



Framework para suporte à evolução de ontologias biomédicas: uma abordagem aplicada a três perspectivas de evolução

Framework to support the evolution of biomedical ontologies: an approach applied to three perspectives of evolution

Marco para apoyar la evolución de las ontologías biomédicas: un enfoque aplicado a tres perspectivas de la evolución

Ana Patrícia de Sousa¹, Carlos Alberto de Souza², Renam Gomes Barreto³, Cecília Neta Alves Pegado Gomes⁴, Natasha Correia Queiroz Lino⁵

RESUMO

Descritores: Ontologias Biomédicas; Evolução de Ontologias; Perspectivas de Evolução

Objetivo: Neste trabalho, um framework conceitual foi criado para apoiar a evolução de ontologias Biomédicas. **Métodos:** O framework foi criado com base nas fases do processo evolutivo de ontologias e validado por meio de um estudo de caso onde foi aplicado a uma ontologia sobre a Doença Renal Crônica submetida à evolução em diferentes perspectivas com base em três motivos de evolução: mudança do foco, mudanças nas diretrizes de domínio e mudanças na terminologia de referência. Consultas SPARQL baseadas em questões de competência foram usadas para verificar a consistência da ontologia utilizada no estudo de caso. **Resultados:** O framework criado possui 5 fases compreensivas e bem definidas chamadas de Planejamento da Evolução, Implementação das Mudanças, Detecção das Mudanças, Tratamento das Inconsistências e Auditoria das Mudanças. **Conclusão:** Com base nos resultados dos experimentos, é possível concluir que o framework colabora para um processo evolutivo com maior clareza e menor ocorrência de falhas.

ABSTRACT

Keywords: Ontologias Biomédicas; Evolução de Ontologias; Perspectivas de Evolução

Objective: In this work, a conceptual framework was created to support the evolution of Biomedical ontologies. **Methods:** The framework was created based on the phases of the evolutionary process of ontologies and validated through a case study where it was applied to an ontology on Chronic Kidney Disease submitted to evolution in different perspectives based on three reasons for evolution: change of focus, changes in domain guidelines and changes in reference terminology. SPARQL queries based on competency issues were used to check the consistency of the ontology used in the case study. **Results:** The framework created has 5 comprehensive and well-defined phases called Evolution Planning, Implementation of Changes, Detection of Changes, Treatment of Inconsistencies and Audit of Changes. **Conclusion:** Based on the results of the experiments, it is possible to conclude that the framework contributes to an evolutionary process with greater clarity and less occurrence of failures.

RESUMEN

Descriptores: Evolución de la ontología; Ontologías biomédicas; Perspectivas de la evolución

Objetivo: En este trabajo, se creó un marco conceptual para apoyar la evolución de las ontologías biomédicas. **Métodos:** El marco fue creado a partir de las fases del proceso evolutivo de las ontologías y validado a través de un estudio de caso donde se aplicó a una ontología sobre Enfermedad Renal Crónica sometida a evolución en diferentes perspectivas a partir de tres razones de evolución: cambio de enfoque, cambios en las pautas de dominio y cambios en la terminología de referencia. Se utilizaron consultas SPARQL basadas en problemas de competencia para comprobar la coherencia de la ontología utilizada en el estudio de caso. **Resultados:** El marco creado tiene 5 fases integrales y bien definidas denominadas Planificación de la Evolución, Implementación de Cambios, Detección de Cambios, Tratamiento de Inconsistencias y Auditoría de Cambios. **Conclusión:** Con base en los resultados de los experimentos, es posible concluir que el marco contribuye a un proceso evolutivo con mayor claridad y menor ocurrencia de fallas.

¹ Doutoranda em Ciência da Computação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Recife (PE), Brasil.

² Professor e Consultor em Tecnologia em Gestão Educacional, Secretaria da Educação do Estado e da Ciência e Tecnologia - SEECT, João Pessoa (PB), Brasil.

³ Mestre em Informática pelo Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa (PB), Brasil.

