

REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA DE DADOS CLÍNICOS NA ÁREA DE SAÚDE: INTEROPERABILIDADE COM DADOS FAIR E O PADRÃO FHIR¹

Elesbão Oliveira de Matos, Universidade Federal do Estado Rio de Janeiro (UNIRIO), Brasil,
<https://orcid.org/0000-0001-6003-0701>

Cláudio José Silva Ribeiro, Universidade Federal do Estado Rio de Janeiro (UNIRIO), Brasil,
<https://orcid.org/0000-0002-9571-1707>

RESUMO

Discorre sobre como o contexto da pandemia de COVID-19 trouxe novos desafios para âmbito da coleta, tratamento e compartilhamento de dados da área da saúde e sobre necessidade destes dados estarem baseados aos princípios *Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable*. Objetiva avaliar, dentre os diferentes sistemas de organização do conhecimento e vocabulários da área médica, bem como os esquemas de representação semântica que tratam os dados clínicos originários do projeto *Vírus Outbreak Data Network Brasil*, como os componentes para representação do padrão *Fast Healthcare Interoperability Resources* podem ser utilizados para incorporação de melhorias e alinhamento de padrões no uso no modelo semântico World Health Organization's COVID-19. Cita a rede *Vírus Outbreak Data Network* como um exemplo de projeto que coleta e gerencia, através do formulário de registro de caso de COVID-19 da Organização Mundial de Saúde, os dados sobre a COVID-19 de forma alinhada aos princípios *Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable*. Fala sobre o modelo semântico World Health Organization's COVID-19 CRF *Rapid Version* utilizado para a padronização, no sentido semântico, dos dados coletados. Discorre sobre a interoperabilidade semântica e compatibilidade entre contextos de informação e sobre Padrão *Fast Healthcare Interoperability Resources* e detalha seus módulos. Conclui que o Padrão *Fast Healthcare Interoperability Resources* possui um maior detalhamento das propriedades, quando comparado ao modelo semântico World Health Organization's COVID-19 e que é um padrão com a característica de interoperabilidade mais madura, quando comparado ao modelo semântico e recomenda-se a incorporação de suas características.

Palavras-Chave: Fast Healthcare Interoperability Resources; Interoperabilidade; Representação Semântica; Dados Clínicos; Princípios FAIR.

REPRESENTACIÓN SEMÁNTICA DE DATOS CLÍNICOS EN ATENCIÓN SANITARIA: INTEROPERABILIDAD CON DATOS FAIR Y EL ESTÁNDAR FHIR

RESUMEN

Se analiza cómo el contexto de la pandemia de COVID-19 trajo nuevos desafíos a la recopilación, el procesamiento y el intercambio de datos de salud y la necesidad de que estos datos se basen en los principios *Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable*. Tiene como objetivo evaluar, entre los diferentes sistemas de organización del conocimiento y vocabularios en el campo médico, así como los esquemas de representación semántica que tratan datos clínicos provenientes del proyecto *Virus Outbreak Data Network Brasil*, como componentes para La representación del estándar *Fast Healthcare Interoperability Resources* se puede utilizar para incorporar mejoras y alinear los estándares para su uso en el modelo semántico COVID-19 de la Organización Mundial de la Salud. Cita la red *Virus Outbreak Data Network* como ejemplo de un proyecto que recopila y gestiona, a través del formulario de registro de casos COVID-19 de la Organización Mundial de la Salud, datos sobre COVID-19 de una

manera alineada con los principios *Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable*. Se habla del modelo semántico *World Health Organization's COVID-19 CRF Rapid Version* utilizado para estandarizar, en el sentido semántico, los datos recopilados. Analiza la interoperabilidad semántica y la compatibilidad entre contextos de información y el estándar *Fast Healthcare Interoperability Resources* y detalla sus módulos. Se concluye que el estándar *Fast Healthcare Interoperability Resources* tiene propiedades de mayor detalle en comparación con el modelo semántico *World Health Organization's COVID-19* y que es un estándar con una característica de interoperabilidad más madura en comparación con el modelo semántico y se recomienda la incorporación de sus características.

Palabras-Clave: Fast Healthcare Interoperability Resources; Interoperabilidad; Representación Semántica; Datos Clínicos; Principios FAIR.

SEMANTIC REPRESENTATION OF CLINICAL DATA IN HEALTHCARE: INTEROPERABILITY WITH FAIR DATA AND THE FHIR STANDARD

ABSTRACT

It discusses how the context of the COVID-19 pandemic brought new challenges to the collection, processing and sharing of health data and the need for these data to be based on the Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable principles. It aims to evaluate, among the different knowledge organization systems and vocabularies in the medical field, as well as the semantic representation schemes that treat clinical data originating from the Virus Outbreak Data Network Brasil project, as the components for representation of the Fast Healthcare Interoperability Resources standard can be used to incorporate improvements and align standards for use in the World Health Organization's COVID-19 semantic model. He cites the Virus Outbreak Data Network as an example of a project that collects and manages, through the World Health Organization's COVID-19 case registration form, data on COVID-19 in a manner aligned with Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable principles. It talks about the World Health Organization's COVID-19 CRF Rapid Version semantic model used to standardize, in the semantic sense, the data collected. It discusses semantic interoperability and compatibility between information contexts and the Fast Healthcare Interoperability Resources standard and details its modules. It concludes that the Fast Healthcare Interoperability Resources Standard has greater detailed properties when compared to the World Health Organization's COVID-19 semantic model, that it is a standard with a more mature interoperability characteristic when compared to the Semantic Model, and the incorporation of its characteristics is recommended.

Keywords: Fast Healthcare Interoperability Resources; Interoperability; Semantic Representation; Clinical Data; FAIR Principles.

1 INTRODUÇÃO

A *Coronavirus Disease 2019* (COVID-19) é uma infecção respiratória aguda provocada pelo coronavírus *Severe Acute Respiratory Syndrome* (SARS-CoV-2) que é um beta coronavírus descoberto em amostras de pacientes com pneumonia de causa desconhecida na cidade de Wuhan, província de Hubei, China, em dezembro de 2019. Os coronavírus são comuns em muitas espécies diferentes de animais, incluindo o homem,

gado, gatos e morcegos. O surto da COVID-19 atingiu proporção pandêmica, tendo casos confirmados em mais de 100 países, entre eles o Brasil (Brasil, 2023).

Neste contexto, com a necessidade do estabelecimento de uma infraestrutura de dados federada baseada nos princípios *Findable, Accessible, Interoperable, and Reusable* (FAIR) para facilitar a coleta de dados

sobre pacientes infectados por vírus de alto contágio, foi lançada a Rede *Virus Outbreak Data Network* (VODAN). Essa rede foi criada para dar início a uma ‘comunidade’ para projetar e construir uma infraestrutura de dados distribuídos internacionalmente e que sejam interoperáveis, para que deste modo, seja possível oferecer suporte a respostas pautadas em evidências para os surtos de vírus (VEIGA et al., 2020).

A primeira fase do projeto VODAN BR, consiste em uma coleta de dados de pacientes de cada hospital feita por meio do formulário de registro de caso de COVID-19, que é usado pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Para representar os dados presentes no formulário de registro de caso de COVID-19, foi criado o modelo semântico WHO-COVID-19 CRF *Rapid Version* com o intuito de padronizar, tomando por base a semântica das repostas do formulário, de modo a facilitar a coleta e o estudo sobre os dados sobre a COVID-19.

Ainda nessa direção da representação semântica, cita-se aqui o Padrão da *Health Leven Seven* (HL7), *Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR), que tem dentre outras funções e objetivos a utilização de uma especificação comum para o compartilhamento e interoperabilidade de dados da saúde.

