola; Pergl, 2018).

As atividades propostas pela metodologia SABiO, aplicadas na construção da OntoHI, foram realizadas de forma incremental e iterativa, ou seja, através de ciclos, nos quais a cada momento um fragmento da ontologia era construído e acrescentado ao desenvolvido anteriormente, com destaque para as atividades de levantamento de requisitos e de captura e formalização da ontologia. Em paralelo a tais atividades, a documentação foi elaborada. Como resultado, foram gerados o modelo gráfico e os registros documentais de apoio.

RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os principais artefatos gerados durante a construção da OntoHI, de acordo com a SABiO.

O propósito da OntoHI é ser um modelo conceitual (com entidades, relações, atributos e restrições) pertinente ao domínio de HIV/aids. O modelo desenvolvido padroniza conceitos e relações do domínio, resultando em um artefato que pode ser usado para comunicação e compreensão dos agentes envolvidos no processo de diagnóstico e tratamento do HIV/aids, possibilitando a integração e a expansão de outras representações de conhecimento da área de saúde, além de aplicação em ferramentas computacionais para tal área.

A OntoHI teve como escopo os conceitos de HIV/aids e o seu tratamento através dos serviços de saúde do Brasil. Considerando o tamanho e a complexidade do domínio, optou-se por trabalhar com fragmentos do domínio, tendo sido desenvolvidas três subontologias: Sistema de saúde, Doença e Pessoa Vulnerável ao HIV. O glossário de termos, bem como os materiais complementares utilizados para a criação da ontologia, podem ser acessados através do repositório da ontologia no GitHub (Costa *et al.*, 2020).

A Figura 2 apresenta uma visão geral da OntoHI e as suas subontologias por meio de um diagrama de pacotes. Através do agrupamento de elementos de construção da UML em nível mais alto temos um pacote (Fowler, 2004). Esse tipo de diagrama tem por objetivo representar como os elementos do modelo estão divididos logicamente e como se relacionam. Ele é vantajoso para mostrar as subdivisões da ontologia, identificadas pela imagem de pacotes, e as dependências entre eles através das setas (Resende, 2020).

O sistema de saúde brasileiro promove ações para a prevenção da doença. Já uma Pessoa Vulnerável ao HIV necessita de um diagnóstico para que seja detectada a infecção e identificada a necessidade de se iniciar um tratamento. Por fim, observa-se que o diagnóstico e o tratamento da doença são parte do sistema de saúde. Até o momento foram explorados os módulos de Pessoa Vulnerável ao HIV e Doença. Como trabalho futuro, espera-se aprofundar as subontologias de Prevenção, Tratamento e Diagnóstico.

Vale destacar que o diagrama da visão geral também apresenta uma diferenciação de módulos por cor. Cada módulo, e cada conceito interno a ele, é representado por uma cor, permitindo assim que se identifique o módulo de origem de um conceito em qualquer diagrama no qual ele seja utilizado, como ocorre nas Figuras 3, 4 e 5 apresentadas no decorrer do texto.

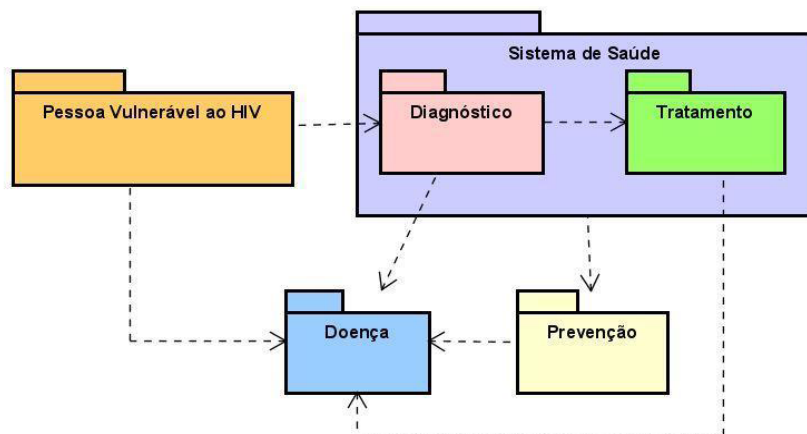


Figura 2 – Visão geral da OntoHI e das subontologias
Fonte: Elaborada pelos autores.

A seguir estão caracterizadas algumas QCs elaboradas para serem respondidas por meio da ontologia. De acordo com a metodologia adotada, as QCs são utilizadas tanto como forma de avaliação quanto como orientação para o escopo do domínio. As QCs estão agrupadas em dois grupos: o primeiro diz respeito a questões que podem ser diretamente respondidas pelos diagramas, ou seja, perguntas que podem ser respondidas usando-se as entidades, as propriedades e as relações; o segundo grupo diz respeito a questões que devem ser respondidas pelas possíveis aplicações desenvolvidas com base na ontologia, ou seja, questões de instâncias (ou de dados). Exemplos de QCs respondidas através da navegação direta nos diagramas e descritas no texto abaixo das figuras:

- QC1. Como se configura a entrada de uma pessoa no sistema de saúde?
- QC2. Como é organizada a estrutura do sistema de saúde para trabalhar com HIV/aids?
- QC3. O que causa a infecção por HIV?
- QC4. Qual a diferença entre infecção por HIV e aids?
- QC5. Quando uma pessoa se torna uma Pessoa Vivendo com HIV (PVHIV)?
- QC6. Quais são os comportamentos de risco para uma pessoa?

A seguir, temos exemplos de QCs que são respondidas por uma inferência em relação aos possíveis dados coletados, através de um sistema de coleta que possa ser desenvolvido baseado na ontologia. Como essas questões dependem da existência de dados, as respostas a seguir são apenas uma simulação para demonstrar o tipo de resposta que seria obtida.