⁴ Doutora em Modelos de Decisão e Saúde, Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Médica Nefrologista do Hospital Universitário Lauro Wanderley - HULW, e Professora de Nefrologia da Faculdade de Medicina Nova Esperança - FAMEDNE, João Pessoa (PB), Brasil.

⁵ Professora Associada I, Centro de Informática, Universidade Federal da Paraíba - UFPB, João Pessoa (PB), Brasil.

INTRODUÇÃO

Por ser um processo dinâmico, o desenvolvimento de ontologias deve passar por refinamento de modo que ao longo do tempo possa mudar e se adaptar às necessidades do seu ambiente de aplicação bem como dos seus usuários e evitar a obsolescência do conhecimento nelas contido. A evolução de ontologias é o processo no qual o sistema de gerenciamento de ontologias de um ambiente permite a realização de mudanças sem comprometer a consistência do conteúdo da ontologia submetida à evolução⁽¹⁻³⁾.

A partir do trabalho⁽⁴⁾ realizado pelos autores para a aquisição de requisitos que auxiliassem na construção do *framework* proposto, três motivos relevantes para a evolução de ontologias do domínio Biomédico foram identificados: 1- a mudança de foco da ontologia, 2- a necessidade de incorporar mudanças realizadas em suas diretrizes de domínio e 3- a implementação necessária de mudanças relativas à terminologia de referência da ontologia.

A mudança de foco de uma ontologia ocorre quando é necessário representar conceitos pertencentes ao mesmo domínio da ontologia, porém, relativos a um conteúdo distinto do que está sendo abordado atualmente. Considerando a importância das diretrizes de um domínio, as ontologias que as utilizam devem refletir quaisquer alterações realizadas em seu conteúdo com o intuito de manter a sua consistência em relação ao conteúdo das diretrizes de domínio.

Mudanças ocasionadas por alterações realizadas na terminologia de referência de uma ontologia também devem ser refletidas em sua estrutura. A inclusão de novos conceitos, remoção de conceitos obsoletos e melhoramento de conceitos existentes são exemplos de alterações realizadas nos elementos utilizados como referência de uma ontologia e devem ser incorporados ao seu conteúdo. Tais elementos podem ser outras ontologias, terminologias cuja finalidade é servir como um padrão para nomenclatura de conceitos como: SNOMED CT, ICD-10 entre outros; diretrizes do domínio abordado na ontologia ou suas demais fontes de conhecimento⁽⁵⁾.

Nesse contexto, neste trabalho foi desenvolvido um *framework* para dar suporte ao processo de evolução de ontologias no domínio Biomédico com a finalidade de

apoiar, de forma estruturada, o processo evolutivo dessas ontologias quando motivado pelos três motivos de evolução abordados anteriormente. Dessa forma, o *framework* desenvolvido é composto por uma coleção de tarefas a serem realizadas com o objetivo de tornar claro o processo evolutivo das ontologias Biomédicas considerando as suas particularidades e tendo em vista as especificidades exigidas pelos três motivos de evolução identificados no presente trabalho.

O *framework* desenvolvido está dividido em 5 fases denominadas de Planejamento da Evolução, Implementação das Mudanças, Detecção das Mudanças, Tratamento das Inconsistências e Auditoria das Mudanças. Cada uma dessas fases é constituída por um conjunto de atividades a serem realizadas para alcançar seu objetivo. A divisão do *framework* em 5 fases foi estabelecida a partir de estudos e análises acerca do processo evolutivo tradicional de ontologias observado na maioria dos trabalhos sobre evolução de ontologias identificados na literatura e considerou o fato das ontologias Biomédicas serem em geral maiores que as ontologias de outros domínios. Esse fato faz as ontologias desse domínio necessitarem de um processo evolutivo claro e compreensivo de modo que se evite que erros e inconsistências decorrentes da evolução⁽⁶⁻⁸⁾.

