



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica
Programa de Engenharia Urbana

VANIA FURUGUEM MIYAMOTO

WEB SEMÂNTICA E BIM:
uma proposta para ontologia da RDC 50/2002.

Rio de Janeiro

2025



UFRJ

VANIA FURUGUEM MIYAMOTO

**WEB SEMÂNTICA E BIM:
uma proposta para ontologia da RDC 50/2002.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Orientador: José Luis Menegotto

Coorientadora: Silvia M. Soares de Araújo Pereira

Rio de Janeiro

2025

CIP - Catalogação na Publicação

M685w Miyamoto, Vania Furuguem
WEB SEMÂNTICA E BIM: uma proposta para ontologia
da RDC 50/2002 / Vania Furuguem Miyamoto. -- Rio de
Janeiro, 2025.
141 f.

Orientador: José Luis Menegotto.
Coorientadora: Silvia Maria Soares de Araujo
Pereira.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do
Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Programa de Pós
Graduação em Engenharia Urbana, 2025.

1. BIM. 2. Web Semântica. 3. Ontologia. 4. RDC
50. I. Menegotto, José Luis, orient. II. Pereira,
Silvia Maria Soares de Araujo, coorient. III. Título.



UFRJ

VANIA FURUGUEM MIYAMOTO

WEB SEMÂNTICA E BIM: uma proposta para ontologia da RDC 50/2002

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Urbana.

Aprovada no dia 25 de fevereiro de 2025 pela Banca:

Presidente, Prof. José Luis Menegotto, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof. Mônica Santos Salgado, D.Sc., FAU/UFRJ

Prof. Rosane Martins Alves, D.Sc., PEU/POLI/UFRJ

Prof. Sérgio Roberto Leusin de Amorim, D.Sc, UFF

Arq. Silvia Maria Soares de Araujo Pereira, D.Sc., Fiocruz

Rio de Janeiro

2025

DEDICATÓRIA

*Dedico esta dissertação aos jovens,
vivos ou que ainda viverão, sempre
questionando o passado e trazendo o
novo.*

AGRADECIMENTOS

Aos que concordam com Goethe sobre a Arquitetura ser música em estado solido: agradeço aos meus orientadores por me introduzirem a um novo solfejo arquitetônico. Aos que não concordam: agradeço a eles da mesma forma, por me introduzirem a novos paradigmas, me mantendo conectada com a realidade e tendências, generosamente doando conhecimento e tempo preciosos. Agradeço aos membros da banca, pelas inestimáveis contribuições. Agradeço a Ana e Luisa por terem paciência e continuarem alegres e saudáveis, mesmo sem tanta atenção da mãe, no meio de uma pandemia que lhes impôs isolamento. Agradeço ao Miyamoto e à Cira, que me apoiaram nesta jornada acadêmica, cuidando da família, da casa, do que puderam e até mais. Agradeço aos meus pais por acreditarem não necessariamente nas minhas ideias, mas em minha capacidade de realização, alimentando minha autoconfiança e crença absoluta nos estudos como meio de sobrevivência e libertação. Agradeço a todos da Fiocruz, não somente pela amizade, mas pelo incentivo a evoluir sempre através da ciência, buscando pesquisar, inovar e multiplicar conhecimento. Agradeço à equipe e aos colegas de turma do PEU, pelo convívio, colaboração e apoio, mesmo que, em grande parte, virtual. E a todos aqueles que contribuíram de forma singela, mas valiosa, através de um conselho, um empréstimo de livro ou simplesmente sendo fonte de inspiração.

RESUMO

MIYAMOTO, Vania Furuguem. **WEB SEMÂNTICA E BIM: uma proposta para ontologia da RDC 50/2002**. Rio de Janeiro, 2025. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2025.

Os processos de aprovação de projetos nos Órgãos Técnicos Públicos orientados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) são realizados de forma manual através da análise humana, impactando no planejamento dos empreendimentos de Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS). Os sistemas GIS (Geographic Information System) e BIM (Building Information Model) contribuem para a Engenharia Urbana, oferecendo ferramentas de automação de dados, possibilitando que as cidades brasileiras, assim como em casos concretizados de outras cidades do mundo, possam se beneficiar de sistemas automatizados de aprovação de projetos. Informações geradas por estes sistemas contribuem para o planejamento, operação e implementação das infraestruturas e políticas urbanas. Em consonância com as diretrizes da Constituição brasileira que garantem o acesso à informação pública, normas construtivas poderiam ser traduzidas para linguagem computacional aberta e disponibilizadas livremente na internet, permitindo que as mesmas sejam interpretadas pelos sistemas BIM e GIS e processadas por aplicativos de checagem de regras através de plataformas tanto restritas como abertas. Com este objetivo, através de revisão teórica, revisão documental e pesquisa exploratória, é apresentado um estudo sobre o desenvolvimento de uma ontologia para um trecho da RDC 50 de 2002, principal norma da Anvisa que integra e concentra as regras para implementação física de um EAS, confirmando a viabilidade desta abordagem em um processo automático de checagem de regras em projetos BIM.

Palavras-chave: BIM; Web Semântica; ontologia; RDC 50.

ABSTRACT

MIYAMOTO, Vania Furuguem. **SEMANTIC WEB AND BIM**: an ontology of RDC 50/2002 proposal. - PEU / UFRJ. Rio de Janeiro, 2025. Dissertation (Master) -- Urban Engineering Program, Polytechnic School, Federal University of Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2025.

Approval processes for projects in Public Technical Bodies guided by the Brazilian Health Surveillance Agency (Anvisa) are performed manually through human analysis, impacting the planning of healthcare facilities (EAS) ventures. GIS (Geographic Information System) and BIM (Building Information Model) systems contribute to Urban Engineering, offering data automation tools, allowing Brazilian cities, as well as in concrete cases of other cities in the world, to benefit from automated project approval systems. Information generated by these systems contributes to the planning, operation, and implementation of urban infrastructures and policies. In accordance with the guidelines of the Brazilian Constitution that guarantee access to public information, construction standards could be translated into open computational language and made freely available on the internet, allowing them to be interpreted by BIM and GIS systems and processed by rule-checking applications through both restricted and open platforms. With this objective, through a theoretical review, documentary analysis, and exploratory research, this study presents the development of an ontology for a section of RDC 50/2002, the main regulation by Anvisa that consolidates the rules for the physical implementation of a EAS. The study confirms the feasibility of this approach in an automated rule-checking process for BIM projects.

Keywords: BIM; Semantic Web; ontology; RDC 50

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Síntese do processo do estudo.....	21
Figura 2 - Representação conceitual de <i>layer cake</i>	41
Figura 3 - Representação conceitual de <i>layer cake</i> revisada.	42
Figura 4 - Representação conceitual de <i>layer cake</i> de Nowack.	42
Figura 5 - Representação do domínio de Dados Abertos Conectados.	46
Figura 6 - Representação interativa da Web Semântica.	49
Figura 7 - Representação esquemática de um triplo.....	50
Figura 8 - Representação esquemática de um grafo.	50
Figura 9 - Representação esquemática de um novo triplo gerado a partir de uma filtragem.	50
Figura 10 - Taxonomia de BFO.....	57
Figura 11 - Ciclo de desenvolvimento de ontologia para Web Semântica 101.....	59
Figura 12 - Representação do processo openBIM com destaque aos processos relacionados ao desenvolvimento do modelo.	64
Figura 13 - Trecho esquemático da taxonomia do IFC referente aos universais parede e porta, sendo sua herança "IfcBuildingElement" ou elemento construtivo.	65
Figura 14 - Taxonomia esquemática geral do IFC.	65
Figura 15 - Representação esquemática do IFC à esquerda comparado com um MVD à direita.	66
Figura 16 - Representação dos fluxos de dados GIS e BIM.....	68
Figura 17 - Visualização da camada do CNES sobre o mapa da OpenStreetMap.	69
Figura 18 - Comparação entre os diagramas semânticos de "Building" em IFC e CityGML.	70
Figura 19 - Estrutura do PCR.	71
Figura 20 - Representação esquemática dos passos do processo de aprovação atribuídos às respectivas partes envolvidas.....	72
Figura 21 - Representação do processo de desenvolvimento do aplicativo Ver Arq Bio. ..	74
Figura 22 - Aba da janela principal indicando os prefixos das ontologias existentes associadas à ontologia em desenvolvimento.	83
Figura 23 - Matriz representando as relações de disjunção em cinza.	88

Figura 24 - Janela apresentando as classes, subclasses e sua hierarquia.	89
Figura 25 - Grafo gerado pelo OntoGraf a partir da criação das classes e suas relações. ..	89
Figura 26 - Janela da lista de propriedades de objeto.	91
Figura 27 - Janela da lista de propriedades de dado.	92
Figura 28 - Grafo gerado pelo OntoGraf destacando as relações ou propriedades de objeto.	92
Figura 29 - Janela da classe IfcObjectType.	93
Figura 30 - Grafo representando as classes e as relações de herança, objeto e restrições...	96
Figura 31 - Visualização do modelo no Revit 2023 do protótipo das salas.	98
Figura 32 - Visualização do modelo exportado para IFC no aplicativo DDScad Viewer...	98
Figura 33 - Grafo gerado pelo OntoGraf do trecho da taxonomia do Ifc em OWL.	100
Figura 34 - Representação esquemática do trecho da taxonomia do Ifc em OWL.	100
Figura 35 - Visualização da tabela no Revit 2023 a ser exportada para o formato CSV.	101
Figura 36 - Visualização no Excel da tabela do Revit exportada em CSV.	101
Figura 37 - Instâncias de IfcBuilding.	103
Figura 38 - Instâncias de Thing, na janela inferior esquerda.	104
Figura 39 - Instâncias de IfcGlobalId, na janela inferior esquerda.	105
Figura 40 - Instâncias de IfcSpace, na janela inferior esquerda.	106
Figura 41 - Exemplo da janela de informações de uma das instâncias de IfcSpace, no caso a sala 101.	107
Figura 42 - Modo 1 de IFCOI e seus mecanismos de integração.	108
Figura 43 - Localização das instâncias após a inferência do Pellet.	109
Figura 44 - Grafo OntoGraf das instâncias de IfcSpace antes do acionamento do Pellet.	110
Figura 45 - Grafo OntoGraf das instâncias de IfcSpace após o acionamento do Pellet. ...	110
Figura 46 - Planilha gerada pelo SPARQL a partir do script desenvolvido.	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - OTPs e áreas de atuação para projetos e obras de EAS no Rio de Janeiro.	31
Quadro 2 - Classificação de abertura de dados.....	47
Quadro 3 – Tipos, números e áreas de consultórios a serem instanciados.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A-box	Assertional Box, ou caixa de afirmativas, o local onde estão as instâncias e suas asserções ou fatos.
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AECO	Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ASCII	American Standard Code for Information Interchange, formato de codificação de caracteres usada para representar textos em computação.
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar-condicionado.
BFO	Basic Formal Ontology, ou ontologia formal básica.
BIM	Building Informativo Model
bSDD	buildingSMART Data Dictionary, ou dicionário de dados da buildingSMART.
CBMERJ	Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro
CCIH	Comissão de Controle de Infecção Hospitalar
CET-Rio	- de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro
CIH	Controle de Infecção Hospitalar
CNBS	Conselho Nacional de Biossegurança
CNEN	Comissão Nacional de Energia Nuclear
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CST	Comissão de Saúde e Segurança do Trabalho
CSV	Comma-Separated Values, arquivo de texto que armazena dados em uma tabela estruturada
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
CWA	Closed-World Assumptions, ou suposições de mundo fechado.
EAS	Estabelecimento Assistencial de Saúde
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations ou Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação
Fiocruz	Fundação Oswaldo Cruz
GEM	Gerência de Engenharia Mecânica - Riolut

GIS	Geographic Information System
GML	Geography Markup Language ou linguagem de marcação geográfica.
IDBE	Integrated Digital Built Environment
IDM	Information Delivery Manual
IDS	Information Delivery Specification ou especificação de entrega de informação.
INEA	Instituto Estadual do Ambiente
INEPAC	Instituto Estadual do Patrimônio Cultural
IPHAN	Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IRI	Internationalized Resource Identifier ou identificador internacional de recursos. Extensão do URI para caracteres diferentes do sistema ASCII
IRPH	Instituto Rio Patrimônio da Humanidade
IVISA-Rio	Instituto Municipal de Vigilância Sanitária, Vigilância de Zoonoses e Inspeção Agropecuária
LOD	(1) Linked Open Data, ou dados abertos conectados na Web; (2) Level of Development, ou nível de desenvolvimento em BIM.
MVD	Model View Definition
OGC	Open Geospatial Consortium ou Consorcio Geoespacial Livre
OGM	Organismos Geneticamente Modificados
ONU	Organização das Nações Unidas
OTP	Órgão Técnico Público
OWA	Open-World Assumptions, ou suposições de mundo aberto
OWL	Ontology Web Language ou linguagem de ontologia da Web
PNB	Política Nacional de Biossegurança
PNH	Política Nacional de Humanização da Atenção e Gestão do SUS ou HumanizaSUS
Procel	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RDC 50	Regulamento Técnico da Resolução de Diretoria Colegiada nº 50, de 21 de fevereiro de 2002
RDFS	Resource Description Framework Schema, vocabulário padrão do W3C para descrever modelos de dados e vocabulários RDF
RIF	Rule Interchange Format
Rio-Águas	Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro .

SES/RJ	Secretaria Estadual de Saúde - Governo R
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo
SomaSUS	Sistema de Apoio a` Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde, instituído pela Portaria MS/GM 2481/2007
SUS	Sistema U´nico de Saúde
T-box	Terminological Box, ou caixa de terminologias, o local onde estão as classes, propriedades e relações.
TLO	Top-Level Ontology ou ontologia de alto nível
UML	Unified Modeling Language ou Linguagem de Modelagem Unificada, padrão de representação gráfica para desenvolvimento de projetos de programação.
URI	Uniform Resource Identifier, ou identificador uniforme de recurso, um membro de um namespace registrado, tratando-se de um identificador único usado para localizar um recurso, sendo um endereço na Web
UTI	Unidade de Terapia Intensiva
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXtensible Markup Language, linguagem de marcação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	18
1.2	RELEVÂNCIA	19
1.3	OBJETIVOS	21
1.4	METODOLOGIA	21
1.5	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	24
2.1	EMPREENHIMENTO EAS	24
2.1.1	Definição de EAS e conceitos correlatos	24
2.1.1.1	<i>Biossegurança e Infecção Hospitalar em EAS.....</i>	<i>25</i>
2.1.1.2	<i>Humanização e Cuidado Centrado na Pessoa.....</i>	<i>26</i>
2.1.1.3	<i>Complexidade do empreendimento EAS.....</i>	<i>27</i>
2.1.2	Abordagem sistêmica urbana	28
2.1.2.1	<i>Impactos no contexto urbano e social.....</i>	<i>30</i>
2.1.3	Requisitos legais	31
2.2	A RDC 50/2002	32
2.2.1	Análise sobre a organização da RDC 50	34
2.2.2	A contribuição do SomaSUS	36
2.2.3	A revisão da RDC50.....	39
2.3	WEB SEMÂNTICA	40
2.3.1	Dados abertos	44
2.3.2	Dados Abertos Conectados.....	46
2.3.3	Relação entre Intercâmbio de Dados e Ontologia (RDF e OWL)	49
2.4	ONTOLOGIA	52
2.4.1	Tipos de Ontologia	53
2.4.1.1	<i>Ontologia de Topo ou Formal</i>	<i>54</i>
2.4.1.2	<i>Ontologia de Domínio ou Material</i>	<i>54</i>
2.4.1.3	<i>Ontologia de Referência</i>	<i>55</i>
2.4.1.4	<i>Ontologia de Aplicação.....</i>	<i>55</i>
2.4.2	Elementos de Ontologia.....	55

2.4.3	Processo de desenvolvimento da Ontologia	57
2.4.3.1	<i>Boas Práticas.....</i>	59
2.4.3.2	<i>Seleção e Definição dos Termos.....</i>	61
2.5	BIM: DEFINIÇÃO, CONCEITOS E APLICAÇÃO.....	62
2.5.1	Definição	62
2.5.2	Interoperabilidade BIM	63
2.5.2.1	<i>BIM Aberto.....</i>	63
2.5.2.2	<i>Industry Foundation Classes.....</i>	64
2.5.2.3	<i>Model View Definition e Level of Information Need</i>	66
2.5.2.4	<i>Information Delivery Specification (IDS).....</i>	67
2.5.2.5	<i>Geography Markup Language (GML).....</i>	67
2.5.3	Processo de Checagem de Regras (PCR)	70
2.5.3.1	<i>Classificação de regras</i>	73
2.5.4	Desafios, Propostas e Contribuições para a Interoperabilidade e o PCR	74
2.6	CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO....	78
3	METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA.....	80
3.1	DETERMINAÇÃO DO DOMÍNIO E ESCOPO DA ONTOLOGIA	81
3.2	REUSO DE ONTOLOGIAS EXISTENTES.....	82
3.3	TERMINOLOGIA DA ONTOLOGIA.....	84
3.3.1	Termos de classes	84
3.3.2	Termos de propriedades.....	86
3.4	DEFINIÇÃO DAS CLASSES	87
3.5	DEFINIÇÃO DAS PROPRIEDADES	89
3.5.1	Propriedades de objeto	90
3.5.2	Propriedades de dados.....	91
3.6	DEFINIÇÃO DAS RESTRIÇÕES	92
3.6.1	Restrições para classificação SomaSUS	92
3.6.2	Restrições para completez das informações.....	94
3.6.3	Restrições para requisitos de área mínima.....	94
3.7	CRIAÇÃO DAS INSTÂNCIAS	96
3.7.1	Resultados da importação	102
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	108

4.1	RESULTADOS OBTIDOS EM OWL	108
4.2	RESULTADOS OBTIDOS EM SPARQL	110
4.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS	113
5	CONCLUSÃO.....	115
5.1	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	115
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	117
	REFERÊNCIAS	119
	APÊNDICE A – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO TRECHO DA	
	TAXONOMIA DO IFC EM OWL	125
	APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA	
	AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ.....	126

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A Lei 6766 de 1979, que dispõe sobre o parcelamento urbano do solo, define as unidades de serviços em assistência à saúde pública como equipamentos comunitários (Brasil, 1979). Ao estabelecer que se atenda a uma proporção entre as áreas destes equipamentos com a densidade de ocupação, os Planos Diretores impactam diretamente no sistema de saúde pública.

Por outro lado, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) também atua no planejamento urbano das cidades. Através do Regulamento Técnico da Resolução de Diretoria Colegiada nº 50, de 21 de fevereiro de 2002 (RDC 50), estabelece normas construtivas, fiscaliza e valida o alvará destes equipamentos, denominados Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS)(Brasil, 2002). Gera impacto infraestrutural, ambiental e social na região de abrangência, atuando diretamente na qualidade de vida da população, estando as secretarias regionais de saúde subordinadas à Anvisa.

Os processos de aprovação de projetos nos Órgãos Técnicos Públicos (OTPs) orientados pela Anvisa ainda são realizados através de processos manuais, com a leitura, análise e aprovação humana de documentação impressa em papel. É um procedimento de duração imprevisível que impacta no planejamento de empreendimentos de EAS. Este impacto no cronograma é ainda agravado pela crescente complexidade das normas e edificações, que se modificam por determinantes externos ao processo de aprovação, como epidemias, políticas públicas e novas tecnologias.

O empreendimento de EAS engloba um trabalho multidisciplinar entre ciências humanas, biomédicas e exatas, onde todos os envolvidos devem estar integrados. Envolve elevados custos de implantação e operação. Falhas e omissões no planejamento aumentam o risco ao sucateamento, ou seja, à inviabilidade de manutenção, atualização e melhoria do EAS. Trata-se de um empreendimento de alta complexidade, que demanda sistemas padronizados e eficientes nos processos de planejamento, construção e operação (Bross,2013; Karman, 2011).

Os sistemas GIS (Geographic Information System) e BIM (Building Information Model) integrados contribuem para a Engenharia Urbana, oferecendo ferramentas e soluções de automação no gerenciamento de informações dos empreendimentos e da malha urbana

onde se inserem. Dentro deste contexto, há um potencial de implementação nas cidades brasileiras de um sistema de aprovação de projetos automatizado, que, além de validar projetos de EASs, introduzisse informações dessas unidades a uma rede GIS. Eastman *et al.* (2009) apresentam exemplos de sistemas similares já desenvolvidos em outros países, alguns inclusive em pleno uso. Encontramos também no Brasil alguns movimentos iniciais de aprovação automatizada de projetos, como o serviço de licenciamento para construção multifamiliar de Salvador, que aplica a plataforma Metrópolis baseada na pré-checagem de regras do projeto em BIM (Aida *et al.*, 2022).

As intervenções através de reformas em imóveis de instituições públicas são frequentes, principalmente em EAS. Adequações em edificações desta natureza são realizadas devido às mudanças das normas, aos avanços das ciências biomédicas e tecnológicas, à evolução de políticas públicas, ao perfil demográfico dos usuários, perfil epidemiológico regional e sazonal e a diversos outros fatores dinâmicos e imprevisíveis. Uma edificação para um EAS em uma ou duas décadas torna-se obsoleta, por mais planejado e flexível que seja seu partido projetual. A alta complexidade destes empreendimentos, que comportam alta densidade de dados quando comparados a edificações residenciais ou corporativas, é potencializada pela volatilidade dos cenários de um EAS.

1.2 RELEVÂNCIA

A contribuição da avaliação automatizada de um espaço através do sistema BIM é constatada em casos como em Singapura e Austrália, onde há sistemas de aprovação de projetos para construção através de plataformas computacionais acessíveis na *web*. A possibilidade de uma verificação dos ambientes de saúde que simule uma vistoria da Vigilância Sanitária brasileira poderia minimizar os riscos de não conformidades apontadas pelo órgão, não apenas na fase de projeto, mas também na fase de avaliação pós-ocupacional. Para além da conformidade da edificação, as informações estariam disponíveis para a integração a uma base de dados pública, como o Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES). Encontram-se introduzidas geometrias das edificações e redes de infraestrutura urbana por diversos órgãos municipais em cadastros de Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) oficiais. Através de um modelo em BIM, além das geometrias (sistemas vetoriais), informações como dimensões internas de compartimentos, programação funcional, infraestrutura predial, metodologia construtiva, poderiam ser

acrescidas e integradas a estes sistemas, em tabelas vinculadas a objetos, de forma similar aos SIGs, que também comportam em tabelas informações além das vetoriais e matriciais (raster). Transparência e acesso às informações são fundamentos que constam na Constituição, sendo direitos civis constantes nos incisos XIV e XXXIII do Artigo 5º e no artigo 220 da Carta Magna (Brasil, 1988).

A automação nos processos de aprovação de projeto pela Anvisa permitiria maior transparência, com avaliações menos sujeitas ao fator humano da pessoalidade e subjetividade. A simplificação de um procedimento formal obrigatório pode incentivar a aplicação de outras certificações opcionais, que trariam maior qualidade ao empreendimento e à cidade, como as etiquetas de sustentabilidade. A universalização das informações do empreendimento EAS contribuiria para as análises, projeções e ações sobre o sistema de saúde nacional realizadas pelos órgãos públicos relacionados, como Ministério da Saúde, Fiocruz, Anvisa e secretarias de saúde municipais e estaduais. Novos processos onde projetos são aprovados por OTPs com maior celeridade, transparência e precisão, em um ambiente virtual e acessível, podem melhorar a qualidade do EAS e, por consequência, a atividade final que abriga. Recursos gastos em deslocamentos, gestão do tempo para aprovação, impressão, contratação de despachantes e consultorias legais estariam disponíveis para a qualidade do empreendimento. Os OTPs envolvidos passariam a realocar recursos de sistemas burocráticos para tecnologia e inovação, fomentando o desenvolvimento da indústria AECO (Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação) nacional. Ao possibilitar a integração das informações dos projetos validados por OTPs a um sistema GIS, viabiliza-se a melhoria do planejamento urbano. Sistemas geográficos recebem mais dados, qualificando o planejamento de uso e ocupação do solo, mobilidade urbana, infraestrutura e saúde pública. Equipamentos comunitários de saúde poderão ser mais efetivamente planejados e instalados, principalmente em municípios menores, melhorando a qualidade de vida das populações mais afastadas das metrópoles.

Através da possibilidade de integração destes dados por estes sistemas, o processo de projeto em um empreendimento de um EAS, público ou privado, pode se beneficiar pela sistematização e automação do cumprimento das normas da RDC 50. Ao se aplicar ferramentas e linguagens abertas, os dados podem ser utilizados para outros propósitos além dos relacionados ao planejamento urbano e AECO.

1.3 OBJETIVOS

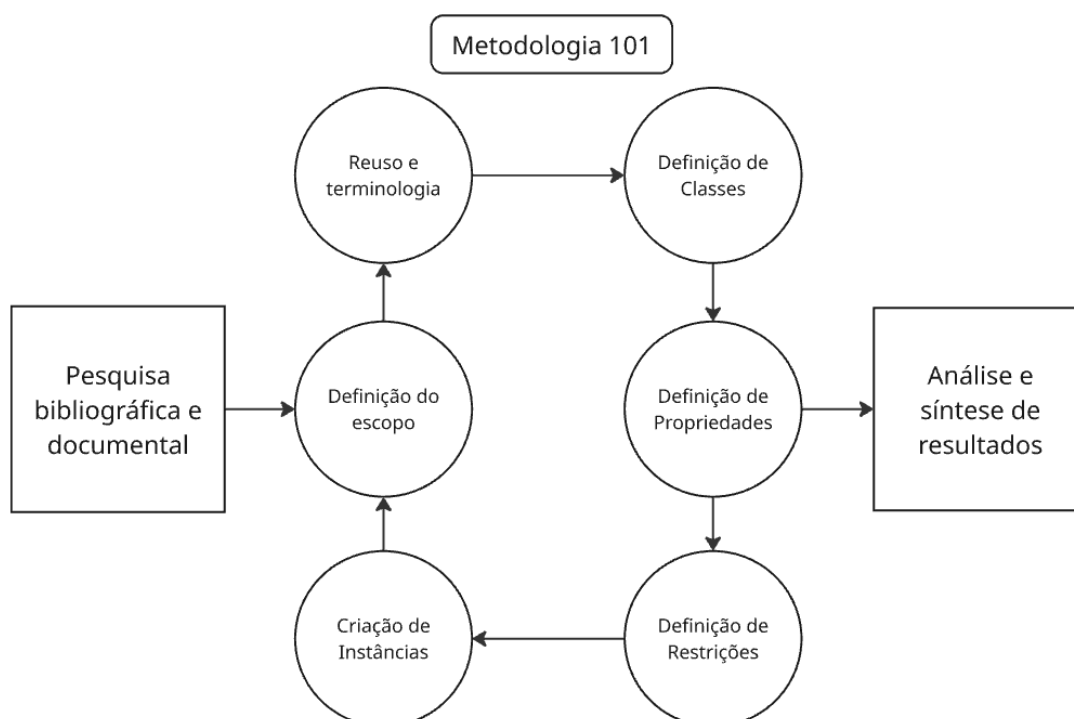
O objetivo geral desta pesquisa é apresentar uma proposta de organização de dados e requisitos da RDC 50 em uma ontologia viável de ser aplicada como uma ferramenta de checagem de regras, interpretada pela teoria computacional como uma semântica, através de linguagens computacionais abertas, acessíveis publicamente, que possam ser compreendidas e aplicadas a partir de uma plataforma BIM.

O objetivo específico da pesquisa é o desenvolvimento de uma Ontologia de Aplicação, seguindo padrões da Web Semântica, para a verificação de requisitos de áreas mínimas de acordo com a RDC 50 em um protótipo de modelo em IFC. Para a viabilidade deste estudo o escopo é limitado a alguns consultórios previstos na norma, associados aos respectivos códigos SomaSUS.

1.4 METODOLOGIA

O método de pesquisa é de revisão teórica, revisão documental e pesquisa exploratória. As etapas do processo de estudo adotado são representados na Figura 1:

Figura 1 – Síntese do processo do estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A primeira etapa da pesquisa é o levantamento do conhecimento já estabelecido sobre o tema, o referencial teórico sobre cada conceito, através de pesquisa bibliográfica no portal Capes e em referências selecionadas e analisadas em trabalhos de bibliometria e levantamentos do estado da arte sobre temas similares, preferencialmente de publicações mais recentes, entre 2015 a 2024, além de indicações de leitura de professores e especialistas. A pesquisa documental engloba as normativas relacionadas a EAS, principalmente do Ministério da Saúde e Anvisa, relacionadas aos padrões BIM e Web Semântica, além dos manuais e padrões da W3C e buildingSmart.

A partir da análise do material teórico desta etapa, são definidas as principais premissas e requisitos norteadores para o desenvolvimento da segunda etapa. Esta é composta de sub-etapas relacionadas à Metodologia 101 de desenvolvimento de ontologias: definição de escopo, reuso, terminologia, definição de classes, propriedades e restrições, criação de instâncias e constante revisão das mesmas, o que se reflete no fluxo circular apresentado na Figura 1. Engloba o planejamento e execução da ontologia de um trecho da RDC 50 através da plataforma de código aberto Protégé, da Universidade de Stanford. Ainda nesta etapa é modelado um protótipo em BIM de uma edificação simplificada com alguns consultórios, como objeto da experimentação da ontologia.

A terceira e última etapa apresenta os resultados obtidos pela integração dos dados do modelo BIM com a ontologia. O produto desta fase é a síntese e análise dos dados, indicando a viabilidade de verificação de regras do protótipo a partir da ontologia proposta para a RDC 50.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho se desenvolve em cinco capítulos.

Esta introdução faz parte do Capítulo 1, subdividido em considerações iniciais, relevância, objetivos, metodologia e estrutura da dissertação.

O Capítulo 2 trata do referencial teórico e é subdividido em empreendimento EAS, RDC 50/2002, Web Semântica, ontologia, BIM e considerações, apresentando uma revisão bibliográfica sobre a definição de cada um dos principais conceitos do tema principal nos itens iniciais e, nas partes finais, o estado da arte em estudos que integram estes conceitos, sintetizando e resumindo as premissas e requisitos adotados no desenvolvimento da ontologia.

O Capítulo 3 descreve a metodologia de desenvolvimento da ontologia, organizando-se nos itens sobre determinação do escopo, reuso de ontologias existentes, terminologia da ontologia, definição de classes, definição de propriedades, definição de restrições e criação de instâncias.

Os resultados e discussão são apresentados no Capítulo 4, sendo divididos em resultados em OWL, resultados em SPARQL e considerações relativas ao experimento.

A conclusão está no Capítulo 5, expondo as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, estão a lista de referências e os apêndices A e B.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 EMPREENDIMENTO EAS

Além de configurar um empreendimento de alta complexidade, seu impacto no ambiente urbano é elevado. Requisitos de diversas disciplinas impõe zoneamentos específicos, diferentes fluxos de trabalho internos e externos, infraestrutura predial diferenciada e conformação física adequada. O poder público busca assegurar que estes requisitos sejam atendidos, diante dos riscos para a saúde pública, através da Anvisa, responsável pela aplicação da norma RDC 50 de 2002, desenvolvida para este fim.

2.1.1 Definição de EAS e conceitos correlatos

Corriqueiramente conhecido como construção hospitalar e, por outro lado, considerado pelos especialistas como ambiente de saúde, há uma definição oficial introduzida pela Portaria MS/GM 1884 de 1994 para projetos físicos do Ministério da Saúde, que precede e fundamenta a RDC 50/2002, onde Estabelecimento Assistencial de Saúde ou EAS é:

“...denominação dada a qualquer edificação destinada à prestação de assistência à saúde à população, que demande o acesso de pacientes, em regime de internação ou não, qualquer que seja o seu nível de complexidade” (Brasil, 1994).

Em 2002, quando a norma passa a integrar o escopo da regulamentação da Anvisa, critérios e conceitos das disciplinas de Biossegurança e política de Humanização na saúde passam também a ser considerados. Para além das definições e preceitos estabelecidos em norma, há um conjunto de boas práticas em projeto de EAS, com o objetivo de melhoria de qualidade no empreendimento. Sob uma perspectiva da prática, baseada em evidências científicas e constatações pessoais, Bross (2013) apresenta como requisitos formais as Normatizações, Certificações e Acreditações e, além destes, alguns requisitos informais, porém estruturantes, para os espaços de saúde:

- Funcionalidade, através da correta disposição dos espaços, potencializando os fluxos de produção de serviço assistencial de saúde centrado no paciente;
- Ambiência, através da adequação da interface entre espaço e usuário, visando à qualidade psicológica, principalmente pelo conforto ambiental e comunicação visual;
- Flexibilidade para adequação, beneficiando os processos operacionais de manutenção e modificação de tecnologias;

- Expansibilidade, configurada desde a fase de planejamento, com o objetivo de possibilitar que reformas sejam realizadas sem a interrupção do serviço, seja ao permitir a implantação de áreas provisórias durante a reforma ou ao viabilizar que novas tecnologias e processos de produção de saúde sejam acrescentados em novos espaços.

Além dos ambientes que abrigam diretamente as atividades relacionadas aos pacientes, também são integrantes do EAS os espaços de apoio indiretos, não utilizados por pacientes ou equipe assistencial, voltados para a plena operação dos serviços, como áreas de apoio técnico, administrativo, logístico e infraestrutural.

Através das definições apresentadas, para este estudo, será considerado como EAS o conjunto de atividades e seus espaços previstos na RDC 50.

2.1.1.1 Biossegurança e Infecção Hospitalar em EAS

Biossegurança é um conceito desenvolvido e formalizado a partir da década de 1970, quando a engenharia genética se desenvolve e provoca discussões na comunidade científica acerca dos seus impactos na sociedade. Inicialmente visando à proteção dos profissionais envolvidos nas pesquisas biológicas em ambientes laboratoriais, evolui para a proteção contra outros agentes classificados como periféricos pela OMS, sendo os riscos químicos, físicos, radioativos e ergonômicos.

Nos anos 90, são incorporados, dentro do conceito de Biossegurança, a ética em pesquisa, meio ambiente, uso de animais e DNA recombinante. Ela passa a integrar as ações da vigilância sanitária, além da segurança do trabalho, sendo aplicada como processo de ações individuais e coletivas. Biossegurança passa da esfera do ambiente ocupacional para o ambiente coletivo.

No Brasil, ela é uma multidisciplinaridade das áreas de saúde pública, engenharia de segurança, medicina do trabalho, saúde do trabalhador, higiene industrial, engenharia biomédica e infecção hospitalar (Teixeira; Valle, 2010).

A Anvisa estabelece regras específicas de Biossegurança para ações relacionadas a OGM (Organismos Geneticamente Modificados, ou transgênicos) e pesquisa com células-tronco embrionárias. Para outras aplicações, a Biossegurança é adotada como boa prática e diretriz, estando implícita às normas para os serviços relacionados à saúde pública e ambiental. Através da lei 11.105 de 24 de março de 2005, na concepção dessas normas,

atuam o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS, a Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio, a partir da Política Nacional de Biossegurança – PNB. A aplicação destas normas se dá diretamente através da Anvisa e indiretamente por OTPs da Defesa, Trabalho, Meio Ambiente, Relações Internacionais e Agropecuária.

No ambiente do EAS, a Biossegurança é avaliada pelas CSTs (Comissões de Saúde e Segurança do Trabalho). Seus conceitos permeiam outra disciplina que, apesar de ter se desenvolvido em paralelo dentro do ambiente de assistência à saúde, trata exatamente dos riscos relacionados às infecções biológicas, principalmente dos pacientes do EAS: o Controle da Infecção Hospitalar (CIH). Através da Portaria 2.616/1998, o Ministério da Saúde institui as Comissões de Controle de Infecção Hospitalar (CCIH), grupos de trabalho responsáveis pelo desenvolvimento e execução do Programa de Controle de Infecções Hospitalares (PCIH), com o objetivo de reduzir e prevenir sua incidência e gravidade. De acordo com o Ministério da Saúde, infecção hospitalar é

“qualquer infecção adquirida após a internação do paciente e que se manifesta durante a internação ou mesmo após a alta, quando puder ser relacionada com a internação ou procedimentos hospitalares.” (Brasil, 1997).