Entende-se que a pandemia de COVID-19 e as ações globais realizadas com o intuito de combater o coronavírus trouxeram para

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar, dentre os diferentes Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC) e vocabulários da área médica, bem como os esquemas de representação semântica que tratam os dados clínicos originários do projeto VODANBR, como os componentes para representação do padrão FHIR podem ser utilizados para incorporação de melhorias e alinhamento de padrões no uso no modelo semântico WHO COVID-19.

diversas áreas muitos desafios, inclusive para Biblioteconomia, pois, este cenário pandêmico fez com que o trabalho nas instituições científicas e universidades fossem acelerados. Isto gerou uma grande quantidade de pesquisas e artigos científicos, dados epidemiológicos e laboratoriais, culminando em uma maior necessidade de definição terminológica de elementos relacionados a este vírus.

Um dos desafios que surgiu a partir deste cenário pandêmico e que é passível de acontecer em todos os processos de comunicação de dados e informações, foi o chamado por Zeng et al. (2020) de ‘conflito semântico’, que ocorreu especificamente na nomenclatura desta nova doença, segundo os autores, antes de receber seu nome oficial, “COVID-19”, a doença também foi chamada de “Wuhan SARS”, “Wuhan Flu” e “Wuhan coronavirus”.

Este exemplo demonstra que os conflitos semânticos relacionados à nomenclatura das doenças ainda estão presentes e precisam ser investigados, pois podem trazer ainda mais problemas para um ambiente já prejudicado pela sobrecarga de informações. Para além apenas da nomenclatura, estas questões relacionadas à semântica podem surgir, também, na descrição de doenças, o que pode acarretar dificuldades diretas para a área da saúde, em especial, na questão do enfrentamento de pandemias como a da COVID-19.

No desenvolvimento da investigação, realizou-se pesquisa qualitativa, descritiva e bibliográfica. Para atender aos objetivos, foram levantadas as características da descrição semântica do conjunto de dados clínicos do padrão FHIR. Para tanto, foram desenvolvidas a revisão de literatura e pesquisa bibliográfica a partir de consultas realizadas no Portal Periódicos da Capes e suas Bases de dados, além da Pesquisa Integrada disponibilizada pelo serviço de descoberta da Divisão de

Bibliotecas e Documentação da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RIO) e no Catálogo da mesma instituição. Também foram obtidas informações diretamente dos sites oficiais do FHIR, VODAN, VODANBR, da OMS e do Modelo Semântico WHO COVID-19.

O recorte estabelecido na investigação permitiu a elaboração da lista de requisitos

2.1 Análise e Cotejamento

Para atender aos objetivos de avaliar características da descrição semântica do conjunto de dados clínicos do projeto VODANBR à luz da descrição semântica do mesmo conjunto de dados no padrão FHIR, bem como possibilitar a avaliação das eventuais lacunas existentes no modelo semântico WHO COVID-19, foram identificadas características para descrever dados tanto no padrão FHIR quanto no modelo semântico. Para sugerir adequações na representação dos dados clínicos em ambos os modelos, a identificação destas características foi desenvolvida segundo os pressupostos a seguir:

Pressuposto 1: A proposta de cotejar características. Essa proposta foi baseada na definição de Michaelis (2023), que define cotejar como a análise de algo de modo a confrontar com outra coisa, investigando pontos semelhantes e diferentes entre elas, ou seja, comparando.

Pressuposto 2: A utilização de diretrizes para avaliação de Tesouros como guia norteador para a organização dos elementos para análise, segundo Messa e Campos (2017), divididas nas seguintes etapas:

1ª etapa – Selecionar fonte segura para levantar termos representativos do domínio.

2ª etapa – Definir a amostra a ser analisada.

3ª etapa – Estabelecer a forma de identificação dos termos na amostra.

para viabilizar a análise para o tratamento dos dados clínicos por meio das características: verificação da abrangência e cobertura dos vocabulários utilizados para elucidar o entendimento do modelo semântico WHO COVID-19; e identificação de propriedades para viabilizar o uso por meio de mecanismos programáticos (existência de classes e atributos, além de uso de facilidades para acesso).

4ª etapa – Identificar o conteúdo conceitual dos termos.

5ª etapa – Construir quadro de conceitos e definições da amostra levantada.

6ª etapa – Examinar a parte sistemática do tesouro.

7ª etapa – Comparar a atualidade conceitual do tesouro com o conjunto de termos levantados

8ª etapa – Detectar a(s) razão(ões) para não existência dos termos no tesouro

Como consequência dos pressupostos 1 e 2 apresentados anteriormente, o processo de cotejamento reuniu características das etapas 2, 4 e 5. Este recorte permitiu a elaboração da lista de requisitos para viabilizar a análise para o tratamento dos dados clínicos. Os requisitos utilizados foram:

- 1) Verificação de SOC e modelos semânticos utilizados.
- 2) Abrangência e cobertura dos modelos semânticos.
- 3) Verificação de propriedades para viabilizar o uso por meio de mecanismos programáticos (existência de classes e atributos, além de uso de facilidades para acesso).

Como o objetivo da pesquisa foi fazer o cotejamento, o passo final da pesquisa foi identificar e comparar os requisitos

apresentados acima tanto com o modelo semântico WHO COVID-19 quanto com o padrão FHIR.

3 TIPOS DE SOC E A NECESSIDADE DE REPRESENTAÇÃO SEMÂNTICA PARA OS DADOS SEREM INTEROPERÁVEIS

Sobre os SOC, pode-se afirmar que eles ajudam a modelar a estrutura semântica de determinado domínio, referenciando semanticamente os conceitos e definindo os relacionamentos. No ambiente Web são facilitadores da recuperação e organização do conhecimento, pois podem servir como roteiros para os indexadores e usuários (Zeng, 2008).

Com o olhar a partir da esfera funcional, Mazzocchi (2019) afirma que os SOC possuem o objetivo de organizar e facilitar a gestão e recuperação do conhecimento. Para além disso, pode-se atribuir outras funções aos SOC como: a normalização e padronização de conceitos; padronização terminológica; eliminação da ambiguidade; controle de sinônimos ou equivalentes; e explicitação das relações semânticas.

Carlan e Medeiros (2011, p. 56), definem SOC como “[...] ferramentas semânticas com vocabulários estruturados e formalizados usados para o tratamento e a recuperação da informação, tanto no ambiente Web como no tradicional [...]”. Os princípios teóricos para a elaboração de SOC têm origem a partir das teorias da classificação, conceito e terminologia e as bases da classificação fazem menção à Aristóteles e sua teoria de que um todo pode ser dividido em partes, formando classes e subclasses (Lima & Maculan, 2017).

A principal característica dos SOC é sua aplicabilidade no ambiente Web (Hodge, 2000).

4 PROJETO VODAN BR E OS DADOS CLÍNICOS

O projeto Vírus Outbreak Data Network (VODAN), reúne esforços empreendidos e patrocinados por diferentes grupos de investigação. Dentre eles podemos destacar

Os SOC têm, concomitantemente, a função de organizar o conhecimento em ambientes físicos e digitais abrangendo esquemas para estruturar e classificar materiais em geral, incluindo redes semânticas e ontologias (Hodge, 2000).

Segundo Ramalho (2015), as mais importantes fontes de informações estão na Web. Isto implica na necessidade de propor instrumentos e métodos que visem facilitar a organização, além da representação da informação e do conhecimento disponibilizados neste ambiente.

Ademais, Zeng (2008) indica que os SOC devem ser estruturados de uma maneira que possam ser mais do que apenas legíveis e sim compreensíveis por máquina. Para que exista esta compreensão, faz-se necessário um desenvolvimento e aperfeiçoamento de padrões que viabilizem a integração dos SOC com os suportes tecnológicos existentes.

A expressividade semântica dos relacionamentos, assim como a forma de representá-los, possuem variações de acordo com o SOC a ser construído. Lima e Maculan (2017) descrevem quatro dos principais SOC: taxonomia, sistema de classificação, tesouro e ontologia.