Com base nos motivos de evolução identificados, definiu-se três perspectivas de evolução para as quais cada fase do *framework* foi adaptada. Para isso, foi realizado um estudo de caso que oferece como contribuição, a visualização do *framework* de um ângulo voltado para a sua aplicação prática por meio da qual o seu comportamento pode ser avaliado. Essa visualização permite que possíveis limitações sejam identificadas e melhorias possam ser sugeridas. Além disso, o resultado satisfatório da realização dos experimentos permite concluir que o *framework* oferece meios suficientes para dar suporte à evolução adequada de ontologias do domínio Biomédico.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho descrito neste artigo foi desenvolvido em duas etapas principais (Figura 1) nas quais foram aplicados diferentes materiais e métodos para alcançar o objetivo

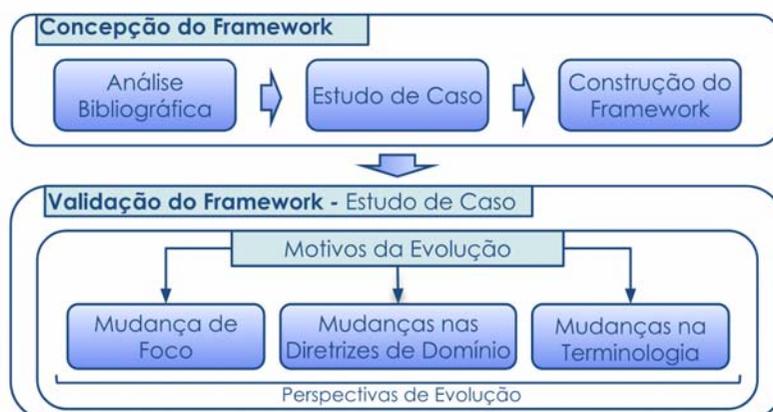


Figura 1 - Estrutura da metodologia utilizada na construção do framework para suporte à Evolução de ontologias Biomédicas. Fonte: Autoria própria

de cada uma. A primeira etapa é a concepção do *framework*, onde estão explanados os recursos utilizados para a criação do *framework* propriamente dito. Dentre eles está um estudo de caso, onde uma ontologia sobre a Doença Renal Crônica (DRC) foi submetida a processo de evolução com o intuito de obter-se subsídios para a criação do *framework*. Esse estudo de caso teve como principal finalidade identificar elementos essenciais a serem considerados durante a evolução de ontologias biomédicas. O estudo de caso está descrito em⁽⁴⁾.

A validação do *framework* é a segunda etapa da metodologia. Nela foi realizado um novo estudo de caso por meio do qual a aplicabilidade do *framework* construído foi validada. Nesse estudo de caso foram consideradas três perspectivas baseadas nos três motivos de evolução identificados no estudo de caso realizado para levantar requisitos para a construção do *framework*. Tais motivos são a mudança de foco da ontologia, as mudanças em suas diretrizes de domínio e mudanças em sua terminologia de referência. As duas etapas da metodologia são detalhadamente descritas nas subseções seguintes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Definições Preliminares e Anotações

Definição 1. Uma ontologia $O \equiv \{E,R\}$, onde:

- E representa as entidades de uma ontologia O
- R representa os relacionamentos de uma ontologia O

Definição 2. Uma entidade $E \equiv \{C, P, I, A\}$, onde:

- C é o conjunto de conceitos de uma ontologia O
- P é o conjunto de propriedades de uma ontologia O
- I é o conjunto de instâncias de uma ontologia O
- A é o conjunto de axiomas de uma ontologia O

Definição 3. Uma mudança m consiste em uma alteração aplicada a uma ou mais entidades de uma ontologia O como ação necessária para o alcance da finalidade do processo evolutivo dessa ontologia.

Definição 4. Uma mudança m pode ser rejeitada quando não satisfizer a finalidade para a qual foi especificada, foi incorretamente aplicada ou não fazia parte do plano de evolução.

Definição 5 a 14: Descritas no documento disponibilizado como material suplementar.

Processos do Framework

Na Figura 2 é mostrada a forma como está organizado

o *framework* proposto. Conforme a Figura, as fases do *framework* estão organizados como etapas do processo evolutivo de uma ontologia, consideradas pela literatura como essenciais. O Planejamento da Evolução ou PE, trata da captura e da representação semântica das mudanças que devem ser realizadas na ontologia, é nessa etapa que as mudanças que se pretende realizar devem ser entendidas para que se possa visualizar seus impactos e formular as ações que devem ser tomadas diante dos mesmos.