O termo mais adequado para “infecções hospitalares” seria “Infecções Relacionadas à Assistência à Saúde” (IRAS), justamente porque o EAS não engloba somente os modelos hospitalares, ou seja, de internação, mas também de assistência ambulatorial, exames e terapias, além dos serviços técnicos e logísticos relacionados. Porém, até 2022, ainda se adota amplamente a sigla CIH nos EAS, provavelmente por continuar presente em algumas normas vigentes. Ao observar especificamente as questões das infecções em pacientes, relaciona-se diretamente com a biossegurança.

2.1.1.2 Humanização e Cuidado Centrado na Pessoa

Em 2003, é instituída pelo Ministério da Saúde a Política Nacional de Humanização da Atenção e Gestão do SUS (PNH) – ou HumanizaSUS. Em sua cartilha (Brasil, 2010), descreve como princípios a transversalidade, a indissociabilidade entre atenção e gestão e o protagonismo, co-responsabilidade e autonomia dos sujeitos e dos coletivos. Introduz um tema sensível ao universo do EAS público, devendo ser implementada de forma sistêmica através da participação de todos os usuários, de gestores a técnicos e pacientes, com o mesmo objetivo de melhoria da qualidade assistencial. Esta variedade e quantidade de atores conforma um desafio que demanda ferramentas efetivas para a implementação do PNH. Sua

cartilha vigente em 2022 não estabelece tais ferramentas, limitando-se ainda a indicar alguns conceitos diretrizes, como Acolhimento, Gestão Participativa, Ambiência, Clínica Ampliada e Compartilhada, Valorização do Trabalhador e Defesa dos Direitos dos Usuários. Tais diretrizes se aproximam dos conceitos de Person Centered Care ou Cuidado Centrado na Pessoa.

Desde a década de 1980, o instituto Planetree, fundado em São Francisco, EUA, certifica ambientes de saúde a partir destes conceitos, que envolvem resultados e ações sistêmicas, similares aos princípios do PNH. Em 2022, qualifica em diversos países ambientes de saúde através de etiquetas, atuando no Brasil em instituições como o Hospital Israelita Albert Einstein.

2.1.1.3 Complexidade do empreendimento EAS

O empreendimento em AECO é composto por todas as atividades e produtos do ciclo de vida de uma edificação, contidas nas etapas de concepção, projeto, execução e operação. A tipologia do empreendimento de EAS é considerada como uma das mais complexas em relação a outras tipologias. A criticidade da biossegurança e da humanização, centralizando a atenção no paciente, são os objetivos principais a serem atingidos pelo empreendimento. Isso impõe uma multidisciplinaridade que integra e aprofunda áreas diversas do conhecimento. Participam do processo de planejamento do EAS não somente arquitetos e engenheiros, mas também médicos, enfermeiros, fisioterapeutas, farmacêuticos, nutricionistas, biólogos, físicos, administradores, economistas, psicólogos e assistentes sociais. A edificação, além de segura e infraestruturalmente adequada, deve ser funcional, viável economicamente e prover conforto ambiental e humanização (Bross, 2013).

O fator da evolução da biomedicina impõe complexidade e dinâmica infraestrutural à edificação, que deve estar preparada para abrigar os variados produtos da inovação científica. A globalização e o aumento da expectativa de vida da população contribuem para a complexidade dos usuários do EAS, seja pela variedade genética, etária, patológica e epidemiológica, seja pela diversidade sociocultural, ampliando o rol de serviços, cada vez mais especializados, de assistência em saúde.

2.1.2 Abordagem sistêmica urbana

Diante da alta complexidade do empreendimento de EAS, seu planejamento depende diretamente da abordagem sistêmica urbana. Seu entendimento precisa se integrar às diversas interfaces da engenharia urbana.

Antes dos grandes avanços da biomedicina no século XX, o urbanismo e a saúde pública estavam diretamente relacionados. No projeto urbano de Haussmann, estavam previstas redes de saneamento (Chasles, 2016), quando se constatava que a circulação de ar se relacionava ao escoamento do esgoto e resíduos, o que impactava na qualidade de vida da população. As evidências eram empiricamente interpretadas como miasmas, onde os odores se relacionavam com as doenças e deveriam ser eliminados através do fluxo de ar e contenção de suas fontes.

Em 1854, John Snow, médico considerado como pai da epidemiologia geográfica, demarcou em plantas urbanas de Londres os casos de cólera, criando um zoneamento da doença e concluindo que a infecção se dava pelo consumo da água, não se tratando de um miasma. Através do sistema inovador de mapeamento de casos, conseguiu localizar quais poços estariam contaminados e a causa, que seria o contato da água consumida com o esgoto infiltrado (Advulla, 2024).

Contemporânea a John Snow, Florence Nightingale, enfermeira na mesma Londres, através de seus conhecimentos avançados de matemática, produziu estudos em epidemiologia e estatística sanitária. Além de ser considerada fundadora da profissão da enfermagem moderna, na área da arquitetura, contribuiu indicando que o controle da qualidade ambiental é um fator fundamental para a aceleração da cura do paciente. As enfermarias precisavam de adequada ventilação, iluminação, temperatura, qualidade acústica (silêncio) e higienização constante do espaço, mobiliário e roupas (Miquelin, 1992). O modelo de enfermaria desenvolvido por ela tornou-se referência internacional, sendo consagrado e amplamente aplicado como a tipologia denominada “enfermaria Nightingale” (Goldin, 1994).

Mesmo após o advento da microbiologia, o higienismo ainda influenciava as tipologias arquitetônicas, notadamente através do Movimento Modernista. Le Corbusier, em seus memoriais de projeto, justificava a implantação afastada das vias e edificações vizinhas, os pilotis, grandes vãos e aberturas, pátios ensolarados, paredes brancas e minimalismo

ornamental como meios de garantir a saúde nos ambientes da edificação e também nas cidades, através de “sol, espaço e área verde” (Corbusier, 1943).

Somente após os avanços da biomedicina e engenharia, da descoberta de novos medicamentos, terapias e tecnologias como plásticos, antibióticos, vacinas, saneantes, anestésicos e biossegurança, as epidemias passaram a ter menos influência sobre Arquitetura e Urbanismo, que, na segunda metade do século XX, voltam sua atenção a outras questões, como sustentabilidade e mobilidade urbana.

O evento da Covid-19 a partir de 2020 trouxe de volta o debate sobre a relação entre urbanismo e saúde pública, destacando o problema da alta densidade populacional encontrada nas grandes cidades do século XXI versus a demanda pelo distanciamento social, não somente como medida de contenção, mas também como agravante das barreiras físicas e sociais da cultura metropolitana. A NBR 7256:2021, sobre o tratamento de ar em EAS, foi reformulada de forma a exigir filtragem e renovação forçada de ar em diversos compartimentos que, na versão anterior, não eram exigidos. Isto implica no aumento significativo de áreas, consumo energético e geração de ruído. Apesar disso, não foi estabelecida uma relação oficial entre essa alteração e a pandemia. A Nota Técnica GVIMS/GGTES/ANVISA 04/2020, atualizada em 2024, indica que a norma anterior, de 2005, deve ser respeitada (Brasil, 2020). Ademais, ainda são necessários mais estudos para uma conclusão sobre a relação da pandemia por Covid-19 e as questões do planejamento urbano contemporâneo.

O tema da saúde pública em 2024 ainda se relaciona diretamente à epidemiologia geográfica e ao saneamento básico e se expande a outras interfaces urbanas, onde o EAS é sensível à qualidade das redes de infraestrutura da cidade, e sua população, principalmente a que depende dos serviços públicos de saúde, é sensível à disponibilidade e qualidade dos EASs (Brasil, 2023). Devido à biossegurança, a criticidade dos sistemas de infraestrutura urbana é maior se comparada a outras tipologias de edificação, por impactar diretamente na vida do paciente e da vizinhança. O gerenciamento de recursos de energia, água e comunicação deve garantir qualidade no fornecimento. O gerenciamento de resíduos sólidos e de esgoto é submetido a rigorosas normas que visam à biossegurança da população.

O EAS demanda não somente acessibilidade e mobilidade adequada dos pacientes e trabalhadores — seja a pé, por transportes públicos, particulares, ambulâncias, funerários e até por helicóptero — mas também de insumos e gestão de resíduos, gases medicinais

(oxigênio e nitrogênio), hotelaria (lavanderia de roupas de cama e banho para leitos), instrumentos médicos contaminados e esterilizados, alimentos, fármacos, amostras biológicas, saneantes, descartáveis, EPIs, resíduos comuns, resíduos especiais (químicos e radioativos) e resíduos infectantes (tecidos e fluidos humanos e biológicos).

2.1.2.1 Impactos no contexto urbano e social

A determinação por legislação da implantação de equipamentos urbanos comunitários reflete o objetivo do poder público em prover bem-estar social, garantindo que um mínimo de parcelas territoriais sejam destinadas ao uso comum. Os equipamentos de saúde podem ser considerados públicos, garantidos pelo planejamento urbano e políticas de saúde, ou privados, provenientes de demandas espontâneas de indivíduos ou grupos sociais. O correto dimensionamento, programação e implantação urbana destes empreendimentos são determinantes para a qualidade de vida que o equipamento irá prover à população, seja ela usuária ou vizinha da edificação.

Toledo (2020) discorre sobre os principais aspectos da relação entre o EAS e a rede urbana na qual se insere. As áreas de internação e de serviços de alta complexidade exigem níveis maiores de conforto ambiental, com destaque para o conforto acústico, onde os ruídos urbanos podem prejudicar a qualidade assistencial, e os ruídos do fluxo de ambulâncias, caminhões, geradores e centrais de água gelada podem impactar negativamente a qualidade de vida da vizinhança. A orientação de empenas, janelas e aberturas para ventilação impacta diretamente nos sistemas AVAC, que controlam não somente a climatização, mas que, em EAS, atuam na biossegurança de centros cirúrgicos, UTIs, internações de isolamento e diversos outros ambientes críticos.

O impacto urbano do EAS é proporcional à complexidade e ao dimensionamento da edificação. Estudos de impacto nas redes públicas de drenagem, eletricidade, telecomunicações, transportes, gerenciamento de resíduos e abastecimento de água devem ser executados de forma criteriosa, visando avaliar a viabilidade física, legislativa e econômica do empreendimento, bem como a geração de demandas por modificações e ampliações na infraestrutura e na malha urbana.

O fator da sustentabilidade também deve ser considerado ao longo de todo o ciclo do empreendimento. A contribuição social não deve se sobrepor à qualidade ambiental, o que seria contraditório, pois está diretamente associada à qualidade de vida da própria sociedade.

A biossegurança do EAS demanda volumes extraordinários de recursos naturais, sendo o fornecimento contínuo de água e energia um fator crítico, principalmente nas áreas de suporte à vida do paciente. Os processos de produção da saúde geram diversos resíduos que impõem riscos à vida da população e impactam a qualidade ambiental. Sempre que possível, devem ser adotadas medidas preventivas ou, na impossibilidade, ações mitigatórias para compensar a pegada ecológica do empreendimento EAS.

2.1.3 Requisitos legais

Além das regras diretamente referentes à saúde e biossegurança, outras normas devem ser observadas, prevenindo e mitigando os diversos riscos relacionados ao EAS e garantindo sua função como equipamento social. Para o caso da cidade do Rio de Janeiro, como exemplo, um projeto de EAS deve ser aprovado em diversos órgãos, dependendo do seu programa de necessidades. Os principais OTPs a serem consultados, neste caso, são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - OTPs e áreas de atuação para projetos e obras de EAS no Rio de Janeiro.

OTP	Área de atuação
Anvisa, MS, IVISA-Rio, SES/RJ	Vigilância Sanitária e Saúde
SMU	Plano diretor, Leis de uso e ocupação do solo e código de obras e posturas urbanas
CET-Rio	Impacto no trânsito, acessos e vagas de veículos
Rio-Águas	Galerias pluviais subterrâneas
CBMERJ	Segurança contra incêndio e pânico
IRPH, INEPAC, IPHAN	Proteção do Patrimônio Cultural e Paisagístico
GEM	Sistemas de engenharia mecânica
CNEN	Sistemas de radiação ionizante
Procel	Sustentabilidade em empreendimentos de EAS públicos acima de 500 m ²

INEA	Impacto ambiental
Empresas fornecedoras e distribuidoras de energia, água, telecomunicação urbanas	Viabilidade das redes infraestruturais
ANAC	Helipontos

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.2 A RDC 50/2002

Criada pela lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999, a Agência Reguladora Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) é uma autarquia de regime especial, vinculada ao Ministério da Saúde. É responsável pelo controle sanitário de produtos e serviços como medicamentos, alimentos, cosméticos, saneantes, derivados do tabaco, produtos médicos, sangue, hemoderivados e serviços de saúde. Dentro da esfera da saúde pública e biossegurança, atua através da elaboração de regulamentos técnicos, controle de portos, aeroportos e fronteiras, monitoramento e fiscalização dos ambientes, processos, insumos e tecnologias de saúde, e até mesmo dos preços de medicamentos.

Através do Regulamento Técnico da Resolução de Diretoria Colegiada nº 50, de 21 de fevereiro de 2002 (RDC 50), a Anvisa é responsável por regulamentar o planejamento, programação, elaboração, avaliação e aprovação de projetos físicos dos EAS.

Em consonância com sua missão, orienta as secretarias estaduais e municipais de saúde no cumprimento e interpretação da Resolução, sendo estas responsáveis pela sua aplicação e execução, podendo estabelecer outras normas além da RDC 50, de caráter supletivo ou complementar, a fim de adequar o EAS às especificidades locais.

A regulamentação dos projetos de ambientes de saúde existe desde a década de 1960 no Brasil. Neste contexto, as regras eram consideradas rígidas por não se adequarem às diferentes necessidades operacionais e regionais. A Portaria 400/1977 do Ministério da Saúde foi uma das primeiras tentativas em apresentar parâmetros projetuais ao invés de regras, indicando o desenvolvimento prévio do programa de necessidades. Porém, apresentava modelos para EAS de até 150 leitos que, além de limitados, não descreviam quais atividades poderiam ser processadas em cada ambiente. Era um modelo fechado – ainda produzia EAS repetidos que muitas vezes não comportavam as inovações e variedades em assistência à saúde e as diferenças urbanísticas de cada região.

O Sistema Único de Saúde (SUS), instituído pela Lei Orgânica da Saúde 8080/1990, em suas diretrizes, ressalta a importância da descentralização político-administrativa, respeitando as políticas regionais, relacionadas às culturas locais e aspectos geográficos, ambientais e epidemiológicos. Em 1994, a Portaria 400/1977 é substituída pela 1884/GM, que amplia suas informações e disciplinas, acolhendo os princípios do SUS, permitindo a flexibilidade através de maiores possibilidades de tipologias. Descreve e destaca a importância de um planejamento integral do EAS, englobando todas as fases e disciplinas de um projeto, priorizando e detalhando o desenvolvimento da Programação Físico-Funcional dos EAS, iniciado a partir de um modelo delineado pelos usuários (gestores e equipe de planejamento) e não mais pela norma. Apresenta a organização em tabelas dos diferentes espaços e seus variados requisitos – não somente de dimensionamento.

Em 2002, a Portaria 1884/1994 é revisada e substituída pela RDC 50/2002, quando sua regulamentação e fiscalização passam a ser realizadas pela Anvisa. A norma praticamente mantém sua estrutura e conteúdo de 1994, acrescentando critérios e conceitos das disciplinas de Biossegurança em laboratórios. Desde a portaria 1884/1994 e continuando na RDC 50, o CIH direciona um sistema de classificação de ambientes, de acordo com a sensibilidade ao risco de transmissão de infecção, que pode ser crítico, semi-crítico e não crítico. Para os serviços em EAS relacionados ao parto e à pediatria, a RDC 50/2002 indica algumas ações a favor da humanização, conceito que, no ano posterior, torna-se instituído pela PNH.

Apesar de suas qualidades, os dados da RDC 50 podem estar defasados. Em suas considerações iniciais, a norma indica que as secretarias estaduais e municipais devam se adequar “às novas tecnologias na área da saúde”. Considerando que: a data da versão vigente é de 21 de fevereiro de 2002; a dinâmica inerente à alta complexidade da tipologia, que de forma e periodicidade imprevisível impõe novos processos de trabalho; a indústria brasileira de AECO também modificou seus processos ao longo de duas décadas, sendo compreensível quando arquitetos e engenheiros especializados em EAS expressam a necessidade de que a norma seja revisada.

Em 2016, foi criado o Grupo de Trabalho da Anvisa para este fim, havendo a previsão de que esta revisão fosse concluída em 2020 – até 2024 não há registro da publicação de

qualquer norma substitutiva. A partir da leitura da minuta¹ da norma anterior à última Consulta Pública 725/2019 da Anvisa (Brasil, 2019), há uma proposta de manutenção da organização por tabelas e atributos – embora a numeração esteja diferente – além do destaque sobre a definição do planejamento das atividades do EAS e de um controle sistemático dos riscos sanitários, que passam a ser codificados e relacionados com a NBR 7256:2021 sobre tratamento de ar em EAS, que traz considerável impacto para o dimensionamento da edificação.

Além da RDC 50, existem outras resoluções do órgão que abordam tópicos mais específicos de EAS, e também diretrizes de outros órgãos de saúde, nacionais e regionais. De qualquer forma, a RDC 50 ainda é a norma matricial, de maior abrangência, que integra e estrutura as demais normas para EAS. Observa-se que, desde sua formatação em 1994, a norma continua a ser modulável e integrada a outras políticas e conceitos.

2.2.1 Análise sobre a organização da RDC 50

A seguir são apresentadas características destacadas da norma, relevantes ao estudo e definição do escopo do protótipo e da ontologia no Capítulo 3.

A partir da leitura do histórico de normas que precederam a RDC 50 de 2002 e da própria, entende-se que ela evoluiu de um conjunto de regras rígidas para uma organização de parâmetros modulados atendendo à demanda por maior flexibilidade na programação funcional da edificação.

Trata-se de uma norma que organiza considerável número de dados por temas de AEEO, estruturada em listas, tópicos e tabelas, que podem ser agrupados e harmonizados em incontáveis composições diferentes de EAS. Apresenta linguagem e processos de planejamento utilizados pelo público-alvo, no caso, os profissionais atuantes da indústria AEEO.

Ela não comporta a interpretação subjetiva das diretrizes de biossegurança, humanização e conforto. Tais diretrizes apresentam-se traduzidas e implementadas em

¹ Até 2022 a minuta ainda era acessível em <http://portal.anvisa.gov.br/documents/219201/2782895/Minuta+de+revisao+RDC+50-2002/f1185ff8-1c13-4020-a59e-c5e9200e6575>, em 2024 não estava mais disponível. Porém, é possível ser acessada pelo site da Internet Archive em <https://web.archive.org/web/20161027081928/http://portal.anvisa.gov.br:80/documents/219201/2782895/Minuta+de+revisao+RDC+50-2002/f1185ff8-1c13-4020-a59e-c5e9200e6575> (acesso em 15/03/2025).

regras exatas e objetivas como, por exemplo, no caso da humanização, a obrigatoriedade da existência de espaços de recreação e educação infantil e de atendimento a acompanhantes em unidades de internação pediátrica. A RDC 50 é abrangente não através da subjetividade, mas da variedade e quantidade de itens, em suas extensas listas de ambientes possíveis dentro de um EAS. São mais de 400 diferentes ambientes, cada um abrigando atividades específicas, com seus requisitos físicos próprios.

Para diferenciar tais espaços, a RDC 50 estabelece nomes que, para não entrarem em duplicidade, algumas vezes tornam-se longos e compostos de muitas palavras, como por exemplo, “sala de armazenagem e distribuição de alimentos de programas especiais” diferente de “sala de armazenagem e distribuição de materiais e roupas esterilizados”. Nomes longos na representação gráfica tendem a ser abreviados sem padronização pelos projetistas, de forma arbitrária. Em um processo de automação, a falta de padronização e simplicidade poderia ser contornada por uma codificação de cada compartimento, como a adoção oficial pela norma do código desenvolvido para SomaSUS, dentro da lógica de dados abertos conectados, como apresentado no item 2.3.

Apesar desta característica, a RDC 50 é relativamente bem organizada, apresentando em sua composição tabelas dos requisitos de cada compartimento, facilitando um processo de transformação em uma linguagem computacional.

A consulta da norma inicia-se através da observação da listagem de atividades, cada qual com uma numeração única. Quem define quais atividades o EAS deve oferecer são os responsáveis pelo seu planejamento. A norma apenas as enumera e relaciona aos respectivos espaços. Portanto, antes do processo de consulta da norma, cabe ao projetista levantar a programação das necessidades do estabelecimento, junto aos seus gestores, utilizando a lista de atividades a serem realizadas estabelecidas pela RDC 50. Exceto por determinados equipamentos hidro-sanitários e pontos de instalações genéricos, a norma não indica quais ou quantos equipamentos, usuários ou mobiliário o compartimento deve possuir, sendo atribuição do gestor do EAS definir estes dados durante o desenvolvimento prévio do programa de necessidades. Sem que estas informações estejam pré-estabelecidas, não é possível determinar quais requisitos da norma devem ser adotados. O número de leitos, por exemplo, irá determinar quantos postos de enfermagem uma enfermaria ou UTI deve ter minimamente. O modelo do tomógrafo pode alterar o dimensionamento da sua sala. A quantidade ou sistema de prontuários indicará o volume do arquivo médico.

Portanto, os primeiros requisitos a serem atendidos são as respostas dadas na definição do programa de necessidades. O segundo conjunto de requisitos a ser observado é o das atividades, relacionando cada uma a cada espaço. O terceiro conjunto de requisitos é dos relacionados aos espaços individualmente ou conjunto de espaços que conformam unidades funcionais, possuindo características próprias, como nome distinto, nível de criticidade, classificação funcional (denominada pela norma como atribuição), conformação física (dimensionamento, largura de porta de acesso), relacionamento com outros espaços ou unidades funcionais, pontos de instalação, tipo e quantidades de usuários, leitos e postos de trabalho.

Outros requisitos de acessibilidade, biossegurança, conforto ambiental ainda são apresentados para áreas e temas pontuais, como quantitativos de pontos de gases medicinais, vagas de veículos, dimensionamento de acessos externos e internos, elevadores, escadas e rampas, latência dos sistemas emergenciais de energia elétrica. Muitas vezes, estes requisitos são sobrepostos pelas normas da ABNT e de outros OTPs, conforme indicado no próprio texto da RDC 50, que informa que tais normas devem ser consultadas e adotadas caso sejam mais restritivas.

De acordo com o estudo de Soliman (2018), foram identificados 1273 requisitos na norma, sendo 64,5% deles considerados como passíveis de se tornarem regras lógicas, no caso, para serem verificadas a partir do software Solibri Model Checker. O autor considera como esperado e benéfico que nem todos os requisitos de um projeto de EAS sejam atendidos de forma automática - apenas os repetitivos, destacando a importância da continuidade da participação humana neste processo. Ainda assim, sugere que a forma como as normas são escritas poderia ser diretamente adaptada para o uso de verificação automatizada por máquinas, sendo o texto lido por humanos resultante de uma tradução de linguagem de máquina para linguagem natural.

2.2.2 A contribuição do SomaSUS

Em 2004, o Ministério da Saúde apresentou o Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde, o SomaSUS, como uma ferramenta que facilita o entendimento das normas da Anvisa para EAS por leigos – adiciona um sistema de códigos para as centenas de compartimentos diferentes e ainda sugere um conjunto de dados, igualmente codificados, de equipamentos e mobiliário. O sistema original permitia imprimir

relatórios, layouts e gráficos como suporte a projetos, de acordo com a filtragem de dados que o usuário preferisse. Instituído pela Portaria MS/GM 2481/2007, é apresentado da seguinte forma:

“O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, no uso de suas atribuições legais,” (...) “resolve: Art. 1º Instituir o Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde - SOMASUS, com o objetivo de auxiliar gestores e técnicos na elaboração de projetos de investimentos em infraestrutura na área de saúde. Art. 2º A Secretaria-Executiva do Ministério da Saúde adotará as providências necessárias para a plena estruturação e manutenção do SOMASUS.” (Brasil, 2007)

O sistema é disponível de forma gratuita e interativa na internet ao público em geral em 2025, tendo sido totalmente modificado em 2024. Até 2023, parte de suas informações podia ser livremente baixada no formato PDF do manual de “Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde”, dividido em 4 volumes contendo dados das principais unidades funcionais:

- Volume 1: Atendimento Ambulatorial e Atendimento Imediato
- Volume 2: Internação e Apoio ao Diagnóstico e Terapia: Reabilitação
- Volume 3: Apoio ao Diagnóstico e Terapia: Imagenologia
- Volume 4: Apoio ao Diagnóstico e à Terapia: Anatomia Patológica, Hemoterapia e Hematologia, Medicina Nuclear e Patologia Clínica

Elaborada pela equipe do Grupo de Estudos em Engenharia e Arquitetura Hospitalar da Universidade Federal da Bahia (GEA-Hosp/UFBA), em parceria com o Instituto de Engenharia Biomédica da Universidade Federal de Santa Catarina (IEB/UFSC), desde sua criação, vem se desenvolvendo continuamente, atualizando-se e agregando mais informações ao planejamento de EAS.

Em sua versão de janeiro de 2025, o portal se apresenta reformulado, porém a codificação e estrutura da versão original foram retiradas, sendo possível encontrar essas informações apenas nestas publicações.

O SomaSUS se embasou amplamente na RDC 50, transpondo os parâmetros construtivos dos espaços para fichas ilustradas com layout esquemático, fluxogramas de proximidade, pontos de instalação, sugerindo listas de mobiliário e equipamento usualmente aplicados, além de parâmetros de outras normas. Para a realização de estudos de viabilidade econômica, essas listagens são úteis principalmente quando não há a participação dos diferentes atores do EAS.

Porém, para um planejamento adequado de um empreendimento, a quantificação e detalhamento de pacientes, trabalhadores, mobiliário e equipamentos são definidos pelos gestores do EAS e sua equipe técnica multidisciplinar, capaz de apresentar tecnologias e políticas que podem ser diferentes do que está sugerido pelo SomaSUS. Segundo o questionamento-título de sua publicação “Quem tem medo de Arquitetura Hospitalar?”, Carvalho (2006), coordenador do GEA-Hosp durante o desenvolvimento do SomaSUS, explica que os desafios do processo de um projeto tão complexo devem ser vencidos pelo trabalho conjunto, onde o arquiteto deve se livrar de preconceitos e absorver informação continuamente, de todas as interfaces possíveis.

Portanto, o arquiteto ou engenheiro não deve buscar os modelos preconcebidos deste sistema como solução de projeto. Apesar da concreta contribuição do SomaSUS ao planejamento de EAS, não é considerada pela Anvisa como instrumento oficial de avaliação técnica de projetos físicos. Como descrito no texto de sua própria definição, é um instrumento de projetos de investimento, não se tratando de projetos de arquitetura ou engenharia. Ao sugerir modelos de layout, equipamentos e mobiliário, se interpretada como norma, o SomaSUS entraria em conflito com a flexibilidade que norteia a RDC 50.

A contribuição do SomaSUS para este estudo não trata da apresentação de modelos de EAS, o que remontaria às normas anteriores à Portaria 400/1977. O rol de atividades e compartimentos precisa estar livre de modelos pré-estabelecidos para que modelos inovadores possam ser desenvolvidos. Neste sentido, não fere a modularidade da norma a possibilidade da integração do sistema de códigos SomaSUS para cada compartimento da RDC 50, associando, por exemplo, o código AMB04 para “sala de armazenagem e distribuição de alimentos de programas especiais” e CME08 para “sala de armazenagem e distribuição de materiais e roupas esterilizados”. A codificação ainda vai além dos compartimentos estabelecidos pela RDC 50, ao diferenciar, por exemplo, um “posto de enfermagem e serviços” de uma “enfermaria” ou de uma “UTI”. Apesar de características, requisitos e nome iguais, não se tratam do mesmo objeto, pelo fato de pertencerem a unidades diferentes, sendo adequado que cada enfermaria receba um código diferente.

Além do sistema de códigos, as informações contidas nos textos das publicações de “Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde” são contribuições de grande relevância ao entendimento do EAS, por agregarem e transmitirem livremente o

conhecimento dos especialistas do GEA-Hosp e IEB (Brasil, 2011; Brasil, 2013a, 2013b; Brasil, 2014).

2.2.3 A revisão da RDC50

Em sua minuta disponibilizada para consulta pública em 2016² (Brasil, 2019), a proposta da revisão da norma ainda adota o rol de compartimentos hierarquizados, relacionados, classificados e com seus requisitos específicos de acordo com as atividades assistenciais que comportam. Mantém e organiza a estrutura voltada ao processo de planejamento do EAS, onde as seções evoluem em etapas a serem desenvolvidas.

Destaca-se como diferencial à RDC 50 a definição da Proposta Assistencial, que evidencia a necessidade da participação da gestão do serviço no desenvolvimento do programa de necessidades, exigindo maior definição dos serviços a serem oferecidos e objetivos a serem atendidos pelo EAS. Outro tema inédito é o Risco Sanitário, apresentado no Anexo I, que impacta em requisitos de proximidade, controle ambiental e materiais de acabamento. São descritas novas áreas, além de apresentar maior detalhamento nos requisitos de diversas áreas existentes. Observa-se no geral o aumento de áreas mínimas, que impactam na densidade e viabilidade de implantação urbana. Há uma tendência em destacar principalmente a questão da biossegurança, delegando demais regras de outras disciplinas a normas externas, como os temas de engenharia, sustentabilidade e acessibilidade.

O ponto de atenção principal relacionado a este trabalho seria a ausência de um código para os compartimentos, para itens padronizáveis como pontos de instalação, além das atividades, que na norma de 2002 ainda apresentavam uma numeração - na minuta não apresenta nenhum código, agravando os riscos de erros e ambiguidades na leitura da norma. Apesar das atividades passarem a fazer parte de uma tabela em um anexo próprio, requerem um identificador único para cada uma, assim como os riscos sanitários já apresentam uma sigla única.

² Disponível no site da Internet Archive em <https://web.archive.org/web/20161027081928/http://portal.anvisa.gov.br:80/documents/219201/2782895/Minuta+de+revisao+RDC+50-2002/f1185ff8-1c13-4020-a59e-c5e9200e6575> (acesso em 15/03/2025).

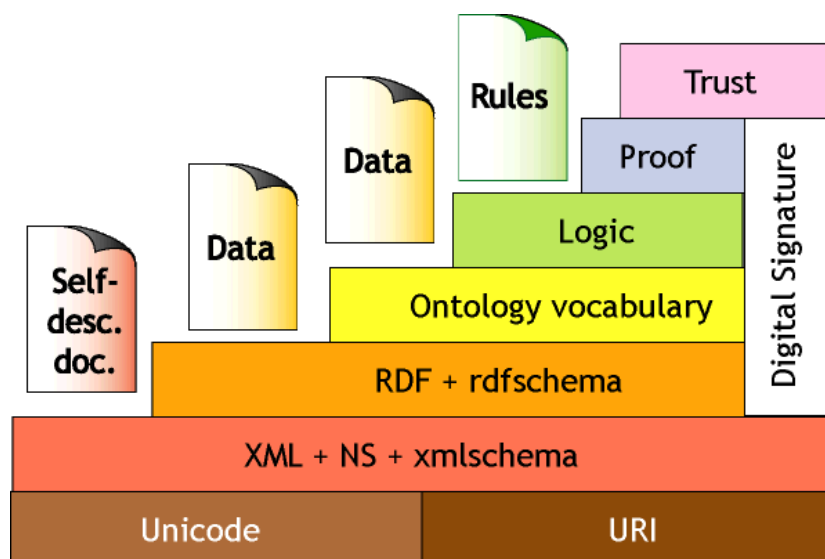
2.3 WEB SEMÂNTICA

Com o advento da *World Wide Web* (WWW, *Web* ou a internet) - desenvolvida e implementada por Berners-Lee no Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN) a partir de 1989, surge em seguida a demanda de que não somente os humanos, mas as máquinas também pudessem efetivamente compreender as informações disponibilizadas na internet. Berners-Lee (1994) aponta que, diante da projeção do aumento de documentos digitais na Web, a pesquisa por um determinado assunto, em alguns anos, tornaria-se inviável se não por máquinas. Para tanto, os computadores deveriam não somente acessar estes documentos, mas processar de forma inteligente e eficiente o seu conteúdo.

Berners-Lee *et al.* (2001) introduzem então o conceito de *Semantic Web*, Web Semântica ou rede semântica, como uma extensão, uma camada ou *layer* sobre os documentos da *Web*, abrigando uma estrutura de relacionamentos entre os dados contidos nos documentos - diferente da *Web* principal que relaciona os documentos apenas por links. Estas informações adicionais contidas em outra camada são chamadas de metadados. A partir do acesso a esses, os computadores passariam a processar os dados de forma mais complexa e sistêmica, parecendo compreender com mais eficácia o conhecimento da Web. Esta definição se aproxima do que hoje é a inteligência artificial, sendo uma abordagem da linguagem centrada no entendimento de uma mensagem pela máquina e não somente pelo humano.

Para que este conceito seja concretizado, Berners-Lee apresenta um modelo informalmente conhecido como "bolo de noiva" ou *layer cake* (Figura 2), descrevendo os recursos tecnológicos necessários para a Web Semântica em padrões universais de dados, organizados em uma pilha de protocolos, ou seja, padrões de linguagem computacional.

Figura 2 - Representação conceitual de *layer cake*.

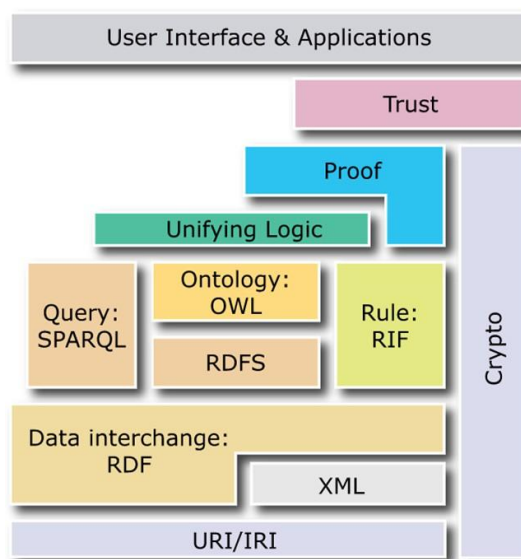


Fonte: <https://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html> (consulta em 12/09/2024).

A Web Semântica seria acessível e aplicável pelo humano e computador através da camada mais alta “*trust*” ou confiança. Até que os dados sejam confiáveis para o uso, devem possuir todas as demais camadas inferiores estruturadas. De baixo para cima, as camadas avançam em complexidade, agregando mais estruturas de informações.

O World Wide Web Consortium (W3C) é um consórcio internacional que padroniza a *Web*, composto por empresas, órgãos governamentais e independentes, com o objetivo de tornar a integração global dos dados possível, fomentando o desenvolvimento e uso de padrões de livre acessibilidade. Desde então, as tecnologias indicadas pela W3C evoluem integradas aos novos e diversos paradigmas tecnológicos, sendo improvável um consenso do que seria um *layer cake* mais adequado. Em 2007, ele é rerepresentado, adaptando as tecnologias propostas para uso de acordo com as recomendações da W3C (Figura 3).

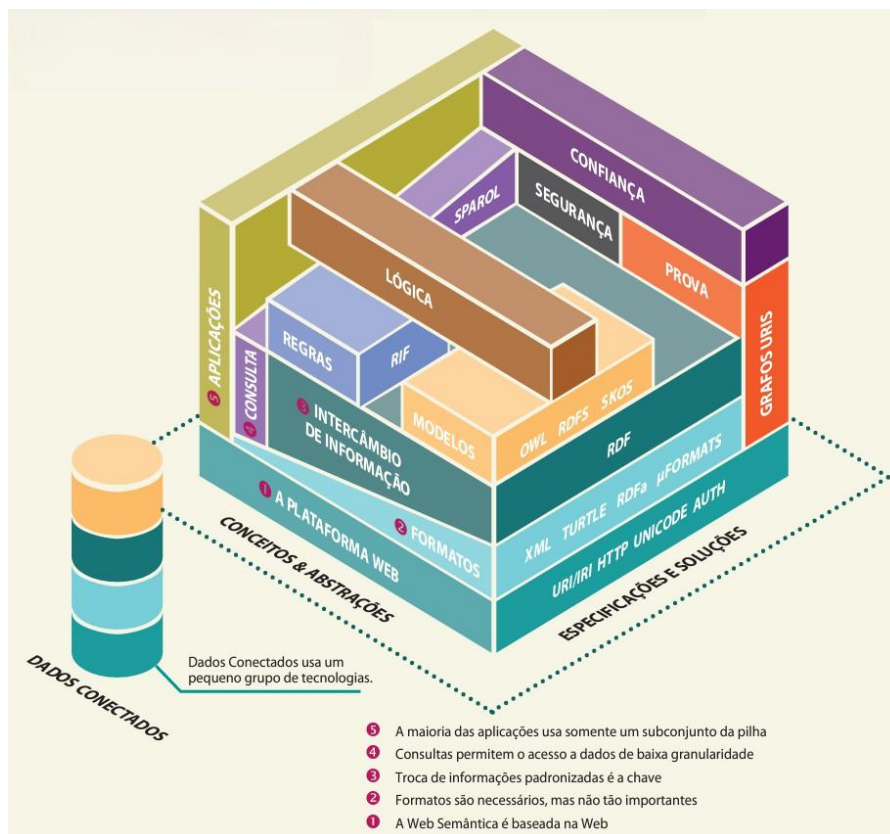
Figura 3 - Representação conceitual de *layer cake* revisada.