Não foi objetivo deste relato debater a aplicabilidade da classificação de Lima e Maculan (2017), mas apenas utilizá-la para auxiliar na identificação dos SOC no contexto dos dados clínicos do projeto VODAN BR.

CODATA², Research Data Alliance³, World Data System⁴ e GO FAIR⁵.

A rede VODAN parte do entendimento de que durante a pandemia de COVID-19 e em

ocasiões anteriores, o gerenciamento e a reutilização de dados ocorreram abaixo do ideal. Além disso, o acesso aos dados de epidemias passadas e atuais nem sempre é igual para diferentes populações e países afetados. Por exemplo, dados das epidemias como a do Ebola são muito difíceis de encontrar, de acessar e, quando são acessíveis, não são interoperáveis muito menos reutilizáveis (Go FAIR, 2023).

A ideia é que os componentes técnicos que tornam o uso dos princípios FAIR possível possam habilitar o uso em possíveis futuros surtos de doenças infecciosas (Mons, 2020).

A rede VODAN BR, representa o Brasil na rede VODAN Internacional e é coordenada pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ),

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e a Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). A rede VODAN BR parte do pressuposto de que o Brasil precisa colaborar para diminuir a falta de infraestrutura tecnológica e humana para lidar com as questões relacionadas à gestão de dados em saúde. Em situações como a pandemia de COVID-19 as decisões devem ser ágeis e precisas de modo a evitar prejuízos econômicos e humanos. A gestão dos dados relacionados ao coronavírus realizada de forma adequada, possibilitaria que estes dados fossem reutilizados para novas pesquisas e também facilitaria a tomada de decisão com base em evidências, colaborando assim, para que os profissionais da área da saúde possam tomar decisões mais seguras.

4.1 Formulário de Registro de Casos Clínicos de COVID-19

Partindo do entendimento de que existe uma necessidade de uma melhor compreensão global da história natural da COVID-19, suas características clínicas, fatores prognósticos e resultados, a Organização Mundial da Saúde (OMS) estabeleceu uma Plataforma Global de Dados Clínicos da COVID-19 para que todos os Estados Membros e unidades de saúde possam a relatar informações clínicas sobre a doença. A coleta de dados para a plataforma é feita através do Formulário de Registro de casos COVID-19⁶. Este formulário foi projetado para relatar dados clínicos padronizados de indivíduos após a alta hospitalar ou após a doença aguda para examinar as consequências de médio e longo prazo do COVID-19. O objetivo é reunir informações clínicas de indivíduos hospitalizados devido ao vírus. O formulário, inclui 3 módulos a saber:

Módulo 1: inclui informações demográficas e clínicas básicas de casos agudos de COVID-19.

Módulo 2: inclui perguntas que auxiliam a identificar pacientes que precisam de avaliação clínica adicional.

Módulo 3: inclui avaliação médica e resultados de exames, testes ou diagnósticos feitos durante a consulta de acompanhamento. Com base nos resultados, os pacientes devem ser encaminhados para atendimento clínico ou reabilitação seguindo protocolos nacionais.

No Brasil, em especial no Rio de Janeiro, temos como parceiros do projeto VODAN BR, os hospitais Gaffree Guinle da UNIRIO e o Hospital Municipal São José de Duque de Caxias.

Durante o preenchimento do formulário pode ocorrer divergências, pois no caso de perguntas abertas podem ser utilizadas variadas expressões e termos na resposta. Por isso, faz-se necessário uma boa representação semântica para tratar os dados oriundos do questionário. Com este intuito foi criado o modelo semântico a ser detalhado na próxima subseção.

Os metadados do formulário de registro de casos de COVID-19 da OMS são descritos de acordo com a imagem a seguir:

Figura 1: Metadados do formulário de registro de casos de COVID-19

dc.contributor.author	World Health Organization	en_US
dc.coverage.spatial	Geneva	en_US
dc.date.accessioned	2020-07-14T08:14:15Z	
dc.date.available	2020-07-14T08:14:15Z	
dc.date.issued	2020	
dc.identifier.govdoc	WHO/2019-nCoV/Clinical_CRF/2020.4	
dc.identifier.uri	https://apps.who.int/iris/handle/10665/333229	
dc.description	7 p.	en_US
dc.language.iso	en	en_US
dc.language.iso	ar	
dc.language.iso	ru	
dc.publisher	World Health Organization	en_US
dc.subject.mesh	COVID-19	en_US
dc.subject.mesh	Betacoronavirus	en_US
dc.subject.mesh	Disease Outbreaks	en_US
dc.subject.mesh	Data Anonymization	en_US
dc.subject.mesh	Medical Records	en_US
dc.title	Global COVID-19 clinical platform: rapid core case report form (CRF), version 8 April 2020, revised 13 July 2020	en_US
dc.type	Technical documents	en_US
who.relation.languageVersion	10665/333231	
who.relation.languageVersion	10665/333778	
who.relation.languageVersion	zh	

Fonte Imagem: [https://www.who.int/publications/i/item/global-covid-19-clinical-platform-case-report-form-\(crf\)-for-post-covid-conditions-\(post-covid-19-crf-\)-\(2023\)](https://www.who.int/publications/i/item/global-covid-19-clinical-platform-case-report-form-(crf)-for-post-covid-conditions-(post-covid-19-crf-)-(2023)).

Nota-se que nesta descrição, os metadados que fazem referência aos assuntos relacionados à área médica como, por exemplo, COVID-19; Betacoronavirus; *Disease*

Outbreaks; *Data anonymization* e *Medical Records*, estão vinculados ao vocabulário Medical Subject Headings (MESH)⁷.

4.2 Interoperabilidade com o Uso do Modelo Semântico WHO COVID-19

O Modelo Semântico WHO COVID-19 foi criado para que os relatos de caso de COVID-19 a partir do formulário da OMS fossem tratados por soluções informatizadas e legíveis por mecanismos automatizados. Atualmente o modelo apresenta cerca de 400 classes (abstrações que representam categorias de dados).

O objetivo principal do modelo é dotar com informação semântica os dados criados a partir do preenchimento do formulário, para

que deste modo, seja possível evitar conflitos semânticos às perguntas e respostas do formulário. A última versão do modelo está disponível para download nos formatos OWL, CSV, RDF/XML e DIFF. Após o download, é possível carregar o modelo em ferramentas que trabalham com ontologias, como por exemplo, o Protégé⁸.

Em sua estrutura inicial, o modelo apresenta um menu com as abas: *Summary*, *Classes*, *Properties*, *Notes*, *Mappings* e *Widgets*.

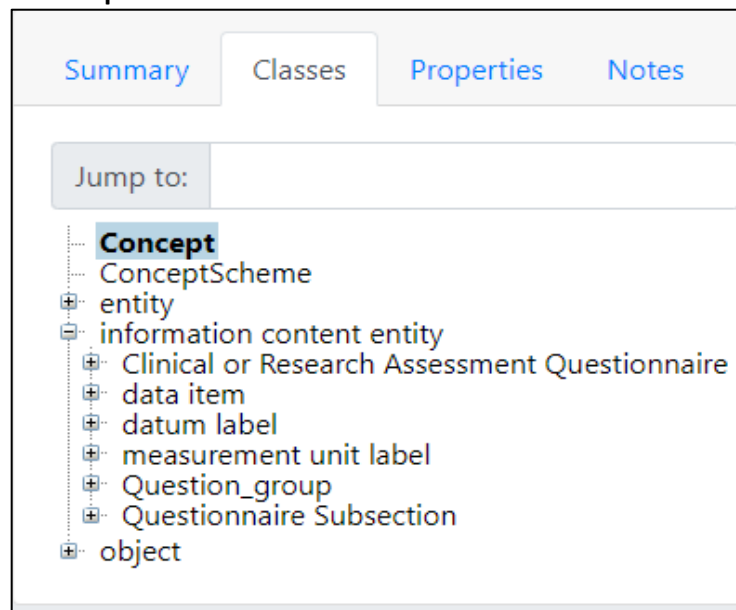
A aba “*Summary*” apresenta uma breve descrição do modelo e atributos que auxiliam no uso e categorização.