Na Implementação das Mudanças (IM), as mudanças planejadas poderão ser realizadas de modo mais compreensivo após as mudanças requeridas terem sido planejadas. Após aplicadas, as mudanças devem ser encaminhadas para análise, atividade realizada no subprocesso Detecção de Mudanças (DM). Caso existam mudanças rejeitadas por não atenderem ao plano de evolução (relatório de mudanças requeridas), será necessário retornar ao subprocesso anterior (seta com linha pontilhada iniciada no subprocesso Detecção de Mudanças), caso contrário, inicia-se o tratamento das inconsistências da ontologia.

Para que sejam determinadas formas de resolver esses problemas, as causas dos mesmos devem ser identificadas. Assim, antes de se iniciar o tratamento das inconsistências é importante que se saiba quais mudanças foram efetivamente realizadas, por isso, o subprocesso anterior, onde as mudanças são detectadas, fornece como saída um relatório de mudanças aplicadas. Após identificadas, as inconsistências podem ser resolvidas de acordo com a causa das mesmas. Por exemplo, um conceito deveria ter sido classificado como disjunto de outro conceito, porém, isso não aconteceu. Tal fato gerou uma inconsistência de taxonomia na ontologia. A correção desse problema está diretamente relacionada à causa do problema, pois uma relação de disjunção deve ser estabelecida entre os dois conceitos de modo que se estabeleça a consistência nessa parte da ontologia.

Após ter suas inconsistências tratadas a ontologia é encaminhada para a Auditoria de Mudanças (AM). Nele as mudanças aplicadas serão examinadas considerando sua adequação ao plano de evolução. A verificação da consistência da ontologia com base em suas Questões de Competência também deverá ser realizada nesta etapa.

Cada subprocesso do *framework* possui um relatório de saída, escrito em linguagem natural, que fornece

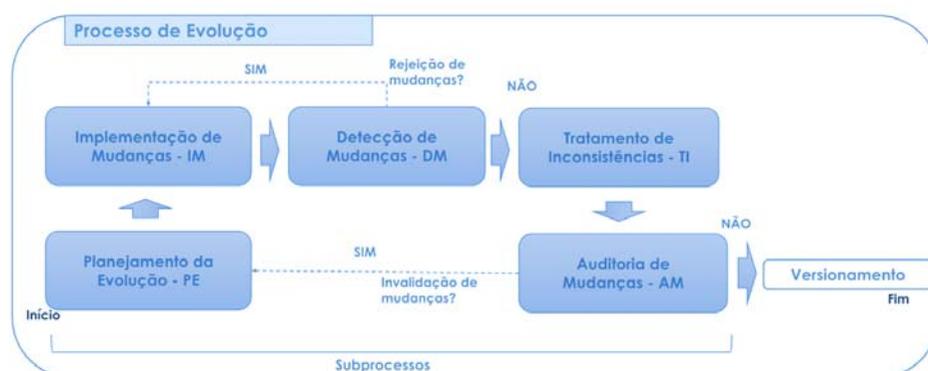


Figura 2 - Processos do framework. Fonte: Autoria própria

subsídios para a realização das atividades dos demais subprocessos e poderão ser úteis em caso de correção de erros de evolução bem como em evoluções posteriores. Após a auditoria, atividade realizada no último subprocesso do *framework* (AM), é fornecido um relatório de considerações do auditor produzido com base na avaliação comparativa entre a ontologia alterada e o relatório de mudanças requeridas. Em caso de invalidação de mudanças por problemas de conformidade com o plano de evolução, a ontologia deverá ser reencaminhada para a primeira etapa do processo evolutivo (PE) e todo o ciclo necessário para a sua evolução deverá ser realizado novamente. Caso a ontologia esteja em conformidade com os requisitos constantes no relatório de mudanças requeridas, a mesma é encaminhada para o versionamento.