Fonte: Berners-Lee (2006).

Nowack (2009) posteriormente apresenta uma versão do *layer cake* (Figura 4) ainda mais complexa e tridimensional, comparando os recursos que compõem os Dados Conectados (abaixo à esquerda da imagem) aos da Web Semântica.

Figura 4 - Representação conceitual de *layer cake* de Nowack.



Fonte: Isotani *et al.* (2015)

A camada mais básica seria o endereço único que identifica um recurso na internet, no caso, URI (*Uniform Resource Identifier*) e sua extensão para caracteres diferentes do sistema ASCII, IRI (*Internationalized Resource Identifier*). As coleções de termos que possuem URI/IRI associados são passíveis de reuso e formariam os vocabulários empregados como referência. Já os que não possuem são os literais com respectivos tipos de dados. Tratam-se de dados de indivíduos que possuem um tipo, como texto, data, número integral etc.

Em seguida e acima, está a camada do formato. Em 2024 já existem diversos aplicativos que fazem a tradução e extração de dados de URIs em diferentes tecnologias, não sendo um ponto de atenção para a Web Semântica. Apesar disso, o formato XML (*eXtensible Markup Language*), linguagem de marcação amplamente utilizada para estruturar e integrar dados na Web, permanece como parte deste nível, desde a primeira versão do *layer cake*, tendendo a ser a referência principal de linguagem.

A terceira camada corresponde ao intercâmbio de informação - esta sim demanda critérios padronizados de linguagens, no caso o RDF (*Resource Description Framework*), caso contrário a integração das diversas fontes de dados não seria possível. Resumidamente, RDF descreve conceitos por meio de grafos ou triplos compostos de sujeito, predicado e objeto. Através de sua estrutura, seria possível relacionar as diferentes ontologias compartilhadas pela Web Semântica. A quarta camada corresponde ao modelo, um conjunto de dados organizados em um esquema representando um domínio de conhecimento, composto de determinados grafos. A ontologia estaria presente nesta camada. Para a integração de diferentes conjuntos de dados e criação de ontologias, a W3C (2024) indica como protocolo a OWL (*Ontology Web Language*) sendo também aceitas outras linguagens, como Turtle e SKOS. Ainda na quarta camada, em paralelo à ontologia estariam as regras no formato RIF (*Rule Interchange Format*). A quinta camada trata da consulta estruturada de dados a partir da linguagem de consulta SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*), através da qual é possível extrair dados RDF, RIF, RDFS de fontes diferentes, integrando e convergindo em um documento único. As últimas camadas - lógica e confiança - seriam as interfaces com usuários e computadores, que tratariam da estrutura tecnológica que permitiria a efetiva compreensão das informações pelos computadores, a inteligência artificial propriamente dita. Dentro desta estrutura estariam os processos de inferência lógica, que permitiriam aos sistemas computacionais criarem novos conhecimentos.

A Web Semântica é realizada a partir destas tecnologias, sendo possível apresentar alguns casos, como a DBPedia, um projeto de código aberto que organiza os dados da Wikipedia em uma forma acessível por computadores. A emissora de mídia inglesa BBC também apresenta em seus sítios eletrônicos páginas que são criadas automaticamente a partir do acesso à Web Semântica para pesquisas sobre temas específicos. O portal de dados governamentais do Reino Unido tem parte dos seus dados conectados classificados como dados abertos 5 estrelas (classificação a ser explanada a seguir) indicando que estes dados podem compor a Web Semântica.

2.3.1 Dados abertos

O advento da Internet também proporcionou a demanda por acessibilidade pública de dados dos organismos governamentais democráticos, que devem seguir diretrizes de transparência, compartilhando abertamente informações produzidas através do financiamento da sociedade civil em serviços públicos. Organizações que fomentam o desenvolvimento social, tecnológico, cultural e científico, através da livre divulgação do conhecimento, também preconizam o compartilhamento aberto da produção científica e acadêmica. Neste sentido, surge o movimento de Dados Abertos na internet através do ativismo digital (Chignard, 2013). A Creative Commons, organização não governamental global, licencia e classifica dados abertos a serem disponibilizados na Internet.

Além dos dados estarem acessíveis, no caso dos OTPs, eles devem atender adequadamente à população, com qualidade, integridade, de forma universal e gratuita, não replicando os defeitos dos serviços burocráticos encontrados nas repartições públicas anteriores à era da computação e da internet. Com o intuito de garantir o acesso efetivo aos dados abertos, em 2007, um grupo de trabalho na Califórnia, EUA, criou os 8 princípios dos Dados Abertos Governamentais (Resource.org, 2023), adotados desde então por diversos países, dentre eles o Brasil:

- **Completos:** Todos os dados públicos são disponibilizados. Dados são informações eletronicamente gravadas, incluindo, mas não se limitando a, documentos, bancos de dados, transcrições e gravações audiovisuais. Dados públicos são dados que não estão sujeitos a limitações válidas de privacidade, segurança ou controle de acesso, reguladas por estatutos;

- Primários: Os dados são publicados na forma coletada na fonte, com a mais fina granularidade possível, e não de forma agregada ou transformada;
- Atuais: Os dados são disponibilizados o quão rapidamente
- seja necessário para preservar o seu valor;
- Acessíveis: Os dados são disponibilizados para o público mais amplo possível e para os propósitos mais variados possíveis;
- Processáveis por máquina: Os dados são razoavelmente estruturados para possibilitar o seu processamento automatizado;
- Acesso não discriminatório: Os dados estão disponíveis a todos, sem que seja necessária identificação ou registro;
- Formatos não proprietários: Os dados estão disponíveis em um formato sobre o qual nenhum ente tenha controle exclusivo;
- Licenças livres: Os dados não estão sujeitos a restrições por regulações de direitos autorais, marcas, patentes ou segredo industrial. Restrições razoáveis de privacidade, segurança e controle de acesso podem ser permitidas na forma regulada por estatutos;

David Eaves, ativista americano, propôs em 2009 três regras para nortear os dados abertos governamentais. Apesar de denominadas como “leis” pelo autor, não são uma obrigatoriedade, sendo apenas orientativas:

- Se o dado não pode ser encontrado e indexado na Web, ele não existe;
- Se não estiver aberto e disponível em formato compreensível por máquina, ele não pode ser reaproveitado;
- Se algum dispositivo legal não permitir sua replicação, ele não é útil.

A Open Knowledge Foundation, organização não governamental que promove a abertura de dados na Web, define Dados Abertos, através de Open Definition, como livremente utilizados, editados ou compartilhados, por qualquer pessoa, para qualquer finalidade, respeitando e divulgando a fonte original destes dados.

Para a administração pública brasileira, a Lei de Acesso à Informação – LAI nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, se aplica aos órgãos públicos federais e aborda conceitos de dados abertos, similares a estes princípios e regras, tornando como “obrigatória a divulgação em sítios oficiais da rede mundial de computadores (internet)” das informações governamentais.

O Ministério do Planejamento instituiu em 2014 o Plano de Dados Abertos e, desde então, realiza revisões bienais. A cada edição, suas informações são disponibilizadas no Portal Brasileiro de Dados Abertos (Brasil, 2024), onde se encontram reunidos mais de 7000 conjuntos de dados, dentre eles o CNES, que reúne dados de qualquer EAS registrado no Brasil, seja um consultório de um médico autônomo, uma clínica de imagens privada ou um hospital público de alta complexidade.

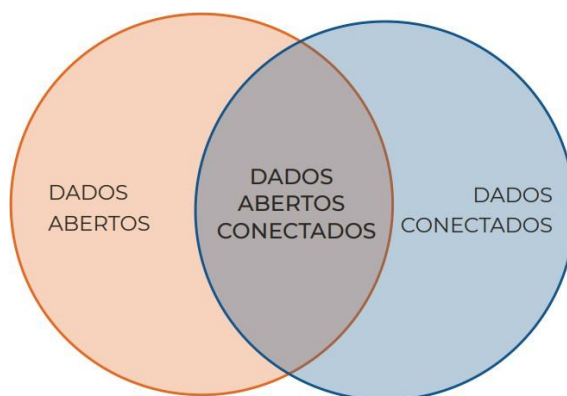
O Ministério do Planejamento estabelece, através do e-PING (Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico), premissas, políticas e especificações técnicas que regulamentam a utilização da Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) na interoperabilidade de serviços de Governo Eletrônico, estabelecendo as condições de interação com os demais poderes e esferas de governo e com a sociedade em geral, indicando uma lista de ontologias já desenvolvidas e disponíveis na Web Semântica a serem adotadas (Brasil, 2025a).

2.3.2 Dados Abertos Conectados

Dados conectados (ou Linked Data) são um conjunto de boas práticas para o desenvolvimento da Web de Dados (Bizer *et al.*, 2006). Apesar de serem dados adequadamente conectados, não são necessariamente abertos. Assim como nem todos os dados abertos seriam necessariamente conectados. Dentro da Web Semântica, os dados conectados podem ser considerados como as camadas de consulta SPARQL e intercâmbio de dados RDF.

O conceito Linked Open Data ou dados abertos conectados requer que os requisitos de ambos os paradigmas sejam simultaneamente atendidos (Figura 5).

Figura 5 - Representação do domínio de Dados Abertos Conectados.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Com o intuito de impulsionar e estruturar a abertura de dados a partir do conceito da Web Semântica, Berners-Lee, em 2009, desenvolveu junto com Nigel Shadbolt um portal de dados abertos governamentais para o Reino Unido: o Data.gov.uk (Reino Unido, 2025), configurando uma referência confiável para outros países na qualificação e organização deste tipo de dado.

No ano seguinte, em 2010, Berners-Lee propõe uma classificação de qualificação dos dados abertos, baseada na quantidade de estrelas, graduada de 1 a 5, onde 5 seriam os de melhor qualidade possível, sendo 4 e 5 os mais adequados a serem considerados como Linked Open Data (Isotani *et al.*, 2015). O Quadro 2 a seguir indica as características que os dados apresentam de acordo com sua pontuação e um exemplo prático:

Quadro 2 - Classificação de abertura de dados.

Classificação	Requisitos	Exemplo
1 estrela	Disponível na Internet Licença aberta Formato não editável	Uma tabela em PDF
2 estrelas	Disponível na Internet Licença aberta Estruturado Formato editável através de um software proprietário	Uma tabela em Excel
3 estrelas	Disponível na Internet Licença aberta Estruturado Formato editável através de um software de licença aberta	Uma tabela em CSV
4 estrelas	Disponível na Internet Licença aberta Estruturado em uma ontologia	Uma ontologia em OWL
5 estrelas	Disponível na Internet Licença aberta Estruturado em uma ontologia Conectado a outras ontologias	Uma ontologia em OWL relacionada a outras ontologias da Web Semântica.

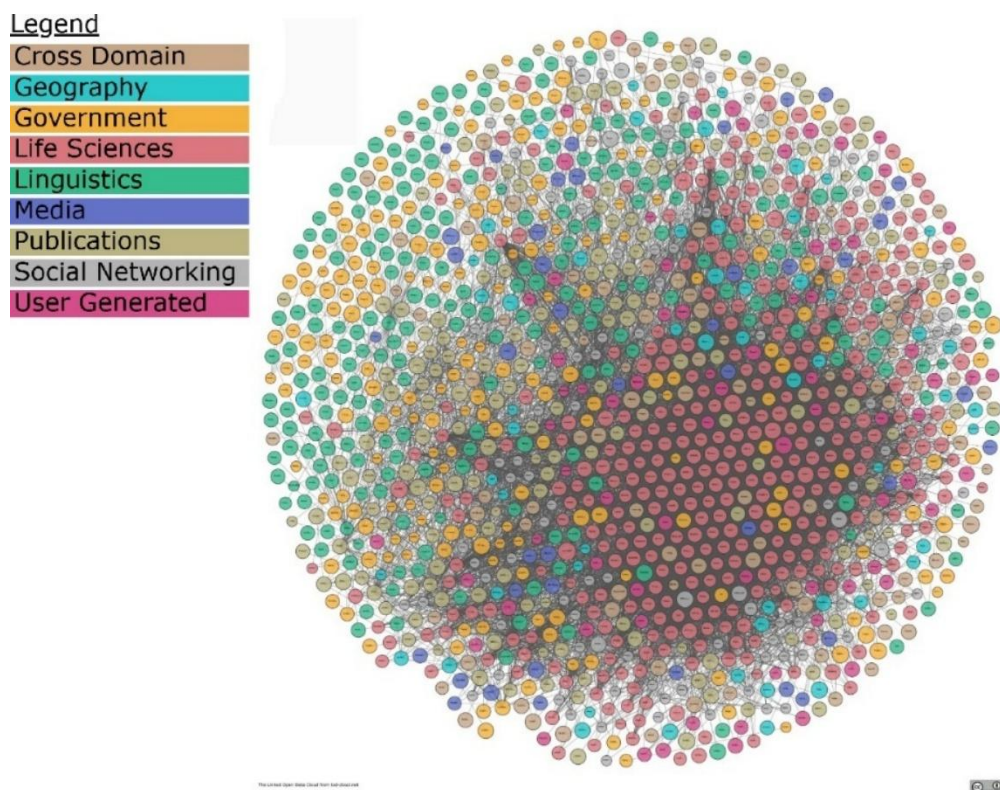
Fonte: 5 star data info. Disponível em <https://5stardata.info/pt-BR/> (Acesso em 16/01/2025).

Hyland *et al.* (2014) definem um conjunto de 10 boas práticas para a publicação de dados abertos conectados, sendo elas:

1. Preparar os Stakeholders: treinamento dos usuários que irão criar e manter os dados;
2. Selecionar as fontes de dados: definição do escopo dos dados que serão abertos, conectados e/ou disponibilizados;
3. Modelar os dados de forma estratégica;
4. Especificar a licença: definir qual o tipo de licença a ser usado;
5. Nomear URIs: definir e aplicar boas práticas;
6. Usar vocabulários padronizados: reuso de vocabulários já estabelecidos, de preferência recomendados pelo W3C;
7. Converter dados das fontes selecionadas e modeladas para a representação adequada de Linked Data;
8. Prover acesso aos dados: definir as formas de acesso aos dados tanto por humanos quanto por máquinas;
9. Anunciar novo conjunto de Linked Data: divulgar para a sociedade a publicação do novo Dataset;
10. Reconhecer a função social: manter de forma responsável os dados publicados, gerenciando seu ciclo de vida.

Linked Open Data (LOD) é a aplicação do conceito de Web Semântica, composta por ontologias e padrão cinco estrelas, ou seja, relacionadas a partir da linguagem RDF, disponíveis na internet e com licença aberta. A Insight Centre for Data Analytics (Irlanda) dispõe em sua página a representação esquemática e interativa da Web Semântica, onde é possível visualizar as ontologias e suas relações, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Representação interativa da Web Semântica.



Fonte: <https://lod-cloud.net/#diagram> (consulta em 15/01/2025).

Através de diferentes cores, o esquema classifica as ontologias em nove temas: Referência cruzada, Geografia, Governo, Ciências da Vida, Linguística, Mídia, Publicações, Rede Social e Gerado por Usuário.

2.3.3 Relação entre Intercâmbio de Dados e Ontologia (RDF e OWL)

O RDF, como apresentado anteriormente, é um modelo para intercâmbio de dados na Web, representando elementos do mundo real através de grafos, sendo estes compostos de triplos. Os triplos são compostos de sujeito (recurso), predicado (propriedade ou relação do recurso) e objeto (outro recurso ou valor). Através do RDF, é possível formar bases de conhecimento, conectando e estruturando os dados de forma simples. Tal minimalismo permitiria que grandes volumes de dados fossem processados mais rapidamente através da linguagem SPARQL.

Na Figura 7 é apresentado um exemplo de um triplo, composto pelo sujeito “leito”, predicado “pertence a” e um objeto “quarto”:

Figura 7 - Representação esquemática de um triplo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 8 é apresentado um grafo, composto por dois triplos integrados, sendo o primeiro apresentado na Figura 2.6 e o segundo composto pelo sujeito “quarto”, predicado “pertence a” e objeto “internação geral”.

Figura 8 - Representação esquemática de um grafo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Através do SPARQL, uma filtragem poderia ser feita a partir do grafo apresentado na Figura 9 resultando em um novo triplo, composto por um sujeito “leito”, predicado “pertence a” e objeto “internação geral”, conforme Figura 2.8.

Figura 9 - Representação esquemática de um novo triplo gerado a partir de uma filtragem.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nos exemplos apresentados, foram utilizados dados da RDC 50 presentes nas suas tabelas de compartimentos, que, a princípio, podem ser traduzidos como triplos RDF, sendo as linhas consideradas os sujeitos, as colunas e células consideradas predicados ou objetos. Cada um destes elementos deve estar referenciado através do sistema URI. Ele permite que o indivíduo possua um identificador, com o objetivo de torná-lo único, sendo composto de um endereço (*Uniform Resource Locator* ou URL) ou um código distinto (*Uniform Resource Name* ou URN) e um termo que possui um significado específico:

URI = Endereço (URL) ou Código (URN) + Termo

Exemplo:

<https://www.w3.org/TR/owl2-syntax/#Individuals>

Neste exemplo, o endereço é toda a expressão antes do símbolo “#”. O termo é toda a expressão que se inicia com este símbolo (#Individuals). Como o endereçamento

usualmente é longo, dentro da linguagem ontológica, costuma ser abreviado por um único nome denominado “prefixo”:

Prefixo = Endereço

Exemplo:

“prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>”

A expressão acima está informando que os dados que estiverem no endereço <http://www.w3.org/2002/07/> podem ser representados não mais pelo endereço anexado ao termo, e sim pelo seu prefixo anexado ao termo. No caso de um termo denominado “termo”, na ontologia ele seria representado como “owl:termo”:

Dado = prefixo + termo

Porém, para conceitos mais complexos e específicos de um determinado domínio de conhecimento, são necessários mais recursos além do RDF – no caso, as ontologias construídas a partir das linguagens ontológicas. Tais ontologias fariam o uso dos dados RDF, acrescentando mais detalhes e diversidade de relacionamentos, em busca de oferecer maior precisão e segurança sobre a compreensão dos conceitos pelas máquinas. Através de informações sobre restrições, hierarquia e tipologia das relações entre os elementos, a ontologia permitiria maior expressividade semântica dos conceitos. A OWL é a linguagem padrão de ontologias da Web baseada em RDF/RDF-S, portanto, desenvolvida para se articular a esses sistemas.

Enquanto o RDF descreve os dados, a OWL os representa em um modelo para que sejam corretamente interpretados pelo computador. A organização de um conceito específico em um vocabulário estruturado em OWL permite que ele seja diferenciado e desambiguado de outros que possam parecer semelhantes. Além de melhorar os resultados de filtragem e busca em RDF, a OWL permite que um computador possa inferir e gerar novas informações com base nas regras, axiomas e restrições.

Da mesma forma que no exemplo acima, as codificações já adotadas na RDC 50 e no SomaSUS poderiam ser utilizadas como termos, o que reforçaria a desambiguação e singularidade dos indivíduos da RDC 50 para outros contextos. Um termo como “consultório” poderia constar em um endereço específico na Web, como, por exemplo, <https://SomaSUS.saude.gov.br/sistema/consulta-geral/ambiente/detalhe/150/2024>, respeitando os requisitos de Linked Open Data.

Para uma representação em Web Semântica das normas ou padrões da RDC 50, além dos grafos apresentados no exemplo acima, seriam necessárias mais informações, que poderiam estar presentes na camada de Ontologia. A seguir, são apresentados mais detalhes sobre esse conceito.

2.4 ONTOLOGIA

Etimologicamente, ontologia é traduzida como estudo lógico do ente ou “ciência do ser” e, até o advento da informática, era praticamente exclusiva do contexto da filosofia. No campo das Ciências da Computação, em esforços para sistematizar o pensamento em linguagem computacional, especialistas trazem novas definições para ontologia. Tom Gruber (1993) a apresenta como uma especificação formal de uma conceituação compartilhada. Sowa (2000) define e detalha ontologia como o produto do estudo das categorias de entidades existentes em um determinado domínio, composto por um catálogo de tipos de entidades existentes para um indivíduo através de uma linguagem específica para o uso neste domínio, com o propósito de organizá-lo em dados de forma estruturada, em uma linguagem composta de indivíduos, classes, atributos, relações, termos funcionais, restrições, regras, axiomas e eventos. Kiryakov (2006) propõe a representação de Ontologia (O) em uma fórmula genérica: $O = \{C, R, I, A\}$, onde o conjunto de classes (C), relações (R), instâncias (I) e axiomas (A) seriam os elementos que representariam um domínio de conhecimento. Nawari (2009) define ontologia como um modelo baseado em conhecimento representativo de um domínio, onde é possível compreender os seus objetos e as relações entre eles. Arp, Smith e Spear (2015) propõem ontologia como um artefato representacional:

“ontologia = def.³ um artefato representacional⁴, que inclui uma taxonomia como parte integrante, cujas representações têm a intenção de designar alguma combinação de universais, classes definidas e certas relações entre eles.”

A ISO/IEC 21838-1:2021 define Ontologia como uma “coleção de termos, expressões relacionais e definições associadas em linguagem natural em conjunto com uma ou mais teorias formais designadas a captar as interpretações pretendidas destas definições.”

³ O trecho “= def.” refere-se a “definição de” na linguagem OWL.

⁴ Arp, Smith e Spear (2015) definem artefato representacional como um produto de funcionalidade específica para representação de algo, a partir de algum formato público, como por exemplo, um mapa, um livro, desenhos e base de dados.

A ontologia computacional é representada de duas formas: em linguagem formal computacional, não de programação, mas declarativa, através de diversos formatos, sendo RDF/RDF-S e OWL os indicados pelo W3C; e em linguagem gráfica, como a modelagem unificada (UML) de classe, grafos e taxonomias.

Uma característica importante das ontologias para Web Semântica é que, diferentemente dos bancos de dados tradicionais, considerados como fechados em Closed-World Assumptions (CWA), as ontologias são articuláveis ao mundo aberto, ou Open-World Assumptions (OWA). Em um banco de dados ou CWA, se um elemento não é verdadeiro, ele é falso. Em ontologia ou OWA, se um elemento não é verdadeiro, pode ser que ele seja desconhecido, se não for explicitamente declarado como falso. Se um paciente, por exemplo, não apresenta nenhum sintoma, ele seria considerado saudável em CWA. Em OWA, ele teria uma condição desconhecida, se não for explicitamente declarado saudável.

2.4.1 Tipos de Ontologia

Assim como existem tantas e variadas definições para ontologia, que não se esgotam nas referências apresentadas, as aplicações tecnológicas de ontologia também são diversificadas. Com o avanço da ciência, há cada vez mais pesquisas e ontologias organizadas em diferentes terminologias, sistemas e formatos. Há maior acessibilidade de leigos às linguagens computacionais, que se tornam cada vez mais intuitivas, além da melhoria de custo e desempenho dos computadores e infraestruturas da Web.

Arp *et al.* (2015) associam o fenômeno da multiplicação e diversificação de ontologias ao problema da Torre de Babel, onde a explosão desordenada de ontologias de domínio faz com que elas se tornem incompatíveis, gerando silos de informação e, com isso, problemas de inacessibilidade e incompatibilidade. O desenvolvimento acelerado de ontologias intensificaria a incompatibilidade de dados, que, contraditoriamente, deveria ser resolvida justamente pelas próprias ontologias. A tipificação ajudaria a separar as ontologias em bases de conhecimento modulares, contribuindo para o reuso e a interoperabilidade. Existem dois principais eixos de distinção: o eixo da generalização, onde a ontologia pode ser de topo ou de domínio, e o eixo do propósito, onde a ontologia pode ser de aplicação ou de referência.

2.4.1.1 Ontologia de Topo ou Formal

A ISO/IEC 19763-3 refere-se à Top-Level Ontology (TLO), ou ontologia de topo, como uma ontologia formal, neutra, genérica, de referência, fundacional e de domínio neutro, que poderia (e deveria) ser utilizada por quase todas as demais ontologias. Descreveria conceitos genéricos como “entidade” e “relação”.

Arp *et al.* (2015) apontam que a falta de padronização consensual no gerenciamento da informação dificulta a integração de dados, o que demanda regras e princípios para organizar as informações em ontologias mais robustas e confiáveis para reuso, que possam ser agregadas ao desenvolvimento científico geral. Assim, propõem um novo organon, ou ferramenta, que prioriza a correta representação do conhecimento acima da questão tecnológica da linguagem computacional. Dessa forma, especialistas em domínios, mas leigos em computação, teriam uma base universal adequada à interoperabilidade antes de iniciar o desenvolvimento de uma ontologia. Essa proposta se materializa em Basic Formal Ontology (BFO) – Ontologia Formal Básica, regulamentada pela ISO/IEC 21838-2:2021, sendo amplamente aplicada como TLO, principalmente nas áreas de Biomedicina e Biologia.

2.4.1.2 Ontologia de Domínio ou Material

A ISO/IEC 21838-1:2021 define ontologia de domínio como “ontologia cujos termos representam classes ou tipos e, opcionalmente, alguns particulares”. De acordo com Isotani (2015), uma ontologia de domínio representa o conhecimento sobre um tópico. Arp *et al.* afirmam que “um domínio (em ontologia) é a porção delineada da realidade correspondente a uma disciplina científica (...) ou de uma área de conhecimento ou interesse, como a Grande Guerra ou alvará de obra” (Arp *et al.*, 2015).

Sua função seria a de tornar os dados mais facilmente acessíveis e compartilháveis por humanos e processáveis por computadores, sendo coerente dentro de um domínio. Entende-se que a RDC-50 seria uma Ontologia de Domínio, em analogia ao exemplo citado acima. As normas ISO/IEC 21838-1:2021 e ISO/IEC 21838-2:2021 indicam requisitos específicos para que uma ontologia esteja em conformidade com seus padrões e apresentam listas com exemplos de ontologias existentes que atendem a esses requisitos e que poderiam ser usadas em outras ontologias.

2.4.1.3 Ontologia de Referência

A ontologia de referência tem o objetivo de ser canônica e reutilizável, mesmo dentro de um domínio, representando conceitos de uma determinada disciplina de conhecimento comprovado e estabelecido. Ontologia da anatomia humana, célula ou ontologia genética seriam exemplos de ontologias de referência.

2.4.1.4 Ontologia de Aplicação

A ontologia de aplicação é projetada para realizar uma tarefa específica. Um exemplo é o SAPHIRE (Situational Awareness and Preparedness for Public Health Incidents Using Reasoning Engines), uma ontologia desenvolvida para classificar doenças indeterminadas com sintomas semelhantes aos da gripe e enviar essas informações ao CDC (Centers for Disease Control and Prevention) nos EUA. Também seria o caso de uma ontologia específica para verificação de áreas mínimas da RDC 50.

2.4.2 Elementos de Ontologia

As normas e os especialistas, como Arp *et al.* (2015), definem e padronizam diversos elementos componentes de TLO que serão considerados neste estudo, por buscarem embasar e padronizar quaisquer ontologias, além de serem amplamente usados. Alguns deles, escolhidos por estarem mais presentes neste trabalho, serão descritos a seguir. Em resumo, tratam-se das entidades genéricas, entidades individuais, relações e a forma como devem se estruturar.

O elemento usado para referenciar qualquer objeto realista, ou seja, não idealista, pode ser descrito como “entidade” ou “objeto”. Trata-se de item perceptível ou concebível e, em BFO, pode ser ou um “universal” ou um “particular”. “Termo” é a expressão que se refere a alguma entidade, não sendo a representação do conceito, mas sim a referência ao mesmo.

“Universal”, também definido como “classe” ou “tipo”, trata-se de entidade genérica, repetível, que tem instâncias indefinidamente. (Ex.: molécula, célula, planeta, veículo, lei etc.). Um grupo de instâncias cujos membros são definidos através de uma restrição específica em um ou mais universais, que não são extensões de qualquer universal, é descrito como “classe definida”. “Categoria” é a classe ou tipo compartilhado por diferentes domínios e representado por um termo de domínio neutro.

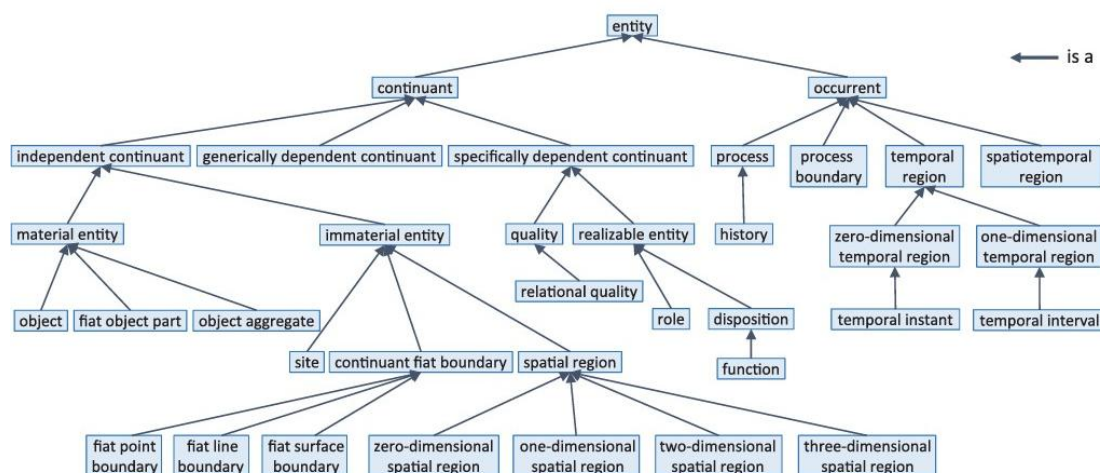
“Particular” é a entidade individual, única, que instancia um “universal”, neste caso torna-se uma “instância”. Considerando que em BFO busca-se representar a realidade, um “universal” só existe a partir da existência de um “particular”. Se voltássemos no tempo quando não existiam computadores e, portanto, nem o desktop de fulano, nem um determinado notebook em promoção na loja, não faria sentido naquela época que existisse um universal "computador", pois não haveria nenhum indivíduo para instanciá-lo. Assim como não seria seguro, nesse contexto, considerar um universal hipotético "computador", não sendo aplicável em uma ontologia que contribuísse ao desenvolvimento científico - por mais que tenha se tornado realidade. “Extensão” seria uma coleção de instâncias, denominadas membros, que podem ser modificadas ao longo do tempo. Um conjunto de compartimentos de um determinado projeto poderia ser considerado como uma extensão, onde seus elementos seriam instâncias do universal "compartimento".

“Relação” é o modo como as entidades se relacionam. Para além das relações *is-a* ou “é um”, existem, em BFO, basicamente três tipos: (1) universal x universal; (2) universal x particular e (3) particular x particular. Entre universais, estão as relações fundacionais (é parte de, é continuação de, é parte ocorrente de), espaciais (localizado em, adjacente a), temporais (deriva de, precedido por) e de participação (tem participante). Entre universal e particular, a única relação seria a de que o particular é uma instância de um universal. Entre particulares, estão exatamente as mesmas relações estabelecidas para os respectivos universais instanciados. Em OWL, as "propriedades" representam as relações, sendo as três principais: (1) propriedade de anotação: um literal ocasionalmente associado a uma entidade; (2) propriedade do objeto: relação entre indivíduos ou classes e (3) propriedade de dado: relação de um indivíduo com um valor (Horridge, 2011). “Axioma” é a declaração considerada verdadeira, com a função de ser uma premissa para inferências. Costuma ser representada em lógica de primeira ordem. Além da tipificação da relação por si ser um axioma, ainda assim devem ser definidas mais restrições, sendo algumas das principais: (1) Restrição hierárquica; (2) Restrição por relacionamento; (3) Restrição por cardinalidade; (4) Simetria de relacionamentos; (5) Transitividade de relacionamentos; (6) Inversão; (7) Equivalência; (8) Disjunção.

“Taxonomia” é a estrutura gráfica de origem na filosofia grega, especificamente da "árvore de Porfírio", aplicada para categorizar e hierarquizar os entes. No século XVIII, foi desenvolvida por Carl Linnaeus para classificar seres vivos e apresentada como taxonomia

propriamente dita, para ser usada no domínio da biologia. Posteriormente, passou a ser aplicada em diversas outras disciplinas, como medicina, química e, enfim, computação. Neste caso, ela é usada para a compreensão humana de sistemas processados pelas máquinas através da representação formal. Consiste em nós e conexões, com um nó único no topo ou raiz, conectado aos demais nós abaixo, sendo que estes não podem estar conectados a mais de um acima, mas podem estar conectados a mais de um abaixo. De cima para baixo, os nós comportariam as entidades do mais genérico para o mais específico. A herança sempre deve ser única, desta forma, a metáfora da árvore invertida traduz este princípio quando se entende que um tronco possui diversos galhos, mas um galho não pode nascer de diversos troncos. Assim como uma folha não pode estar em diversos galhos, mas um galho pode possuir diversas folhas. Na taxonomia de BFO apresentada na ISO/IEC 21838, observa-se que o nó principal "entity" ou entidade, localizado no topo, é a sua raiz. (Figura 10).

Figura 10 - Taxonomia de BFO.



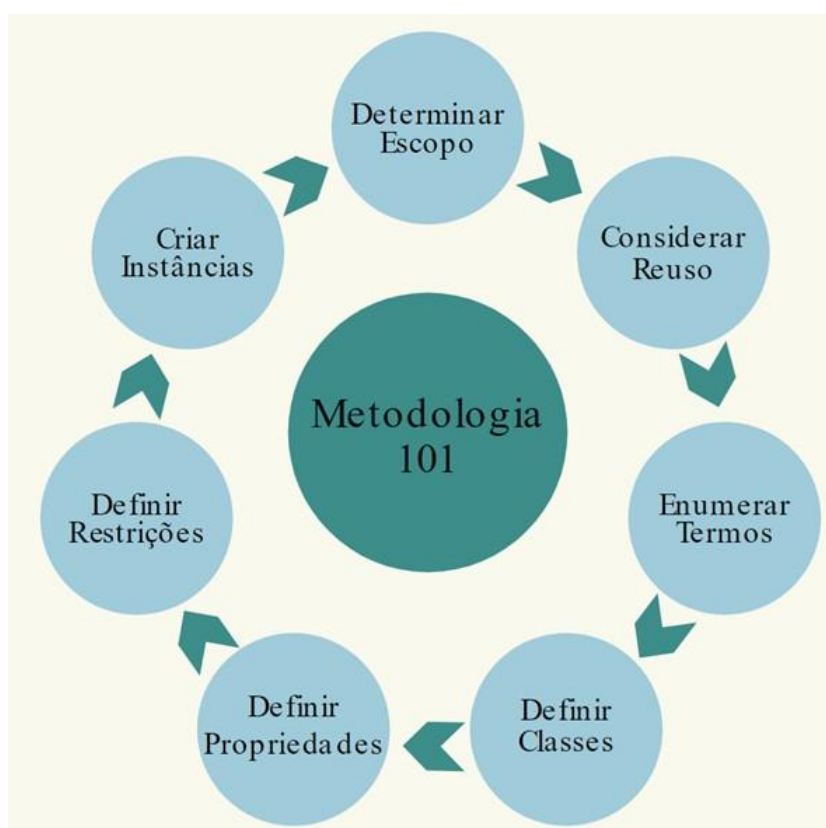
Fonte: Norma ISO/IEC 21838-2:2021 (2021).