O recorte adotado neste relato trata a aba de “*Classes*”, pois essa apresenta o conjunto de categorias e conceitos envolvidos na compreensão do modelo. Para cada classe

do modelo são apresentados detalhes necessários para sua implementação no contexto da *World Wide Web* (*Preferred Name*, *ID*, *prefixIRI*, *prefLabel* e *subClassOf*).

Ao expandirmos a classe de informações de conteúdo das entidades a estrutura se apresenta da seguinte forma:

Figura 2: Expansão das classes do modelo semântico WHO COVID-19



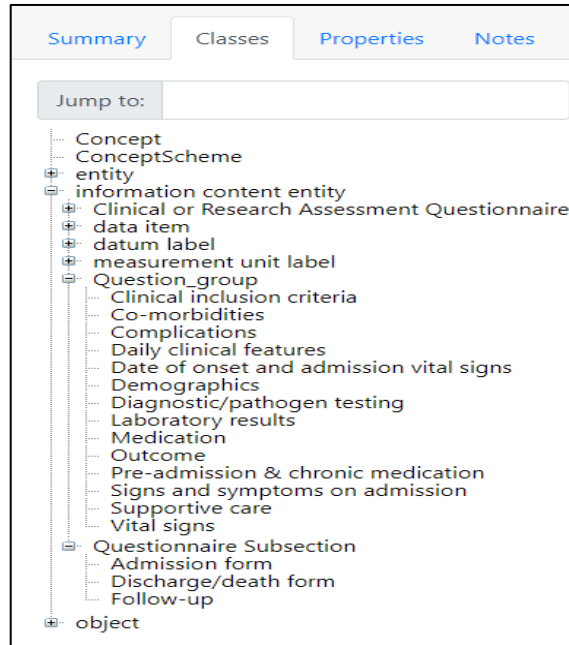
Fonte Imagem: <https://bioportal.bioontology.org/ontologies/COVIDCRFRAPID> (2023).

Inseridas na classe de informação de conteúdo das entidades estão, respectivamente, as classes de questionário de avaliação clínica ou pesquisa, dados do item, rótulo de dados, unidade de medida, grupo de perguntas e subseções do questionário.

Ao expandir a classe de grupos, a estrutura aparece da seguinte forma: critérios de inclusão clínica, comorbidades,

complicações, características clínicas diárias, data de início e sinais vitais de admissão, informações demográficas, diagnóstico/teste de patógenos, resultados laboratoriais, medicamentos, resultados, sinais e sintomas na admissão e cuidados fornecidos e sinais vitais. Já na classe de subseções do questionário, aparecem as classes de formulário de admissão e formulário de alta/óbito, acompanhamento, como mostra a imagem a seguir:

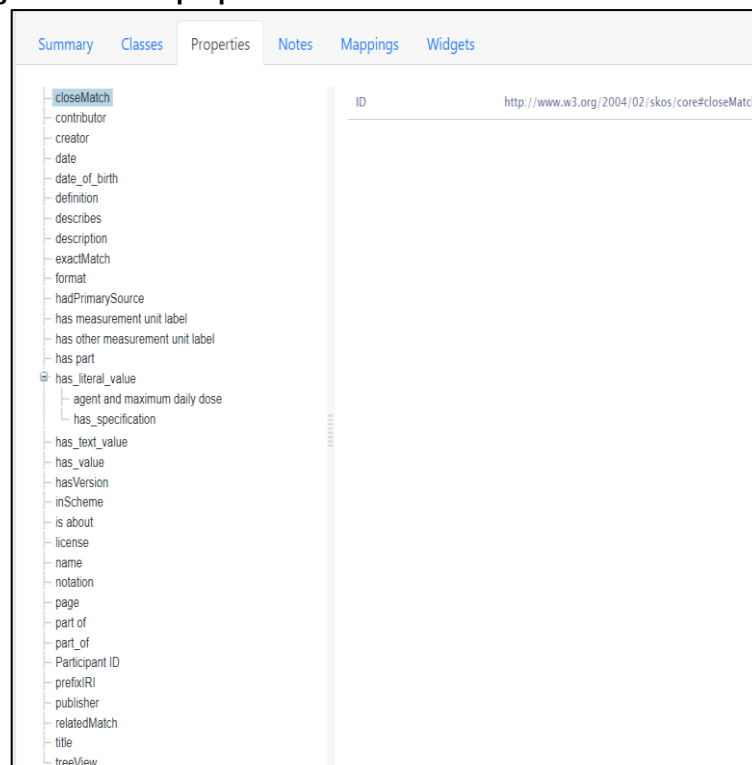
Figura 3: Classe de grupos do modelo semântico WHO COVID-19



Fonte Imagem: <https://biportal.bioontology.org/ontologies/COVIDCRFRAPID> (2023)

A aba de Propriedades apresenta a relação de características que auxiliam na descrição das classes e suas associações:

Figura 4: Aba de propriedades do modelo semântico WHO COVID-19



Fonte Imagem: <https://biportal.bioontology.org/ontologies/COVIDCRFRAPID> (2023)

Como um dos meios de cumprir os objetivos anteriormente explicitados foram exploradas as classes de grupo de perguntas e das subseções do questionário de modo a verificar quais os SOC são utilizados para descrever as classes em suas estruturas.

Mais detalhes sobre o modelo semântico podem ser obtidos na aba suporte na

opção ajuda.⁹ Nesta opção, o usuário pode aprender a navegar e utilizar o modelo, a partir das opções de Interface de uso, tarefas comuns, como programar com o BioPortal API, Glossário, Perguntas frequentes sobre o BioPortal e como citar a *National Center for Biomedical Ontology* e o BioPortal.

4.2.1 Vocabulários que Compõem o Modelo Semântico WHO-COVID-19

Vocabulários e/ou terminologias identificadas a partir da análise feita no Modelo Semântico WHO COVID-19.

Quadro 1: Vocabulários do Modelo Semântico WHO COVID-19

Nome	Descrição
ICID10CM	International Classification of Diseases, Tenth Revision, Clinical Modification
MESH	Medical Subject Headings
SNOMEDCT	Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms
LOINC	Logical Observation Identifiers, Names, and Codes
MEDDRA	Medical Dictionary for Regulatory Activities

Fonte: Elaboração própria (2023).

4.2.2 Ontologias que Compõem o Modelo Semântico WHO COVID-19

A análise foi feita a partir do site que hospeda o modelo, analisando sua lista de ontologias a partir das classes e seus mapeamentos. A análise foi dividida em dois

aspectos: as ontologias que foram identificadas como sendo da área médica, que são de maior interesse desta pesquisa, e as ontologias de outras áreas.