Estudo de Caso

O *framework* desenvolvido foi validado por meio de um estudo de caso onde o mesmo foi aplicado à ontologia ontoDecideDRC⁽⁹⁾. Os processos de verificação, validação e auditoria da ontologia após evolução foram acompanhados por uma médica especialista em Nefrologia. Com vistas a demonstrar a aplicabilidade do *framework* diante dos três motivos de evolução previamente discutidos, neste estudo de caso, duas cópias da ontoDecideDRC foram submetidas a evolução. Devido à grande quantidade de tabelas e imagens, as seções que abordam o uso do *framework* em uma ontologia em evolução por mudanças em suas diretrizes de domínio e em uma ontologia em evolução por mudanças em sua terminologia de referência, estão descritas no documento disponibilizado como [material suplementar](#) deste artigo.

Uso do *framework* em uma ontologia em evolução por mudança de foco

Nessa perspectiva de evolução, em vez de representar conceitos relacionados ao diagnóstico, estadiamento, encaminhamento e tratamento dos pacientes em todos os estágios da DRC, a ontoDecideDRC passou a representar conceitos até o encaminhamento do paciente para a atenção especializada, que deve ocorrer quando este estiver no estágio 3B da doença. O novo foco da ontologia foi sugerido pela médica especialista em Nefrologia que acompanhou o estudo de caso. A mudança de foco da ontologia ocasionou a sua mudança de nome. Assim a mesma passou a ser chamada de ONTODRC.

Seguindo os passos do *framework* para esta

perspectiva de evolução, após a identificação do novo foco da ontologia, foram estudadas suas novas fontes de conhecimento. A partir desse estudo, as mudanças a serem consideradas em decorrência da mudança de foco da ontologia foram capturadas e especificadas conforme a atividade de representação das mudanças integrante da fase de Planejamento da Evolução do *framework*. Para adaptar a classe da ontologia que faz o estadiamento da DRC à diretriz internacional, criada e mantida pela KDIGO, foi incluído na metodologia deste trabalho, o documento de Avaliação e Gerenciamento da DRC (do inglês, CKD Evaluation and Management).

Devido à mudança de foco da ontoDecideDRC, além do uso do documento de Diretrizes Clínicas para o cuidado do paciente com DRC no SUS, que já havia sido utilizado para a criação da versão inicial da ontoDecideDRC, foi necessária a inclusão do documento de Protocolos de Encaminhamento da Atenção Básica para a Atenção Especializada - Endocrinologia e Nefrologia do Ministério da Saúde como nova fonte de conhecimento da ontologia. As mudanças identificadas e especificadas foram dispostas em um relatório de mudanças conforme pode ser observado na Tabela 1. Após especificadas, as mudanças foram aplicadas na ontologia utilizando a ferramenta Protégé. Após serem aplicadas as mudanças especificadas, a ontologia foi encaminhada para a fase de detecção das mudanças aplicadas, tal fase é importante pois detecta as mudanças induzidas, que são as mudanças que ocorrem como consequência das mudanças requeridas.

Devido à mudança de foco da ontoDecideDRC, além do uso do documento de Diretrizes Clínicas para o cuidado do paciente com DRC no SUS, que já havia sido utilizado para a criação da versão inicial da ontoDecideDRC, foi necessária a inclusão do documento de Protocolos de Encaminhamento da Atenção Básica para a Atenção Especializada - Endocrinologia e Nefrologia do Ministério da Saúde¹ como nova fonte de conhecimento da ontologia. Após serem aplicadas as mudanças especificadas, a ontologia foi encaminhada para a fase de detecção das mudanças.

Ao fim da aplicação das mudanças, é natural que a ontologia passe a não fornecer respostas para questões relativas ao seu domínio, como por exemplo: “quais estágios da DRC devem ser tratados pelo Nefrologista?”. Assim, a versão anterior e a versão atual da ontologia foram comparadas de modo que, por meio da identificação de mudanças, pudessem ser encontradas as inconsistências causadoras dos problemas da ontologia.