2.4.3 Processo de desenvolvimento da Ontologia

Com o objetivo de aproximar a organização do conhecimento da Web aos especialistas em diversos domínios específicos mas leigos em ciências da computação, Noy e McGuinness (2001) propõem a metodologia de Desenvolvimento de Ontologia 101 para Web Semântica. A seguir são apresentandos, de forma resumida, os 7 passos da metodologia - ela será descrita com mais detalhes e aplicada ao estudo no Capítulo 3. A Figura 11 permite a visualização esquematizada da metodologia, sintetizado em um processo cíclico.

1. Determinação do domínio e escopo da ontologia: devem ser respondidas as seguintes perguntas:
 - Qual o domínio que a ontologia irá cobrir?
 - Qual o propósito de uso da ontologia?
 - Para que tipos de perguntas as informações da ontologia devem responder?
 - Quem usará e manterá a ontologia?
2. Considerar o reuso de ontologias existentes: independente de ser necessária ou não a interação com outras ontologias, é importante checar na Web a existência de fontes de dados já existentes para o domínio da ontologia. No caso de Web Semântica, o reuso deve ser necessário para que os requisitos da conexão de dados sejam atendidos.
3. Enumerar termos importantes da ontologia.
4. Definir classes e sua hierarquia: primeiro, são selecionados os termos que são menos descritivos, produzindo perguntas de apenas um predicado; provavelmente, estes serão as classes. Para o desenvolvimento da hierarquia, são sugeridas três abordagens: de cima para baixo (do mais genérico para o mais específico); de baixo para cima (do mais específico para o mais genérico); e combinado (a partir do mais genérico e do mais específico até o mais intermediário). Não é apontada uma preferência de abordagem; cada uma depende do escopo da ontologia.
5. Definir as propriedades das classes-lacunas, que seriam a maior parte dos termos restantes da lista.
6. Definir as restrições (facetas) das lacunas: devem ser definidas as características dos valores a serem preenchidos nas lacunas: cardinalidade (quantos valores), tipo (linha de texto, número, booleano, instância, enumerado), domínio e range.
7. Criar instâncias: cada classe deverá ter suas instâncias individuais, cada qual representando um valor.

Figura 11 - Ciclo de desenvolvimento de ontologia para Web Semântica 101.



Fonte: <https://ceweb.br/livros/dados-abertos-conectados//assets/img/svg/image75.svg>. (Acesso em dezembro de 2024).

2.4.3.1 Boas Práticas

Arp *et al.* (2015) indicam alguns princípios a serem considerados durante o processo de desenvolvimento da ontologia, descritos a seguir.

- **Realismo:** Para que a ontologia seja confiável ao uso científico, deve englobar elementos existentes do mundo real.
- **Perspectivalismo:** As ontologias devem ser ao máximo moduladas em disciplinas distintas, de forma que um especialista não interfira em outro módulo de outra disciplina. Portanto, evita-se que diversas especialidades estejam contidas em uma única ontologia.
- **Falibilismo:** Deve-se aceitar que a ciência pode mudar e consequentemente a ontologia também, logo esta deve estar estruturada para possíveis revisões, organizadas através de estratégias de mapeamento e rastreio de versões.
- **Adequatismo:** Todas as dimensões (ou nível de granularidade) de todas as disciplinas devem ser consideradas como ontologias com o mesmo grau de critério formal. Com

isso, é possível a interoperabilidade entre ontologias de escalas e disciplinas diferentes. Uma ontologia de molécula deve se estruturar da mesma forma que uma ontologia de átomo, para que possam se relacionar adequadamente, produzindo conhecimento, como por exemplo no caso da disciplina de química.

- Reuso: É o principal elemento para garantir a interoperabilidade, o paradigma de Linked Data se concretiza justamente através do reuso. Portanto, deve-se evitar desenvolver ontologias que já existem; mesmo que inadequadas formalmente, devem ser ao menos referenciadas, seja para reuso, reengenharia ou exclusão por baixa qualidade.
- Equilíbrio entre utilidade e realismo: Para que as ontologias efetivamente contribuam para as necessidades do mundo real a longo prazo, é necessário que os critérios de realismo sejam atendidos, mesmo que tornem o processo de desenvolvimento da ontologia como artefato mais complexo e demorado. Sem estas adequações, pode haver comprometimento na interoperabilidade, condenando a ontologia ao desuso.
- Processo aberto: Deve-se refletir na ciência, que é aberta e está sempre evoluindo. Uma ontologia deve estar preparada para revisões, tanto internas quanto nas relações com outras ontologias.
- "Low-hanging fruit": Trata-se de uma abordagem do que é mais simples ao mais complexo - em português poderia ser associada à expressão "comer pelas beiradas". Significa começar a partir das afirmativas mais triviais, com os termos mais genéricos e então evoluir de acordo com o grau de complexidade das entidades de um domínio. Um processo genérico de desenvolvimento de ontologia, a partir de uma abordagem

top-down (de cima para baixo), semelhante ao método 101, é enumerado a seguir.

1. Definir escopo limite da ontologia.
2. Obter informações e definir termos a serem reutilizados e definidos.
3. Organizar termos hierarquicamente, do mais ao menos genérico.
4. Análise e revisão da organização hierárquica verificando a coerência lógica, filosófica e científica, compatibilidade com ontologias próximas e compreensibilidade humana.
5. Formalização computacional.

2.4.3.2 Seleção e Definição dos Termos

Arp *et al.* (2015) apontam como crítico para uma boa ontologia que os termos sejam todos (exceto o raiz) sistematicamente definidos, com qualidade e critério. Devem ser ao máximo reutilizados, sendo indicados os de maior uso, e relacionados a sinônimos, que seriam outros termos de outros domínios, com a definição de regras de mapeamento para conversão adequada de sinônimos. Ao se definir os termos, deve-se adotar princípios aristotélicos que buscam usar características essenciais do objeto, não compactáveis, ou seja, tratar da entidade, em detrimento de grupo de entidades ou tipos de entidades, através da afirmação "objeto B é um objeto A com uma diferença D", (ex.: "humano é um animal racional", onde "humano" seria o objeto B, "animal" o objeto A e a diferença D seria "racional"). Portanto, deve-se evitar termos negativos (ex.: "humano é um animal não irracional"); laços ou loops gerados por repetição do próprio termo ou de uso de sinônimos (ex.: "humano é um ser humano"); abreviações, exceto para as notórias, como DNA e SIDA; e elementos de massa que dependem de uma referência de medida ou minimamente de serem precedidos de "uma porção de" (ex.: água, tecido, ar, metal).

Quando representa particulares, indica-se aplicar o artefato A-box e T-box do sistema Description Logic (DL) ou lógica descritiva, onde os termos e suas assertivas seriam separados nestes dois grupos. Os particulares (Consultório Odontológico 1, Sala de Cirurgia 702) ficariam em A-box, enquanto os termos genéricos ou universais (room, "é um") ficariam em T-box.

Um identificador alfanumérico único, ou código, deve ser associado a cada termo, para facilitar a manutenibilidade da ontologia, caso precise de revisão, além de contribuir ao acesso computacional, formando as URIs. Apesar da codificação única de cada termo garantir ao computador que estejam distintos, o processo de terminologia precisa garantir a univocidade ou significado único dos termos e expressões relacionais. Em uma ontologia sobre tecidos de seres vivos, por exemplo, o termo "célula" deve referir-se exclusivamente ao elemento biológico e não ao espaço físico prisional ou elemento de planilha eletrônica - nestes casos, outros termos deveriam ser usados.

2.5 BIM: DEFINIÇÃO, CONCEITOS E APLICAÇÃO

Neste item, é apresentado o embasamento conceitual e factual sobre a temática BIM, além de propostas de como pode contribuir no processo do empreendimento EAS, com enfoque no processo de checagem de regras.

2.5.1 Definição

Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem de Informação da Construção (tradução apresentada pela ABNT), é definida por Eastman *et al.* (2008) como tecnologia e ambiente de processo de produção, integração e análise de modelo construtivo. De acordo com a Autodesk (2024), BIM é um processo holístico de criação e gerenciamento de informações para um recurso construído. Com base em um modelo inteligente e habilitado por uma plataforma na nuvem, o BIM integra dados estruturados e multidisciplinares para produzir uma representação digital de um recurso em todo o seu ciclo de vida, desde o planejamento e o projeto até a construção e operação.

Em sua visão de um sistema antecessor a BIM, Eastman (1974) apresenta o *Building Description System* (BDS) ou Sistema de Descrição da Construção como uma forma de representar a edificação através de um banco digital de dados organizados em taxonomias análogas às suas partes físicas. Estes dados seriam possíveis de serem traduzidos por uma tecnologia em um modelo gráfico tridimensional. Nota-se que, antes da representação tridimensional, Eastman enfatiza a necessidade de se desenvolver uma linguagem capaz de traduzir os dados construtivos, através de operações de feedback e input-output, onde o maior desafio seria integrar estas operações através de um formato comum (*Building Description Language* – BDL).

A evolução da computação somada ao advento da internet, impulsionada pelo avanço da engenharia eletrônica e de telecomunicações, possibilitou que computadores se tornassem menores, mais eficientes e acessíveis, permitindo o surgimento de diversas iniciativas notadamente nos EUA e Europa para o desenvolvimento de sistemas de modelagem de dados construtivos representados graficamente por computadores. Tais sistemas mais tarde seriam estabelecidos pelas instituições e organizações governamentais, acadêmicas e privadas como BIM.

Seu conceito se expande de tecnologia ou ambiente tecnológico para processo de trabalho integrado, quando é constatado como fundamental e indissociável da viabilidade do

sistema BIM. A integração deve ser contínua e concomitante, em todas as etapas do processo e modelo, através de uma padronização de linguagens, permitindo a comunicação plena entre os diferentes atores e as diferentes disciplinas, com suas respectivas plataformas tecnológicas.

No caso da indústria AECO, a busca pela integração torna-se mais desafiadora, por se tratar de um empreendimento multi-gerencial, onde culturas empresariais e institucionais distintas tornam-se barreiras no processo de comunicação e padronização. Diversos estudos apontam que os sistemas abertos de dados contribuem para os processos de integração do trabalho em BIM (Noardo *et al.*, 2022; Jia *et al.*, 2024).

2.5.2 Interoperabilidade BIM

2.5.2.1 BIM Aberto

Visando a melhoria da interoperabilidade, normas técnicas de padronização passam a ser regulamentadas. Neste sentido, a buildingSMART define o processo denominado openBIM ou BIM aberto como um processo colaborativo que inclui todos os participantes, promovendo a interoperabilidade em empreendimentos ao longo de todo o seu ciclo de vida, a partir de padrões e processos de trabalho abertos, possibilitando que atores diversificados compartilhem seus dados a partir de diferentes plataformas tecnológicas. Para isso, o openBIM depende da adesão da indústria de tecnologias BIM aos padrões de interoperabilidade. Com este objetivo, a buildingSMART não só desenvolve padrões abertos e neutros, mas oferece suporte e viabiliza a implementação, aprovação e certificação de ferramentas BIM desenvolvidas por terceiros.

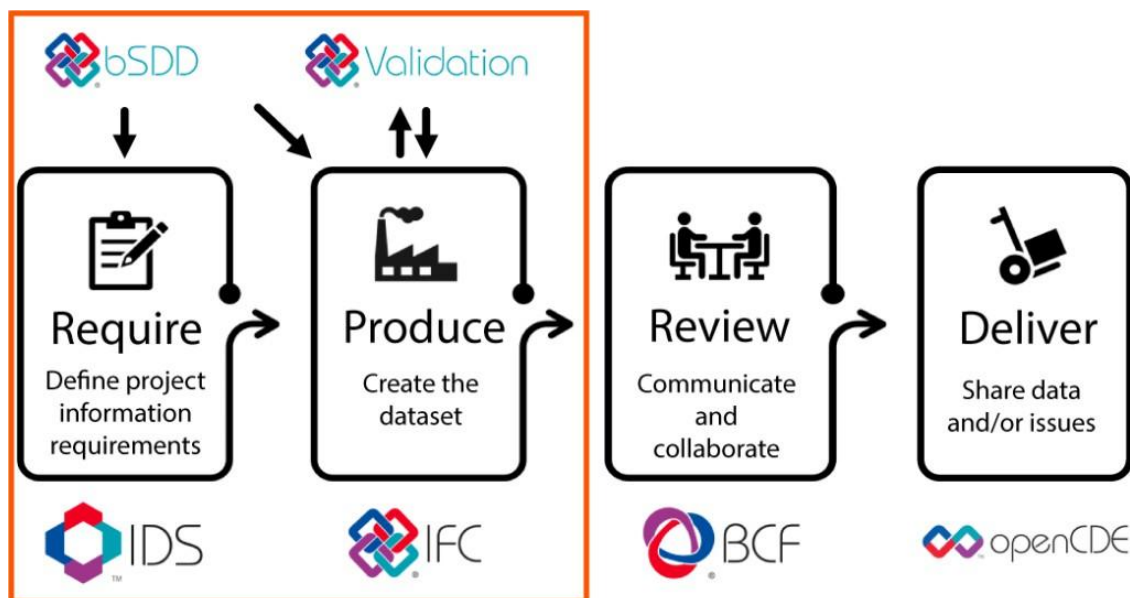
Aponta seis princípios que regem o openBIM (BuildingSmart, 2023a):

1. Interoperabilidade
2. Padrões abertos e neutros
3. Confiabilidade
4. Colaboratividade
5. Flexibilidade
6. Sustentabilidade

O openBIM permitiria um processo de trabalho digital baseado em formatos neutros como IFC e CityGML, que se integrariam ao GIS, fundamental ao planejamento urbano, a ser mais detalhado a seguir.

No fluxo openBIM apresentado na Figura 12, para o sistema de arquivos do modelo, a buildingSMART estabeleceu o formato IFC (Industry Foundation Classes) como padrão a ser adotado nas traduções, ou seja, nas importações e exportações de arquivos entre os diferentes aplicativos BIM. Ele deve ser integrado a um dicionário de termos, no caso o bSDD (buildingSMART Data Dictionary ou dicionário de dados), que abarca os padrões de terminologia dos dados padronizados ISO 12006-3, ISO 23386 e ISO 23387, e um padrão de escopo e requisitos de dados, o IDS (Information Delivery Specification ou especificação de entrega de informação), em paralelo ao IDM (Information Delivery Manual), normatizado pela ISO 29481-1:2010, mais abrangente e que engloba não somente o openBIM, mas também as plataformas proprietárias.

Figura 12 - Representação do processo openBIM com destaque aos processos relacionados ao desenvolvimento do modelo.



Fonte: <https://www.buildingsmart.org/clarifying-the-openbim-workflow/>. (consulta em 15/01/2025)

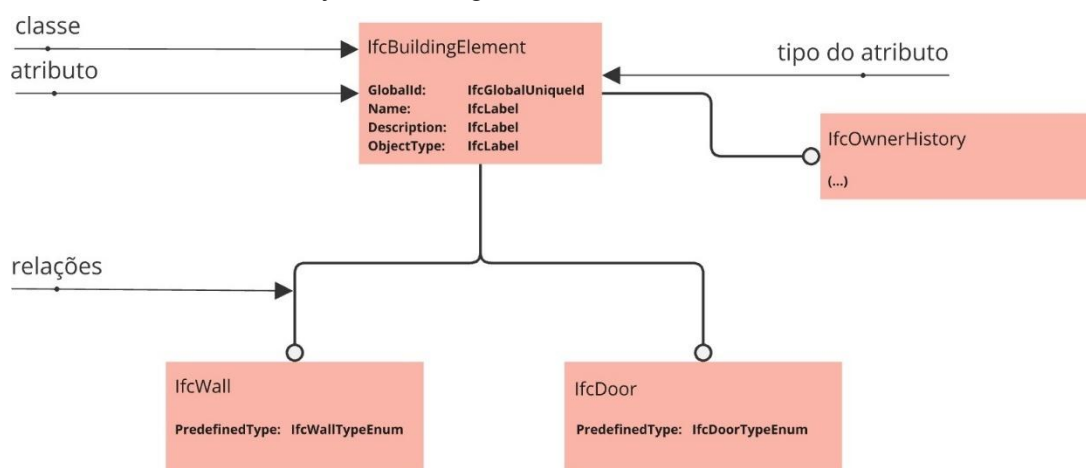
2.5.2.2 Industry Foundation Classes

Industry Foundation Classes (IFC) foi concebida pela buildingSMART como um esquema semântico de dados que organiza em classes e relaciona os dados da edificação em todo o seu ciclo de vida, com o objetivo de padronizar a troca de informações entre diferentes softwares e plataformas BIM, visando a interoperabilidade e a integração de dados das diferentes interfaces e fases do ciclo do empreendimento AECO. Trata-se de um formato de arquivo comum, aberto e neutro, desenvolvido de forma colaborativa com fabricantes de software, empresas de engenharia e construtoras, normatizado pela ISO 16739. A

buildingSMART incentiva a adoção do formato através de certificações, em resposta à demanda por interoperabilidade e alcance por um público mais amplo de usuários e desenvolvedores.

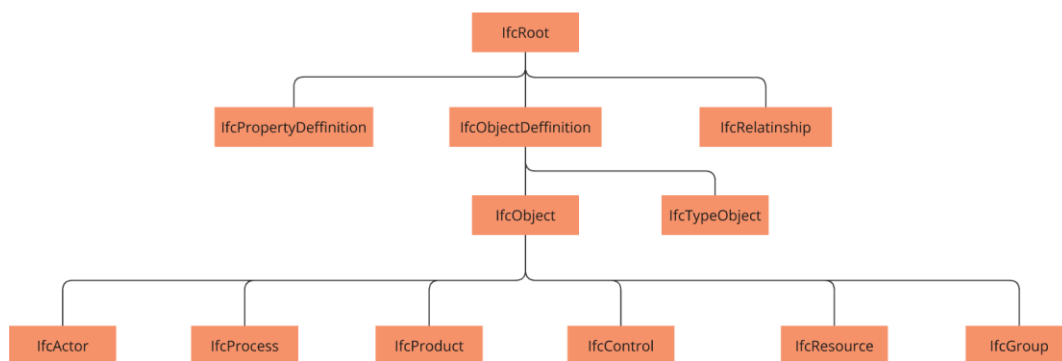
Seu formato computacional é o STEP (Standard for the Exchange of Product model for Physical File), ou SPF, que representa textualmente a linguagem EXPRESS de modelagem de dados de produto, padronizada pela ISO 10303-11. Apesar de possuir algumas características que o aproximam de uma ontologia, o IFC é baseado em objetos e não em lógica descritiva, como a OWL. Venugopal *et al.* (2015) indicam que o IFC seja reestruturado em uma ontologia, o que poderia fomentar melhores processos de interoperabilidade. As Figura 13 e Figura 14 apresentam alguns exemplos da taxonomia do IFC.

Figura 13 - Trecho esquemático da taxonomia do IFC referente aos universais parede e porta, sendo sua herança "IfcBuildingElement" ou elemento construtivo.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 14 - Taxonomia esquemática geral do IFC.

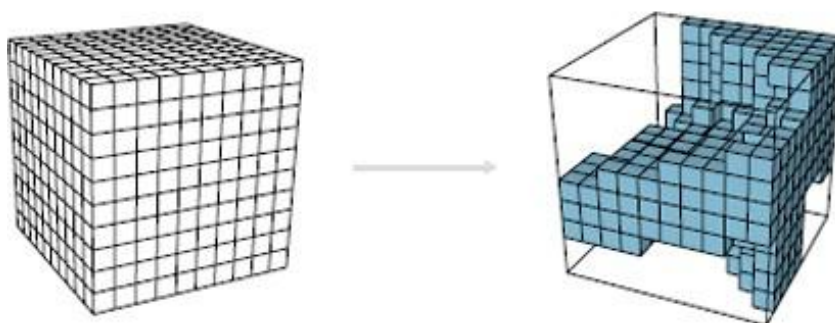


Fonte: Elaborado pela autora (2025).

2.5.2.3 Model View Definition e Level of Information Need

Um empreendimento BIM requer que seu modelo de dados seja filtrado de acordo com o tipo de aplicação. Uma checagem de regras da Anvisa não precisa de dados estruturais, por exemplo. Neste sentido, o Model View Definition (MVD) , padrão indicado pela buildingSMART no desenvolvimento de projetos em IFC, define uma visibilidade do modelo filtrado, a partir de um portfólio de dados adequados e suficientes para serem utilizados para uma determinada finalidade. A definição do Level of Development (LOD⁵) ou Nível de Desenvolvimento não é adequada, desta forma, para filtrar o modelo e prepará-lo ao processo de checagem de regras. O LOD está relacionado ao nível de detalhamento dos objetos do modelo, independente de fase. O LOD trata da granularidade do modelo, enquanto o MVD define quanto deve-se subtrair dos dados do modelo para melhorar um processo específico (Figura 15).

Figura 15 - Representação esquemática do IFC à esquerda comparado com um MVD à direita.



Fonte: Mark Baldwin, The BIM Manager. Disponível em <https://www.autodesk.com/blogs/aec/wp-content/uploads/sites/36/2022/02/09/revit-ifc-open-bim-manual-pt-br.pdf> (Acesso em 15/01/2025).

Inicialmente, na versão IFC 2x3, a criação de Model View Definitions (MVDs) era livre, permitindo que cada empresa ou projeto desenvolvesse sua própria versão. Essa flexibilidade gerou problemas de compatibilidade entre diferentes softwares e projetos, dificultando a interoperabilidade dos dados. Para resolver essa questão, a buildingSMART estabeleceu uma padronização dos MVDs, definindo três padrões básicos:

- Coordination View (IFC 2x3)
- Reference View (IFC 4 e IFC 4.3)

⁵ Neste caso, "LOD" não se relaciona com o acrônimo Linked Open Data, apesar de ambos serem amplamente usados em seus respectivos domínios.

- Alignment View (IFC 4.3)

O LOIN (Level of Information Need) ou Nível de Informação Necessária, introduzido pela ISO 19650:2018 e detalhado pela ISO 7817-1:2024, é um framework para a customização do nível de detalhamento de cada aspecto do modelo. Dessa forma, também contribui para a correta exportação de dados para processos como a checagem de regras. Por exemplo, uma porta, para a RDC 50, não precisa de muitos detalhes além das dimensões de largura e altura. A especificação desse nível de detalhe, ou um LOD específico para portas, seria feita por meio do LOIN.

A partir desses padrões e por meio das plataformas de sua preferência, as empresas podem gerar requisitos de troca específicos para diferentes finalidades, atendendo às necessidades de cada setor, ao mesmo tempo garantindo a interoperabilidade entre diferentes domínios.

2.5.2.4 Information Delivery Specification (IDS)

A buildingSMART vem desenvolvendo o padrão IDS (Information Delivery Specification) para auxiliar profissionais e organizações do setor AECO na definição de escopo e requisitos de troca de informações. O IDS é estruturado no formato XML, associado a restrições em XSD (XML Schema Definition), e pode contribuir para processos como checagem automática de regras e estimativa de custos (BuildingSmart, 2023b). Embora possa ser utilizado para dados que não estejam no formato IFC, o IDS possui uma estrutura lógica diretamente relacionada a esse padrão. Além de estruturar dados para serem compreendidos por máquinas, ele também comporta explicações e instruções em interfaces legíveis para humanos. É possível adicionar um URI associado a outros padrões existentes, como o bSDD. No entanto, o IDS não pode ser utilizado para definir regras, apenas para estabelecer o escopo das informações a serem produzidas. Por exemplo, não seria possível estabelecer um requisito de que todas as salas tenham uma área mínima distinta, mas sim que todas as salas possuam uma propriedade de código da RDC 50. O IDS foi apresentado como um padrão oficial em junho de 2024.

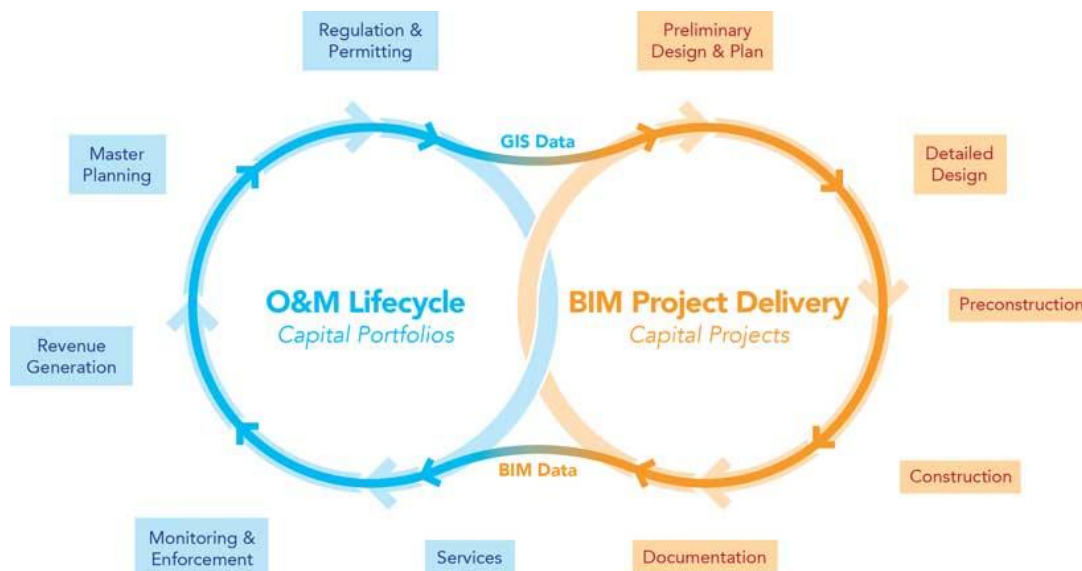
2.5.2.5 Geography Markup Language (GML)

O *Geographic Information System* (GIS), ou Sistema de Informação Geográfica (SIG), é um conjunto de ferramentas computacionais para geoprocessamento, permitindo manipular e integrar dados de diversas fontes. Isso possibilita a construção de um banco de

dados de informações georreferenciadas (Câmara e Davis, 2001). Os mapas geográficos digitais produzidos por esse sistema são amplamente utilizados por órgãos governamentais, empresas de infraestrutura e aplicativos de geolocalização, sendo desenvolvidos em diversas plataformas tecnológicas e linguagens computacionais.

A *Geography Markup Language* (GML) é uma gramática XML para GIS, definida pelo *Open Geospatial Consortium* (OGC), permitindo a modelagem de sistemas geográficos em um formato aberto e customizável para troca de informações na internet. Seu objetivo é permitir o compartilhamento e a integração de dados geoespaciais. Seu conceito é generalizado e inclui não apenas objetos vetoriais ou discretos, mas também dados *raster*⁶ e informações inseridas por humanos ou sensores. Pode-se considerar o GML para o GIS como análogo ao IFC para BIM, pois ambos têm o mesmo objetivo: garantir abertura e integração de dados. O formato XML do GML e o IfcXML do BIM são características que contribuem para a integração de dados entre os dois sistemas. A padronização da linguagem permitiria que o ciclo de vida do empreendimento fosse integrado ao ciclo de vida da cidade, dentro de um modelo urbanístico (Figura 16), viabilizando a comunicação entre tecnologias BIM e GIS.

Figura 16 - Representação dos fluxos de dados GIS e BIM.

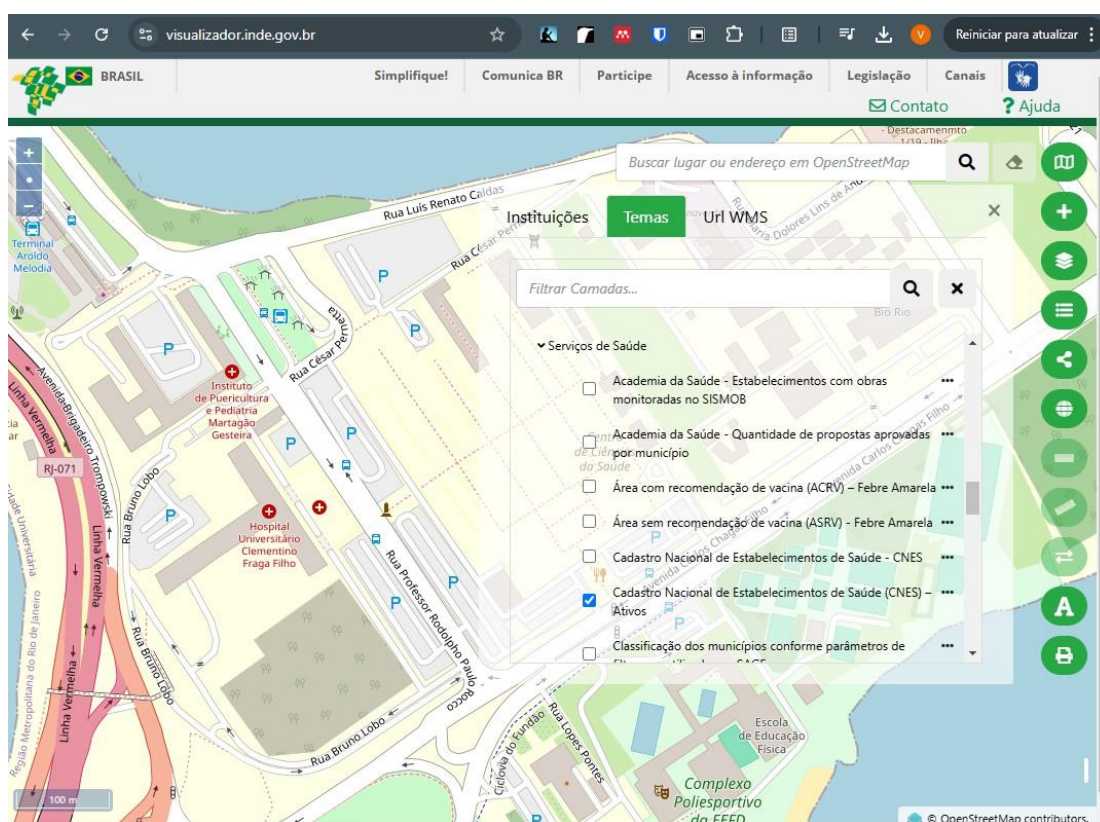


Fonte: Esri em <https://www.esri.com/about/newsroom/arcuser/gis-and-bim-integration-leads-to-smart-communities/> (Acesso em 10/12/2024).

⁶ Raster é uma representação bidimensional de dados geográficos em uma grade de pixels.

No Brasil, o Instituto Nacional de Dados Espaciais (INDE) disponibiliza o Catálogo de Metadados Geoespaciais do Brasil (Brasil, 2025b), integrando diversas fontes de dados de diferentes órgãos (IBGE, BNDES, ANATEL etc.) através da plataforma GeoNetwork, de código aberto e distribuído livremente pela FAO/ONU. O catálogo segue os padrões do OGC e possibilita que as informações do CNES sejam visualizadas em diferentes mapas, podendo ser baixadas no formato RDF. No exemplo apresentado na Figura 17, é possível visualizar a geolocalização de cada EAS através da sobreposição da camada do CNES sobre o mapa da OpenStreetMap⁷.

Figura 17 - Visualização da camada do CNES sobre o mapa da OpenStreetMap.



Fonte: <https://inde.gov.br/CatalogoMetadados> (Acesso em 16/01/2025).

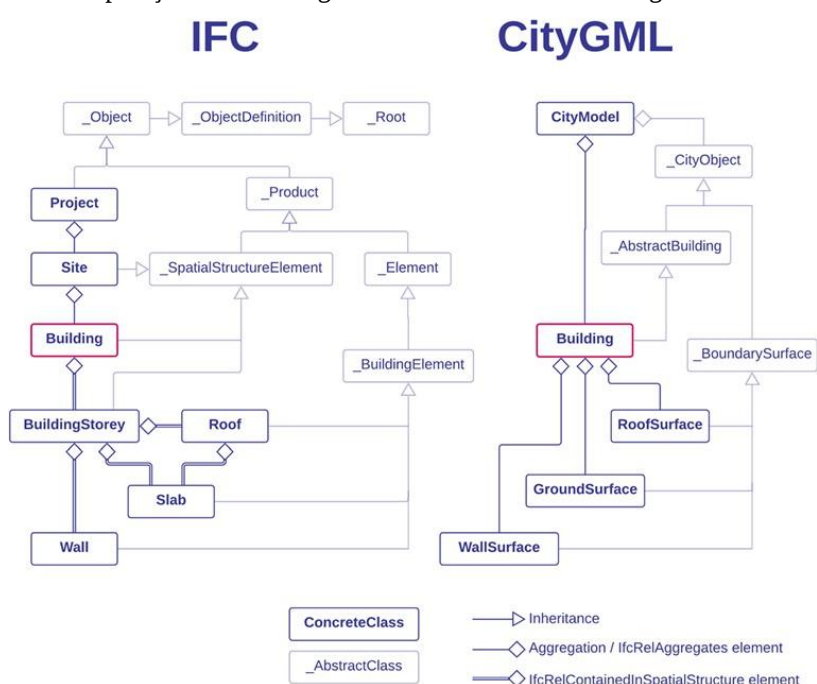
O CityGML é uma especialização do GML voltada para a representação tridimensional de ambientes urbanos, indicada pela OGC como um padrão aberto. Ele

⁷ O OpenStreetMap (OSM) disponibiliza mapas com representações detalhadas de seus entornos, utilizando ferramentas colaborativas e dados abertos, permitindo que indivíduos e comunidades contribuam livremente. É amplamente usado em diversas aplicações, desde a navegação, jogos, até o planejamento urbano.

expande o GML ao introduzir dados estruturados do domínio do urbanismo (edificações, vias, terrenos, infraestruturas) que passam a se integrar aos dados geoespaciais.

O grupo de trabalho que integra a buildingSMART e a OGC, denominado *Integrated Digital Built Environment* (IDBE), foi criado para melhorar a interoperabilidade e integração entre os domínios geoespaciais e do ambiente construído. Em 2020, é publicado o relatório "*Built Environment Data Standards and Their Integration: An Analysis of IFC, CityGML and LandInfra*" (OGC; BuildingSmart, 2020), desenvolvido pelo grupo, onde estão apresentados os principais desafios para que sejam atingidos seus objetivos. Além das finalidades de cada um, as estruturas semânticas (Figura 18), sintáticas e de representação espacial em IFC e CityGML são diferentes. As ações propostas para superar esses problemas se baseiam no estabelecimento de padrões compartilhados, dentre eles um dicionário de termos, um documento de boas práticas no georreferenciamento tridimensional e um sistema comum de identificação única das instâncias.

Figura 18 - Comparação entre os diagramas semânticos de "Building" em IFC e CityGML.



Fonte: OGC e BuildingSmart, 2020 (consulta em 16/01/2025).

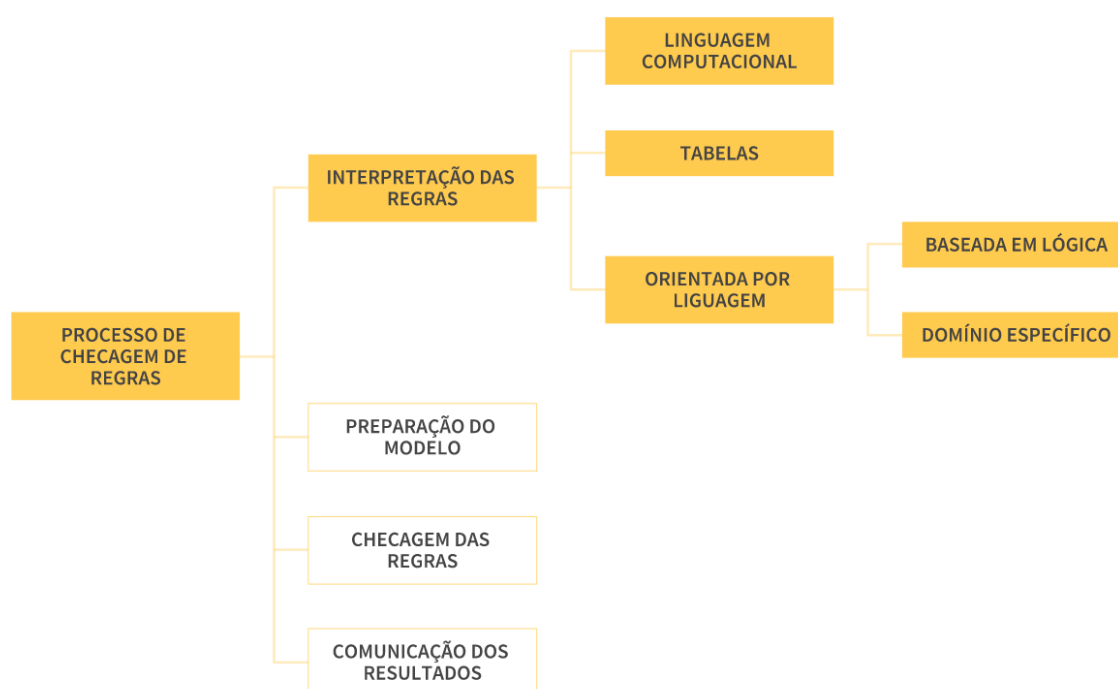
2.5.3 Processo de Checagem de Regras (PCR)

Uma das contribuições do BIM para a indústria AECO é a viabilização de processos automatizados, como a checagem de regras, que passariam a ser realizadas por máquinas.