Quadro 2: Ontologias do Modelo semântico WHO COVID-19

Área	Nome	Descrição
Médica	NIFSTD	<i>Neuroscience Information Framework Standard Ontology</i>
	CHEAR	<i>Child Health Exposure Analysis Resource</i>
	SEE	<i>Surgical Secondary Events</i>
	GLYCORDF	<i>An ontology to standardize glycomics data in RDF</i>
	BRO	<i>Biomedical Research Ontology</i>
	GVO	<i>Genome Variation Ontology</i>
	BRIDG	<i>Biomedical Research Integrated Domain Group</i>
	OBO Foundry	<i>Open Biological and Biomedical Ontology</i>
	OCHV	<i>Ontology of Consumer Health Vocabulary</i>
	PMD	<i>Persian Medicine Diseases</i>
	ICPS	<i>International Classification for Patient Safety</i>
	GFO - BIO	<i>General Formal Ontology for Biology</i>
	ONL	<i>OntoNeuroLOG</i>
	ONTOVIP	<i>Virtual Imaging Platform Ontology</i>
	AFO	<i>Allotrope Foundation Ontology</i>
	DCM	<i>DICOM Controlled Terminology</i>

	CNO	<i>Computational Neuroscience Ontology</i>
	DIAGONT	<i>Diagnostic Ontology</i>
	ONTOMA	<i>Ontology of Alternative Medicine</i>
	PREMEDONTO	<i>Precision Medicine Ontology</i>
	CRISP	<i>Computer Retrieval of Information on Scientific Projects</i>
	NCIT	<i>National Cancer Institute Thesaurus</i>
	GALEN	<i>Galen Ontology</i>
	NIFDYS	<i>Neuroscience Information Framework Dysfunction Ontology</i>
	NONRCTO	<i>Non-Randomized Controlled Trials Ontology</i>
	RCTONT	<i>Randomized Controlled Trials Ontology</i>
Outras áreas	BCI-O	<i>Brain-Computer Interaction</i>
	BERO	<i>Biological and Environmental Research Ontology</i>
	BIOMO	<i>Biological Observation Matrix Ontology</i>
	COGAT	<i>Cognitive Atlas Ontology</i>
	DATAcite	<i>DataCite Ontology</i>
	DCAT	<i>Data Catalog Vocabulary</i>
	DCMITYPE	<i>DCMI Type Vocabulary</i>
	FAST-EVENT	<i>Faceted Application of Subject Terminology</i>
	FGNHNS	<i>Ontology of food groups of the National Health and Nutrition Examination Survey issued by the Ministry of Health, Labour and Welfare.</i>
	GEOSPECIES	<i>GEOSPECIES Ontology</i>
	GFO	<i>General Formal Ontology</i>
	G-PROV	<i>Guideline Provenance</i>
	GSSO	<i>Gender, Sex, and Sexual Orientation Ontology</i>
	HASCO	<i>Human-Aware Science Ontology</i>
	HHEAR	<i>Human Health Exposure Analysis Resource Ontology</i>
	MADS-RDF	<i>Metadata Authority Description Schema RDF</i>
	MODSCI	<i>Modern Science Ontology</i>
	OA	<i>Web Annotation Ontology</i>
	PROJ	<i>Project Ontology</i>
	QUDT	<i>Quantity, Unit, Dimension and Type Ontology</i>
RVO	<i>Research Variable Ontology</i>	
SEPIO	<i>Scientific Evidence and Provenance Information Ontology</i>	
SIO	<i>Semanticscience Integrated Ontology</i>	
TOK	<i>Terminological and Ontological Knowledge Resources Ontology</i>	
VIVO	<i>VIVO Ontology for Researcher Discovery</i>	
VIVO-ISF	<i>Integrated Semantic Framework ontology modules for VIVO</i>	

Fonte: Elaboração própria (2023).

5 DADOS CLÍNICOS NO PADRÃO FHIR

Para os sistemas de informação em saúde, segundo Bender e Sartipi (2013), a interoperabilidade é tida como um requisito essencial, pois, sistemas com esta característica oferecem além de um melhor custo-benefício, também uma disponibilização mais eficaz das informações para os tratamentos de pacientes. Essa interoperabilidade pode ser alcançada a partir da utilização de padrões consistentes

para a definição do significado sintático e semântico da informação. Destaca-se, portanto, a necessidade de usar padrões para permitir a interação e troca de informação a partir de definições heterogêneas de recursos.

Neste contexto, pode-se citar a Health Leven Seven (HL7), que é uma organização sem fins lucrativos de desenvolvimento de padrões que foi criada em 1987 para desenvolver,

especificamente, padrões para sistemas de informação hospitalares. A HL7 é uma comunidade internacional de especialistas em informações da área saúde que possui o objetivo de desenvolver padrões para a troca de informação em saúde e interoperabilidade entre sistemas. Esta organização produz tanto padrões de sistema eletrônico para troca de mensagens, bem como para a estrutura de documentos e de conteúdo visando oferecer um suporte para a interoperabilidade de sistemas (Bender & Sartipi, 2013).

Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR), surgiu a partir de um contexto que existia uma pressão devido à falta de implementações práticas da 3ª versão do HL7, e devido a esta cobrança, iniciou-se um estudo para analisar como os padrões de troca de

mensagens da HL7 poderiam ser melhorados. (Bender & Sartipi, 2013).

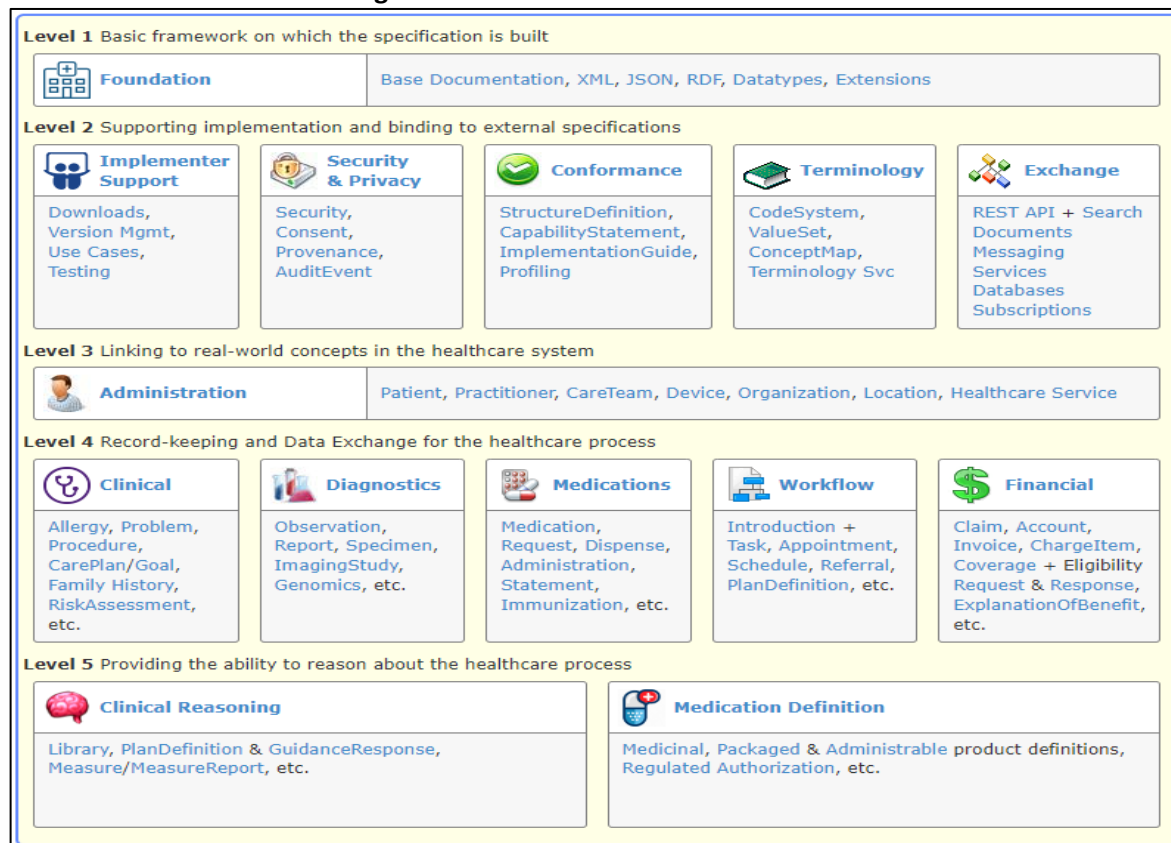
Reisen et al. (2021) complementam que FHIR é um padrão introduzido em 2011 usado em sistemas da área de saúde e fornecendo um padrão informacional composto de diversos recursos. O objetivo desse esforço é obter uma padronização de estrutura e conteúdo para suprir as necessidades informacionais desses sistemas de informação.