Tabela 1 - Lista de mudanças especificadas para aplicação na versão da ontologia ontoDecideDRC em evolução por mudança de foco. Fonte: Autoria própria

Ontologia em Evolução: ontoDecideDRC		
Motivo da Evolução: Mudança do foco da ontologia		
Descrição da Entidade	Mudança a ser aplicada	Descrição da Mudança
Nefrologista	Remoção	Remover conceito e todas as suas referências
Estagio1	Alteração	Alterar a descrição da classe para DoencaRenalCronicaEstagio1
Conduta	Adição	Adicionar na hierarquia de classes como conceito raiz

¹http://dab.saude.gov.br/portaldab/biblioteca.php?conteudo=publicacoes/protocolos_atencao_basica_atencao_especializada

Para esta finalidade foi utilizada uma ferramenta *diff*.

O *plug-in* OWL *Differences*, disponível para uso na ferramenta Protegé^{II} foi adicionado ao mesmo e utilizado no processo de comparação. Ao comparar as versões foi fornecida uma lista de diferenças com todas as mudanças especificadas e induzidas por estas, ou seja, para cada mudança também foi fornecida uma lista de axiomas afetados. Na Tabela 2 podem ser observadas algumas das mudanças detectadas pela ferramenta *diff* bem como os axiomas afetados por elas.

Como saída da detecção das mudanças foi fornecida a ontologia alterada para que pudesse ser realizado o tratamento das inconsistências ocorridas. Tais inconsistências foram identificadas com base nos axiomas afetados pelas mudanças aplicadas em cada entidade. Na Tabela 3, podem ser observadas algumas das inconsistências detectadas classificadas como estruturais ou lógicas conforme a localização do impacto ocorrido na estrutura ontológica.

Com base no relatório de inconsistências identificadas,

foram aplicadas as devidas correções na ontologia utilizando a ferramenta Protégé. Os erros mais identificados foram os de partição ocasionados por decomposição disjunta, tendo em vista que algumas instâncias foram definidas como instâncias comuns para classes disjuntas. Por exemplo, a instância A1 estava sendo compartilhada por todos os estágios da DRC cujas diretrizes do domínio define como conceitos distintos.

Após a correção das inconsistências identificadas, considerando que a evolução foi motivada pela mudança de foco da ontologia, suas Questões de Competência foram redefinidas. Algumas das novas QCs da ontologia podem ser observadas na Tabela 4. As consultas SPARQL referentes às QCs podem ser observadas na tabela 5.

Com a utilização do *plug-in* SPARQL *query* implementado para o Protégé, e do raciocinador para ontologias desenvolvidas em OWL, Hermit^{III}, tais consultas foram aplicadas à ontologia para verificar sua consistência. Algumas consultas não obtiveram respostas, o que levou ao retorno à correção de inconsistências para

Tabela 2 - Diferenças entre a versão anterior e a versão alterada da ontoDecideDRC em evolução por mudança de foco. Fonte: Autoria própria

Ontologia em Evolução: ontoDecideDRC		
Motivo da Evolução: Mudança de foco da ontologia		
Descrição da Entidade	Mudança Aplicada	Axiomas Afetados
Nefrologista	Remoção	-Classe Nefrologista -Nefrologista <i>SubclassOf</i> Medico -MedicoDaAtencaoPrimaria <i>DisjointWith</i> Nefrologista -Nefrologista <i>sinonimo</i> MedicoNefrologista -Nefrologista <i>isDefinedBy</i> "Nefrologia é uma especialidade do âmbito da medicina interna..."^^string
DoencaRenalCronicaEstagio1	Adição	-Classe DoencaRenalCronicaEstagio1 -DoencaRenalCronicaEstagio1 <i>SubclassOf</i> Estadiamento -DoencaRenalCronicaEstagio1 <i>SubclassOf</i> EObtidoPor only TFG1 - DoencaRenalCronicaEstagio1 <i>isDefinedBy</i> "TFG maior ou igual a 90mL/min/1,73m ² na presença de proteinúria ou hematúria glomerular..."@pt

Tabela 3 - Inconsistências identificadas na versão da ontoDecideDRC em evolução por mudança de foco. Fonte: Autoria própria