O estudo sobre checagem de regras em BIM de Eastman *et al.* (2009) propõe uma estrutura para a automatização do PCR. Um dos principais requisitos para essa estrutura é que o modelo deve ser desenvolvido em BIM, permitindo que o máximo de informações da edificação esteja disponível no modelo durante seu ciclo de vida e seja acessado por sistemas computacionais de análise desse modelo.

A estrutura proposta se divide em quatro fases principais: (a) Interpretação das regras; (b) Preparação do modelo; (c) Checagem das regras; (d) Comunicação dos resultados, conforme representado na Figura 19.

Figura 19 - Estrutura do PCR.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

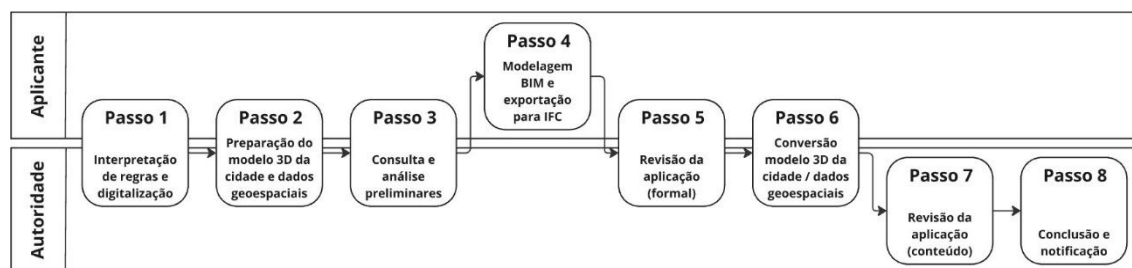
Dentro da fase de interpretação de regras (a), são apresentados três tipos de tradução (interpretação) de regras para linguagem computacional: (a.1) regras codificadas diretamente em linguagem computacional, exigindo alta demanda de expertise; (a.2) tabelas paramétricas, consideradas mais acessíveis a leigos, porém limitadas a regras menos complexas; (a.3) orientada por linguagem, apontada como um método de longo prazo. Dentro dos sistemas orientados por linguagem (a.3), são apresentadas ainda duas formas de implementação: (a.3.1) baseada em lógica, através de uma linguagem secundária mais próxima da linguagem humana, porém genérica; (a.3.2) orientada por domínio, amplamente utilizada nos aplicativos mais especializados em AECO.

Na estrutura proposta, a OWL encontra-se no grupo das linguagens baseadas em lógica. De acordo com Venugopal *et al.* (2015), a ontologia permitiria “a interoperabilidade global das ferramentas BIM”, o que se aproxima dos objetivos a serem atingidos através da proposta de um sistema de checagem de regras integrado a diversos outros sistemas abertos na Web.

A partir da revisão do estado da arte, F. Noardo *et al.* (2022) estabelecem 8 etapas (ou fases) para o processo de trabalho de aprovação em OTPs de projetos digitalizados (Figura 20), envolvendo atividades não somente do empreendedor, mas também do OTP:

1. Interpretação de regras e digitalização de regras de construção de cidades e edificações;
2. Modelo 3D de cidades e preparação de dados geoespaciais relacionados;
3. Consulta e análise preliminares;
4. Modelagem em BIM e exportação para IFC;
5. Revisão do sistema proposto (controle de qualidade);
6. Conversão e integração com modelo 3D da cidade ou sistema de dados geoespaciais;
7. Revisão do sistema proposto (conteúdo);
8. Conclusão do trabalho e aprovação da edificação

Figura 20 - Representação esquemática dos passos do processo de aprovação atribuídos às respectivas partes envolvidas.



Fonte: Adaptado de Noardo *et al.* (2022) pela autora.

Jia *et al.* (2024), a partir da análise bibliométrica sobre integração entre IFC e ontologia (IFCOI), identificaram 3 principais modos de integração:

- **Modo 1:** Indicado para checagem de regras ou conformidade, estimativa de custos e certificação ambiental da edificação, através de queries sobre os dados IFC. Neste padrão, a ontologia é desenvolvida para representar o conhecimento de domínio e possibilitar a realização de inferências e consultas, sem modificar o próprio documento IFC.

- **Modo 2:** Indicado para ambientes mais complexos, como HBIM (BIM Histórico/Patrimonial), detecção de falhas e gerenciamento de infraestrutura, através do enriquecimento semântico do modelo BIM. Através de extensões do IFC, que seriam integradas ao ambiente ontológico de base de dados específicos, como informações históricas ou de recursos estruturais e operacionais, o modelo seria enriquecido a partir de uma base semântica, acessível na interface de visualização tridimensional dos elementos construídos.
- **Modo 3:** Indicado para integração BIM e GIS, através da integração de dados heterogêneos em nível semântico. Em um processo análogo a um sistema de tradução de formatos de dados, a ontologia buscaria uma linguagem unificada, como o RDF, e integraria os elementos em IFC e GML através da referência de cada objeto a um URI comum, o que exigiria um esforço exaustivo no mapeamento semântico desses objetos.

A partir do estabelecimento desses padrões, é proposto um modelo de gerenciamento do ciclo de vida de construção através do IFCOI.

2.5.3.1 Classificação de regras

Na proposta de classificação de regras para checagem automática em BIM, Solihin *et al.* (2015) buscam identificar e indicar padrões de regras de forma a contribuir para a automatização do processo. São apresentados critérios que orientam quais tipos de ferramentas devem ser adotadas para cada tipo de regra. Em resumo, são definidas 4 classes, cada uma indicando, em nível crescente, o grau de complexidade do processo a ser adotado:

- As regras da Classe 1 seriam solucionáveis por ferramentas que manipulam diretamente o IFC através de plataformas de uso acessível a leigos da área computacional;
- Na Classe 2 seriam necessários sistemas programados e a criação de algoritmos específicos, exigindo conhecimento de linguagens computacionais;
- A Classe 3 exige a checagem através de programação de topologias geométricas;
- A Classe 4, por tratar não apenas da checagem de regras, mas da indicação de soluções, exigiria ainda maior quantidade e nível de programação.

As soluções para cada classe são exemplificadas através do uso de plataformas proprietárias, sendo as mais acessíveis e básicas para a Classe 1, evoluindo em nível de especialização e customização dos aplicativos até a Classe 4.

Sob o ponto de vista de quem define e organiza as normas e regras, torna-se complexo dividir e classificar seu conteúdo em partes, visando serem empregadas em quatro processos distintos, para serem interpretados por diferentes plataformas proprietárias. Idealmente, o processo da estruturação dos dados de um domínio de conhecimento, no caso de uma norma, deveria ser padronizado ou, ao menos, ocorrer no mesmo ambiente computacional, que possa ser acessado através de qualquer plataforma e respectivos processos.

2.5.4 Desafios, Propostas e Contribuições para a Interoperabilidade e o PCR

Em sua pesquisa, Pereira (2014) apresenta um aplicativo de verificação de requisitos de biossegurança e ecoeficiência para arquitetura de biotérios voltados para instituições similares à Fiocruz, além de um template Revit específico para esse processo de projeto em BIM. Trata-se do aplicativo VeR Arq Bio, desenvolvido pela autora em linguagem computacional C#, SQL EXPRESS e Revit API, para ser processado através da plataforma Revit como um plugin. O modelo deve ser preparado no Revit a partir do template proposto, que direciona o projetista a inserir os dados a serem checados dentro de uma estrutura de formulários. O aplicativo de checagem de regras, através de um banco de dados previamente inserido em sua estrutura, gera um relatório em documento de texto, informando se os requisitos estabelecidos no programa estão sendo atendidos para cada ambiente do modelo (Figura 21).

Figura 21 - Representação do processo de desenvolvimento do aplicativo Ver Arq Bio.



Fonte: Adaptado pela autora da tese de Pereira (2014).

Pereira aponta para a possibilidade do plugin ser adaptado para outras tipologias de projeto, como, por exemplo, para EAS. Neste caso, haveria a necessidade de se gerar outros filtros e modelos de banco de dados específicos para este programa arquitetônico. Há um potencial de integração entre a ontologia da RDC 50 e do sistema proposto por Pereira, através da exploração de metodologias de integração de dados OWL à estrutura do aplicativo.

Menegotto e Torres (2018) apontam, em seu estudo de simulação acústica em modelagem BIM, para as vantagens e tendências em facilitar o acesso aos diversificados dados que comporiam um determinado modelo BIM. Esta facilitação se daria através da disponibilização dos dados de forma aberta e estruturada, de acordo com a lógica da Web Semântica de Berners-Lee. A integração das diferentes partes do modelo tenderia a ser solucionada por processos cada vez mais automatizados, passíveis de serem processados por uma inteligência artificial. No estudo de caso, constatou-se a necessidade de manipulação humana dos dados do modelo, através de programação dentro da plataforma proprietária, o que exige alto nível de especialização e domínio sobre as disciplinas envolvidas e também sobre as ferramentas adotadas.

Soliman (2018) indica que a classificação proposta por Solihin *et al.* (2015) de regras construtivas para EAS, inclusive a RDC 50, pode contribuir para a organização da norma. Em seu trabalho, as regras são separadas por critério de possibilidade de parametrização e classificadas conforme os autores propuseram. A norma é abordada a partir das atribuições voltadas diretamente ou não para a assistência ao paciente, além dos temas transversais como biossegurança (controle de infecção), conforto ambiental, circulações, segurança contra incêndio e instalações prediais.

Zhang e El-Gohary (2016), diante da variedade de normas construtivas existentes nos EUA, desenvolvem um sistema de extração de informação automática, baseado em NLP (Processamento da Linguagem Natural), um sistema que busca ativamente entender o texto e gerar algoritmos como regras a partir dessa leitura.

Park *et al.* (2016) apresentam um estudo sobre a aplicação do KBimCode, onde é proposto um sistema de aprovação automática de projetos em que o texto do código de obras em linguagem natural é preparado de forma a ser desmembrado em "sentenças atômicas" compostas por sujeito, verbo e objeto - o que se assemelha ao conceito de triplos e RDF. As sentenças, através do sistema KBimLogic, são traduzidas para linguagem computacional e relacionadas, possibilitando a serem processadas pelo KBimCode.

Pauwels e Terkaj (2016) vêm desenvolvendo o ifcOWL para a buildingSMART, em uma abordagem de tradução das entidades do sistema IFC para grafos RDF do sistema OWL. Isto possibilitaria elevar o nível de integração entre as partes do ciclo BIM para a integração com a Web Semântica. Apesar dos objetivos no compartilhamento de dados tanto da buildingSMART quanto da W3C parecerem os mesmos, os domínios BIM e LOD (Linked

Open Data) ainda não estão integrados. Há barreiras a serem vencidas para que isto seja possível pelos especialistas da computação, relacionadas à conversão da linguagem EXPRESS utilizada no sistema IFC para a linguagem OWL. De acordo com sua pesquisa, Pauwels e Terkaj listam uma série de questões a serem resolvidas. Pauwels desenvolve desde 2017, como resposta a estas questões, o aplicativo IFCtoRDF, que converte IFC para ifcOWL.

Ainda assim, no sítio da buildingSMART, o ifcOWL não está indicado para uso prático, sendo aconselhado em seu lugar o uso do sistema bSDD, desenvolvido em 2019, que seria um conjunto de dicionários de dados relacionados a AECO, com respectivas definições de termos padronizados e consentidos pela comunidade internacional, incluindo o IFC (BuildingSmart, 2025a). Em um esforço de padronizar as informações, ele traz novas definições de classes e propriedades, sendo repaginado a partir de agosto de 2023, apresentando padrões alinhados às normas ISO 23386:2020 e ISO 12006-3:2022.

Em seu estudo sobre Ontologia para integração de processos BIM-GIS, Menegotto (2024) apresenta um construtor de ontologias e o desenvolvimento e organização de diversos vocabulários em RDF (ou namespaces) acessados através do "Painel de consulta de códigos do Sistema de Classificação da Informação da Construção da Norma ABNT 15.965 e do SomaSUS" e também de endpoints (pontos de acesso) de busca e filtragem em SPARQL, onde estão definidos e descritos diversos elementos da RDC 50, como equipamentos, espaços, setores e mobiliário codificados de acordo com o SomaSUS de 2023.

Menegotto (2023) também apresenta um mecanismo construtor de ontologia GIS, com o objetivo de integrar projetos urbanos em tecnologias para Web Semântica, através de um aplicativo que importa dados de redes de infraestrutura do modelo Revit para arquivos OWL, podendo ser acessados por qualquer editor de ontologias, como o Protégé.

Silva *et al.* (2022), a partir da análise das composições do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (Sinapi) e da norma NBR 15965 para Sistema de Classificação da Informação da Construção, recomendam que normas e sistemas busquem a padronização de linguagens e codificação dos elementos da construção, com o objetivo de integrar tais sistemas ao BIM. O estudo indica que a codificação consolidada dos atributos que formam uma composição de serviço do SINAPI contribuiria para a digitalização dos processos e eficiência na gestão de projetos.

Djuedja (2023), em ambiente de pesquisa acadêmica, propõe a reengenharia do ifcOWL de acordo com o padrão BFO, o que tenderia a ser uma das melhores propostas para garantir a interoperabilidade com outras ontologias e integração à Web Semântica. O IFC4 possui uma terminologia que, segundo a autora, poderia estar melhor associada aos respectivos elementos em sua ontologia, dentro da lógica aristotélica “S = def. G que D”⁸, como, por exemplo, “IfcBuildingElement = def. IfcElement que é a maior parte funcional de uma edificação”. A partir do reuso de dados já desenvolvidos para o ifcOWL por diversos especialistas, bem como os padrões estabelecidos pela buildingSMART, foi possível adicionar mais de 500 definições e descrições às classes já existentes. Estas, por sua vez, foram reestruturadas dentro da taxonomia aristotélica de BFO, onde a herança múltipla presente em diversos casos foi substituída pela herança única (como, por exemplo, a classe “IfcProduct”). O novo ifcOWL passaria a ser EifcOWL (Enhanced ifcOWL). Os resultados positivos foram comprovados a partir da avaliação da nova ontologia em testes de consistência lógica no aplicativo Hermit⁹ do Protégé, teste de alinhamento com outra ontologia, no caso a DOGONT (ontologia de domótica), teste de filtragem com SPARQL apontando para uma maior completude de axiomas da nova ontologia em relação à anterior e estudo de caso em um modelo de projeto de edificação em Revit, onde foram avaliados critérios de impacto ambiental de portas, janelas e paredes, instanciando os dados do modelo em ifcOWL e EifcOWL. Ao serem comparados, EifcOWL se destacou por ter sido capaz de apontar mais informações relevantes, como por exemplo, uma característica importante ao impacto ambiental, a informação de que a porta teria a função de ser aplicada para o exterior ou interior (o que, segundo a autora, não estaria disponível ou acessível em ifcOWL). Até o início do estudo apresentado no Capítulo 3, o EifcOWL não é disponível oficialmente para a Web Semântica, portanto não seria possível o seu reuso no desenvolvimento de uma ontologia.

⁸ S é algo, G é genus ou o que gerou algo e D é o que diferencia.

⁹ Hermit é um plugin raciocinador (*reasoner*) disponível para ser embarcado na plataforma Protégé, com a funcionalidade de realizar inferências, gerando mais informações a partir dos axiomas da ontologia - no caso de uma lógica inconsistente, o *reasoner* indica e lista os trechos possíveis de erro

2.6 CONSIDERAÇÕES SOBRE O LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

O estado da arte sobre aprovação legal digitalizada de projetos foi considerado a partir da análise bibliométrica de Noardo *et al.* (2022) sobre 111 artigos relacionados ao tema, divididos dentro da classificação desenvolvida em 8 passos, como apresentada no item 2.5.3. Foram pesquisadas nos bancos de dados da Web of Science e Scopus publicações entre 2001 a 2021, através das palavras organizadas no prompt: (("building permit*" OR "planning permit*" OR "compliance checking*" OR "construction permit*" OR "building permission*" OR "rule checking*") AND ("building information model*" OR "BIM" OR "industry foundation classes*" OR "IFC" OR "geographic* information system*" OR "GIS" OR "geoinformation*" OR "CityGML" OR "digital*" OR "geobim")). Os resultados apontam para um crescimento de estudos mais significativo a partir de 2014. O passo 1, relacionado ao tema de interpretação de regras e digitalização, é o segundo colocado em quantidade de estudos, precedido pelo passo 7, sobre revisão de aplicativos e sistemas já desenvolvidos. O uso de Web Semântica e ontologia aparece em diferentes etapas, notadamente no passo 7, como proposta para soluções baseadas em formatos e códigos abertos e padrões openBIM, como IFC e CityGML. Em sua conclusão geral, apontam como desafios a serem solucionados: a necessidade de maior adesão dos OTPs; a dificuldade da escalabilidade das soluções em processos e tecnologias; questões de interoperabilidade, como os relacionados a validação do IFC e eficiência de sistemas que integram BIM e GIS; e necessidade de maior desenvolvimento de plataformas de integração de projetos.

Sobre o tema IFC integrado a Ontologia, Jia et al (2024) apresentaram uma análise bibliométrica de 122 artigos, classificados em 3 modalidades propostas pelos autores, como apresentado no item 2.5.3. O processo de pesquisa se deu através da consulta na base de dados Web of Science Core Collection, por palavras chave “BIM”, “Semantic Web”, “IFC” e “ontology”, em publicações de 2011 a 2023. Em sua análise, foi observado que, no geral, os estudos buscam solucionar questões de interoperabilidade de dados e integração de informações. Indicam um aumento relevante de estudos sobre o tema a partir de 2018, e notadamente a partir de 2022. Sobre a metodologia de construção de ontologias, a mais adotada foi a metodologia 101, apresentando maior maturidade de desenvolvimento. O IfcOWL é a ontologia IFC mais referenciada pelos estudos, que em grande parte propõe uma extensão alterando ou melhorando algum aspecto de IfcOWL. Artigos relacionados à edificações totalizam 72%, enquanto infraestrutura urbana engloba 24% e cidades 4%. Do

conjunto de artigos analisados, 21% (26 no total) tratam de checagem de requisitos na fase de projetos.

Sobre o tema BIM associado à ontologia e EAS, foi realizada uma busca no portal Capes associando “BIM” E “ontology” E “healthcare” em qualquer campo da publicação, retornando 7 resultados e, dentre eles, nenhum estudo sobre checagem de regras para RDC 50 a partir da construção de ontologias. Apenas um artigo de Soliman, Formoso e Tzortzopoulos (2019) menciona da norma, onde a abordagem semântica seria aplicada em uma proposta de framework para representar e processar com maior precisão as exigências regulatórias, inclusive da RDC 50, e a ontologia é indicada como potencial para integração de dados. Neste artigo não há uma relação entre ontologia e Web Semântica nem uma proposta específica de aplicação de ontologia em checagem de regras.

Diferente de outro estudo de Soliman (2018) aplicado sobre a checagem de regras em EAS a partir da plataforma proprietária Solibri Model Checker, o experimento apresentado no capítulo 3 busca verificar a viabilidade da checagem de regras em plataformas abertas, baseadas em dados voltados para a Web Semântica, que depende do desenvolvimento de uma ontologia da norma, no caso de um trecho reduzido, tratando-se um uma abordagem inédita para PCR da RDC 50, até 2024.

O empreendimento EAS, caracterizado por sua alta complexidade e elevado impacto ambiental, social e urbano, tem como principal norma construtiva a RDC 50. Ela é embasada nas diretrizes do SUS, de biossegurança, humanização, além do conhecimento técnico agregado multidisciplinar. É organizada e viável de ser digitalizada para um PCR automatizado, apesar de demandar por ajustes, decorrentes do surgimento de novas tecnologias, políticas e cenários de AECO, e conta com ferramentas como o SomaSUS, que vem a contribuir para essa digitalização, e o CNES acessado através do portal do INDE, o que enriqueceria os dados para um planejamento urbano integrado à políticas de saúde. O openBIM, para além de sua função de padronizar e viabilizar a interoperabilidade BIM, compatibiliza-se com a abertura de dados governamentais e acesso democrático à informação pública. Assim como a Web Semântica, que além da abertura de dados, busca integrar e enriquecer estes dados de forma estruturada e confiável, permitindo a viabilidade de resultados adequados de pesquisas na Web.

3 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO DA ONTOLOGIA

As ontologias podem ser desenvolvidas através de diversas plataformas gratuitas ou proprietárias. Optou-se, para esta pesquisa, pelo desenvolvimento da ontologia RDC 50 através da plataforma gratuita Protégé, da Universidade de Stanford.

É uma interface gráfica para o desenvolvimento de ontologias para Web Semântica, com o objetivo de facilitar o uso por especialistas de diversas áreas além das relacionadas às ciências da computação, portanto amplamente utilizada, existindo diversos estudos sobre o seu uso (Stanford, 2020). Possui código aberto (licença BSD 2-clause), aceitando extensões através de plugins (extensões). Além de usar os protocolos RDF, RDF-S e OWL, é extensível para novos protocolos que venham a ser criados, sendo possível salvar e importar dados em diversos formatos: Turtle, OWL/XML, Manchester OWL, OBO, LaTeX, JSON-LD e até mesmo Excel. Permite o trabalho colaborativo em sua versão Web e oferece ferramentas para visualização de grafos, além de validação e inferência, que apontam para inconsistências, sugerindo ou atuando para tornar a ontologia coerente. Não só pode importar dados de outras fontes já disponíveis na Web, mas também de uma pasta local.

Apesar de se aplicar a qualquer programa de criação de ontologias, a metodologia 101 (também conhecida como "7 passos") foi desenvolvida a partir de um exemplo prático através do uso da plataforma Protégé (Noy; McGuinness, 2001; Debellis, 2021), o que garante a integração entre o processo e a tecnologia. Portanto, este estudo foi realizado através desta metodologia, que se baseia em exemplos de domínios corriqueiros, como no caso de pizza ou vinho, de onde foram extraídas analogias entre os casos apresentados e as restrições da RDC 50. Trata-se de um processo não linear, apesar de parecer seguir uma ordem estabelecida. Na documentação apresentada por Noy e McGuinness. (2001), cada etapa deve ser constantemente revisada a partir do desenvolvimento das demais etapas e até mesmo posteriormente à conclusão dos 7 passos, durante a execução da construção da ontologia no Protégé.

As seções a seguir são estruturadas de acordo com as etapas da metodologia e desenvolvidas ao longo do período da pesquisa exploratória, apresentando os dados já revisados e consolidados em sua forma final.

3.1 DETERMINAÇÃO DO DOMÍNIO E ESCOPO DA ONTOLOGIA

Para a viabilidade deste estudo, o escopo é limitado a alguns dos consultórios da RDC 50 e suas respectivas classificações e áreas mínimas exigidas, onde são diferenciados por sua função. Para a verificação desta regra, podem ser considerados os seguintes tipos de salas, com suas respectivas áreas mínimas e códigos SomaSUS:

- AMB13 - Consultório indiferenciado: 7,5 m².
- AMB14 - Consultório de serviço social para consultas em grupo: 6,0 m² + 0,8 m² por paciente; neste estudo será adotada área mínima de 7,6 m².
- AMB15 - Consultório de ortopedia: 7,5 m² ou 6,0 m² (+ área de exames comum a outros consultórios com área mínima de 7,0 m²); neste estudo será adotada área mínima de 7,5 m².
- AMB16 - Consultório diferenciado: Dimensão variável, dependendo do equipamento; neste estudo será adotada área mínima de 7,5 m².
- AMB17 - Consultório odontológico coletivo - Espaçamento de 1 metro entre cadeiras odontológicas; neste estudo será adotada área mínima de 9,0 m².
- AMB18 - Consultório odontológico individual: 9,0 m².
- AMB24 - Consultório de ginecologia, proctologia ou urologia: Dimensão variável, dependendo do equipamento; neste estudo será adotada área mínima de 7,5 m².
- DIA01 - Consultório indiferenciado (diálise): 7,5 m²
- HEM15 - Consultório indiferenciado (hemoterapia e hematologia): 7,5 m²

As regras que são vinculadas a número de pessoas foram adaptadas neste recorte, por implicarem em outras questões a serem resolvidas a partir do IFC, como a tipificação e quantificação de usuários por sala. Nestes casos, como das salas coletivas, será considerada a área mínima do ambiente o limite inferior acrescido da área mínima para dois pacientes. Nos casos de consultórios que dependem de informações de equipamentos, externas à norma, a área mínima será considerada como a dos consultórios individuais indiferenciados. O uso desta ontologia seria indicado para projetistas BIM e avaliadores de OTPs, que se apoiariam nos resultados da ontologia para revisar ou indicar revisões nos projetos. Para tal recorte, o projeto amostral a ter seus indivíduos instanciados é modelado em Revit e exportado para IFC, contendo os elementos mínimos necessários para este escopo. Ressalta-se que, a partir da padronização do IFC resultante, seria possível a modelagem a partir de outras plataformas

proprietárias, como Archicad por exemplo, contanto que a exportação para o IFC garanta o mesmo nível de informação desejado.

Idealmente, a manutenção da ontologia, assim como dos padrões desejados para o IFC, seria escopo da Anvisa ou Ministério da Saúde, através de seus departamentos de tecnologia da informação. No desenvolvimento da ontologia, as perguntas de competência, segundo Gruninger e Fox 1995, fazem parte do escopo e contribuem ao processo de criação. Neste estudo, seriam limitadas às duas seguintes:

1. Quais salas estão com informações insuficientes para análise?
2. Quais salas estão fora da norma para área mínima?

As áreas mínimas são as informações mais representativas da norma, visto que estão presentes na maioria das restrições determinadas na RDC 50. E, por outro lado, são simples de serem verificadas na fase de projeto, ao mesmo tempo que o impacto das falhas de dimensionamento após a construção é crítico para o gerenciamento e sustentabilidade do empreendimento. Soliman (2018) observou em seu estudo que o objeto IfcSpace, que representa a sala, apresentou o maior número de ocorrências comparado a outros elementos.

Embora este item trate da definição do escopo, as principais regras foram apresentadas neste momento, uma vez que a ontologia se refere a uma norma. Tais regras serão detalhadas posteriormente, na etapa de definição das restrições.

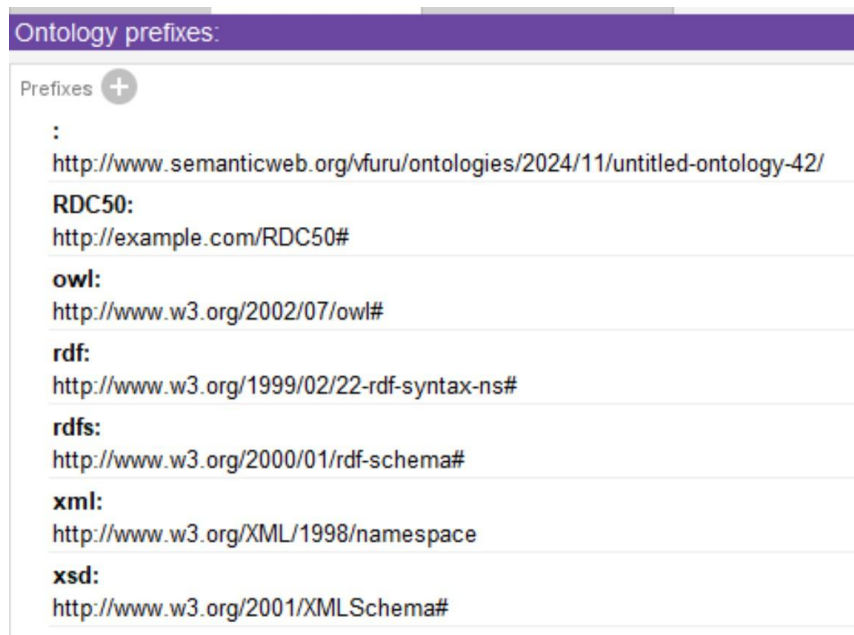
3.2 REUSO DE ONTOLOGIAS EXISTENTES

Ao iniciar o desenvolvimento de qualquer ontologia na plataforma Protégé, é arbitrado pelo programa o uso das seguintes ontologias, necessárias para as funções e definições básicas:

- <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns>
- <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
- <http://www.w3.org/2002/07/owl>
- <http://www.w3.org/2003/g/data-view>
- <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema>
- <http://www.w3.org/2001/XMLSchema>
- <http://www.w3.org/XML/1988/namespace>

Estas seriam as ontologias TLO a serem usadas. A partir do Protégé, elas são automaticamente aplicadas e referenciadas por prefixos padronizados (Figura 22).

Figura 22 - Aba da janela principal indicando os prefixos das ontologias existentes associadas à ontologia em desenvolvimento.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para uso em Web Semântica, a buildingSMART indica o uso do bSDD por se tratar de um conjunto de dicionários de dados interconectados com definições de termos para descrever o ambiente construído. O serviço é fornecido gratuitamente, permitindo fácil acesso a partir de diversas outras plataformas. Através do bSDD, é possível realizar consultas aos diversos verbetes, traduzidos para diversas línguas, que retornam páginas com informações sobre cada elemento e outros verbetes relacionados e conectados para serem consultados.

Para elementos do assunto EAS e RDC 50, existem os vocabulários usuais indicados pela Anvisa e Ministério da Saúde. O sistema SomaSUS teria uma vocação para ser integrado a uma ontologia, através de seus padrões estruturados e disponibilizados na web. Neste estudo são adotados os códigos relacionados aos ambientes, porém não há uma referência ou consulta de dados do SomaSUS que possa ser aplicada em uma ontologia Web Semântica.

Portanto, tanto o bSDD quanto o SomaSUS não se tratariam de ontologias de reuso neste estudo, mas as definições e formato dos termos podem ser referenciados na linguagem da ontologia e copiados em sua terminologia acerca de elementos de domínio do modelo, como visto a seguir.

3.3 TERMINOLOGIA DA ONTOLOGIA

De acordo com Noy e McGuinness (2001), a terminologia deve abranger não somente as entidades, mas também as propriedades específicas do domínio. Para o formato da escrita do nome das entidades foi adotada a convenção de camelo (CamelCase), onde os elementos são representados por uma expressão de palavras sem espaçamento, sendo a primeira letra de cada uma maiúscula, além de serem em inglês.

É um padrão já aplicado pela buildingSMART nos termos do IFC, com a diferença da primeira letra ser maiúscula, sendo boa prática ser mantido um mesmo padrão em toda a ontologia (BuildingSmart, 2022). Os principais termos neste estudo são apresentados, portanto, em CamelCase e em duas partes.

3.3.1 Termos de classes

- Consultório: (1) sala isolada destinada à prestação de assistência médica ou odontológica ou de outros profissionais de saúde de nível superior (CNES); (2) unidade de saúde para prestação de atendimento ambulatorial em várias especialidades, incluindo ou não as especialidades básicas, podendo ainda ofertar outras especialidades não médicas (Manual de Procedimentos Administrativos do Conselho Federal de Medicina). Este termo consta aqui como referência, por se tratar de uma palavra muito usada, não tendo papel relevante para o PCR. Porém não irá compor uma classe na ontologia. Deve constar nas propriedades de anotações para que, futuramente, possa ser referenciado por um URI gerado pelo Ministério da Saúde.
- RdcAMB13 (Consultório indiferenciado): Sala destinada às atividades de consulta médica, psicológica, de nutrição, de farmácia, de fisioterapia e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- RdcAMB14 (Consultório de serviço social para consultas em grupo): Sala destinada às atividades de consulta de assistência social (RDC 50).
- RdcAMB15 (Consultório de ortopedia): Sala destinada às atividades de consulta médica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).

- RdcAMB16 (Consultório diferenciado): Sala destinada às atividades de consulta médica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50)
- RdcAMB17 (Consultório odontológico coletivo): Sala destinada às atividades de consulta odontológica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- RdcAMB18 (Consultório odontológico individual): Sala destinada às atividades de consulta odontológica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- RdcAMB24 (Consultório de ginecologia, proctologia ou urologia): Sala destinada às atividades de consulta médica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- RdcDIA01 (Consultório indiferenciado - diálise): Sala destinada às atividades de consulta médica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- RdcHEM15 (Consultório indiferenciado - hemoterapia e hematologia): Sala destinada às atividades de consulta médica e de enfermagem, procedimentos médicos de pequeno porte, sob anestesia local (punções, biópsia, etc) (RDC 50).
- IfcSpace: Representa uma área, ou volume, delimitado física ou teoricamente. Espaços são áreas ou volumes utilizados para funções específicas dentro de uma edificação (bSDD). URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4.3/class/IfcSpace>.
- IfcSpaceCompleto (Consultório completo para avaliação): Consultório projetado com informações suficientes para análise da RDC 50.
- GlobalId: Atribuição de um identificador único global válido para todo o mundo de softwares (bSDD). Não está relacionado com o GUID gerado para os elementos da ontologia modelada em Protégé. URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4.3/prop/GlobalId>.
- ObjectType: O tipo especifica uma categoria particular que fornece informações adicionais sobre o objeto. Esse tipo deve ser definido no nível das subcategorias que podem ser instanciadas. Especificamente, ele inclui o tipo definido pelo usuário quando o atributo PredefinedType for definido como [[USERDEFINED]] ou quando

a entidade concreta instanciada não possuir o atributo `PredefinedType`. Isso ocorre em algumas subcategorias específicas e ao instanciar diretamente `BuiltElement` (bSDD). Neste estudo foi acrescido o “Ifc” na frente para não haver ambiguidade com “Object Type”, que faz parte do domínio OWL, resultando em `IfcObjectType`.

URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4.3/prop/ObjectType>.

- `IfcBuilding`: Um edifício ou construção representa uma estrutura que fornece abrigo para seus ocupantes ou conteúdo e fica em um só lugar. O edifício também é usado para fornecer um elemento básico dentro da hierarquia da estrutura espacial para os componentes de um projeto de construção (juntamente com terreno, andar e espaço) (bSDD). URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4.3/class/IfcBuilding>.

3.3.2 Termos de propriedades

- `IfcAreaMeasure`: A medida de área é o valor da extensão de uma superfície. Geralmente medida em metros quadrados (IFC 4.3.2.0). Esta terminologia, até a data do término do estudo, não está no bSDD. Ao ser consultado por uma propriedade de área para `IfcSpace`, o bSDD retorna duas: `NetPlannedArea` e `GrossPlannedArea`. Em ambos os verbetes, há uma mesma nota técnica informando que:

”No IFC, esta propriedade recebe como valor ‘IfcAreaMeasure’. Tais objetos não estão incluídos no bSDD por motivos de simplicidade. O IFC também não impõe unidades específicas, mas recomenda o uso de unidades do Sistema Internacional (SI) (metro, quilograma, etc.). Consulte a documentação do IFC para mais informações.” (BuildingSmart, 2025b)

Portanto, para esta propriedade, foi utilizada a informação constante na documentação da última versão oficial do IFC (4.3.2.0), adaptado de `area measure` definida na ISO 1303-41. URI: <https://standards.buildingSMART.org/IFC/RELEASE/IFC4 - 3/HTML/lexical/IfcAreaMeasure.htm>.

- `Name`: Nome opcional para uso pelos sistemas de software ou usuários participantes. Para alguns subtipos de *Root* a inserção do atributo *Name* pode ser necessária. Isso seria imposto por uma regra em que isso acontecesse (bSDD). No Revit é exportado de *Number*, atributo de *Room* (`IfcSpace`); no Revit este elemento não é opcional, pois não aceita que os valores sejam repetidos ou vazios. URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4>.