Pode-se citar como benefícios deste padrão, a criação de uma especificação comum pela qual os participantes da área de saúde podem compartilhar informações, a possibilidade do desenvolvimento de aplicações que se beneficiam do acesso a informações de alta qualidade de forma que sejam de fácil utilização e o apoio às melhorias na prestação de cuidados de saúde (HL7 FHIR, 2022).

5.1 Módulos do Padrão FHIR

Os recursos do FHIR são divididos em camadas e inseridas em nestas camadas estão os módulos, como apresentado na Figura 5:

Figura 5: Estrutura das camadas do FHIR



Fonte Imagem: <https://www.hl7.org/fhir/> (2023).

Após uma análise do FHIR, a partir de seu site oficial e de cada um de seus módulos, no recorte adotado por esta pesquisa, foram identificados três módulos (Fundação, Conformidade e Terminologia) que serão apresentados nas subseções a seguir. Vale ressaltar que essa seleção foi efetuada levando-se em consideração a necessidade de representação semântica e viabilizar a interoperabilidade, bem como o alinhamento

com os pressupostos apresentados na subseção 2.1 – análise e cotejamento.

Vale destacar que não está previsto para esta pesquisa trabalhar com os aspectos tecnológicos que permeiam a área da Ciência da Computação e que estão presentes no detalhamento dos módulos.

Os termos foram mantidos em língua inglesa para manter o padrão encontrado na literatura e no site.

5.1.1 Módulo de Fundação

Este módulo, onde encontra-se a infraestrutura de definição básica na qual o restante da especificação é construído, é responsável pela infraestrutura geral do FHIR e mantém a maior parte da documentação básica para sua especificação (HL7 FHIR, 2022).

A composição deste módulo é especificada segundo os atributos a seguir

agrupados em três categorias: *Foundation Framework* que apresenta os atributos - *Resource*; *Domain Resource*; *Basic*; *Binary*; *Bundle*; *Content Management Resources* que apresenta os atributos - *Questionnaire*; *Questionnaire Response*; *List*; *Composition*; e *Document Reference*; e *Data Exchange Resources* – que apresenta os atributos -

DocumentManifestation; Operational Outcome; Parameters; Subscription; Subscription status; Subscription topic; e Message header.

Esses atributos endereçam para características básicas e documentação.

5.1.2 Módulo de Conformidade

Este módulo é utilizado para testar a conformidade com a o FHIR e definir guias de implementação. O Módulo de Conformidade busca garantir o alinhamento com as especificações sobre metadados, os tipos de dados e recursos do padrão FHIR, podendo ser usado para criar especificações derivadas. Sua composição é apresentada conforme atributos a seguir: *Capability Statement; Structure Definition; Operation Definition; Search Parameter; Compartment Definition; Implementation Guide; Element Definition*

5.1.3 Módulo de Terminologia

Este módulo é utilizado para o uso e suporte de terminologias e artefatos relacionados. O Módulo de Terminologia fornece uma visão geral e é, também, um guia para o tratamento dos recursos FHIR, operações, tipos de dados codificados e vocabulários que são usados para representar e comunicar dados estruturados e codificados na especificação (HL7 FHIR, 2022).

Destaca-se que este módulo faz parte do primeiro nível de maturidade (Figura 5) para implementação do FHIR, contudo a estabilidade no uso prático de cada atributo deve ser analisada para estabelecer o esforço para implantação do padrão.

(datatype); Full profiling details; Detailed Conformance (HL7 FHIR, 2022).

Já no nível 2 de maturidade (Figura 5) e com a possibilidade de o processo de implantação requerer ajustes em atributos de fundação (presentes em 5.1.1), o módulo de conformidade permite que adaptações em regras sobre uso de API's e terminologias sejam registradas em Guias de Implementação que podem ser publicados e compartilhados na Web.

Esse guia viabiliza a compreensão de significados e conceitos para os valores codificados, sejam eles *fixed strings* (cadeia de caracteres fixas) ou *coded value* (valores que formam o código), possibilitando o mapeamento origem-destino entre diferentes SOC. O exemplo apresentado pela figura 6 demonstra uma especificação sobre trecho de código para *code value* baseado em LOINC code:

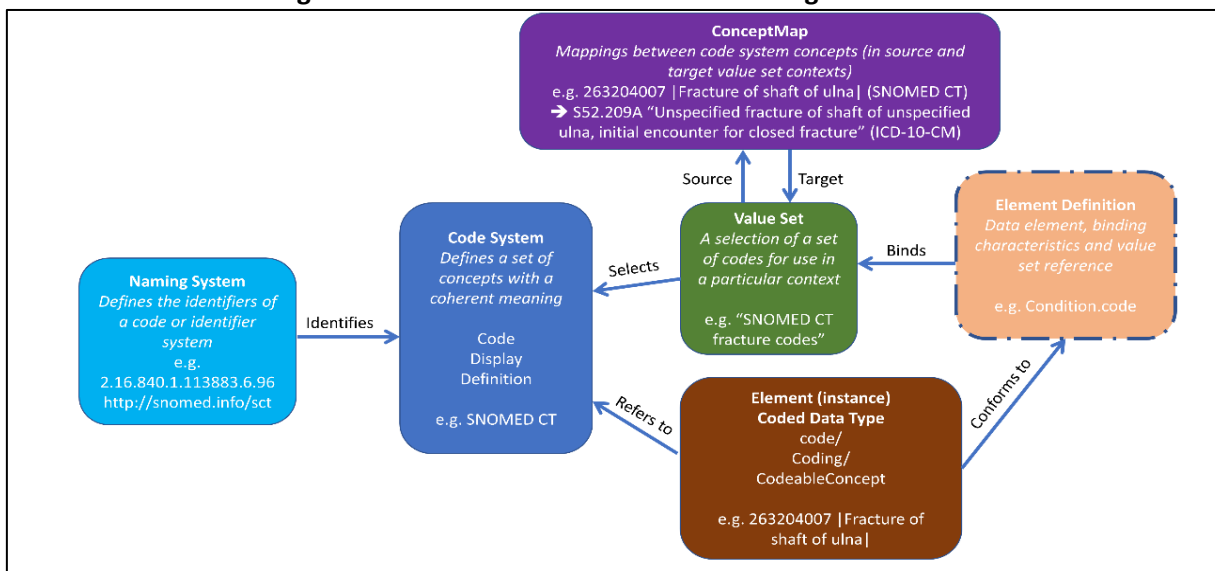
Figura 6: FHIR code value baseado em LOINC code

```
{
  "system": "http://loinc.org",
  "version": "2.62",
  "code": "55423-8",
  "display": "Number of steps in unspecified time Pedometer"
}
```

Fonte Imagem: <http://hl7.org/fhir/terminology-module.html>. (2022)

As principais estruturas relacionadas à terminologia e seus relacionamentos são representadas na Figura 7:

Figura 7: Estrutura do módulo de terminologia do FHIR



Fonte Imagem: <http://hl7.org/fhir/terminology-module.html> (2022).

O comportamento do fluxo operacional desse módulo pode ser entendido como um determinado conceito será mapeado para valores padronizados:

- A Partir de um *CodeSystem*, busca-se quais os conjuntos de valores que formarão o significado adequado ao contexto;
- Esse conjunto de valores é recuperado segundo *ValueSet* que delimita o contexto (domínio contínuo de valores no conjunto);
- O *NamingSystem* faz referência ao identificador do *CodeSystem* (podendo ser um código ou uma URI);
- O *Element* ou a instância (ocorrência) é um dado codificado que atenderá o mapeamento solicitado entre origem-destino (*source-target*) e que encapsulará tanto seus valores quanto o significado (um *ElementDefinition*).