Ontologia em Evolução: ontoDecideDRC			
Motivo da Evolução: Mudança do foco da ontologia			
Entidade Afetada	Mudança aplicada	Inconsistências	
		Estruturais	Lógicas
Nefrologista	Remoção	Erros nos axiomas relacionados à conduta dos pacientes	Impossível determinar quem trata o paciente com DRC a partir do estágio 3B
Estagio1	Alteração	-Impossível encontrar a classe Estagio1 <i>SubclassOf</i> ClassificacaoDaDRC -Impossível encontrar a classe Estagio1 <i>SubclassOf</i> EClassificadoPor some T1	-Impossível inferir que a classe Estagio1 é subclasse da classe ClassificacaoDaDRC -Impossível inferir que a classe Estagio1 é classificada por meio do nível 1 da TFG

Tabela 4 - Questões de competência da ontoDecideDRC após evolução por mudança de foco. Fonte: As QCs foram criadas pelo Médico Especialista do Domínio da Nefrologia

Número da QC	Descrição da QC
QC01	O Médico da Atenção Primária trata todos os estágios da DRC?
QC02	Quais os estágios da DRC tratados pelo MAP?
QC03	Qual o risco de DRC de um paciente cuja albuminúria foi classificada no nível 3?

^I <https://protege.stanford.edu/>

^{III} <http://www.hermit-reasoner.com/>

Tabela 5 - Consultas SPARQL criadas a partir das questões de competência da versão da ontologia ontoDecideDRC em evolução por mudança de foco. Fonte: Autoria própria

Número da QC	Consulta SPARQL
QC01	ASK { {?condutas rdfs:subClassOf ontodrc:Conduta } {?condMAP owl:onProperty ontodrc:ERrealizadoPor } {?condMAP owl:someValuesFrom ontodrc:MedicoDaAtencaoPrimaria } FILTER(?condutas = ?condMAP)}
QC02	SELECT DISTINCT ?entidade WHERE { ?entidade rdfs:subClassOf ontodrc:Estadiamento . ?restriction rdf:type owl:Restriction . ?restriction owl:onProperty ontodrc:ETratadoPor . ?restriction owl:someValuesFrom ontodrc:MedicoDaAtencaoPrimaria .} ORDER BY ?entidade
QC03	SELECT * WHERE {?entidade rdfs:subClassOf ?restriction . ?restriction rdf:type owl:Restriction . ?restriction owl:onProperty ontodrc:temRisco . FILTER (?entidade=ontodrc:A3)}

The screenshot shows a SPARQL query interface. The query text is:


```

  PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
  PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
  PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
  PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
  PREFIX ontodrc: <http://www.semanticweb.org/ceciliapegado/ontologies/2016/12/ontodrc.owl#>

  SELECT DISTINCT ?entidade WHERE {
    ?entidade rdfs:subClassOf ontodrc:Estadiamento .
    ?restriction rdf:type owl:Restriction .
    ?restriction owl:onProperty ontodrc:ETratadoPor .
    ?restriction owl:someValuesFrom ontodrc:MedicoDaAtencaoPrimaria .
  }
  ORDER BY ?entidade
  
```

 The results table below the query has a single column labeled 'entidade' and contains three rows:

entidade
DoencaRenalCronicaEstagio1
DoencaRenalCronicaEstagio2
DoencaRenalCronicaEstagio3A

Figura 3 - Retorno da ONTODRC para a CC02. Fonte: SPARQL query - Protégé

verificar o porquê e corrigir o problema. Após a correção, as consultas foram novamente aplicadas. Esse processo foi realizado até a obtenção da resposta esperada, o que permitiu concluir que as inconsistências foram corrigidas por completo. Na Figura 3 pode ser observado o retorno da ONTODRC para a consulta baseada na QC02.

Após a auditoria, a ontologia foi encaminhada para o versionamento. A ferramenta de versionamento escolhida foi o Github^{IV}. A ontologia pode ser acessada na ferramenta por meio do seguinte endereço: <https://github.com/LIAALabUFPB/ONTODRC>.