- LongName: Nome completo para o contexto conforme usado para fins de referência (bSDD). No Revit é exportado de *Name* de *Room* (IfcSpace). URI: <https://identifier.buildingSMART.org/uri/buildingSMART/ifc/4.3/prop/LongName>.

A terminologia para classes e propriedades de TLO impostas pelo Protégé não está listada neste trabalho, podendo ser consultada nas referências dos *namespaces* apresentadas na etapa de reuso de ontologias.

3.4 DEFINIÇÃO DAS CLASSES

Em IFC, as entidades seriam consideradas como as classes, como no caso de IfcSpace. Outros elementos definidos como propriedades em IFC, em ontologia, seriam considerados também como classes, por se tratarem de entidades a serem instanciadas com dados distintos. A seguir, listamos as classes em negrito e suas respectivas relações "is a" ("é um") ou "é subclasse de", que produzem a hierarquia básica aristotélica, ou taxonomia da ontologia da RDC 50.

- Thing é a classe raiz, imposta pelo programa, fazendo parte da ontologia de reuso OWL.
- IfcBuilding é subclasse de Thing
- GlobalId é subclasse de Thing
- IfcObjectType é subclasse de Thing
- IfcSpace é subclasse de Thing
- IfcSpaceCompleto é subclasse de IfcSpace com características suficientes para análise da RDC 50.
- RdcAMB13 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório indiferenciado e atender à RDC 50.
- RdcAMB14 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório de serviço social e atender à RDC 50.
- RdcAMB15 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório de ortopedia e atender à RDC 50.
- RdcAMB16 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório diferenciado e atender à RDC 50.
- RdcAMB17 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório odontológico coletivo e atender à RDC 50.

- RdcAMB18 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório odontológico individual e atender à RDC 50.
- RdcAMB24 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório de ginecologia, proctologia ou urologia e atender à RDC 50.
- RdcDIA01 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório indiferenciado (diálise) e atender à RDC 50.
- RdcHEM15 é subclasse de IfcSpaceCompleto com características suficientes para configurar um consultório indiferenciado (hemoterapia e hematologia) e atender à RDC 50.

As classes também devem se relacionar ou não através de disjunção, ou seja, se as suas instâncias podem ou não fazer parte de outra classe. A edificação não é uma sala, portanto as classes IfcBuilding e IfcSpace devem ser disjuntas (Figura 23). As subclasses automaticamente herdam as propriedades da classe acima, portanto não precisam ser declaradas, como no caso da disjunção de RdcAMB24 e IfcBuilding.

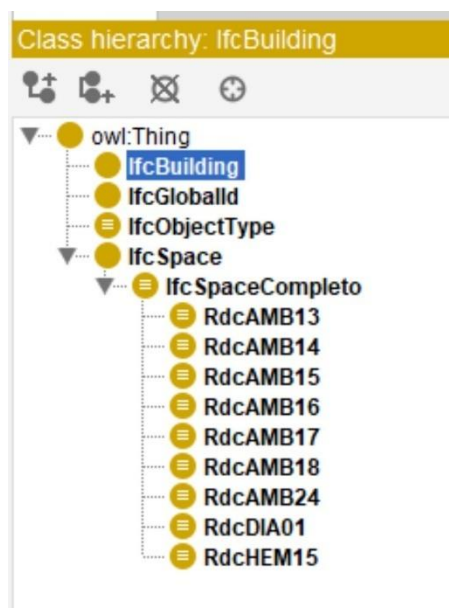
Figura 23 - Matriz representando as relações de disjunção em cinza.

	RdcAMB24	RdcAMB15	RdcAMB14	RdcHEM15	RdcDIA01	RdcAMB17	RdcAMB16	RdcAMB18	IfcBuilding	IfcSpaceCompleto	IfcObjectType	IfcSpace	IfcGlobalId
RdcAMB24													
RdcAMB15													
RdcAMB14													
RdcHEM15													
RdcDIA01													
RdcAMB17													
RdcAMB16													
RdcAMB18													
IfcBuilding													
IfcSpaceCompleto													
IfcObjectType													
IfcSpace													
IfcGlobalId													

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

As subclasses *IfcObjectType*, *IfcSpaceCompleto* e todas que começam com "Rdc" em seu nome possuem restrições específicas, portanto configuram-se como classes definidas. No item 3.5, de definição de restrições, as regras de filtragem, ou axiomas, destas subclasses serão apresentadas com maior detalhamento. Na plataforma Protégé, as classes, subclasses e sua hierarquia estão visíveis na janela amarela da interface (Figura 24).

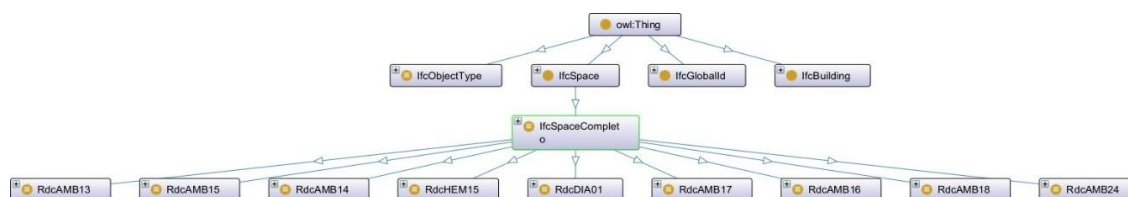
Figura 24 - Janela apresentando as classes, subclasses e sua hierarquia.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A partir do *plugin* OntoGraf, pode-se visualizar o grafo com as classes e subclasses, ligadas por setas em azul, de forma aristotélica com herança única, representando a relação *is-a* (Figura 25).

Figura 25 - Grafo gerado pelo OntoGraf a partir da criação das classes e suas relações.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3.5 DEFINIÇÃO DAS PROPRIEDADES

Como visto no item 2.4.2, as propriedades, ou relações, são divididas em três categorias, sendo duas delas inferenciáveis: (1) propriedades de objeto e (2) propriedades de dados. A propriedade de anotação não influencia nos inferenciadores, ou seja, não produz novas informações. Elas relacionam dados diversificados, em geral textos de observações,

tanto a classes quanto a indivíduos. Neste estudo, seriam consideradas as definições apresentadas na etapa de enumeração de termos, não sendo detalhadas. A seguir, são apresentadas as propriedades inferenciáveis divididas em duas partes.

3.5.1 Propriedades de objeto

É considerada boa prática a definição de propriedades de objeto inversas. O Protégé não gera estas propriedades automaticamente, mas ao afirmar-se que uma propriedade é inversa da outra, o programa consegue inferir dados a partir destas restrições. Apesar de fazerem parte do tema do item seguinte, serão apresentadas aqui as restrições relacionadas às propriedades de objeto. É indicado nomear as propriedades de acordo com sua função, autoexplicativa, lembrando que o programa não associa o nome dado a esta função. Ele serve apenas como auxílio ao desenvolvedor humano da ontologia para que entenda o domínio da propriedade sem precisar consultar sua descrição. A seguir, estão listadas as propriedades, seus respectivos domínios, propriedades inversas e restrições.

- hasGlobalId

Relaciona qualquer instância a um GlobalId, ou seja, um edifício ou sala podem ser relacionados a um Global ID.

Domínio: inexistente; está aberto para relacionar qualquer classe, permitindo que qualquer instância seja relacionada.

Alcance: inexistente.

Inverso de: isGlobalIdOf

Restrição: Functional (funcional); um elemento só pode ter um Global ID.

- hasIfcObjectType

Relaciona um IfcSpace a um IfcObjectType, ou seja, uma sala é relacionada a um código SomaSUS.

Domínio: IfcSpace; só as salas se relacionam

Alcance: IfcObjectType; só os códigos SomaSUS instanciados nesta classe podem ser relacionados

Inverso de: isIfcObjectTypeOf

Restrição: inexistente

- hasSpace

Relaciona um IfcBuilding a um IfcSpace, ou seja, um edifício é relacionado a uma

sala.

Domínio: IfcBuilding; só os edifícios se relacionam

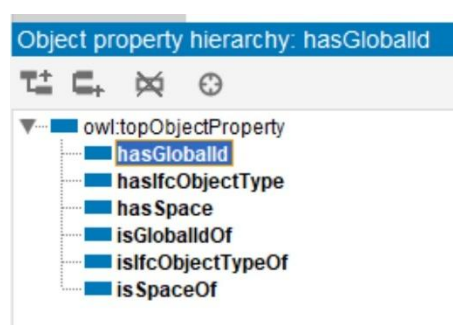
Alcance: IfcSpace; só as salas instanciadas nesta classe podem ser relacionadas

Inverso de: isSpaceOf

Restrição: inexistente

Na plataforma Protégé, as propriedades de objeto estão visíveis na janela azul da interface, conforme Figura 26.

Figura 26 - Janela da lista de propriedades de objeto.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

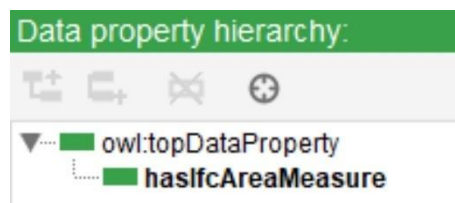
3.5.2 Propriedades de dados

Observa-se que não há a possibilidade de uma relação inversa entre dado e valor, ou seja, um valor não pode se relacionar com uma instância. Neste estudo, há apenas uma propriedade de dados, no caso *hasIfcAreaMeasure*, apresentada a seguir com suas respectivas descrições:

- Relaciona um elemento qualquer a um valor, no caso, *IfcAreaMeasure*.
- Domínio: indefinido; qualquer elemento se relaciona.
- Alcance: *xsd:double*; somente valores numéricos de ponto flutuante de dupla precisão podem ser relacionados. Após a exportação do modelo IFC para ifcOWL, as medidas de área se apresentaram neste formato "double", apesar da buildingSMART indicar que *IfcAreaMeasure* seja do tipo número real. Adotou-se *xsd:double* por ser um formato mais flexível, que atende a diversos formatos numéricos além do real, além de viabilizar um possível uso do modelo IFC em OWL.
- Restrição: Functional (funcional); cada instância só pode ter um valor.

Na plataforma Protégé, as propriedades de objeto estão visíveis na janela verde da interface, conforme a Figura 27.

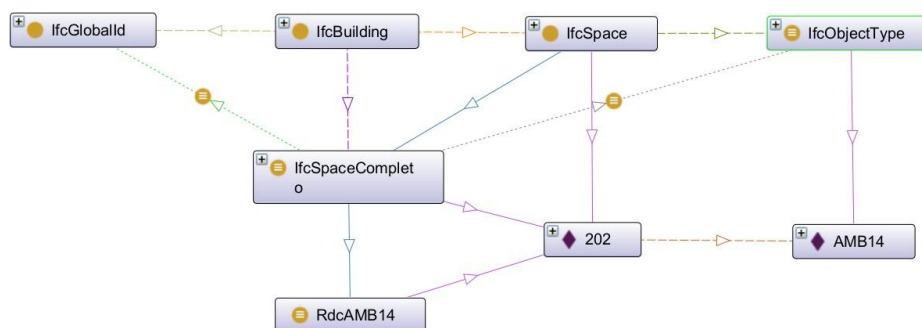
Figura 27 - Janela da lista de propriedades de dado.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na Figura 28, é apresentado o grafo com as propriedades representadas por setas.

Figura 28 - Grafo gerado pelo OntoGraf destacando as relações ou propriedades de objeto.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3.6 DEFINIÇÃO DAS RESTRIÇÕES

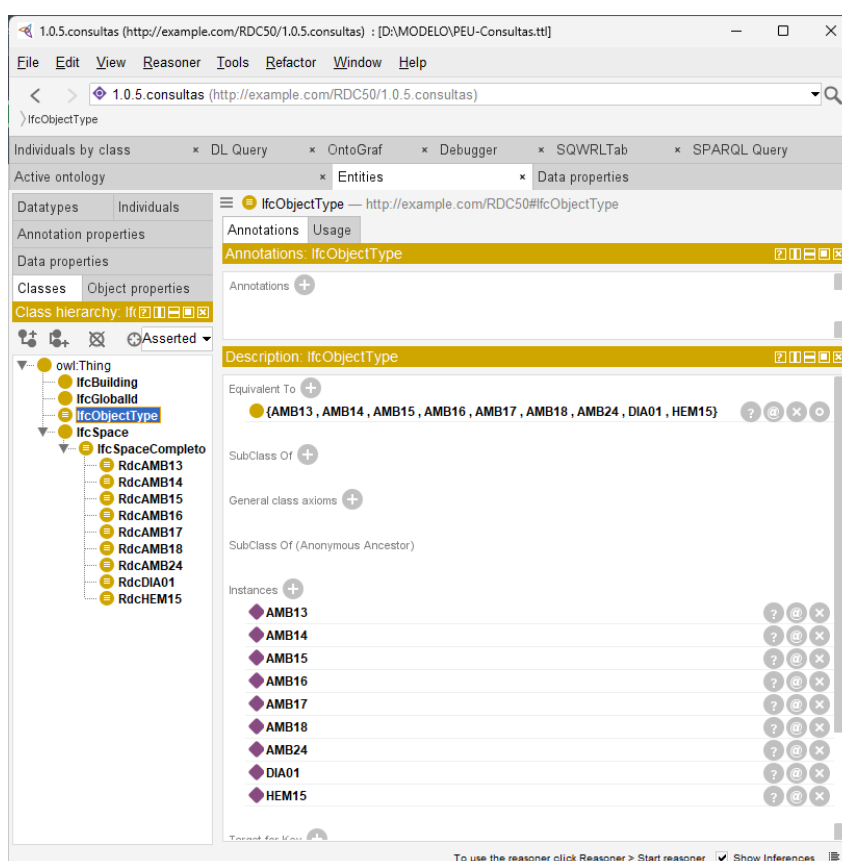
Como apresentado anteriormente, as subclasses (1) *IfcObjectType* e (2) *IfcSpaceCompleto* e todas que começam com (3) "Rdc" em seu nome possuem restrições específicas, portanto configuram-se como classes definidas. A plataforma Protégé permite que, através dos elementos de sua interface baseada em seleção e preenchimento de campos, as expressões lógicas sejam automaticamente criadas, sendo possíveis de serem editadas e revisadas manualmente. A seguir, cada item apresenta as suas restrições, já associadas a uma expressão em parte gerada pela plataforma, em alguns casos devendo ser editadas.

3.6.1 Restrições para classificação SomaSUS

Além de *IfcObjectType* ser uma classe definida, possui a característica de ser uma classe enumerada. A classe é previamente instanciada com indivíduos representando, neste estudo, os códigos SomaSUS. Isso garante que os valores de um determinado indivíduo sejam finitos e limitados ao conjunto de elementos instanciados. O *IfcObjectType* não poderia ter outro valor além dos códigos SomaSUS inseridos, garantindo um maior controle

sobre os dados e menor chance de inconsistências. Um dos códigos, portanto, deve ser inserido no campo de IfcSpace do modelo antes de ser exportado para receber a checagem de regras. Essas instâncias fazem parte da ontologia da RDC 50, não configurando o modelo a ser analisado. Na Figura 29, observa-se a Janela da classe IfcObjectType, listando as instâncias e acima o axioma indicando que somente estes indivíduos fazem parte desta classe.

Figura 29 - Janela da classe IfcObjectType.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

No caso, foram instanciados os indivíduos AMB13, AMB14, AMB15, AMB16, AMB17, AMB18, AMB24, DIA01, HEM15, cada um representando o código SomaSUS através de seu nome. A restrição de que nenhum outro indivíduo, além desses, faz parte desta classe, é descrita através da expressão:

{ AMB13 , AMB14 , AMB15 , AMB16 , AMB17 , AMB18 , AMB24 , DIA01 ,
HEM15 }

3.6.2 Restrições para completude das informações

A subclasse `IfcSpaceCompleto` foi criada para filtrar as instâncias com informações faltantes, necessárias à verificação de regras, no caso, a relação com o `IfcObjectType` e a relação com um `GlobalId`.

A restrição é descrita através da expressão:

`IfcSpace and (hasGlobalId some IfcGlobalId) and (hasIfcObjectType some IfcObjectType)`

Significa que, além de ser da classe de `IfcSpace`, deve-se relacionar com algum `GlobalId` e também com algum `IfcObjectType`. Caso alguma destas relações não seja identificada, o indivíduo não faz parte desta classe.

3.6.3 Restrições para requisitos de área mínima

Tratam-se de 9 subclasses criadas para filtrar as instâncias que fazem parte de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, possuem as informações necessárias para checagem e que possuem a área mínima imposta pela RDC 50 de acordo com cada caso.

A seguir estão listadas as subclasses e respectivas expressões restritivas:

- **RdcAMB13**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB13) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB13` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB14**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB14) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.6"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB14` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 7.6 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB15**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB15) and (hasIfcAreaMeasure`

`some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB15` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB16**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB16) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB16` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB17**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB17) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "9.0"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB17` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 9.0 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB18**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB18) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "9.0"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB18` e uma relação de `IfcAreaMeasure` com qualquer valor igual ou maior a 9.0 e do tipo `xsd:double`.

- **RdcAMB24**

`IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value AMB24) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])`

Significa que, além de ser instância de `IfcSpaceCompleto`, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com `IfcObjectType` no valor de `AMB24` e uma

relação de IfcAreaMeasure com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo xsd:double.

- RdcDIA01

IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value DIA01) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])

Significa que, além de ser instância de IfcSpaceCompleto, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com IfcObjectType no valor de DIA01 e uma relação de IfcAreaMeasure com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo xsd:double.

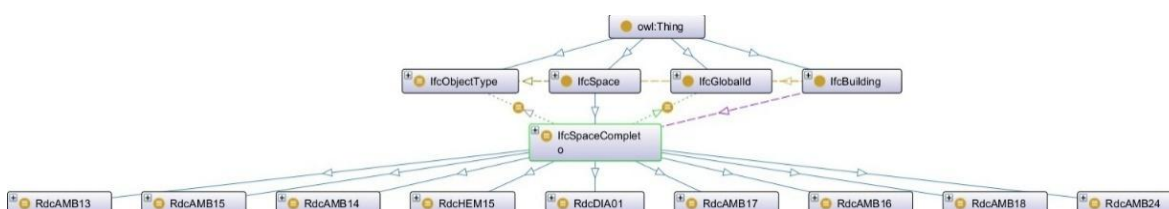
- RdcHEM15

IfcSpaceCompleto and (hasIfcObjectType value HEM15) and (hasIfcAreaMeasure some xsd:double[>= "7.5"^^xsd:double])

Significa que, além de ser instância de IfcSpaceCompleto, ou seja, ter as informações completas, deve ter uma relação com IfcObjectType no valor de HEM15 e uma relação de IfcAreaMeasure com qualquer valor igual ou maior a 7.5 e do tipo xsd:double.

A partir da inserção das restrições, o grafo representando as novas relações pode ser visualizado através das diferentes setas na Figura 30.

Figura 30 - Grafo representando as classes e as relações de herança, objeto e restrições.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

3.7 CRIAÇÃO DAS INSTÂNCIAS

Foi desenvolvido para fins de estudo um projeto contemplando 18 consultórios hipotéticos, sendo 2 de cada um dos 9 tipos descritos no escopo, além de 2 de teste para identificação de dados faltantes. Para cada tipo dos 18 espaços, foi criado um consultório conforme o Quadro 3. Para o nome (IfcName) de cada sala, foi definido um número para cada tipo de consultório acrescido de "01" para áreas de 7,5 m² e "02" para áreas de 9,0 m²

Quadro 3 – Tipos, números e áreas de consultórios a serem instanciados.

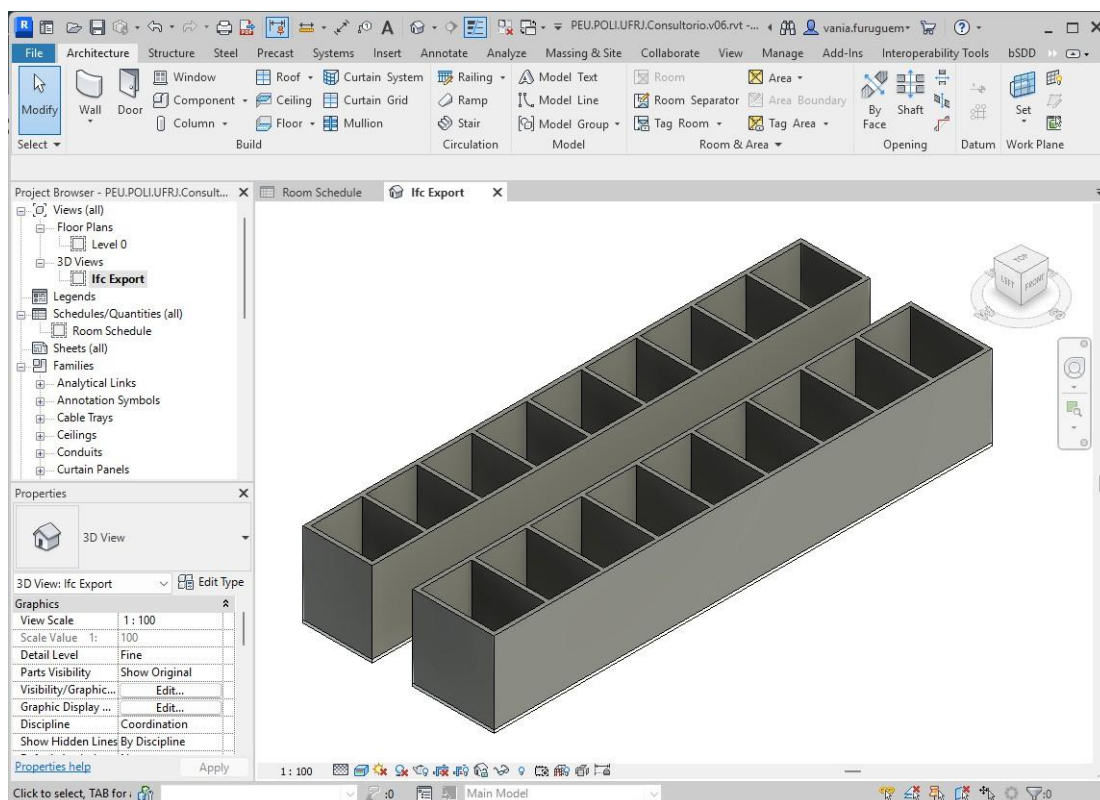
Tipos de Consultórios da RDC 50	Área = 7,5 m²	Área = 9,0 m²
Indiferenciado	101	102
Serviço social para consultas em grupo	201	202
Ortopedia	301	302
Diferenciado	401	402
Odontológico coletivo	501	502
Odontológico individual	601	602
Ginecologia	701	702
Indiferenciado (diálise)	801	802
Indiferenciado (hemoterapia e hematologia)	901	902

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Sabe-se de antemão que, dos consultórios criados, 201, 501 e 601 estão com áreas abaixo do limite permitido pela norma, sendo esperado que o processo de consulta produza este apontamento. Os consultórios de teste recebem os números 903 e 904, todos eles com 9 metros quadrados, sendo um sem o código SomaSUS (IfcObjectType) e outro sem o GlobalId. Neste caso, o resultado esperado seria de que as salas estivessem com informações insuficientes para análise.

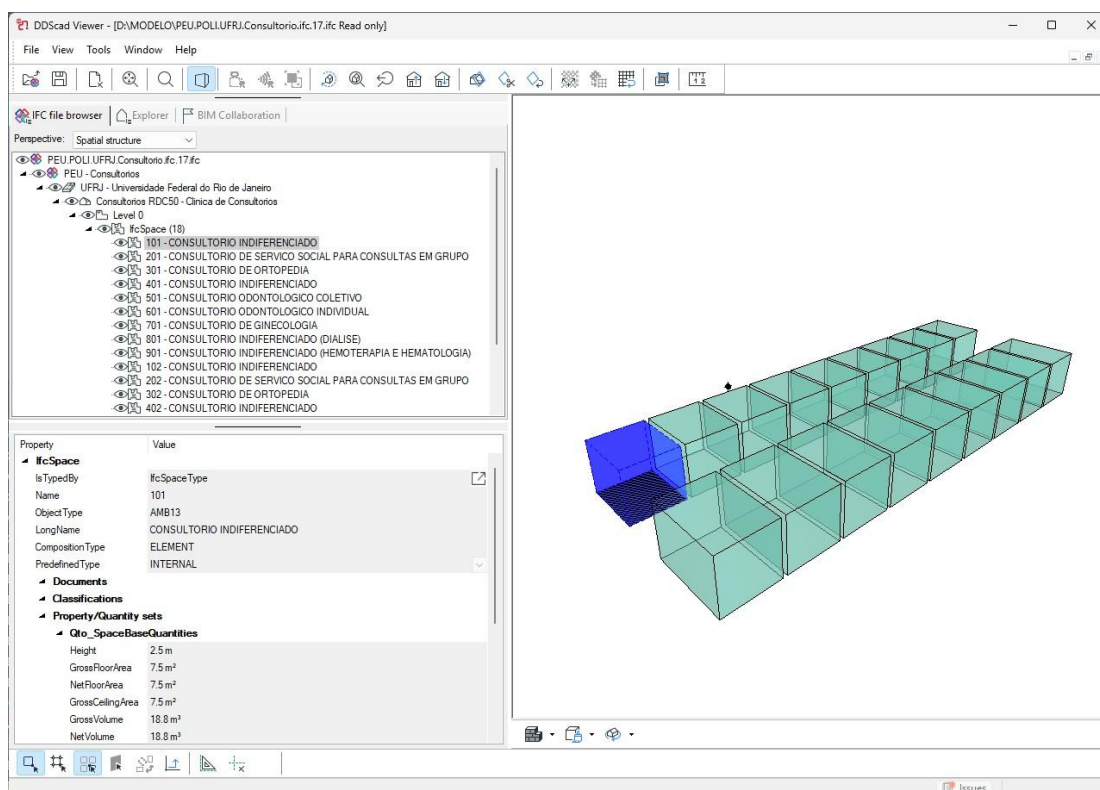
O protótipo foi modelado em Revit 2023 (Figura 31) e exportado em SPF no formato IFC 4 (Figura 32) através do plugin fornecido pelo programa, versão 23.3.1. O MVD adotado é o IFC4 Reference View, alterado com o objetivo de reduzir a quantidade de dados exportados para o mínimo necessário ao estudo, dentro da plataforma Revit.

Figura 31 - Visualização do modelo no Revit 2023 do protótipo das salas.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 32 - Visualização do modelo exportado para IFC no aplicativo DDScad Viewer.



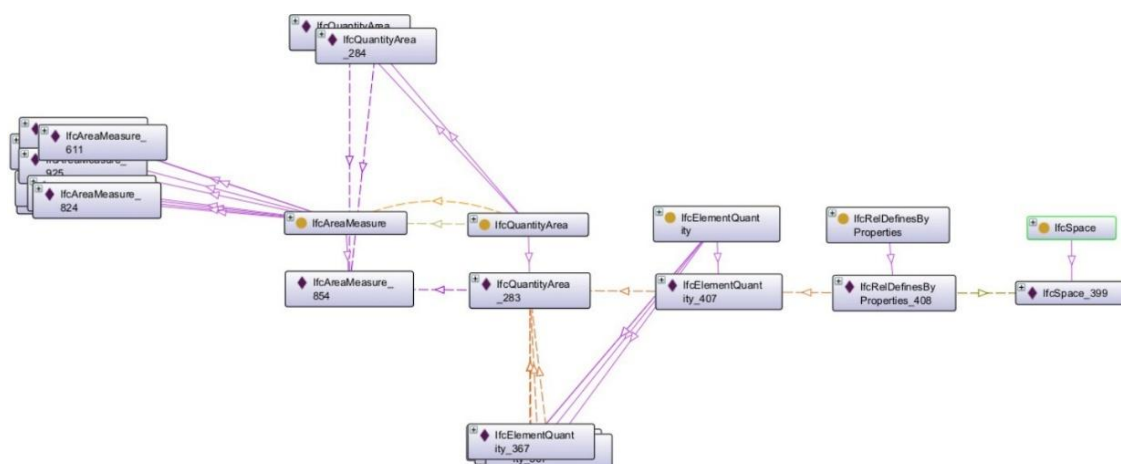
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Depois, foi exportado para RDF no formato TTL, através do aplicativo IFCtoRDF, mencionado no sítio da buildingSMART (<https://technical.buildingSMART.org/standards/ifc/ifc-formats/ifcOWL/> - consulta em dezembro de 2024) e disponível em <https://github.com/pipauwel/IFCtoRDF> (acesso em dezembro de 2024). O sistema bSDD ainda não oferece referências de outros aplicativos de tradução de formatos, exceto alguns plugins de exportação de formatos proprietários para IFC 4.3. Sua aplicabilidade neste estudo se restringe apenas à biblioteca, referenciada item sobre a definição de classes e propriedades.

O arquivo gerado, em seguida, foi acessado em Protégé, sendo constatada a necessidade de correção de todas as propriedades, que estavam descritas como annotation properties (propriedades de anotação), quando deveriam ser object properties (propriedades de objeto) e alguns data properties (propriedades de dado). O sistema não considera como axioma as propriedades de anotação, portanto, as inferências não seriam realizadas desta forma.

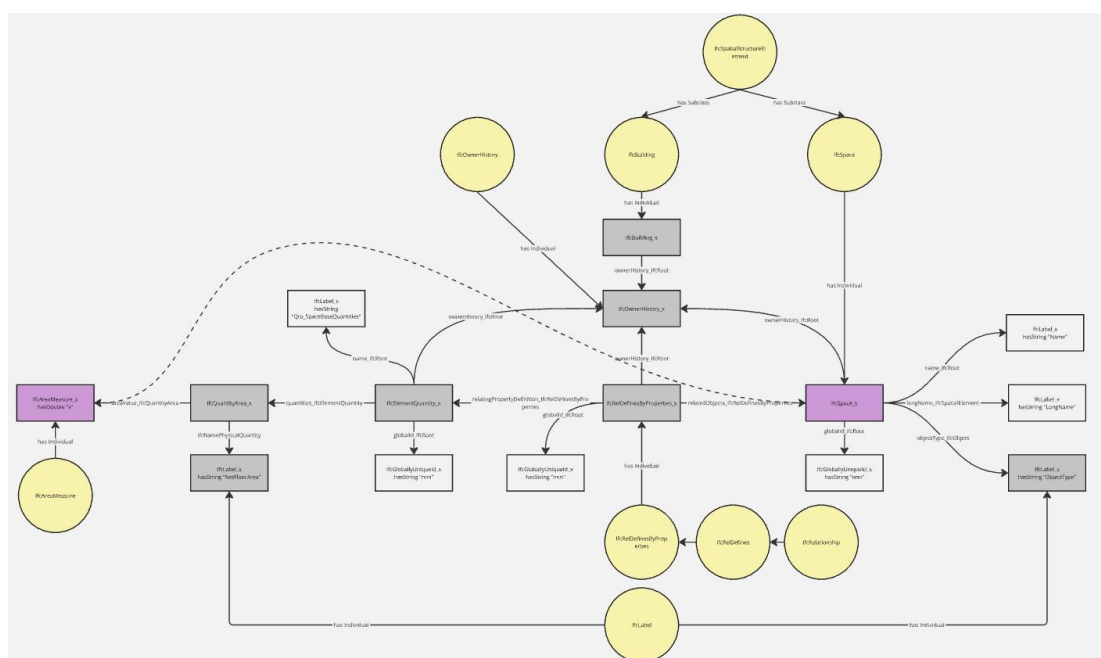
Foi observado também que a estrutura hierárquica do IFC exportado para OWL segue uma lógica de subclasses diferente da ontologia da RDC 50. Além de não seguir o paradigma aristotélico de herança única, como já constatado por Barry Smith, associa a área da sala - que em ifcOWL não é uma propriedade de dado associada diretamente à uma instância, mas uma instância de IfcAreaMeasure - à sala ou espaço (IfcSpace) de forma demasiadamente indireta, sendo necessário um sistema de axiomas complexo para que as duas entidades sejam relacionadas. A partir do grafo representando as instâncias e respectivas classes, gerado a partir do plugin OntoGraf (Figura 33), e da representação esquemática deste grafo (Figura 34), foi possível verificar a "distância" ontológica entre a sala e sua respectiva área. Em OntoGraf, observa-se a instância da classe IfcSpace na extremidade direita da segunda linha, e a instância da classe IfcAreaMeasure, na extremidade da esquerda da segunda linha. As instâncias são identificadas por um losango roxo à esquerda do seu nome. As classes são identificadas por um círculo amarelo. Na representação esquemática, observa-se o "caminho" de elementos existentes entre IfcSpace e IfcAreaMeasure, ambos em roxo. Os círculos amarelos representam algumas das classes instanciadas e os retângulos representam alguns dos indivíduos relacionados pelas setas em linha cheia. A seta curva em linha tracejada representa a relação direta entre sala e área, que na ontologia não existe. Sua versão ampliada se encontra no Apêndice A.

Figura 33 - Grafo gerado pelo OntoGraf do trecho da taxonomia do Ifc em OWL.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 34 - Representação esquemática do trecho da taxonomia do Ifc em OWL.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Para a viabilidade da realização do estudo, uma forma mais simplificada de extração de dados do modelo foi adotada. As instâncias geradas estão descritas conforme a tabela apresentada na Figura 35, exportada diretamente do Revit para o formato .CSV, sendo possível a leitura pelo Excel. As salas 903 e 904, para teste de informações suficientes, foram artificialmente geradas na planilha da Figura 36.

Figura 35 - Visualização da tabela no Revit 2023 a ser exportada para o formato CSV.

<Room Schedule>						
A	B	C	D	E	F	G
Number	IfcObjectType	Name	Area	IfcGUID	Building Name	IfcBuilding GUID
101	AMB13	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILI	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
102	AMB13	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIK6	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
201	AMB14	CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILJ	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
202	AMB14	CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKr	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
301	AMB15	CONSULTORIO DE ORTOPEDIA	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILH	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
302	AMB15	CONSULTORIO DE ORTOPEDIA	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKh	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
401	AMB16	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILN	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
402	AMB16	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKf	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
501	AMB17	CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILL	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
502	AMB17	CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKI	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
601	AMB18	CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILB	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
602	AMB18	CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKj	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
701	AMB24	CONSULTORIO DE GINECOLOGIA	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIL8	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
702	AMB24	CONSULTORIO DE GINECOLOGIA	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKY	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
801	DIA01	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILE	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
802	DIA01	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKZ	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
901	HEM15	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILF	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
902	HEM15	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKW	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 36 - Visualização no Excel da tabela do Revit exportada em CSV.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Number	IfcObjectType	Name	Area	IfcGUID	Building Name	IfcBuilding GUID
2	101	AMB13	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILI	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
3	102	AMB13	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIK6	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
4	201	AMB14	CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILJ	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
5	202	AMB14	CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKr	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
6	301	AMB15	CONSULTORIO DE ORTOPEDIA	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILH	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
7	302	AMB15	CONSULTORIO DE ORTOPEDIA	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKh	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
8	401	AMB16	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILN	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
9	402	AMB16	CONSULTORIO INDIFERENCIADO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKf	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
10	501	AMB17	CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILL	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
11	502	AMB17	CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKI	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
12	601	AMB18	CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILB	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
13	602	AMB18	CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKj	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
14	701	AMB24	CONSULTORIO DE GINECOLOGIA	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIL8	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
15	702	AMB24	CONSULTORIO DE GINECOLOGIA	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKY	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
16	801	DIA01	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILE	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
17	802	DIA01	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKZ	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
18	901	HEM15	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	7,5 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILF	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
19	902	HEM15	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	9,0 m²	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKW	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
20	903	HEM15	CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	9,0 m²		Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW
21	904		CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)	9,0 m²	teste	Consultorios RDC50	302zsJApn4RvIv2qdMoKW

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Através do plugin Cellfie, embarcado no Protégé, os dados da planilha foram importados e instanciados para a ontologia RDC 50. A partir da formulação de regras na linguagem Manchester OWL (referência), as colunas podem ser traduzidas tanto para classes quanto para indivíduos ou propriedades - no caso, todas as informações contidas nas células foram exportadas como indivíduos e respectivas propriedades. O aplicativo não altera ou subtrai as informações existentes da planilha nem da ontologia, sendo possível apenas a adição de novos elementos. Ao se exportar as instâncias, as classes de destino já devem estar criadas, seja a partir do próprio plugin, seja previamente no Protégé.