Considere-se o seguinte cenário: um paciente com sintomas de febre e mal-estar, que já apresenta controle de diabetes e hipertensão e tem o hábito de praticar relações sexuais desprotegidas, deseja se consultar, para a realização de um exame rápido.

Quantas consultas são necessárias para uma pessoa ser diagnosticada?

Possível resposta: Um paciente sintomático precisa realizar, pelo menos, uma consulta para que seja solicitado o exame rápido. A partir do resultado, esse paciente deve retornar ao médico para a realização de diagnóstico, podendo ser positivo ou negativo para HIV (referente à Figura 3).

Quais as comorbidades apresentadas pelo paciente?

Possível resposta: O paciente tem diabetes e hipertensão (referente à Figura 4).

Quais comportamentos de risco são mais comuns na região A?

Possível resposta: O comportamento de risco mais comum na área A é a relação sexual desprotegida (referente à Figura 5).

Quais os sintomas mais presentes na fase sintomática?

Possível resposta: Febre e mal-estar (referente à Figura 4).

Outras possíveis perguntas que podem ser respondidas com base nos conjuntos de dados coletados: quais os comportamentos de risco mais comumente realizados por pessoas, independentemente do sexo? Qual a porcentagem de pessoas que abandonam o tratamento, tomando-se como total a quantidade de pessoas que aderem ao tratamento? Quais as doenças oportunistas mais comuns? Quais os fatores mais relevantes para o aumento da vulnerabilidade?

Após a atividade de modelagem, ocorreu a atividade de avaliação. Como primeira forma de avaliação utilizaram-se as QCs elaboradas inicialmente, e as respostas foram identificadas através da interpretação dos diagramas desenvolvidos, o que garantiu que a representação do escopo do trabalho está adequada à realidade do domínio e se manteve refinando o modelo, conforme as respostas encontradas iam demandando necessidade de ajustes.

Uma segunda atividade de avaliação foi realizada através de debates com especialistas da área, que desde o começo da construção da ontologia acompanharam todo o processo, ajudando na tomada de decisões e revisando o modelo desenvolvido. Novamente, o resultado dessa atividade foram os ajustes na OntoHI – o que proporcionou um aumento da sua qualidade.

A seguir são apresentados alguns diagramas que representam graficamente a OntoHI e que resultaram das atividades desenvolvidas, bem como uma descrição textual para auxiliar na interpretação de tais diagramas.

O diagrama da Figura 3, que representa a organização do sistema de saúde no Brasil, destaca a localização dos atendimentos específicos no Centro de Atendimento Especializado, que corresponde à Rede de Atenção Específica para o HIV. Nessa subontologia nota-se, também, a presença de alguns conceitos relacionados à PVHIV, ao Diagnóstico, ao Tratamento (caracterizados por cores diferentes), além de outros módulos da OntoHI.

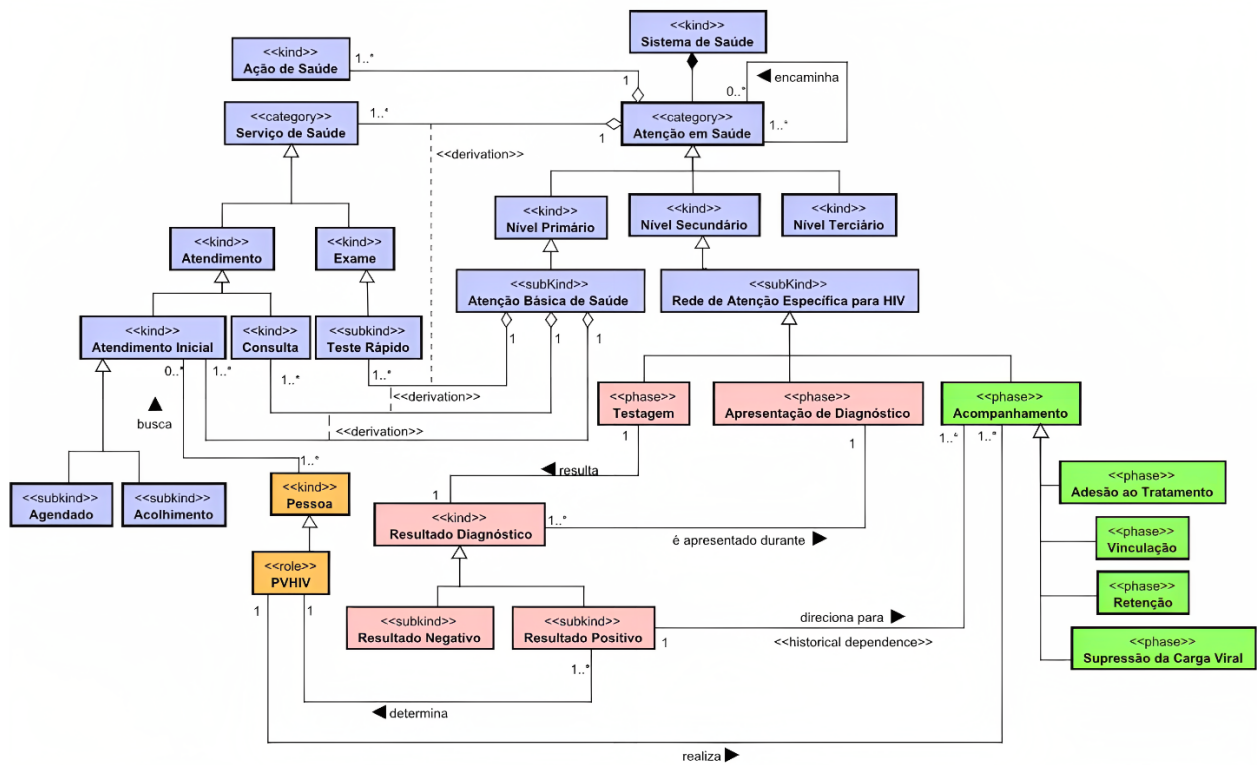


Figura 3 – OntoHI – Subontologia de sistema de saúde no Brasil
 Fonte: Elaborada pelos autores.