- Analisando a figura 7 podemos complementar com os seguintes recursos:
- *ConceptMap* - Define o mapeamento de um conjunto de conceitos definidos para facilitar a troca de dados entre sistemas.
- *TerminologyCapabilities* - Documenta um conjunto de recursos de um servidor de terminologia FHIR que pode ser usado como uma declaração da funcionalidade real do servidor ou uma declaração de implementação que for necessária ou desejada.

Cabe ressaltar que há facilidades para uso de formatos XML, JSON, Turtle e R4DIFF, além de um modelo de classes em UML, o que torna os recursos disponíveis para acesso por instruções programáticas e facilita a sua adoção e/ou implementação em sistemas informatizados.

5.2 SOC para Dados Clínicos do Padrão FHIR

A análise foi feita a partir do site que hospeda o padrão, verificando as informações encontradas em seus módulos.

Quadro 3: SOC do Padrão FHIR

Nome	Descrição
ICID10CM	<i>International Classification of Diseases, Tenth Revision, Clinical Modification</i>
SNOMEDCT	<i>Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms</i>
LOINC	<i>Logical Observation Identifiers, Names, and Codes</i>
NDFRT	<i>National Drug File - Reference Terminology</i>
NCI METATHESAURUS	<i>National Cancer Institute's METATHESAURUS</i>
Rxnorm	<i>Medical prescription normalized</i>
MDC	<i>Medical Device Communications</i>
AMA CPT	<i>American Medical Association Current Procedural Terminology</i>
NDC	<i>National Drug Code Directory</i>
CVX	Conjunto de códigos para administração de vacinas
DSM-5	<i>Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders</i>
RADLEX	Ontologia de referência para Radiologia
ICPC	<i>International Classification of Primary Care</i>
ICF	<i>International Classification of Functioning, Disability and Health</i>
ATC	<i>Anatomical Therapeutic Chemical Classification System</i>
ITEF LANGUAGE TAG	Código ou tag padronizado usado para identificar idiomas humanos na Internet
ISO11073-10101:2004	Nomenclatura para comunicação de dispositivos médicos.
DCM	<i>DICOM Controlled Terminology</i>
HCPTC	<i>Healthcare Common Procedure Coding System</i>

Fonte: Elaboração própria (2023).

6 RESULTADOS

Esta pesquisa teve como objetivos específicos avaliar características do modelo semântico WHO COVID-19 à luz das características da descrição semântica do conjunto de dados clínicos do padrão FHIR, além de relacionar as eventuais lacunas percebidas no modelo semântico WHO COVID-

19, de modo a sugerir adequações para representação dos dados clínicos.

Os resultados foram agrupados segundo a descrição semântica e suas propriedades.

6.1 Análise da Descrição Semântica

O Quadro 4 elucida que existem quatro terminologias da área médica que foram

encontradas tanto no FHIR quanto no modelo semântico WHO COVID-19.

Quadro 4: Modelos comuns ao FHIR e ao modelo semântico WHO COVID-19

SOC	FHIR	WHO COVID-19
DCM	X	X
ICID10CM	X	X

SNOMEDCT	X	X
LOINC	X	X

Fonte: Elaboração própria (2023).

Cabe comentar que o LOINC pode ser um SOC importante no contexto da representação de dados clínicos digitais para a área de saúde. Especialmente no contexto digital, a interoperabilidade é tema relevante na integração e interação entre elementos heterogêneos e, portanto, uma estrutura como LOINC pode viabilizar a adoção de códigos que se comportem como uma língua franca.¹⁰

Nesse sentido pode-se deduzir que o padrão de códigos pode facilitar a implantação da proposta LOINC, mas encontra resistência de instituições que já tenham muitos dados definidos segundo outros padrões. Bietenbeck, Boeker e Chhulz (2018) e Rajput, Ballout e Drenkhahn (2020) comentam sobre a importância de LOINC como proposta para interoperabilidade, pois destacam as aproximações entre o uso desse SOC em conjunto com padrões como SNOMED CT, o que nos indica um caminho fértil para a continuidade de pesquisas sobre SOC no campo da saúde.

Os 15 SOC presentes no FHIR e não representados no modelo semântico WHO COVID-19 foram:

- AMA CPT
- ATC
- CVX
- DSM-5
- HCPTC
- ICF
- ICPC
- ISO11073-10101:2004
- ITEF LANGUAGE TAG
- MDC
- NCI METATHESAURUS
- NDC
- NDFRT
- RADLEX
- Rxnorm

No caminho inverso foram 27 SOC presentes no modelo semântico WHO COVID-19 e não representados pelo FHIR:

- AFO
- BRIDG
- BRO
- CHEAR
- CNO
- CRISP
- DIAGONT
- GALEN
- GFO - BIO
- GLYCORDF
- GVO
- ICPS
- MEDDRA
- MESH
- NCIT
- NIFDYS
- NIFSTD
- NONRCTO
- OBO Foundry
- OCHV
- ONL
- ONTOMA
- ONTOVIP
- PMD
- PREMEDONTO
- RCTONT
- SEE

Como observado no Quadro 4, o modelo semântico WHO COVID-19 e o padrão FHIR possuem quatro terminologias comuns. Nas relações apresentadas nos parágrafos anteriores, percebe-se também que quinze SOC apontados pelo padrão FHIR não foram indicados no modelo semântico WHO COVID-19 e que 27 SOC do modelo semântico não estão presentes no padrão FHIR.

No processo de cotejamento percebeu-se que os SOC relacionados acima atendem à área médica e, portanto, auxiliam

na compreensão de eventos médicos ou na troca de mensagens entre contextos relacionados. Isso nos indica que o Padrão FHIR

e o modelo WHO COVID-19 podem realizar uma homogeneização e alinhamento no que se refere aos SOC utilizados.

6.2 Análise da Estrutura de Metadados e Propriedades

No padrão FHIR, conforme explorado nas subseções 5.1.2 - módulo de conformidade e 5.1.3 – módulo de terminologia, existe maior detalhamento em relação à estrutura. O dicionário de propriedades é bem completo e o Flag para indicar o nível de maturidade é característica importante para, por exemplo, priorizar o processo de implantação dessas propriedades. As características da propriedade, com a cardinalidade e o tipo também contribuem para o melhor entendimento dos metadados.

Há diferentes exemplos para uso dos recursos e cabe ressaltar que como todo recurso FHIR, há na estrutura de metadados e propriedades com especificações em UML, XML, JSON, Turtle e R4DIFF, o que permite seu uso de maneira mais flexível nas organizações.

Por outro lado, no modelo semântico WHO COVID-19, conforme apresentado na seção 4.2 especificamente na figura 2, percebe-se que existe um detalhamento menor se comparado ao padrão FHIR. Pode-se inferir o mesmo sobre a estrutura de propriedades, apresentada na figura 3.

Além disso, as informações sobre cada classe e propriedade específica também são

menos detalhadas quando comparadas ao FHIR e não existem tantas opções de estruturas de metadados e especificações para facilitar o compartilhamento entre outros sistemas, ou seja, pode-se analisar que o padrão FHIR possui características que facilitam a interoperabilidade, sendo esta característica mais madura quando comparado ao modelo semântico WHO-COVID-19.

No contexto desta análise, em resumo, foram identificados que:

1. De acordo com o sintetizado em 5.1.2, que trata da análise sobre o módulo de conformidade do Padrão FHIR, a *structure description* desse padrão apresenta maior grau de detalhamento. Isso pode indicar uma coleção de propriedades que tornariam o modelo semântico WHO COVID-19 mais completo.
2. Foi identificado um quantitativo maior de SOC referenciados no modelo semântico WHO COVID-19 do que no FHIR conforme apresentado na subseção 6.1.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebeu-se a partir da análise da literatura, que o FHIR é um padrão eficaz no que se refere a troca de mensagens dentro da área da saúde. Apesar do FHIR estar bem detalhado em relação à estrutura de atributos e serviços, no recorte adotado pela pesquisa não foram encontradas algumas referências ao uso de SOC da área médica.