CONCLUSÕES

O *framework* desenvolvido possui como principal benefício o fornecimento de recursos conceituais organizados como um conjunto de processos para apoiar a evolução de ontologias Biomédicas, desde a representação da mudança até a validação da ontologia, considerando três perspectivas de evolução advindas da mudança do foco, mudanças nas diretrizes de domínio da ontologia e mudanças relativas à sua terminologia de referência. A organização do *framework* como um conjunto de fases compostas por atividades ordenadamente executadas, colabora para um processo evolutivo organizado e possivelmente com menos erros, pois a execução individualizada de cada tarefa que compõe

determinada fase do *framework*, permite a visão completa da mesma o que possibilita enxergar com maior facilidade as falhas que venham a ocorrer.

O uso do *framework* também poderá facilitar o processo de identificação das inconsistências decorrentes das mudanças aplicadas, pois a atividade de Classificação de Inconsistências facilita sua visualização e colabora com a definição das estratégias de correção mais adequadas. A visualização das mudanças semanticamente representadas bem como das inconsistências classificadas também permite que as mesmas sejam usadas em evoluções posteriores, facilitando a identificação de mudanças necessárias na ontologia e de inconsistências com base nas já ocorridas, bem como na formulação das melhores formas de aplicação das mudanças e resolução de inconsistências.

A detecção das mudanças efetivamente implementadas na ontologia em evolução é imprescindível para auxiliar na fase de Tratamento de Inconsistências ocorridas na mesma. A fase de Tratamento de Inconsistências foi concebida com a intenção de possibilitar uma melhor visualização dos problemas ocorridos na estrutura taxonômica e lógica da ontologia, considerando que nas ontologias Biomédicas, a grande quantidade de conceitos representados dificulta a visualização dos problemas decorrentes das mudanças. Desse modo, além da detecção de inconsistências, que tem como finalidade identificar os erros ocorridos na ontologia a partir das mudanças detectadas, ao tratar as inconsistências recomenda-se que

^{IV} <https://github.com/>

o as mesmas sejam classificadas antes de serem corrigidas.

A utilização da terminologia SNOMED CT no estudo de caso onde a ontologia OntoDecideDRC foi submetida à evolução para padronização conceitual total, possibilitou

uma visão ampla dos benefícios e funcionamento do padrão de termos clínicos e permitiu ainda a obtenção de conhecimentos relativos à sua utilização, o que levou a um melhor aproveitamento dos seus recursos.

REFERÊNCIAS

1. Stojanovic L. Methods and tools for ontology evolution. Univ Karlsruhe. 2004.
2. Muhammad A, Zhe H, Jiang B, Lossio-Ventura JA, Tao C. Assessing the practice of biomedical ontology evaluation: Gaps and opportunities. *Journal of Biomedical Informatics*. 2018; 40:1-13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.02.010>
3. Hartung M, Groß A, Rahm E. COnto-Diff: Generation of complex evolution mappings for life science ontologies. *J Biomed Inform*. 2013;46(1):15–32
4. Sousa AP De, Souza CA De, Gomes CNAP, Lino NQC. Evolução de Ontologias em Saúde: Um Estudo de Caso no Domínio da Doença Renal Crônica. In: *Encontro Nacional de Inteligência Artificial e Computacional*. Uberlândia-MG; 2017. p. 727–38.
5. Cardoso SD, Pruski C, Da Silveira M. Supporting biomedical ontology evolution by identifying outdated concepts and the required type of change. *Journal of Biomedical Informatics*. 2018;87:1-11. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.013>
6. Sousa AP. Framework Para Suporte À Evolução De Ontologias Biomédicas. UFPB, 2019.
7. Fahad M, Qadir MA. A framework for ontology evaluation. *CEUR Workshop Proc*. 2008;354:148–56. Available from: 10.13140/2.1.4695.5521
8. Reis JC dos, Pruski C, Da Silveira M, Reynaud-Delaître C. Understanding semantic mapping evolution by observing changes in biomedical ontologies. *J Biomed Inform [Internet]*. 2014;47:71–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jbi.2013.09.006>
9. Tavares EA. Uma Abordagem Para Suporte À Decisão Clínica. UFPB; 2016.