Uma pessoa com possíveis sintomas de uma doença busca um atendimento inicial, seja agendando-o previamente, seja por acolhimento direto no estabelecimento de saúde que procurar. Ocorrendo essa procura, é executada uma testagem, o que configura a entrada da pessoa no sistema de saúde (Resposta da QC1). Realizada a testagem, se o resultado é positivo para HIV, a pessoa passa a ser denominada PVHIV e é direcionada para a realização do acompanhamento na rede de atenção específica para HIV.

Um sistema de saúde é organizado em áreas de atenção à saúde, que compreendem um conjunto de serviços e de ações de saúde. Esses serviços e ações podem ser encaminhados para outros tipos de serviços e ações. Por sua vez, as áreas de atenção à saúde se dividem em níveis: primário, secundário e terciário (Resposta da QC2).

Considerando o foco no domínio de HIV/aids, no nível primário tem-se a Atenção Básica à Saúde, composta de atendimento inicial, consultas e testes rápidos, que são atendimentos ou exames de baixa complexidade. No nível secundário há a rede de atenção específica para HIV, que realiza atendimentos para casos de pacientes com HIV/aids, sendo composta pelas fases de testagem, apresentação de diagnóstico e acompanhamento. Já no nível terciário, os atendimentos são realizados no âmbito hospitalar, com recursos e assistência de alta complexidade.

A testagem resulta em um diagnóstico que pode ser negativo ou positivo. Esse diagnóstico é apresentado na etapa de apresentação de diagnóstico. Se o resultado é positivo, a pessoa é direcionada para a realização de acompanhamento relativo à doença, sendo que este acompanhamento é composto pelas fases: vinculação, retenção, adesão ao tratamento e supressão da carga viral.

O diagnóstico é bem acessível no Brasil, devido a disponibilidade dos testes rápidos, que podem ser realizados em todas as Unidades de Saúde da Atenção Básica, além dos Centros de Testagem e Aconselhamento (CTA) (Lajolo; Langhi Junior; Marques Júnior, 2008). O teste rápido para HIV é eficaz e pode ser realizado com uma gota de sangue da polpa digital. Dois resultados positivos já confirmam a

doença, sendo possível o início do tratamento. Exames laboratoriais, através da coleta de sangue venoso, tais como pelo método Elisa, também são usados para o diagnóstico do HIV, identificando os tipos anti-HIV 1 e 2. Realizado o diagnóstico, segue-se com o protocolo, incluindo vinculação, retenção e adesão ao tratamento, com o cuidado contínuo da doença (Schuster; Lise; Hoerlle, 2013).

O atendimento inicial para vinculação do paciente consiste em uma primeira consulta, na qual são discutidos vários pontos, tais como: o que é a doença, a história clínica, os riscos e as vulnerabilidades, a história psicossocial, a saúde reprodutiva e a história familiar, assim como o tratamento e a necessidade de acompanhamento periódico. Sobre o tratamento, é preciso explicar os benefícios da correta adesão e os riscos de abandono (Melchior *et al.*, 2007).

Uma vez compreendido como funciona o atendimento a uma pessoa doente pelo sistema de saúde no Brasil, é interessante compreender o próprio problema de saúde. A caracterização da doença é apresentada na Figura 4, que contém a OntoHI e a subontologia da Doença.