O modelo semântico WHO-COVID-19 tem um bom nível de detalhe em relação ao uso

de SOC e também sobre uso de Ontologias, quando comparado ao FHIR.

Conforme apresentado nas figuras 5 e 7, tanto o framework do FHIR que traz um conjunto de processos bem definidos para sua adoção, quanto a excelente estrutura do módulo de terminologia que traz um conjunto de propriedades que viabilizam a interoperabilidade e contribuem para a redução de “conflitos semânticos”, permitem deduzir que há uma miríade propriedades e atributos

para incorporar no modelo semântico WHO COVID-19.

Para além disso, como o modelo semântico WHO COVID-19 descreve padrões semânticos FHIR e LOINC é possível inferir que o formulário de registro de casos de COVID-19 tenha algum grau de alinhamento com as recomendações *FHIR Documents*, no entanto, não fez parte da análise deste trabalho a conformidade do formulário em relação ao padrão HL7 e CDA, mas sim do modelo semântico.

Adicionalmente aos resultados obtidos no cotejamento dos modelos, no contexto desta pesquisa identificou-se a existência da Comunidade HL7 BRASIL¹¹, como uma forma de inserção deste padrão para sistemas de informação em saúde, no contexto brasileiro. Isto fica claro a partir um de seus objetivos

definidos no próprio site da HL7 BRASIL que é suprir a demanda de implantação de FHIR no mercado brasileiro, para atender às novas exigências da Sociedade do Conhecimento para troca de dados em saúde que exige a Interoperabilidade e a portabilidade de dados como requisito de negócio.

O contexto pandêmico que a COVID-19 trouxe para a sociedade, demonstrou as necessidades que a mesma possui, e muitos desafios que pode vir a enfrentar. Especificamente quando se fala de representação semântica na área da saúde, este contexto também expôs a necessidade de novas práticas e melhorias neste sentido, até mesmo para ter respostas e formas de lidar diferentes, no caso de futuros surtos de vírus ou contextos semelhantes ao atual.

8 REFERÊNCIAS

- Bender, D., & Sartip, K (2013, June 20-22). HL7 FHIR: An Agile and RESTful approach to healthcare information exchange. [Proceedings of the 26th IEEE] International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Porto, Portugal. <https://doi.org/10.1109/cbms.2013.6627810>
- Bietenbeck, Andreas; Boeker, Martin; Chulz, Stefan. (2018). NPU, LOINC, and SNOMED CT: a comparison of terminologies for laboratory results reveals individual advantages and a lack of possibilities to encode interpretive comments. *Journal of Laboratory Medicine*, 42(6), 267-275. <https://doi.org/10.1515/labmed-2018-0103>
- Brasil, Governo Federal do. (2023). Coronavírus. <https://www.gov.br/saude/pt-br/coronavirus>
- Carlan, Eliana; Medeiros, Marisa Brascher Basílio. (2011). Sistemas de Organização do Conhecimento na visão da Ciência da Informação. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, 4(2), 53–73. <https://doi.org/10.26512/rici.v4.n2.2011.1675>
- Go FAIR. (2023). Virus Outbreak Data Network (VODAN). <https://www.go-fair.org/implementation-networks/overview/vodan/>
- HL7 FHIR. (2022). Conformance Module. <http://hl7.org/fhir/conformance-module.html#5.0>
- HL7 FHIR. (2022). Foundation Module. <http://hl7.org/fhir/foundation-module.html>
- HL7 FHIR. (2022) Terminology Module. <http://hl7.org/fhir/terminology-module.html>
- HL7 FHIR. (2022) Welcome to FHIR. <https://www.hl7.org/fhir/>
- Hodge, Gail. (2000). Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: Beyond Traditional Authority Files.

- <https://www.clir.org/wp-content/uploads/sites/6/pub91.pdf>.
- Lima, Gercina Ângela De; Maculan, Benildes C. M. dos S. (2017). Estudo comparativo das estruturas semânticas em diferentes sistemas de organização do conhecimento. *Ciência da Informação*, 46(1), 60-72. <https://doi.org/10.18225/ci.inf.v46i1.4014>
- Messa, J. A. F.; Campos, M. L. A. (2017, Outubro 23-27). Diretrizes para avaliação de domínios de conhecimento em tesouros: uma análise da atualidade temática do macrothesaurus brasileiro de direito constitucional. [Encontro Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Ciência da Informação]. ENANCIB 2017, Marília, UNESP. <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/104642>.
- Michaelis (2023). *Moderno dicionário da língua portuguesa*. Melhoramentos.
- Mons, B. (2020). The VODAN IN: support of a FAIR-based infrastructure for COVID-19. *European Journal of Human Genetics*, 28(6), 724–727. <https://doi.org/10.1038/s41431-020-0635-7>.
- Rajput, Abdul Mateen; BALLOUT, Sarah; DRENKHAHN, Cora. (2020). Standardizing the unit of measurements in LOINC-coded laboratory tests can significantly improve semantic interoperability. IOS Press. <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/SHIT200733>.
- Ramalho, Rogério Aparecido Sá. (2015). Análise do modelo de dados SKOS: Sistema de Organização do Conhecimento Simples para a Web. *Revista Informação e 2*(1), 66-79. <https://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/itec/article/view/25995/14680>.
- Reisen, M. Oladipo, F., Stokmans, M., Mpezamihgo, M., Folorunso, S., Schultes, E., Basajja, M., Aktau, A., Amare, S. Y., Taye, G. T., Jat, P. H. P., Chindoza, K., Wirtz, M., Ghardallou, M., Stam, G., Ayele, W., Nalugala, R., Abdullahi, I., Osigwe, O., Musen, M. A. (2021). Design of a FAIR digital data health infrastructure in Africa for COVID-19 reporting and research. *Advanced Genetics*, 2(2), 1-17. <https://doi.org/10.1002/ggn2.10050>.
- VEIGA, Viviane. Campos, M. L., Silva, C. R. L., Henning, P., Moreira, J. (2020) VODAN BR: a gestão de dados no enfrentamento da pandemia coronavírus. *Páginas A&B, Arquivos e Bibliotecas (Portugal)*, 3(esp.), 51-58 Porto, v. 3, n. esp., p. 51–58. https://doi.org/10.21747/21836671/pagn_esp7.
- ZENG, Marcia Lei., Hong, Yi., Clunis, Julaine., He, Shaoyi., Colangelo, L. P. (2020). Implications of Knowledge Organization Systems for Health Information Exchange and Communication during the COVID-19 Pandemic. *Data and Information Management*, 4(3), 148–170. <https://doi.org/10.2478/dim-2020-0009>.
- Wikipédia. (2021). *Língua Franca*. https://pt.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADngua_franca
- ZENG, Marcia Lei. (2008). Knowledge Organization Systems (KOS). *Knowledge Organization*, 35(2), 160–182. https://www.academia.edu/26672820/Knowledge_Organization_Systems_KOS.

9 NOTAS

¹ O presente trabalho é realizado com o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq

² <https://codata.org/>

³ <https://www.rd-alliance.org/>

⁴ <https://www.worlddatasystem.org/>

⁵ <https://www.go-fair.org/>

⁶ World Health Organization. (2020). Global COVID-19 clinical platform: rapid core case report form (CRF), version 8 April 2020, revised 13 July 2020. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/333229>

⁷ <https://www.nlm.nih.gov/mesh/meshhome.html>

⁸ Protégé é um software aplicativo utilizado para o desenvolvimento de ontologias. Disponível em <https://protege.stanford.edu/>

⁹ https://www.bioontology.org/wiki/BioPortal_Help

¹⁰ Língua franca ou língua de contato é a língua que um grupo multilíngue de seres humanos intencionalmente adota ou desenvolve para que todos consigam sistematicamente comunicar-se uns com os outros. (Wikipédia, 2021)

¹¹ <https://hl7.org.br>