Foram criados três comandos de exportação, listados a seguir:

- Instanciar IfcSpace:

Individual: @A*

Types: IfcSpace

```

Facts: hasGlobalId @E*,
      hasIfcObjectType @B*,
      hasIfcAreaMeasure @D*(xsd:double
mm:capturing("( -?\d*.\d{1})"))

Annotations: rdfs:comment      @C*(xsd:string
mm:prepend("IfcLongName = "))

```

- **Instanciar IfcBuilding**

```
Individual: @F*
```

```
Types: IfcBuilding
```

```

Facts: hasGlobalId @G*,
      hasSpace @A*

```

- **Instanciar IfcGlobalId**

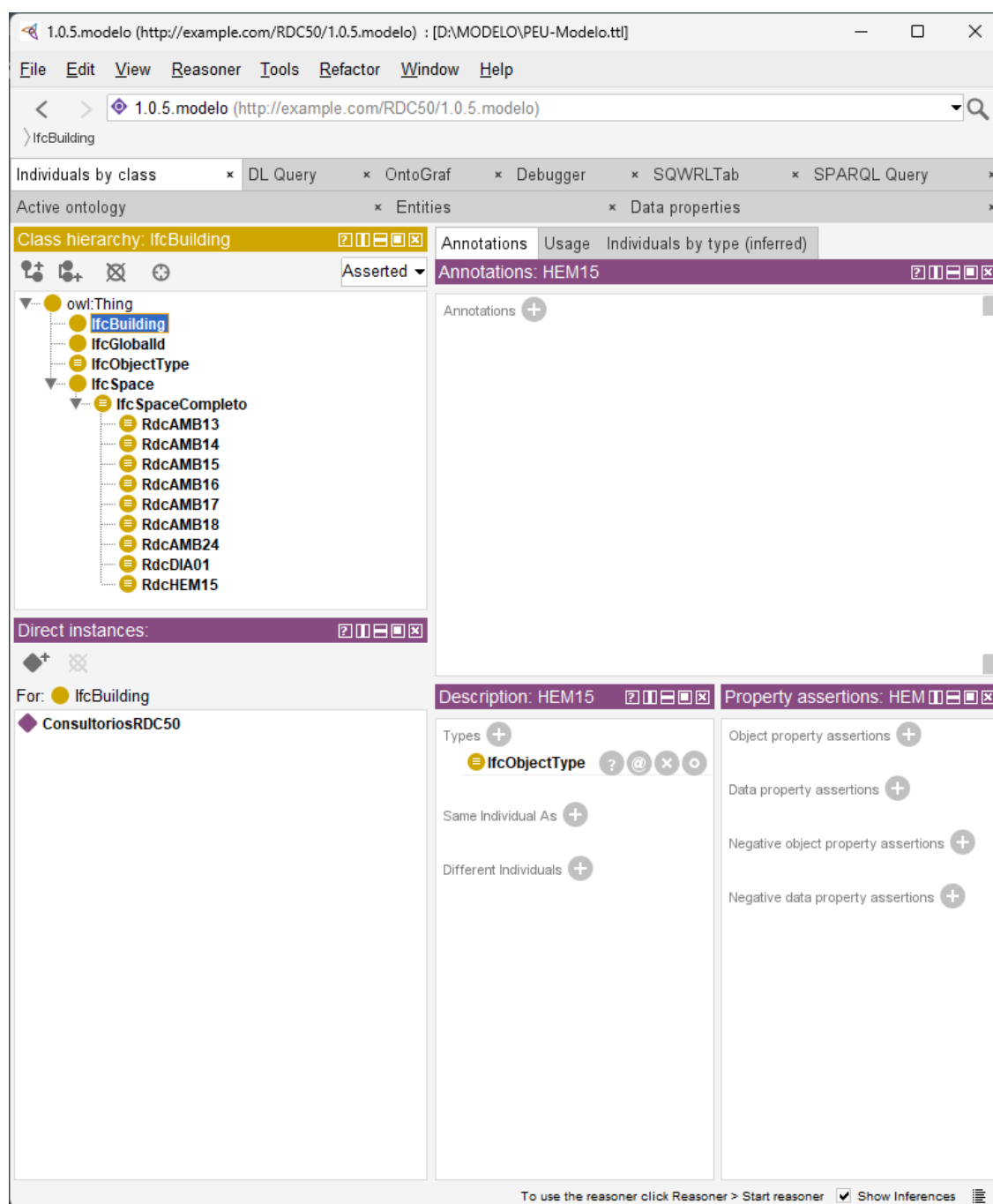
```
Individual: @E*
```

```
Types: IfcGlobalId
```

3.7.1 Resultados da importação

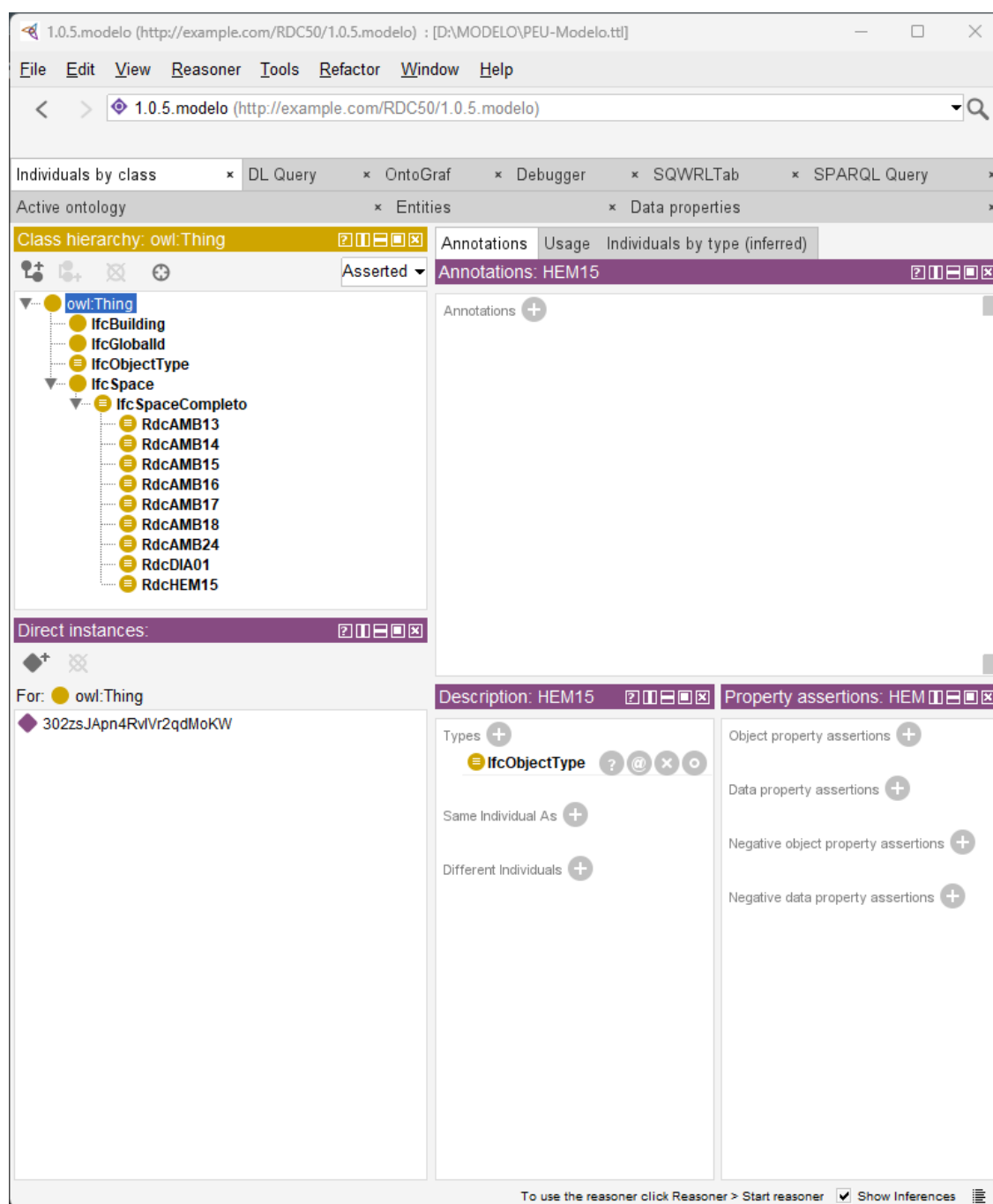
As regras de importação instanciaram o único indivíduo de edificação ConsultórioRDC50 e seu Guid respectivamente para as classes IfcBuilding e Thing (Figura 37 e Figura 38). As Guids das salas foram instanciadas em IfcGlobalId (Figura 39). As salas identificadas pelos seus nomes ou numbers no Revit (IfcName) foram instanciadas em IfcSpace (Figura 40 e Figura 41).

Figura 37 - Instâncias de IfcBuilding.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 38 - Instâncias de Thing, na janela inferior esquerda.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 39 - Instâncias de IfcGlobalId, na janela inferior esquerda.

1.0.5.modelo (http://example.com/RDC50/1.0.5.modelo) : [D:\MODELO\PEU-Modelo.ttl]

File Edit View Reasoner Tools Refactor Window Help

1.0.5.modelo (http://example.com/RDC50/1.0.5.modelo)

IfcGlobalId

Individuals by class x DL Query x OntoGraf x Debugger x SQWRLTab x SPARQL Query x

Active ontology x Entities x Data properties x

Class hierarchy: IfcGlobalId [?] [I] [E] [M] [X]

Annotations Usage Individuals by type (inferred)

Annotations: HEM15 [?] [I] [E] [M] [X]

Annotations +

Direct instances: [?] [I] [E] [M] [X]

For: IfcGlobalId

2lvOxeA49Bp9GLPdwMKili
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIK6
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKf
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKh
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKj
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKI
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKr
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKW
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKY
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKZ
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIL8
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILB
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILE
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILF
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILH
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILJ
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILL
2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILN
teste

Description: HEM15 [?] [I] [E] [M] [X]

Property assertions: HEM15 [?] [I] [E] [M] [X]

Types +
IfcObjectType ? @ x o

Same Individual As +

Different Individuals +

Object property assertions +

Data property assertions +

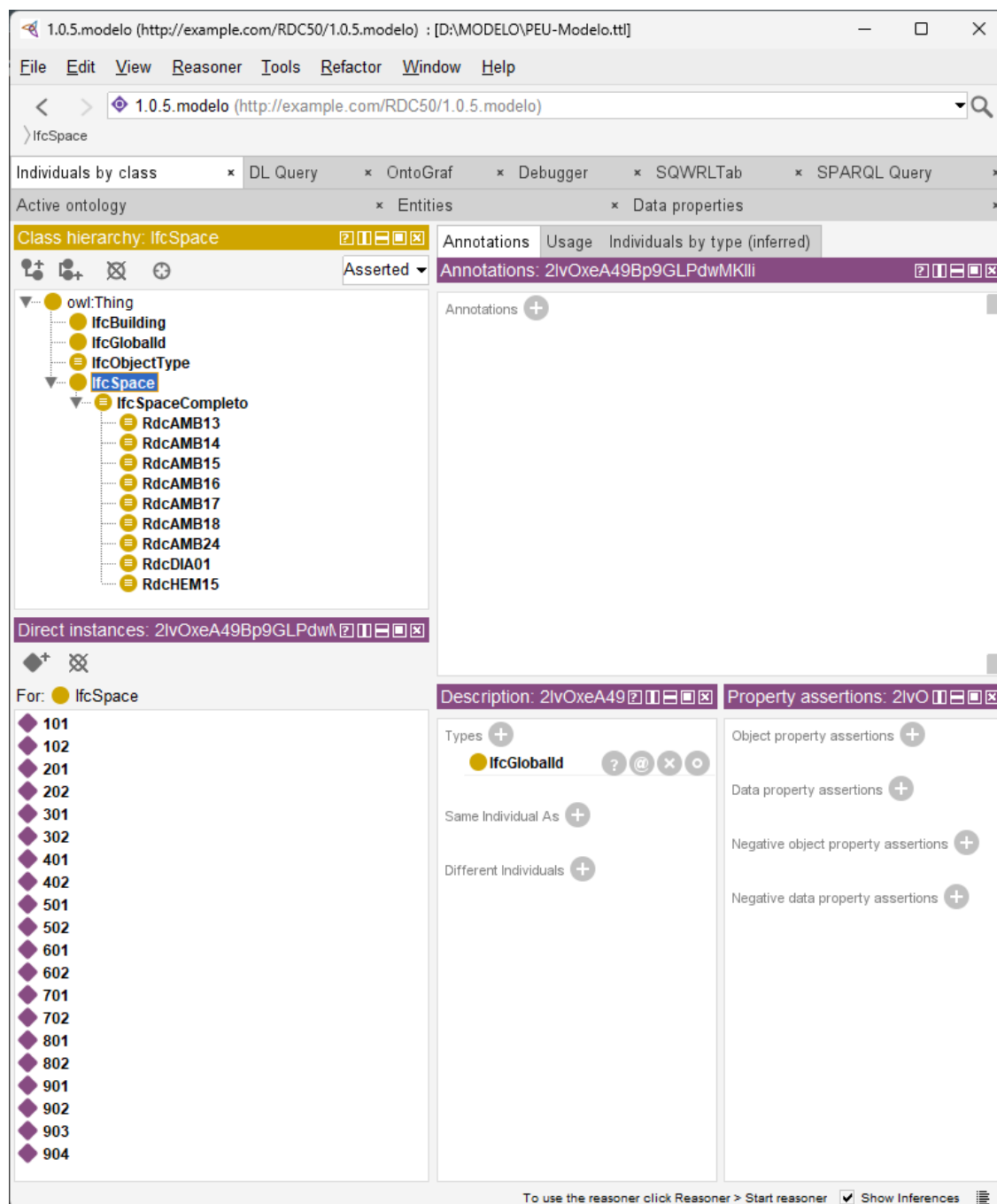
Negative object property assertions +

Negative data property assertions +

To use the reasoner click Reasoner > Start reasoner [x] Show Inferences [I]

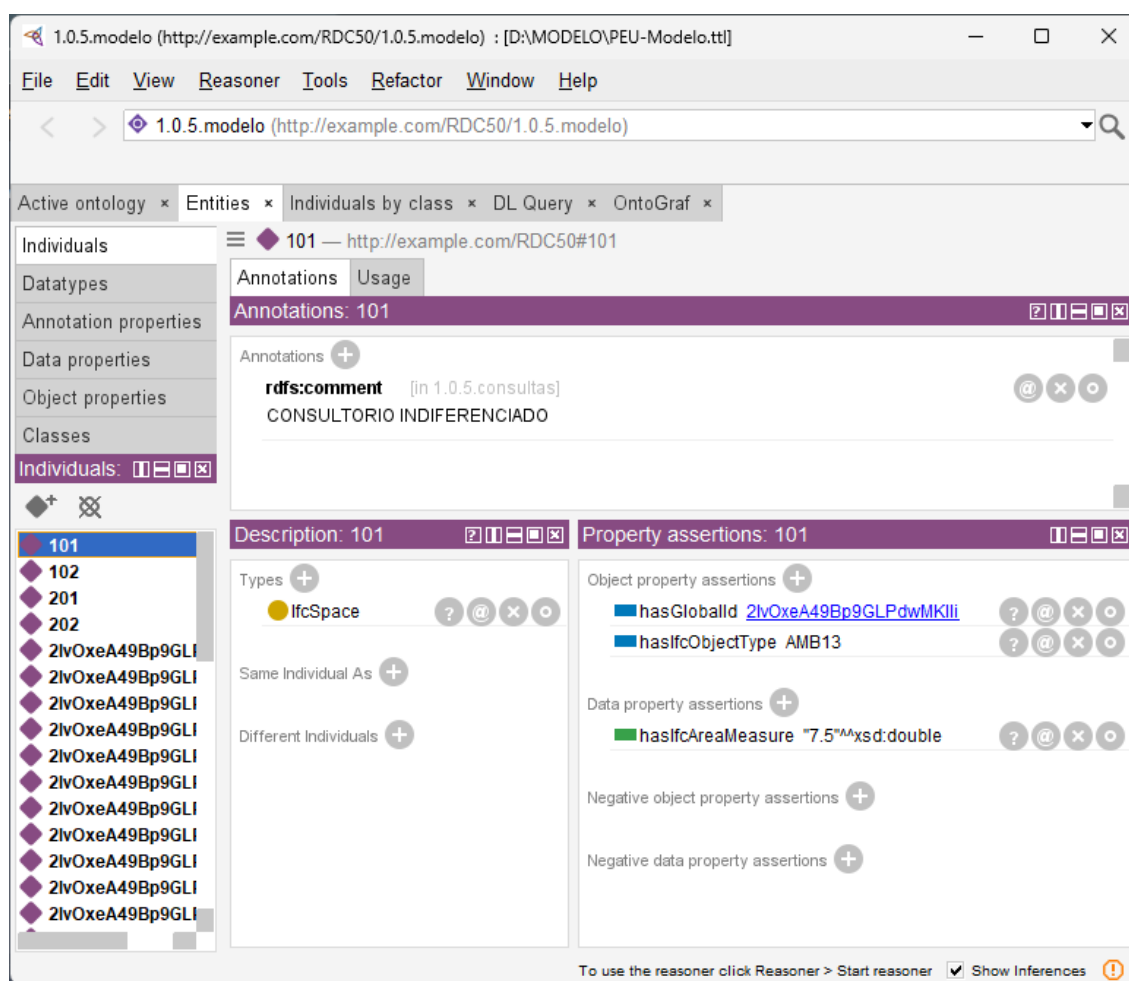
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 40 - Instâncias de IfcSpace, na janela inferior esquerda.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 41 - Exemplo da janela de informações de uma das instâncias de IfcSpace, no caso a sala 101.



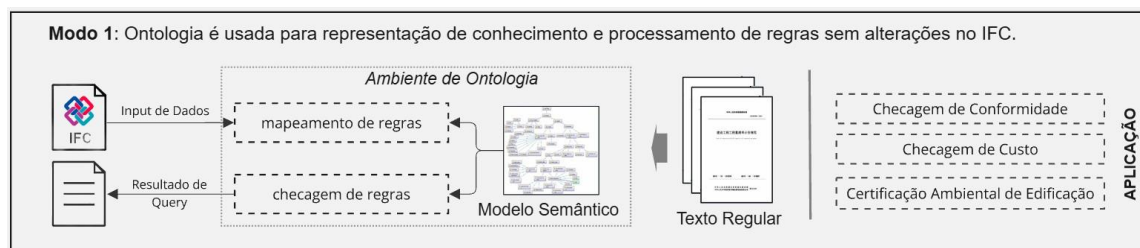
Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS OBTIDOS EM OWL

De acordo com o estudo sobre IFCOI proposto por Jia *et al.* (2024), o modelo mais aplicado para checagem de conformidade, análogo à checagem de regras, seria o "Modo 1" (Figura 42), semelhante à proposta apresentada por Eastman *et al.* (2009) no item 2.5.3, em quatro etapas: interpretação de regras, preparo do modelo da edificação, execução da regra e documentação do resultado. Neste modo de IFCOI, o IFC do modelo não é alterado ou integrado aos módulos de regras, o que estaria alinhado a um processo de análise por um OTP, por exemplo, que receberia um modelo fechado, não sendo permitido que terceiros modificassem o mesmo durante a fase de avaliação.

Figura 42 - Modo 1 de IFCOI e seus mecanismos de integração.



Fonte: Adaptado pela autora para o português de Jia *et al.* (2024).

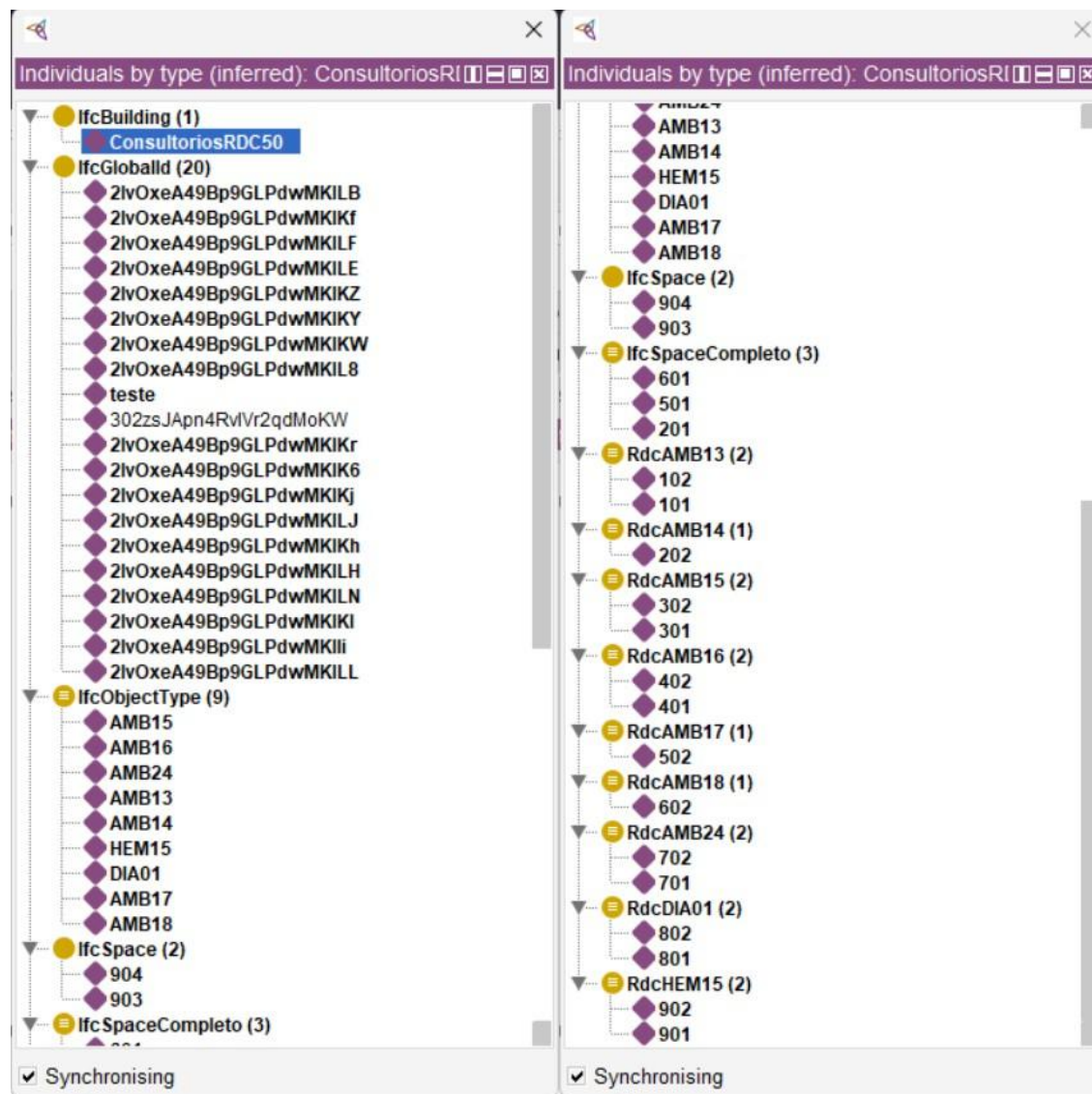
Desta forma, para que não haja a necessidade de manipulação do modelo, que apresentou incompatibilidades em seu formato TTL, conforme verificado a partir da plataforma de ontologias Protégé, os dados do IFC foram exportados em planilhas, não sendo possível, com os recursos disponíveis, representar o modelo da edificação em OWL de forma automática adequada para a checagem de regras.

A partir das planilhas, foi possível instanciar os dados do modelo na ontologia de domínio, que contém os axiomas (propriedades e restrições), resultando em uma segunda ontologia consistente, o que garantiu a viabilidade do uso das ferramentas de inferência e consulta.

Os axiomas criados dentro da ontologia, seja automaticamente pelo Protégé, ou acrescentados a partir da determinação das propriedades de objeto e dado, resultaram em inferências que direcionaram as instâncias importadas de IfcSpace, no caso as salas e um dos Guids, para as subclasses específicas. As salas foram instanciadas automaticamente pelo *reasoner* embarcado, no caso o Pellet, em IfcSpaceCompleto no caso das salas com dados

completos e em subclasses Rdc+código SomaSUS, como RdcAMB13, por exemplo, no caso das salas com as dimensões mínimas atendidas (Figura 43).

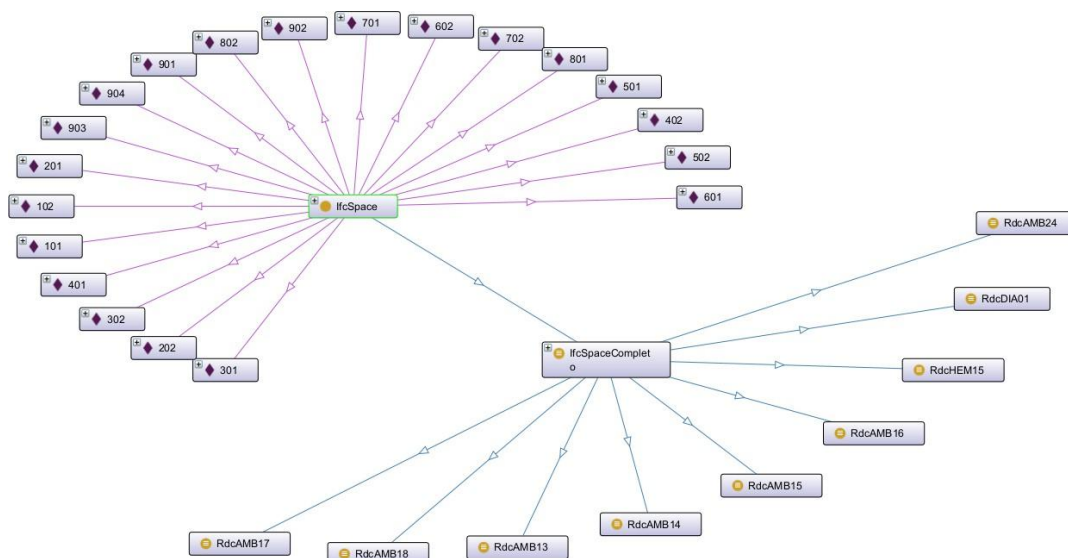
Figura 43 - Localização das instâncias após a inferência do Pellet.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

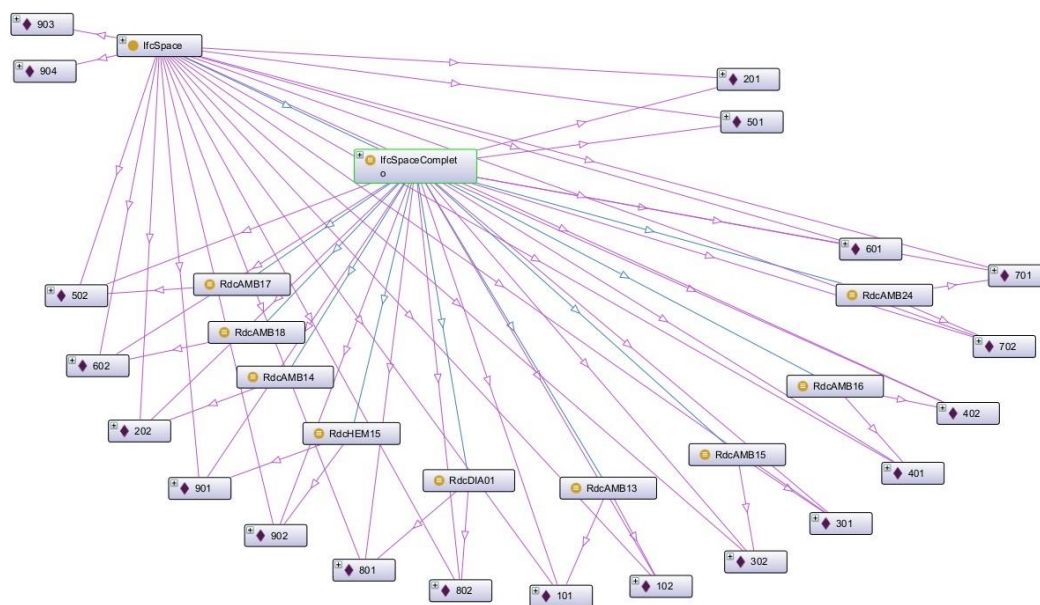
Através da comparação dos grafos gerados pelo OntoGraf antes (Figura 44) e depois do Pellet ser ativado (Figura 45), podemos visualizar o deslocamento das instâncias para as respectivas subclasses.

Figura 44 - Grafo OntoGraf das instâncias de IfcSpace antes do acionamento do Pellet.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Figura 45 - Grafo OntoGraf das instâncias de IfcSpace após o acionamento do Pellet.



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.2 RESULTADOS OBTIDOS EM SPARQL

Para o processo de documentação de resultados propostos pelo Modo 1 do IFCOI, sugere-se o uso de plataformas de consultas ou queries. O SPARQL, além de fazer parte do *layer cake* da Web Semântica, está embarcado no Protégé. Sua interface no programa apresenta uma janela dividida em duas partes; a superior é a área de *input*, onde deve-se escrever a query, e a parte inferior é o *output*, que retorna uma tabela com os resultados da busca.

A partir da ontologia RDC 50, instanciada pelos dados do modelo e inferida pelo Pellet, foi acessada a janela do SPARQL e inserido o seguinte código para busca das respostas às perguntas formuladas na etapa de determinação de escopo:

```
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 RDC50: http://example.com/RDC50#
PREFIX xml: http://www.w3.org/2001/XMLSchema#

SELECT
    ?IfcSpace                                # Primeira coluna
    ?IfcObjectType                            # Segunda coluna
    (STR(?comment) AS ?IfcLongName)          # Terceira coluna
    (STR(?Area) AS ?AreaMeasure)             # Quarta coluna

    (STR(EXISTS {
        ?IfcSpace RDC50:hasIfcObjectType ?IfcObjectType .
        ?IfcSpace RDC50:hasGlobalId ?IfcGlobalId .
    }) AS ?InformacoesCompleatas)           # Quinta coluna

    (STR(EXISTS {
        ?IfcSpace rdf:type ?subclass .
        ?subclass rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .
    }) AS ?AreaMinimaRespeitada)            # Sexta coluna
    ?IfcGlobalId                             # Sétima coluna

WHERE {

    # Buscar todas as instâncias de IfcSpace
    ?IfcSpace rdf:type RDC50:IfcSpace .

    # Buscar as áreas associadas (data property)
    OPTIONAL { ?IfcSpace RDC50:hasIfcAreaMeasure ?Area. }
    OPTIONAL { ?IfcSpace rdfs:comment ?comment . }

    # Buscar os IfcObjectType associados
    OPTIONAL { ?IfcSpace RDC50:hasIfcObjectType ?IfcObjectType . }
    OPTIONAL { ?IfcSpace RDC50:hasGlobalId ?IfcGlobalId . }
}

ORDER BY ?IfcSpace
```

O *output* produziu uma tabela de 7 colunas (Figura 46), sendo apresentadas as respostas na quinta coluna (InformacoesCompleatas) e sexta coluna (AreaMinimaRespeitada) para as perguntas (1) e (2), respectivamente.

Figura 46 - Planilha gerada pelo SPARQL a partir do script desenvolvido.

SPARQL query:

```

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 RDC50: <http://example.com/RDC50#>
PREFIX xml: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

SELECT
  ?IfcSpace                # Primeira coluna
  ?IfcObjectType           # Segunda coluna
  (STR(?comment) as ?IfcLongName) # Terceira coluna
  (STR(?Area) as ?AreaMeasure) # Quarta coluna
  (STR(EXISTS (
    ?IfcSpace RDC50:hasIfcObjectType ?IfcObjectType .
    ?IfcSpace RDC50:hasGlobalId ?IfcGlobalId .
  ))) AS ?InformacoesCompleto # Quinta coluna
  (STR(EXISTS (
    ?IfcSpace rdfs:type ?subclass .
    ?subclass rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .
  ))) AS ?AreaMinimaRespeitada # Sexta coluna
  ?IfcGlobalId             # Sétima coluna

WHERE {
  # Buscar todas as instâncias de IfcSpace
  ?IfcSpace rdfs:type RDC50:IfcSpace .

  # Buscar as áreas associadas (data property)

```

IfcSpace	IfcObjectType	IfcLongName	AreaMeasure	InformacoesCompleto	AreaMinimaRespeitada	IfcGlobalId
101	AMB13	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKlI
102	AMB13	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIK6
201	AMB14	"CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO"	"7.5"	"true"	"false"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILJ
202	AMB14	"CONSULTORIO DE SERVICO SOCIAL PARA CONSULTAS EM GRUPO"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKr
301	AMB15	"CONSULTORIO DE ORTOPEDIA"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILH
302	AMB15	"CONSULTORIO DE ORTOPEDIA"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKh
401	AMB16	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILN
402	AMB16	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKf
501	AMB17	"CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO"	"7.5"	"true"	"false"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILL
502	AMB17	"CONSULTORIO ODONTOLOGICO COLETIVO"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKI
601	AMB18	"CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL"	"7.5"	"true"	"false"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILB
602	AMB18	"CONSULTORIO ODONTOLOGICO INDIVIDUAL"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKJ
701	AMB24	"CONSULTORIO DE GINECOLOGIA"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIL8
702	AMB24	"CONSULTORIO DE GINECOLOGIA"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKY
801	DIA01	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILE
802	DIA01	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (DIALISE)"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKZ
901	HEM15	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)"	"7.5"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKILF
902	HEM15	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)"	"9.0"	"true"	"true"	2lvOxeA49Bp9GLPdwMKIKW
903	HEM15	"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)"	"9.0"	"false"	"false"	
904		"CONSULTORIO INDIFERENCIADO (HEMOTERAPIA E HEMATOLOGIA)"	"9.0"	"false"	"false"	teste

☐ Synchronising

Execute

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

1. Quais salas estão com informações insuficientes para análise?

As salas 903 e 904 retornaram o resultado "false" ou falso, como resposta.

2. Quais salas estão fora da norma para área mínima?

Desconsiderando as salas 903 e 904 sem as informações completas, as salas 201, 501 e 601 retornaram "false" ou "falso" como resposta.

Pode-se concluir que o sistema conseguiu responder corretamente às perguntas realizadas, sendo possível a checagem do requisito de áreas mínimas da RDC 50 para este recorte da norma.

É possível, através do aplicativo Cellfie, importar os demais códigos SomaSUS e respectivas subclasses análogas à RdcAMB14 e aplicar no uso de análise de requisitos de áreas mínimas da RDC 50 de projetos em BIM de EAS.

4.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

Neste estudo foi desenvolvida e apresentada uma Ontologia de Aplicação, seguindo padrões da Web Semântica, para a verificação de requisitos de áreas mínimas de acordo com a RDC 50 em um protótipo de modelo em IFC de alguns consultórios previstos na norma, associados ao código SomaSUS, como proposto como objetivo no item 1.2.

Para outros tipos de requisitos, como largura mínima de portas, circulações, salas, quantidade de salas em relação a quantidade de leitos etc., novos módulos de ontologias com diferentes estruturas devem ser desenvolvidos. Um aprofundamento do estudo sobre a fusão de ontologias seria importante neste sentido, avaliando a viabilidade de integração consistente dos diferentes módulos.

A extração de dados do modelo através de planilhas eletrônicas, para verificação de áreas mínimas em geral, em detrimento do modelo inteiro em IFC, seria suficiente para a verificação das regras da RDC 50. Apesar de ser possível a avaliação dessas regras diretamente na planilha através de fórmulas, não se trataria de uma proposta de integração à Web Semântica.

O desenvolvimento e ampliação desta ontologia para outros requisitos pode contribuir para a melhoria de qualidade do projeto de EAS, com destaque para os empreendimentos públicos, permitindo que Estudos Técnicos Preliminares (ETP), previstos na Lei Nº 14.133, de 1º de abril de 2021 de licitações e contratos públicos, tornem-se mais assertivos em relação ao atendimento à legislação construtiva, proporcionando Anteprojetos, Projetos Básicos e Executivos com maior qualidade. Ao ser disponibilizado na *Web*, contribui para a construção dos Dados Abertos Governamentais.