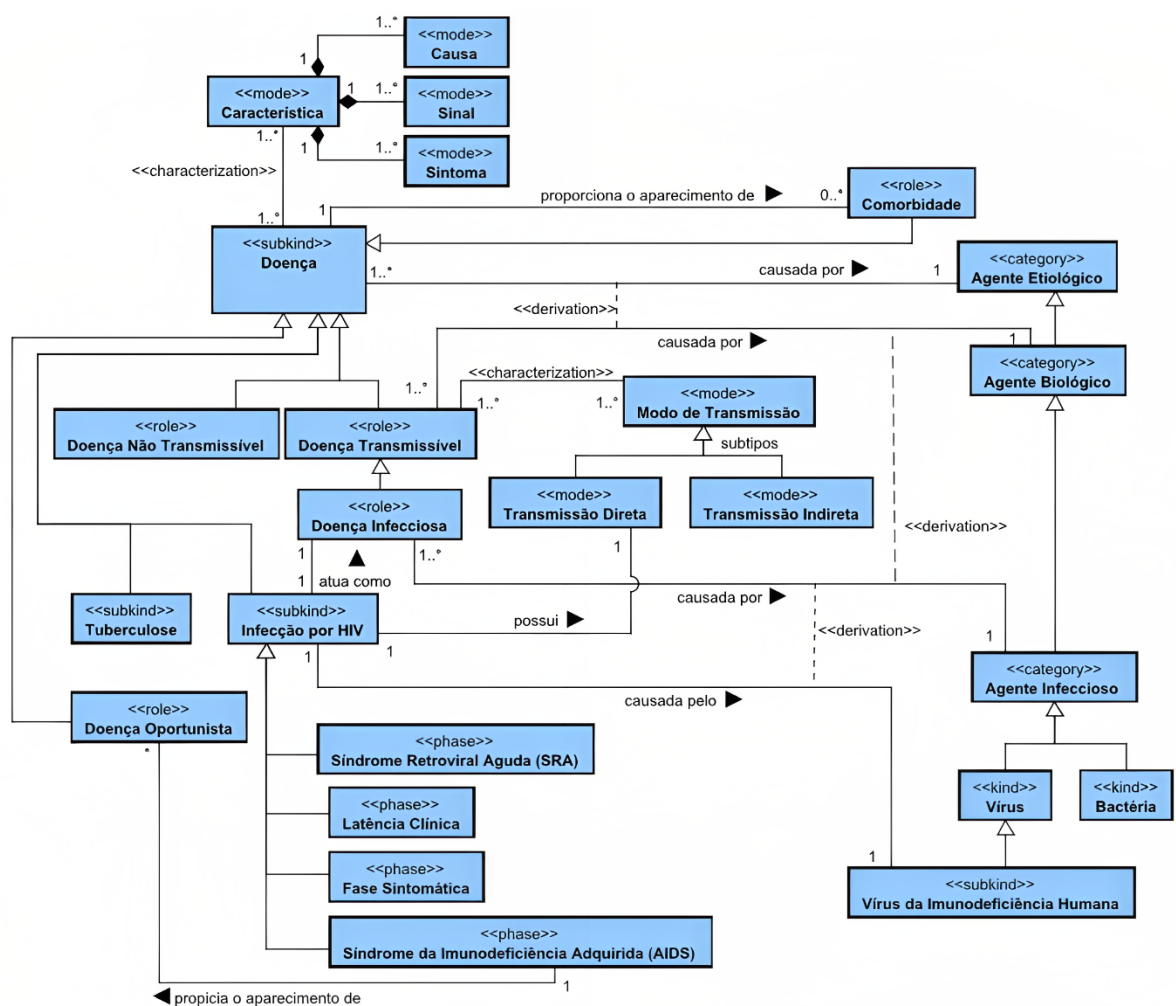


Figura 4 – OntoHI e subontologia da Doença
 Fonte: Elaborada pelos autores.

Uma doença apresenta diversas características, tais como sinais (aquilo que pode ser percebido por outra pessoa sem o relato do paciente), sintomas (a queixa relatada pelo paciente, mas que só ele pode perceber) e causas (motivo ou razão da doença). Os agentes etiológicos são os responsáveis por causar doenças. Agentes biológicos são tipos de agentes etiológicos que causam doenças transmissíveis. Já os agentes infecciosos são

agentes que causam doenças infecciosas, como a tuberculose e o HIV, sendo que esta última é causada pelo Vírus da Imunodeficiência Humana (HIV) (Resposta da QC3).

Algumas doenças possibilitam o aparecimento de outras enfermidades, conhecidas como comorbidades da doença-base. Isso ocorre com o HIV/aids. As comorbidades podem ser doenças preexistentes, ou que foram adquiridas pela presença do HIV/aids, causando alterações no sistema de defesa do organismo, ou mesmo pelo tratamento farmacológico realizado. Um exemplo de comorbidade do HIV/aids é a tuberculose.

Doenças podem ser classificadas quanto à sua forma de transmissão em transmissíveis e não transmissíveis, ressaltando que o primeiro grupo tem um modo de transmissão e um agente transmissor. Doenças infecciosas são definidas pela transmissão de um agente patogênico, por isso se enquadram como transmissíveis. No caso da doença infecciosa, os agentes patogênicos causam uma infecção em um hospedeiro suscetível, sendo chamados de agentes infecciosos.

O modo de transmissão de uma doença transmissível pode ser direto ou indireto. Quando acontece através de insetos ou animais que levam o agente etiológico de pessoa para pessoa, ou através de outros veículos, ocorre o modo indireto. Exemplos de agentes infecciosos são os vírus e as bactérias. A infecção pelo HIV tem transmissão direta, ou seja, por contato físico direto, ou ainda por contato com secreção e/ou sangue contaminado de outro indivíduo. O vírus do HIV é transmitido através de relações sexuais desprotegidas, pelo compartilhamento de seringas ou materiais perfurocortantes contaminados, por transfusão de sangue contaminado, bem como de mãe para filho, durante a gravidez, no parto ou na amamentação.

A infecção pelo HIV é constituída pelas fases: Síndrome Retroviral Aguda (SRA), latência clínica, fase sintomática e aids, fase que proporciona o aumento do aparecimento de doenças oportunistas, ou seja, doenças que aparecem devido ao caráter imunologicamente frágil da pessoa. A tuberculose inicialmente era tratada como doença oportunista muito associada ao HIV/aids. Com o passar do tempo, por se tratar de uma doença etiológicamente relacionada, passou a ser considerada uma comorbidade ao HIV/aids.

O fato de estar infectado com o vírus HIV não significa estar com aids, pois muitas pessoas vivem por anos com a infecção, mas não apresentam sintomas da doença (Resposta da QC4). A pessoa, após ser infectada, apresenta a SRA, em um período de três a quatro semanas. Após a fase de SRA, há um período de latência clínica – durante essa fase as células de defesa do corpo diminuem lentamente. Ao progredir a infecção, começa o aparecimento de sintomas, fase denominada sintomática.

Para complementar os diagramas apresentados, a Figura 5 mostra a subontologia de Pessoa Vulnerável ao HIV, com a entidade de Pessoa Vulnerável identificando as características que tornam uma pessoa mais suscetível a desenvolver tal problema de saúde.

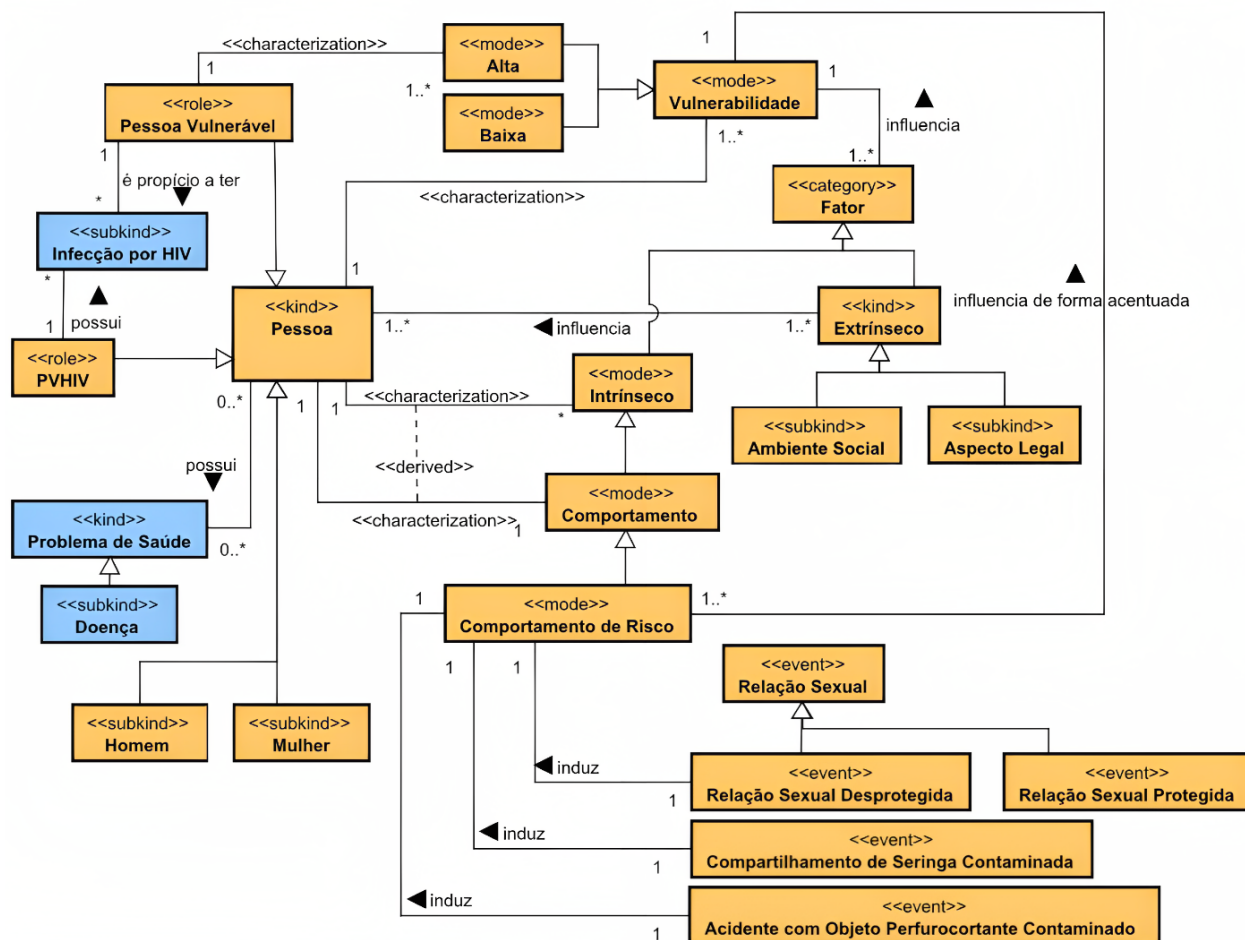


Figura 5 – OntoHI e subontologia de Pessoa Vulnerável ao HIV
 Fonte: Elaborada pelos autores.

Uma pessoa pode ter um ou mais problemas de saúde, ou seja, pode ter algum problema que afete sua saúde, como uma doença ou um acidente sofrido. Da mesma forma, as pessoas apresentam fatores que influenciam sua vulnerabilidade quanto à aquisição de algum problema de saúde. Esses fatores podem ser intrínsecos à pessoa ou extrínsecos, isto é, quando não são internos à pessoa, mas a afetam de alguma maneira. Exemplos de fatores extrínsecos são o ambiente social e os aspectos legais da sociedade na qual a pessoa está inserida. Fatores intrínsecos, por exemplo, são os comportamentos da pessoa, que podem ser de risco (ou seja, a tornam mais propícia a ter algum problema). Os comportamentos de risco aumentam a vulnerabilidade de uma pessoa à medida que a colocam em maior contato com aquilo que pode afetá-la, resultando em uma doença. As pessoas podem ter vulnerabilidade alta ou baixa – uma pessoa com alta vulnerabilidade se enquadra como vulnerável ao HIV. Quando a pessoa vulnerável se infecta com HIV, ela passa a ser uma Pessoa Vivendo com HIV (PVHIV) (Resposta da QC5). Algumas situações consideradas comportamentos de risco para o HIV: relação sexual desprotegida, compartilhamento de seringa contaminada e acidente com objeto perfurocortante contaminado (Resposta da QC6).

DISCUSSÃO

Este trabalho apresentou uma ontologia de referência no domínio da saúde pública, direcionado para a infecção HIV/aids, um assunto que demanda intensa atenção dos serviços de saúde no Brasil. A OntoHI surgiu através do estudo das áreas envolvidas – computação e saúde –, bem como por meio do contato intenso entre os profissionais envolvidos no projeto, que são de diferentes áreas já citadas.

A OntoHI está direcionada para aspectos específicos da infecção/doença, estabelecendo um modelo de conceitos sobre a infecção HIV/aids e os serviços de saúde envolvidos em seu acompanhamento.