No experimento realizado, as regras estão presentes nos axiomas da ontologia. Porém, há a viabilidade de uma abordagem de checagem de regras a partir dos *queries* (ou consultas) em plataformas de linguagens de consulta SPARQL, SWRL, SQWRL e similares. Neste sentido, seria necessário um aprofundamento neste tema. A metodologia deve ser semelhante a adotada, com a transferência de esforços no desenvolvimento do módulo de interpretação e desenvolvimento de regras e axiomas para essas plataformas.

A complexidade dos dados IFC, onde o modelo é representado por diversos e muitos elementos, incorre em maiores chances de redundâncias, inconsistências e falhas no resultado das inferências durante a checagem de regras. O aumento do tamanho dos arquivos após a conversão do IFC para formatos como RDF também se caracteriza como uma

barreira, exigindo estratégias para otimizar o desempenho e a eficiência das consultas. A resolução dos desafios na exportação de modelos para ontologias mais leves e consistentes, sem a perda de dados, contribuiria ao processo de verificação automática de regras, tornando as consultas SPARQL e afins mais simplificadas - a complexidade seria transferida do *script* de pesquisa para a estrutura da ontologia.

A implementação de ontologias em AECO ainda não é totalmente automatizada, e o esforço humano ainda é necessário ao longo do processo de integração. A ferramenta de ontologia Protégé demanda desenvolvimento manual, assim como o mapeamento minucioso dos elementos do modelo desenvolvido em arquivo proprietário para a exportação em IFC, e de IFC para OWL. Haveria a necessidade do desenvolvimento e melhoria de conversores e analisadores de dados IFC para processos mais assertivos e automáticos de exportação e importação em formatos da Web Semântica.

A organização das regras da RDC 50 de forma que sejam usadas por aplicativos de PCR da linguagem IFC extrapola a ontologia apresentada neste estudo, que compõe uma parcela de um módulo, que por sua vez deve se integrar com outros módulos a ontologia completa da RDC 50. Para a melhor capacidade de revisão, perspectivalismo e reuso, cada norma ou módulo, idealmente, deve configurar uma respectiva ontologia. Para isso, devem ser definidos critérios de classificação dos módulos, que poderiam ser por atividades, compartimentos, unidades assistenciais, equipamentos, usuários, etc. Apesar de distintas, cada ontologia seria desenvolvida dentro de um mesmo padrão, compondo uma suíte de ontologias, de forma que pudessem ser federadas e processadas sem ambiguidades ou inconsistências. A definição de quais regras poderiam ser verificadas automaticamente e quais deveriam ser processadas por profissionais também poderia oferecer maior transparência e previsibilidade no processo de aprovação legal de projetos em geral.

5 CONCLUSÃO

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da experimentação exploratória de um projeto hipotético de consultórios e desenvolvimento de uma ontologia reduzida da RDC50, este trabalho confirma a viabilidade da verificação de regras em modelos BIM através das plataformas de Web Semântica, como já comprovado em outros estudos análogos sobre outros temas, como indicado no item 2.6., mas inédito para a norma da Anvisa. Por ser um processo em ambientes tecnológicos abertos e padronizados por organizações como ISO, buildingSMART e W3C, contribui para a acessibilidade, sustentabilidade e democratização das informações governamentais.

A viabilidade de um processo de aprovação que, além de checar as regras, armazenasse as informações de áreas úteis dos EAS em bancos de dados governamentais nos padrões da Web Semântica pode beneficiar os OTPs responsáveis pelo gerenciamento e planejamento urbano das cidades, através da integração BIM-GIS. Uma camada em GIS como a do CNES poderia não só fornecer dados textuais dos EAS georreferenciados, mas também a geometria, áreas úteis por função dos espaços, área útil total, fluxo de veículos especiais como ambulâncias, helicópteros, coleta de resíduos comuns e especiais e abastecimento de gases medicinais.

O desenvolvedor do modelo BIM geralmente é especializado dentro de uma disciplina alheia às ciências da computação (arquitetura, engenharia, desenho industrial) e a leitura da edificação se dá no ambiente gráfico, onde os dados computacionais estariam implícitos e invisíveis ao projetista. Da mesma forma, usualmente, o desenvolvedor das normas relacionadas a AECO não é especializado em linguagens computacionais. Portanto, ainda haveria uma demanda por profissionais especializados nestas áreas de domínio que sejam também capacitados em utilizar as tecnologias computacionais de forma mais aprofundada na integração das informações através da modelagem dos dados, por mais que os computadores e suas interfaces estejam cada vez mais acessíveis e intuitivos. A acessibilidade a tecnologias em Web Semântica e Ontologia tem se apresentado como um caminho nesse sentido.

O BFO é uma proposta de padrão de estrutura universal, relativamente simples e acessível a leigos, que se aplicaria em qualquer ontologia. Além disso, é regulada pela ISO e tende a ser um modelo a ser adotado e desenvolvido globalmente. Porém, questões

importantes, principalmente para regras que são vinculadas à funcionalidade dos compartimentos, ainda precisariam ser esclarecidas e definidas. A classificação da entidade space, em BFO seria de continuante imaterial, por tratar-se de um sítio, um vazio interno delimitado e imaterial, porém comporta-se como elemento material nos modelos BIM e GIS, quando são representados por volumes e possuem um GUID próprio.

A aplicabilidade de ontologia e Web Semântica em AECO depende não somente do estabelecimento de padrões, mas do desenvolvimento e disponibilidade de ontologias dos diversos domínios - o que ainda não se concretizou, não sendo útil na prática um trecho de ontologia sem as outras partes relacionadas. O reuso de outras ontologias é fundamental para viabilizar a integração de dados à Web Semântica, sendo o que elevaria cada uma ao patamar da Web Semântica - se não há outras ontologias relacionadas, não se trata de dados abertos conectados. O reuso deve ser consensual e organizado para que não haja redundâncias, conflitos e incertezas. A partir da observação do exemplo do Quadro 1, as normas da Anvisa são uma fração pequena do rol de normas que fazem parte da adequação legal do EAS. Associa-se cada OTP a um silo de dados de CWA a ser estruturado e disponibilizado para OWA, devendo ser formatados de acordo com os padrões da Web Semântica, ou seja, em servidores RDF especializados para consultas em SPARQL (como o Apache Jena, RDF4J, Stardog, Neo4j, etc.). A viabilidade de que todos esses silos sejam organizados e modulados em ontologias e integrados em um único processo de checagem pode contribuir para a melhoria e sustentabilidade do processo de aprovação nestes órgãos. Neste sentido, OTPs devem ser orientados a adotar, desenvolver e indicar padrões de referência para reuso de ontologias, de preferência, de forma colaborativa, evitando redundâncias e contradições.

A revisão da forma da escrita da norma pode influenciar no processo de verificação automática. A classificação e definição de regras estruturadas e padronizadas em códigos e padrões contribuiriam a um PCR automático e resultados mais precisos e confiáveis, como no caso da formalização de códigos para os compartimentos do EAS proposta pelo SomaSUS até 2023.

Outra metodologia de diferenciação do compartimento (sala ou space) poderia abordar a verificação dos equipamentos presentes no ambiente, apesar da RDC 50 não determinar nenhuma restrição específica sobre o tema. Nos casos mais críticos, onde a vigilância sanitária é mais impactante, os equipamentos, em geral, são específicos da funcionalidade da sala, ou seja, mais especializados. Portanto, caracterizariam o seu uso,

como no caso de uma sala de tomografia (somente esse tipo de sala abrigaria um tomógrafo). Ainda assim, existem diversos outros tipos de sala que fogem a este padrão, onde a funcionalidade independe do equipamento presente, devendo ser avaliadas caso a caso, para uma definição sobre a viabilidade desta abordagem em uma checagem de regras. Cada setor de um EAS muitas vezes é regulado por outras leis e normas específicas, fora da RDC 50, que definem quais são os equipamentos mínimos necessários. Trazer esta restrição à RDC 50 poderia configurar um retrocesso da norma para os tempos em que era baseada em modelos de EAS pré-definidos e engessados, sendo uma abordagem mais adequada para um suporte a estudos de viabilidade econômica, como o SomaSUS.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O desenvolvimento de outras ontologias para outros requisitos e normas seria uma das primeiras sugestões de trabalhos futuros, avaliando as possibilidades de modulação e integração de diferentes ontologias em uma suíte completa de normas da Anvisa voltadas para EAS. Bem como outras ontologias e suítes de normas de outros órgãos relacionados ao EAS.

O desenvolvimento de um IDS da Anvisa para a entrega de projetos de EAS seria também uma proposta de melhoria do PCR, configurando um estudo sobre a viabilidade da ferramenta para a consistência de dados a serem checados em um fluxo openBIM proposto pela buildingSMART.

O estudo sobre a integração de dados de áreas úteis, geometria e respectivas funções de EAS que venham a ser armazenados em um banco de dados governamentais, como o CNES, através das tecnologias da Web Semântica, com plataformas GIS como a do Cadálogo de Metadados do INDE, pode contribuir para o planejamento urbano, fornecendo informações sobre a densidade da edificação e demandas de infraestrutura.

REFERÊNCIAS

AIDA, J.; BITENCOURT, B.; CHECCUCCI, **Análise da plataforma de verificação de regras de Salvador, A Metropolis**. Edição UMinho Editora, 2022. doi: 10.21814/uminho.ed.77.15.

ARP, R.; SMITH, B.; SPEAR, A. D. **Building ontologies with basic formal ontology**. The MIT Press, 2015. ISBN: 9780262527811.

AUTODESK. **Building Information Modeling (BIM)**. 2023. Disponível em: <https://www.autodesk.com/br/solutions/bim>. Acesso em 16 jan 2025.

AVDULLA, C.; TACHIRAI, N. **John Snow: The Pioneer of Modern Epidemiology and Anesthesia**, Cureus, v. 16, pp. e67602, aug 2024. doi: 10.7759/cureus.67602.

BERNERS-LEE, T. **W3 future directions**. Plenária em WWW Genebra 94. Genebra, Suíça: W3C, Setembro. 1994. Disponível em: <http://www.w3.org/Talks/WWW94Tim/>. Acesso em 16 jan 2025.

BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. **The Semantic Web: A New Form of Web Content That is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities**, ScientificAmerican.com, pp. 34–43, 05 2001.

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. **Linked Data – The story so far**, International Journal on Semantic Web and Information System, Special Issue on Linked Data, 2006.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**: Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências”. Diário Oficial da União, 1979. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6766.htm. Acesso em: 16 jan 2025.

BRASIL. **Constituição da Republica Federativa do Brasil**. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, 1988. Promulgada em 5 de outubro de 1988.

BRASIL. **Normas para projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Saúde Tecnologia**. Brasília, Ministério da Saúde, 1994. ISBN: 85-334-0092-6.

BRASIL. **Lei nº 9.431, de 6 de janeiro de 1997**. Diário Oficial da União, 1997. Dispõe sobre a obrigatoriedade da manutenção de programa de controle de infecções hospitalares pelos hospitais do País.

BRASIL. **Lei nº 9.782, de 26 de janeiro de 1999**. Define o Sistema Nacional de Vigilância Sanitária, cria a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, e dá outras providências.

BRASIL, ANVISA. **Resolução - RDC Nº 50**. Diário Oficial da União, fevereiro 2002. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_50_2002_COMP.pdf/9682e8b7-3c4f-4b30-bec9-f76de593696d. Acesso em 16 jan 2025.

BRASIL, MS. Portaria nº 2.481, de 2 de outubro de 2007: **Institui o Sistema de Apoio à Elaboração de Projetos de Investimentos em Saúde – SOMASUS**. Diário Oficial da União, 2007.

BRASIL. **HumanizaSUS: Documento base para gestores e trabalhadores do SUS**. Série B. Textos Básicos de Saúde. 4 ed. Brasília, Editora do Ministério da Saúde, 2010. ISBN: 978-85-334-1444-0. 4. reimp.

BRASIL, MS. **Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde: Atendimento Ambulatorial e Atendimento Imediato**, v. 1, Série C. Projetos, Programas e Relatórios. Brasília, Ministério da Saúde, 2011. ISBN: 978-85-334-1794-6. 145 p. : il.

BRASIL, MS. **Interação e apoio ao diagnóstico e terapia (reabilitação)**, v. 2, Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde. Brasília, Ministério da Saúde, 2013a. ISBN: 978-85-334-2008-3. 140 p. : il.

BRASIL, MS. **Apoio ao diagnóstico e à terapia (imagenologia)**, v. 3, Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde. Brasília, Ministério da Saúde, 2013b. ISBN: 978-85-334-2009-0. 140 p. : il.

BRASIL, MS. **Apoio ao diagnóstico e à terapia: Anatomia Patológica, Patologia Clínica, Hemoterapia e Hematologia, Medicina Nuclear**, v. 4, Programação Arquitetônica de Unidades Funcionais de Saúde. Brasília, Ministério da Saúde, 2014. ISBN: 978-85-334-2190-5. 188 p. : il.

BRASIL, ANVISA. **Consulta Pública Nº 725, de 17 de setembro de 2019: Proposta de Resolução da Diretoria Colegiada que dispõe sobre o Regulamento Técnico para planejamento, elaboração, análise e aprovação de projetos de serviços de saúde**. Diário Oficial da União, 2019. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/servlet/INPDFViewer?jornal=515&pagina=70&data=18/09/2019&captchafield=firstAccess>. Acesso em 16 jan 2025.

BRASIL, ANVISA. **Orientações para Serviços de Saúde: Medidas de Prevenção e Controle que Devem Ser Adotadas Durante a Assistência aos Casos Suspeitos ou Confirmados de COVID-19**. Nota Técnica GVIMS/GGTES/ANVISA Nº 04/2020, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2019/projetos-de-servicos-de-saude-consulta-termina-em-9-12>. Atualizada em 24/06/2024. Consulta em 16 jan 2025.

BRASIL, MS. **Plano Nacional de Saúde - PNS 2024-2027**. Resolução nº 715, de 20 de julho de 2023, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/gestao-do-sus/instrumentos-de-planejamento/pns>. Acesso em 16 jan 2025.

BRASIL. **Portal Brasileiro de Dados Abertos e Catálogo Nacional de Dados**. 2024. Disponível em <https://dados.gov.br/home>. Acesso em 10 dez 2024.

BRASIL. **Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico- ePING**. 2025a. Disponível em: <https://eping.governoeletronico.gov.br/#Referencias>. Acesso em 16 jan 2025.

BRASIL, INDE. **Catálogo de Metadados Geoespaciais**. 2025b. Disponível em <https://inde.gov.br/CatalogoMetadados>. Acesso em 16 jan 2025.

BROSS, J. C. **Compreendendo o Edifício de Saúde**, v. 2, Série Fundação Getúlio Vargas. 1 ed. São Paulo, Editora Atheneu Ltda., 2013. ISBN: 9788538803645.

BUILDINGSMART. **IFC 4.3.2.0 (IFC4X3_ADD2) official – Introduction**. 2022. Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4_3/HTML/content/introduction.htm#Conventions. Acesso em 16 jan 2025.

BUILDINGSMART. **What is openBIM?** 2023a. Disponível em <https://www.buildingsmart.org/about/openbim-old/openbim-definition/>. Acesso em 16 jan 2025.

BUILDINGSMART. **What is Information Delivery Specification (IDS)**. 2023b. Disponível em <https://www.buildingsmart.org/what-is-information-delivery-specification-ids/>. Acesso em 16 jan 2025.

BUILDINGSMART. **IFC OWL**. 2025a. Disponível em <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-formats/ifcowl/>. Acesso em 16 jan 2025.

BUILDINGSMART. **bSDD**. 2025b. Disponível em: <https://search.bsdd.buildingsmart.org/>. Acesso em 16 jan 2025.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. **Introdução à ciência da geoinformação**. São Paulo, INPE, 2001.

CARVALHO, A. P. A. **Quem tem medo da Arquitetura Hospitalar**. Salvador, Quarteto Editora/FAUFBA, 2006.

CHASLES, V. **Saúde urbana e higienismo, o exemplo da França**, Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, v. 64, pp. 65–74, 2016. doi: 10.11606/issn.2316-901X.v0i64p65-74. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rieb/a/FdMsXrkmFc6y37cdKGTgXv/>. Acesso em 16 jan 2025.

CHIGNARD, S. **A Brief History of Open Data**, ParisTech Review, março 2013.

CORBUSIER, L. **La charte d'Athènes**. Paris, Plon, 1943.

DEBELLIS, M. **A Practical Guide to Building OWL Ontologies Using Protégé 5.5 and Plugins**. 04 2021.

DJUEDJA, J. F. T. **Information modelling for the development of sustainable construction (MINDOC)**. Tese de Doutorado, Institut National Polytechnique de Toulouse - INPT, Toulouse, 2019. NNT: 2019INPT0133.

EASTMAN, C. **An Outline of the Building Description System**. Research Report No. 50, Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, Pa. Inst. of Physical Planning., p. 23, 1974.

EASTMAN, C. **BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.**, 01 2008.

EASTMAN, C.; LEE, J.; JEONG, Y.-S.; *et al.* **Automatic rule-based checking of building designs**, Automation in Construction, v. 18, pp. 1011–1033, 12 2009. doi: 10.1016/j.autcon.2009.07.002.

GOLDIN, G. **Work of Mercy: A Picture History of Hospitals**. Boston Mills Press, august 1994. ISBN: 978-1550461183.

GRUBER, T. R. A. **Translation Approach to Portable Ontology Specifications**, Knowledge Acquisition, v. 5, n. 2, pp. 199–220, 1993.

HYLAND, B.; ATEMEZING, G.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B. **Best Practices for Publishing Linked Data**. 2014. Disponível em <http://www.w3.org/TR/ld-bp>, 2014. Acesso em 16 jan 2025.

HORRIDGE, M. **A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools**. The University Of Manchester, março 2011.

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados abertos conectados**. São Paulo, Novatec Editora, 2015. ISBN: 978-85-7522-449-6.

JIA, J.; MA, H.; ZHANG, Z. **Integration of Industry Foundation Classes and Ontology: Data, Applications, Modes, Challenges, and Opportunities**, Buildings, v. 14, n. 4, 2024. ISSN: 20755309. doi: 10.3390/buildings14040911.

KARMAN, J. **Manutenção e segurança hospitalar preditivas**. Estação Liberdade, maio 2011. ISBN: 9788574481890.

KIRYAKOV, A. **Semantic Web Technologies: Trends and Research in Ontology-based Systems**. pp. 115 – 138, Wiley Online Library, 07 2006. ISBN: 9780470030332. doi: 10.1002/047003033X.ch7.

MIQUELIN, L. C. **Anatomia dos edifícios hospitalares**. 2ª ed. São Paulo, CEDAS, 1992.

MENEGOTTO, J. L.; TORRES, J. C. B. **Integração de simulador acústico em ferramenta de modelagem BIM**, PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, v. 10, pp. e019020, 2019. doi: 10.20396/parc.v10i0.8653934.

MENEGOTTO, J. **Construtor de Ontologias BIM GIS**. 2024. Disponível em <https://github.com/JLMenegotto/OntologiaBIM>. Acesso em 16 jan 2025.

MENEGOTTO, José Luis. **Construindo uma ontologia GIS**. In: IV SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2023, Rio de Janeiro. Anais. Porto Alegre: ANTAC, 2023.

NAWARI, N. O. **Intelligent design codes**, Proceedings of the 2009 Structures Congress - Don't Mess with Structural Engineers: Expanding Our Role, pp. 2303–2312, 2009. doi: 10.1061/41031(341)251.

NOARDO, F.; GULER, D.; FAUTH, J.; *et al.* **Unveiling the actual progress of Digital Building Permit: Getting awareness through a critical state of the art review**, Building and Environment, v. 213, n. February 2022, pp. 108854, 2022. ISSN: 03601323. doi: 10.1016/j.buildenv.2022.108854. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108854>. Acesso em 16 jan 2025.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology**, Stanford Knowledge Systems Laboratory, p. 25, 2001. ISSN: 09333657. doi: 10.1016/j.artmed.2004.01.014.

OGC, BUILDINGSMART. **Built environment data standards and their integration: an analysis of IFC, CityGML and LandInfra**. 2020. Disponível em: https://www.buildingsmart.org/wp-content/uploads/2020/04/Built_environment_data_standards_and_their_integration_an_analysis_of_IFC_CityGML_and_LandInfra.pdf. Acesso em 16 jan 2025.

PARK, S.; LEE, J. K. **KBimCode-based applications for the representation, definition and evaluation of building permit rules**, ISARC 2016 - 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction, , n. Isarc, pp. 720–728, 2016. doi: 10.22260/isarc2016/0087.

PAUWELS, P.; TERKAJ, W. **EXPRESS to OWL for construction industry: Towards a recommendable and usable ifcOWL ontology**, Automation in Construction, v. 63, pp. 100–133, 2016. ISSN: 09265805. doi: 10.1016/j.autcon.2015.12.003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.12.003>. Acesso em 16 jan 2025.

PEREIRA, S. M. S. D. A. **A contribuição do BIM no processo de projeto de arquitetura: uma aplicação ao projeto de biotérios**. Tese de Doutorado, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2014. 170 f.

REINO UNIDO. **Find open data**. Disponível em <https://www.data.gov.uk/>. Acesso em 16 jan 2025.

RESOURCE.ORG. **8 Principles of Open Data**.2023. Disponível em: https://public.resource.org/8_principles.html. Acesso em 16 jan 2025.

SILVA, R. F. T. D.; MARCHIORI, F. F.; CORREIA, V. L.; *et al.* **Recomendações para a implementação da interoperabilidade entre SINAPI e normas da série NBR 15965**, Ambiente Construído, v. 22, n. 3, pp. 213–233, 2022. ISSN: 1678-8621. doi: 10.1590/s1678-86212022000300616.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. **Classification of rules for automated BIM rule checking development, Automation in Construction**, v. 53, pp. 69–82, 2015. ISSN: 09265805. doi: 10.1016/j.autcon.2015.03.003. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>.

SOLIMAN JUNIOR, J. **Framework para suporte à verificação automatizada de requisitos regulamentares em projetos hospitalares**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2018.

SOLIMAN-JUNIOR, J.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS, P. **A semantic-based framework for automated rule checking in healthcare construction projects**, 2019. Canadian Journal of Civil Engineering, v., n., p., 2019. Disponível em <https://cdnsiencepub.com/doi/10.1139/cjce-2018-0460>. Acesso em 15 mar 2025.

SOWA, J. F. **Knowledge representation**: Logical, philosophical and computational foundations. Pacific Grove, CA, Brooks/Cole, 2000.

STANFORD. **Protégé**. 2020. Disponível em: <https://protege.stanford.edu>. Acesso em 12 out 2024.

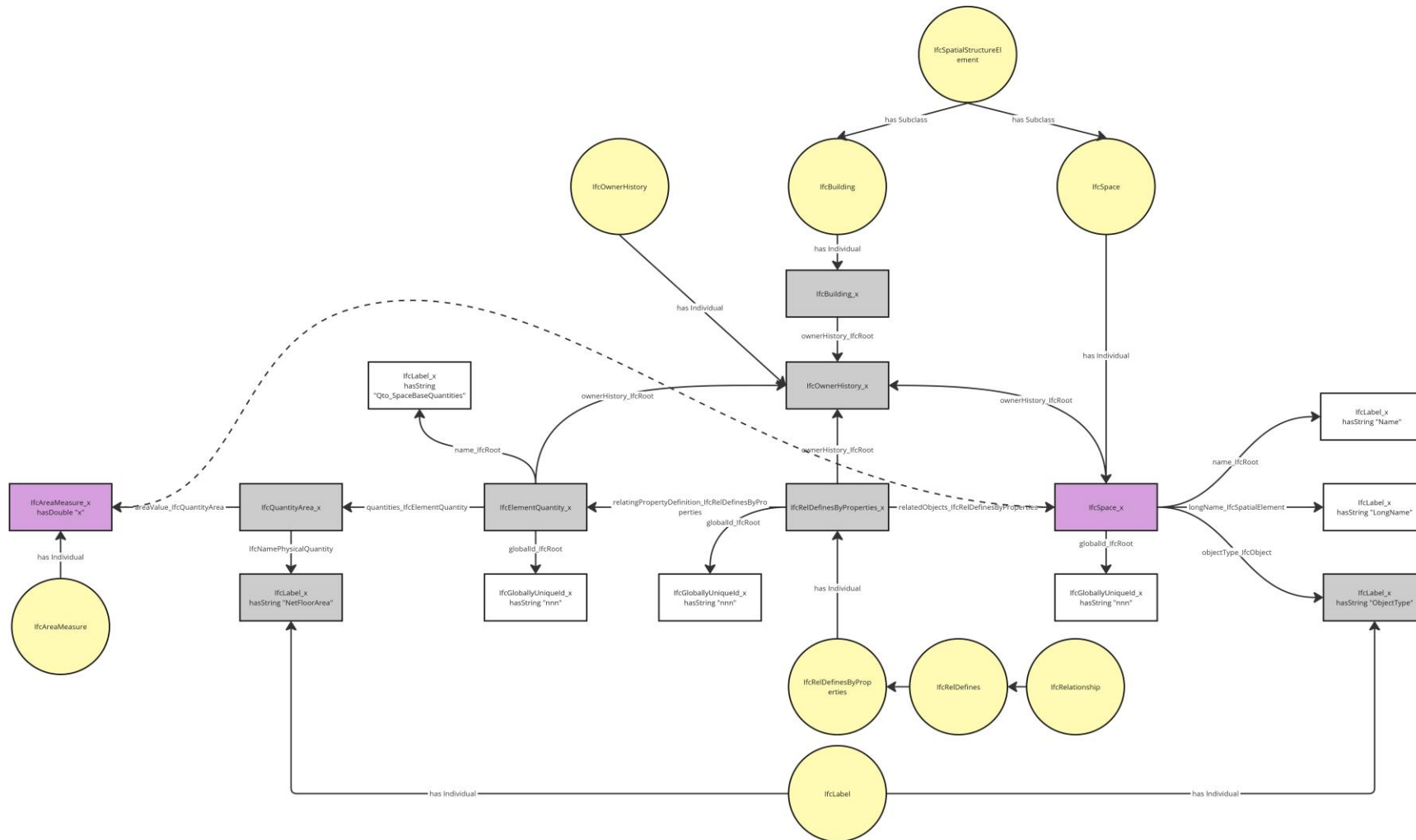
TEIXEIRA, P. O.; VALLE, S. O. **Biossegurança: uma abordagem multidisciplinar**. 2^a ed. Rio de Janeiro, Editora FIOCRUZ, 2010. ISBN: 978-857541-202-2.

TOLEDO, L. C. **Feitos para curar: arquitetura hospitalar e o processo projetual no Brasil**. Rio Books, 2020. ISBN: 978-6587913131.

VENUGOPAL, M.; EASTMAN, C. M.; TEIZER, J. **An ontology-based analysis of the industry foundation class schema for building information model exchanges**, Advanced Engineering Informatics, v. 29, n. 4, pp. 940–957, 2015. ISSN: 1474-0346. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.09.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034615001019>. Acesso em 16 jan 2025.

ZHANG, J.; EL-GOHARY, N. M. **Semantic NLP-Based Information Extraction from Construction Regulatory Documents for Automated Compliance Checking**, Journal of Computing in Civil Engineering, v. 30, n. 2, pp. 1–14, 2016. ISSN: 0887-3801. doi: 10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000346.

APÊNDICE A – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO TRECHO DA TAXONOMIA DO IFC EM OWL



APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

@prefix : <http://www.semanticweb.org/vfuru/ontologies/2024/11/untitled-ontology-42/>
.
@prefix owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#> .
@prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> .
@prefix xml: <http://www.w3.org/XML/1998/namespace> .
@prefix xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#> .
@prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#> .
@prefix RDC50: <http://example.com/RDC50#> .
@base <http://www.semanticweb.org/vfuru/ontologies/2024/11/untitled-ontology-42/> .

<http://example.com/RDC50> rdf:type owl:Ontology ;
                             owl:versionIRI <http://example.com/RDC50/1.0.5> ;
                             rdfs:comment "Modelo de dados descrevendo a norma da
RDC50, para fins de estudo academico." .

#####
#      Object Properties
#####

### http://example.com/RDC50#hasGlobalId
RDC50:hasGlobalId rdf:type owl:ObjectProperty ;
                  owl:inverseOf RDC50:isGlobalIdOf ;
                  rdf:type owl:FunctionalProperty .

### http://example.com/RDC50#hasIfcObjectType
RDC50:hasIfcObjectType rdf:type owl:ObjectProperty ;
                      owl:inverseOf RDC50:isIfcObjectTypeOf ;

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

rdfs:domain RDC50:IfcSpace ;
rdfs:range RDC50:IfcObjectType .

```

```

### http://example.com/RDC50#hasSpace
RDC50:hasSpace rdf:type owl:ObjectProperty ;
               owl:inverseOf RDC50:isSpaceOf ;
               rdfs:domain RDC50:IfcBuilding ;
               rdfs:range RDC50:IfcSpace .

```

```

### http://example.com/RDC50#isGlobalIdOf
RDC50:isGlobalIdOf rdf:type owl:ObjectProperty .

```

```

### http://example.com/RDC50#isIfcObjectTypeOf
RDC50:isIfcObjectTypeOf rdf:type owl:ObjectProperty .

```

```

### http://example.com/RDC50#isSpaceOf
RDC50:isSpaceOf rdf:type owl:ObjectProperty .

```

```

#####
#   Data properties
#####

```

```

### http://example.com/RDC50#hasIfcAreaMeasure
RDC50:hasIfcAreaMeasure rdf:type owl:DatatypeProperty ,
                           owl:FunctionalProperty ;

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

rdfs:range xsd:double .

```

```

#####
#   Classes
#####

```

```

### http://example.com/RDC50#IfcBuilding
RDC50:IfcBuilding rdf:type owl:Class ;
    rdfs:subClassOf [ rdf:type owl:Restriction ;
        owl:onProperty RDC50:hasGlobalId ;
        owl:someValuesFrom RDC50:IfcGlobalId
    ] ,
    [ rdf:type owl:Restriction ;
        owl:onProperty RDC50:hasSpace ;
        owl:someValuesFrom RDC50:IfcSpaceCompleto
    ] .

```

```

### http://example.com/RDC50#IfcGlobalId
RDC50:IfcGlobalId rdf:type owl:Class .

```

```

### http://example.com/RDC50#IfcObjectType
RDC50:IfcObjectType rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ rdf:type owl:Class ;
        owl:oneOf ( RDC50:AMB13
            RDC50:AMB14
            RDC50:AMB15
            RDC50:AMB16

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

RDC50:AMB17
RDC50:AMB18
RDC50:AMB24
RDC50:DIA01
RDC50:HEM15
)

] .

### http://example.com/RDC50#IfcSpace
RDC50:IfcSpace rdf:type owl:Class .

### http://example.com/RDC50#IfcSpaceCompleto
RDC50:IfcSpaceCompleto rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpace
        [ rdf:type
owl:Restriction ;
                                owl:onProperty
RDC50:hasGlobalId ;
                                owl:someValuesFrom
RDC50:IfcGlobalId
        ]
    [ rdf:type
owl:Restriction ;
                                owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;
                                owl:someValuesFrom
RDC50:IfcObjectType
        ]
    ]

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

    ) ;
    rdf:type owl:Class
  ] ;
  rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpace .

### http://example.com/RDC50#RdcAMB13
RDC50:RdcAMB13 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;
          owl:hasValue RDC50:AMB13
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcAreaMeasure ;
          owl:someValuesFrom [
rdf:type rdfs:Datatype ;
          owl:onDatatype xsd:double ;
          owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double
]
)
          ]
        ]
    ) ;

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

        rdf:type owl:Class
    ] ;
    rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

### http://example.com/RDC50#RdcAMB14
RDC50:RdcAMB14 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB14
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.6"^^xsd:double

]

)

          ]
        ]
    ) ;
    rdf:type owl:Class

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

    ] ;
    rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

### http://example.com/RDC50#RdcAMB15
RDC50:RdcAMB15 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB15
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [
rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double
]
)

          ]
        ]
    ) ;
    rdf:type owl:Class
] ;

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

### http://example.com/RDC50#RdcAMB16
RDC50:RdcAMB16 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB16
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double

]

)

          ]
        ]
    ) ;
    rdf:type owl:Class
] ;
rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

### http://example.com/RDC50#RdcAMB17
RDC50:RdcAMB17 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB17
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [
rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "9.0"^^xsd:double
]
)
          ]
        ]
    ) ;
    rdf:type owl:Class
] ;
rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

### http://example.com/RDC50#RdcAMB18
RDC50:RdcAMB18 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB18
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "9.0"^^xsd:double

]

)

          ]
        ]
      ) ;
    rdf:type owl:Class
  ] ;
  rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

### http://example.com/RDC50#RdcAMB24
RDC50:RdcAMB24 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:AMB24
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double

]

)

]

) ;
    rdf:type owl:Class
    ] ;
    rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

### http://example.com/RDC50#RdcDIA01

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

RDC50:RdcDIA01 rdf:type owl:Class ;
    owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

          owl:hasValue RDC50:DIA01
        ]
        [ rdf:type owl:Restriction ;
          owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

          owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double

]

)

]

) ;
    rdf:type owl:Class
    ] ;
    rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

### http://example.com/RDC50#RdcHEM15
RDC50:RdcHEM15 rdf:type owl:Class ;

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

        owl:equivalentClass [ owl:intersectionOf ( RDC50:IfcSpaceCompleto
                                                    [ rdf:type owl:Restriction ;
                                                      owl:onProperty
RDC50:hasIfcObjectType ;

                                                    owl:hasValue RDC50:HEM15
                                                    ]
                                                    [ rdf:type owl:Restriction ;
                                                      owl:onProperty

RDC50:hasIfcAreaMeasure ;

                                                    owl:someValuesFrom [

rdf:type rdfs:Datatype ;

owl:onDatatype xsd:double ;

owl:withRestrictions ( [ xsd:minInclusive "7.5"^^xsd:double

]

)

                                                    ]
                                                    ) ;
                                                    rdf:type owl:Class
                                                    ] ;
        rdfs:subClassOf RDC50:IfcSpaceCompleto .

#####
#   Individuals
#####

```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```
### http://example.com/RDC50#AMB13
RDC50:AMB13 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#AMB14
RDC50:AMB14 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#AMB15
RDC50:AMB15 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#AMB16
RDC50:AMB16 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#AMB17
RDC50:AMB17 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#AMB18
RDC50:AMB18 rdf:type owl:NamedIndividual ,
               RDC50:IfcObjectType .
```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```
### http://example.com/RDC50#AMB24
RDC50:AMB24 rdf:type owl:NamedIndividual ,
              RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#DIA01
RDC50:DIA01 rdf:type owl:NamedIndividual ,
              RDC50:IfcObjectType .
```

```
### http://example.com/RDC50#HEM15
RDC50:HEM15 rdf:type owl:NamedIndividual ,
              RDC50:IfcObjectType .
```

```
#####
#      General axioms
#####
```

```
[ rdf:type owl:AllDisjointClasses ;
  owl:members ( RDC50:IfcBuilding
                  RDC50:IfcGlobalId
                  RDC50:IfcObjectType
                )
] .
```

```
[ rdf:type owl:AllDisjointClasses ;
  owl:members ( RDC50:IfcBuilding
```

APÊNDICE B – SINTAXE EM TURTLE DA ONTOLOGIA DA RDC 50 GERADA AUTOMATICAMENTE PELO PROTÉGÉ

```

        RDC50:IfcGlobalId
        RDC50:IfcSpace
    )
] .

```

```

[ rdf:type owl:AllDisjointClasses ;
  owl:members ( RDC50:IfcBuilding
                  RDC50:IfcGlobalId
                  RDC50:IfcSpaceCompleto
                )
] .

```

```

[ rdf:type owl:AllDisjointClasses ;
  owl:members ( RDC50:RdcAMB13
                  RDC50:RdcAMB14
                  RDC50:RdcAMB15
                  RDC50:RdcAMB16
                  RDC50:RdcAMB17
                  RDC50:RdcAMB18
                  RDC50:RdcAMB24
                  RDC50:RdcDIA01
                  RDC50:RdcHEM15
                )
] .

```

```

### Generated by the OWL API (version 4.5.29.2024-05-13T12:11:03Z)
https://github.com/owlcs/owlapi

```