Durante este trabalho foram estudadas para possíveis situações de reuso de conceitos na OntoHI, os seguintes modelos: HIV/AIDS FAQ retrieval system (Sistema de FAQ sobre HIV/aids) (Ayalew; Moeng; Mosweunyane, 2019) e na OntoProg (Ontologia sobre gerenciamento de Prognósticos em saúde) (Nuñez; Borsato, 2018). Nota-se que tais ontologias têm suas bases nos conceitos da doença em si, enquanto a OntoHI propõe explorar também os serviços de saúde no Brasil que lidam com pessoas que vivem com a doença, além de adotar fundamentações ontológicas diferentes. Assim, estabelece-se que são artefatos possivelmente complementares, mas que têm as suas particularidades e em um primeiro momento optou-se por não investir no reuso de termos de tais ontologias.

A OntoHI pode ser utilizada no suporte ao processo de aquisição de conhecimento sobre o domínio de HIV/aids. Ainda pode ser expandida para conter mais detalhes sobre o domínio, bem como se integrar a outras ontologias para a criação de um escopo mais amplo, como, por exemplo, o das doenças infecciosas. Percebe-se que o domínio desse tema é extenso, e interligado a outros, o que justifica a seleção de trabalho mediante uma ontologia. Além de ser um problema de saúde, que ainda precisa de atenção, há um grande ganho, tendo em vista que o processo se beneficia de uma maior compreensão e de um suporte tecnológico.

Espera-se, futuramente, haver maior detalhamento sobre tal doença, além da criação de ontologias com outros domínios relacionados, para outras doenças infecciosas, sendo uma delas a tuberculose (interessante por ser uma comorbidade de HIV/aids). Além disso, espera-se que o contato com especialistas de diferentes áreas da saúde possa contribuir para o crescimento e a qualidade da OntoHI. Também como continuação do trabalho, é possível implementar uma base de dados mapeada a partir da ontologia OntoHI, o que possibilitará variadas análises e a descoberta de conhecimento entre os dados armazenados, através da aplicação de técnicas de ciência de dados.

A OntoHI pode ser utilizada para a implementação de modelos de dados operacionais, tais como bases de dados e ontologias operacionais, a serem usados em sistemas de informação aplicados à saúde, de forma que possam ser elaboradas manipulações, análises e previsões para gerar informações úteis aos usuários finais, principalmente para os trabalhadores da saúde. Também pode ser utilizada para a comunicação entre profissionais da área, bem como para a compreensão e o aprendizado do domínio representado, podendo se tornar uma ferramenta de ensino valiosa.

Os profissionais de TI e da saúde podem usar a OntoHI na construção e no uso de sistemas de informação, de forma que isso facilite a integração com outros domínios relacionados, contribua para a melhoria da rede de saúde no Brasil, apoie a aprendizagem do processo de criação de ontologias na área da saúde, permita o estudo aprofundado de modelagem conceitual baseada em ontologias, assim como em tecnologias relacionadas. A modelagem resultante também é ferramenta de apoio aos processos de aprendizagem e comunicação, independentemente de seu uso tecnológico entre os interessados em trabalhar no domínio modelado.

Ressalta-se que a OntoHI é um trabalho desenvolvido por diversos atores e em vários momentos. A concretização desse projeto só foi possível porque profissionais das áreas da computação e da saúde se uniram com o propósito de construir um modelo de qualidade que representasse a realidade e contribuísse para a melhoria da gestão dos dados/informações e de acesso aos serviços e às ações de detecção e assistência à saúde relacionados ao HIV/aids.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo conceitual baseado em ontologia para o domínio HIV/aids mostrou-se satisfatório do ponto de vista dos profissionais e interessados da área de saúde. Esse modelo possibilita que profissionais de TI e da saúde trabalhem em conjunto na construção e no uso de sistemas de informação, além de facilitar a integração com outros domínios relacionados. Sem dúvida, ele contribuirá para a melhoria da rede de saúde no Brasil.

A OntoHI gerou conhecimento para aplicação prática e factível na área da saúde, podendo auxiliar na organização do processo de trabalho e na gestão do cuidado, voltados à perspectiva de construção de sistemas de informação de forma geral e de sistemas de apoio à tomada de decisão.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Maurício Barcellos. Uma abordagem integrada sobre ontologias: ciência da informação, ciência da computação e filosofia. **Perspectivas em Ciência da Informação**, Belo Horizonte, v. 19, n. 3, p. 242-258, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5344/1736>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pci/a/T3BjQ9y9RvMMTJFY8mWBNBH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- AYALEW, Yirsaw; MOENG, Barbara; MOSWEUNYANE, Gontlafetse. Experimental evaluation of ontology-based HIV/AIDS frequently asked question retrieval system. **Health Informatics Journal**, Londres, v. 25, n. 4, p. 1434-1450, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/1460458218775147>. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29792088/>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- BOLZAN, Milena R.; GRIFFO, Cristine; TEIXEIRA, Maria das Graças da Silva. ODF: uma ontologia de domínio do direito de família brasileiro com foco na prestação alimentícia. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIAS NO BRASIL, 13., 23-26 nov. 2020, Vitória. **Proceedings** [...]. Vitória: ONTOBRAS, 2020. Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-2728/paper7.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- BRANDÃO, Anarosa Alves Franco; LUCENA, Carlos José Pereira de. **Uma introdução à engenharia de ontologias no contexto da web semântica**. Rio de Janeiro: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: http://bib-di.inf.puc-rio.br/ftp/pub/docs/techreports/02_29_brandao.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.
- COSTA, Danielli dos Reis *et al.* O uso da abordagem SABiO na construção do *overview* de OntoSaúde. In: ALMEIDA, João Paulo A.; GUIZZARDI, Giancarlo (ed.). **Engineering ontologies & ontologies for engineering: Celebrating Ricardo Falbos's career**. [S. l.]: Nemo, 2020. p. 82-98. Disponível em: https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/engineering_ontologies_and_ontologies_for_engineering_celebrating_ricardo_falbos_career_2020.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.
- DICIONÁRIO de dados. In: ONTOHI. [S. l.]: GitHub, 2020. Repositório. Disponível em: <https://github.com/daniellic9/OntoHI/blob/master/Dicion%C3%A1rio%20de%20Dados.md>. Acesso em: 28 ago. 2023.
- DUARTE, Rafael Batista *et al.* Uma abordagem colaborativa de modelagem conceitual de informação utilizando *Mind maps*. In: WORKSHOP ON REQUIREMENTS ENGINEERING, 17., 23-25 abr. 2014, Pucón. **Anais** []. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2014. p. 1-14. Disponível em: http://wer.inf.puc-rio.br/WERpapers/artigos/artigos_WER14/paper36.pdf. Acesso em: 28 ago. 2023.
- DUNCAN, Jeffrey *et al.* Building an ontology for identity resolution in healthcare and public health. **Online Journal of Public Health Informatics**, Toronto, v. 7, n. 2, p. e219, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5210%2Fojphi.v7i2.6010>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4576444/>. Acesso em: 10 abr. 2023.
- FALBO, Ricardo de Almeida. Experiences in using a method for building domain ontologies. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ONTOLOGY IN ACTION; INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING AND KNOWLEDGE ENGINEERING, 16., 2004, Banff. **Proceedings** [...]. [S. l.]: s. n., 2004.

FALBO, Ricardo de Almeida. SABIO: Systematic approach for building ontologies. *In: JOINT WORKSHOP ONTO.COM/ODISE ON ONTOLOGIES IN CONCEPTUAL MODELING AND INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, 1.: INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY IN INFORMATION SYSTEMS, 8.*, 21 set. 2014, Rio de Janeiro. **Proceedings** [...]. Rio de Janeiro: OntoCom, 2014. Disponível em: https://ceur-ws.org/Vol-1301/ontocomodise2014_2.pdf. Acesso em: 29 ago. 2023.

FOWLER, Martin. **UML essencial**: um breve guia para a linguagem-padrão de modelagem de objetos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

GÓMEZ-PÉREZ, Asunción; BENJAMINS, Richard. Overview of knowledge sharing and reuse components: ontologies and problem-solving methods. *In: IJCAI-99 WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND PROBLEM-SOLVING METHODS: Lessons Learned and Future Trends*, 2 ago. 1999. Estocolmo. **Proceedings** [...]. Estocolmo: IJCAI-99, 1999. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0a48a04d88ba6772a08f29e3c9b9879a18d2dd67>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GUARNIER, Thayza Sacconi *et al.* Tuberculosis diagnosis – An ontology-driven conceptual model. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND CONCEPTUAL MODELING*, 8.; 11-18 set. 2021, Bolzano. **CEUR Workshop Proceedings**. Bolzano: OntoCom, 2021. v. 1613, p. 0073. Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-2969/paper54-OntoCom.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GUARNIER, Thayza Sacconi *et al.* Um modelo conceitual baseado em ontologia para doenças infecciosas com ênfase em tuberculose. SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIAS NO BRASIL, 13., 23-26 nov. 2020, Vitória. **Proceedings** [...]. Vitória: ONTOBRAS, 2020. Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-2728/short5.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2023.

GUIZZARDI, Giancarlo *et al.* Towards ontological foundations for conceptual modeling: the unified foundational ontology (UFO) story. **Applied Ontology**, [s. l.], v. 10, n. 3-4, p. 259-271, 2015. DOI: <https://www.doi.org/10.3233/AO-150157>. Disponível em: <https://content.iospress.com/articles/applied-ontology/ao157>. Acesso em: 10 abr. 2023.

GUIZZARDI, Giancarlo; WAGNER, Gerd. Towards ontological foundations for agent modelling concepts using the Unified Foundational Ontology (UFO). *In: INTERNATIONAL BI-CONFERENCE WORKSHOP ON AGENT-ORIENTED INFORMATION SYSTEMS*, jun. 2004, Riga, Nova York. **Agent-Oriented Information Systems II**. Berlim: Springer Berlin, 2005, Revised Selected Papers. p. 110-124. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11426714_8. Acesso em: 10 abr. 2023.

INSTITUTE FOR GENOME SCIENCES. **The Disease Ontology Project (DO)**. Baltimore: University of Maryland School of Medicine, 2020. Disponível em: <https://disease-ontology.org/>. Acesso em: 29 jun. 2020.

LAJOLO, Camila P.; LANGHI JUNIOR, Dante M.; MARQUES JÚNIOR, José Francisco C. HIV-ELISA negativo com NAT positivo: uma realidade em hemoterapia. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 330-331, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-84842008000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbhh/a/mf8mHQkn7P3tXSy6tZS7YdL/>. Acesso em: 31 ago. 2023.

MEIRELES, Luiz Guilherme Rodrigues; OLIVEIRA, Ana Fernanda Inocente; TEIXEIRA, Maria das Graças da Silva. OntoGender: an ontology in the domain of gender and sexuality. *In: 2nd INTERNATIONAL WORKSHOP ON ONTOLOGY OF SOCIAL, LEGAL AND ECONOMIC ENTITIES*, 2., 11-18 set. 2021, Bolzano. **CEUR Workshop Proceedings**. Bolzano: SoLEE, 2021. v. 2969, p. 1-10 Disponível em: <https://ceur-ws.org/Vol-2969/paper70-SoLEE.pdf>. Acesso em: 31 ago 2023.

MELCHIOR, Regina *et al.* Desafios da adesão ao tratamento de pessoas vivendo com HIV/ aids no Brasil. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 41, n. sup. 2, p. 87-93, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102007000900014>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/Fpn8YtnNHvmxw5tXhVZWkxbx/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 31 ago. 2023.

MYLOPOULOS, John. Conceptual modelling and telos. *In: LOUCOPOULOS, Pericles; ZICARI, Roberto (ed). Conceptual modelling, databases, and CASE: an integrated view of information system development*. Nova York: Wiley: 1992. p. 49-68. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/John-Mylopoulos/publication/242177349_Conceptual_Modelling_and_Telos1/links/5564397508ae9963a11f0a53/Conceptual-Modelling-and-Telos1.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.

NUÑEZ, David Lira; BORSATO, Milton. OntoProg: an ontology-based model for implementing prognostics health management in mechanical machines. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 38, p. 746-759, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2018.10.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034617306080>. Acesso em: 31 ago. 2023.

PENG, Cong; GOSWAMI, Prashant. Meaningful integration of data from heterogeneous health services and home environment based on ontology. **Sensors**, Basel, v. 19, n. 8, p. 1747, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/s19081747>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/8/1747>. Acesso em: 31 ago. 2023.

RESENDE, Igor Henrique Correia. **Estudo para a modelagem de um sistema moderno por meio da UML e extensões**. 2020. 52f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Faculdade de Computação, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28179/4/EstudoModelagemSistema.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2023.

RYBOLA, Zdeněk; PERGL, Robert. Towards OntoUML for software engineering: optimizing kinds and subkinds transformed into relational databases. In: ENTERPRISE AND ORGANIZATIONAL MODELING AND SIMULATION, 14., 11-12 jun. 2018, Talín. **Conference Proceedings**. [S. l.]: Springer International Publishing, 2018. p. 31-45. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-00787-4_3. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327576920_Towards_OntoUML_for_Software_Engineering_Optimizing_Kinds_and_Subkinds_Transformed_into_Relational_Databases. Acesso em: 31 ago. 2023.

SANTOS, Ana Cláudia Freitas *et al.* Perfil epidemiológico dos pacientes internados por HIV no Brasil. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, [s. l.], n. 48, p. e3243, 2020. DOI: <https://doi.org/10.25248/reas.e3243.2020>. Disponível em: <https://acervomais.com.br/index.php/saude/article/view/3243/1915>. Acesso em: 31 ago. 2023.

SCHUSTER, Aline Daniele; LISE, Michelle Larissa Zini; HOERLLE, Jairo Luis. Avaliação sorológica de HIV por técnicas de ELISA de quarta geração. **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecção**, Santa Cruz do Sul, v. 3, n. 4, p. 122-127, 2013. DOI: <https://doi.org/10.17058/reci.v3i4.3895>. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/epidemiologia/article/view/3895>. Acesso em: 31 ago. 2023.

STEINMETZ, Charles *et al.* Using ontology and standard middleware for integrating IoT based in the industry 4.0. **IFAC-PapersOnLine**, [s. l.], v. 51, n. 10, p. 169-174, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.06.256>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405896318305767>. Acesso em: 31 ago. 2023.

STUDER, Rudi; BENJAMINS, V. Richard; FENSEL, Dieter. Knowledge engineering: principles and methods. **Data and Knowledge Engineering**, [s. l.], v. 25, n. 12, p. 161-197, 1998. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X\(97\)00056-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-023X(97)00056-6). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169023X97000566?via%3Dihub>. Acesso em: 31 ago. 2023.

THE OBO FOUNDRY. **Open Biological and Biomedical Ontology (OBO) Foundry**. [S. l.]: OBO Technical WG, 2020. Disponível em: <http://www.obofoundry.org/>. Acesso em: 29 jun. 2020.

USCHOLD, Mike. Building ontologies: towards a unified methodology. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE BRITISH COMPUTER SOCIETY SPECIALISTS GROUP ON EXPERT SYSTEMS, 16., 16-18 dez. 1996, Cambridge. **Proceedings** [...]. Edimburgo: University of Edinburgh, 1996. Disponível em: <https://www.aii.ed.ac.uk/project/pub/documents/1996/96-es96-unified-method.pdf>. Acesso em: 31 ago. 2023.

VEIGA, Viviane Santos de Oliveira *et al.* VODAN BR: a gestão de dados no enfrentamento da pandemia coronavírus. **Páginas a&b: arquivos e bibliotecas**, Porto, S. 3, n. especial ConfOA, p. 51-58, 2021. DOI: <https://doi.org/10.21747/21836671/pagnespc7>. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/iciict/46443/Artigo_CONF OA_2021_Veiga_et_al.pdf?sequence=2&isAllowed=y. Acesso em: 10 abr. 2023.

VERDONCK, Michaël *et al.* Ontology-driven conceptual modeling: a systematic literature mapping and review. **Applied Ontology**, [s. l.], v. 10, n. 3-4, p. 197-227, 2015. DOI: <https://www.doi.org/10.3233/AO-150154>. Disponível em: <https://content.iospress.com/articles/applied-ontology/ao154>. Acesso em: 28 ago. 2023.

ZAMBORLINI, Veruska Carretta. **Estudo de alternativas de mapeamento de ontologias da linguagem ontoUML para OWL: abordagens para representação de informação temporal**. 2011. 205 p. Dissertação (Mestrado em Informática) – Departamento de Informática, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011. Disponível em: https://nemo.inf.ufes.br/wp-content/papercite-data/pdf/estudo_de_alternativas_de_mapeamento_de_ontologias_da_linguagem_ontouml_para_owl_abordagens_para_representacao_de_informacao_temporal_2011.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.