



FILIPE MANUEL AFONSO ANTÃO

Licenciado em Ciências da Engenharia Eletrotécnica e de  
Computadores

# FHIR PARA TROCA DE DADOS DE BEM- ESTAR, COLECIONADOS POR SENSO- RES USADOS EM ATIVIDADES QUOTIDIA- NAS

MESTRADO EM ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE  
COMPUTADORES  
Universidade NOVA de Lisboa  
Novembro, 2021





# FHIR PARA TROCA DE DADOS DE BEM-ESTAR, COLECCIONADOS POR SENSORES USADOS EM ATIVIDADES QUOTIDIANAS

**FILIPE MANUEL AFONSO ANTÃO**

Licenciado em Ciências da Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

**Orientador:** Doutor Carlos Manuel de Melo Agostinho,  
Professor Auxiliar Convidado, Universidade NOVA de Lisboa

**Coorientador:** Vasco Miguel Delgado Gomes,  
Investigador, Centro de Tecnologia e Sistemas (CTS), Uninova

## **Júri:**

**Presidente:** Doutor João Almeida das Rosas,  
Professor Assistente, Universidade Nova de Lisboa

**Arguentes:** Doutor João Pedro Mendonça de Assunção da Silva,  
Professor Auxiliar, Universidade do Minho

**Orientador:** Doutor Carlos Manuel de Melo Agostinho,  
Professor Auxiliar Convidado, Universidade Nova de Lisboa



**FHIR para troca de dados de bem-estar, colecionados por sensores usados em atividades quotidianas**

Copyright © Filipe Manuel Afonso Antão, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



Dedicado aos meus pais, irmã, namorada e amigos.



## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Professor Doutor Carlos Agostinho e ao meu coorientador Vasco Gomes por todo o apoio prestado ao longo desta dissertação.

Um agradecimento especial ao centro de investigação UNINOVA com o qual colaborei durante a realização da dissertação e a todos os membros integrantes do mesmo cujo feedback e suporte foram bastante importantes no desenvolvimento da dissertação. Um agradecimento adicional ao Engenheiro Carlos Lopes e ao Doutor Fábio Januário por toda a ajuda prestada, sugestões, análises e críticas que me ajudaram a melhorar e a alcançar os meus objetivos.

Aos meus colegas de curso com os quais partilhei muitos momentos de conversas nem sempre consensuais e a partir das quais criamos um companheirismo muito forte. Luís Simões, José Silva e Francisco Cerveira, obrigado por aturarem os meus devaneios e pela vossa amizade.

Ao meu amigo Miguel Pato, um grandíssimo obrigado por todas as horas que passou comigo a programar e nas quais tantas vezes foi o meu pronto-socorro e que me ajudou a superar muitos dos obstáculos que eu considerava insuperáveis. Um grandíssimo obrigado amigo Duck.

Ao meu buddy, Flávio Silva aka Hacker Rui Pinto por todo o apoio prestado, por estar sempre disponível para me ajudar, pelas conversas motivacionais, com uma positividade imensa sobre tudo e que me ajudou a chegar tão longe. É das amizades mais duradouras, mais fraternas e verdadeiras que alguma vez tive, por isso sabes que és como um irmão para mim. Um obrigado nunca será suficiente por tudo aquilo que fizeste por mim, durante esta caminhada e por aquilo que todos os dias sistematicamente fazes por mim. Tornaste o curso mais fácil a partir do momento em que conseguiste descomplicar-me. Pela paciência que tem tido a aturar os meus devaneios, as minhas confusões e tantas vezes o meu desacreditar. Do fundo do meu coração, muito obrigado.

Quero também agradecer à minha irmã por todas as horas que se sentou comigo a conversar sobre o curso, pelas lutas que partilhou e partilha comigo, mas que nunca me deixou desistir, sempre com motivação para me ajudar a concluir o curso.

Aos meus pais, sabem o quanto vos sou grato por me terem dado esta oportunidade, pelos sacrifícios que fizeram para que eu pudesse seguir os estudos, cumprir os meus sonhos, apoiando-me, nunca desistindo de mim, nunca deixando de acreditar que eu era capaz de me formar no que sempre quis ser. A vossa experiência e sabedoria foi fundamental para que durante o curso fosse vencendo obstáculos e superando a mim mesmo. Obrigado por tudo e por acima de tudo nunca deixarem de acreditar em mim.

Aos meus avós paternos, que infelizmente já não se encontram entre nós, mas que sempre deram apoio para que procurasse uma vida melhor, mas os momentos que partilhamos juntos esses irei guardar sempre. Saudades eternas.

Aos meus avós maternos, com os quais poderei festejar mais uma etapa da minha vida, que nunca duvidaram do meu valor e que me deram alento mesmo nos momentos mais difíceis.

Por fim, queria deixar um agradecimento ao meu amor, Andreia, por todas as vezes que me deste na cabeça para terminar o curso, pela motivação sem fim, pelo acreditar que tiveste em mim, pelo tempo de espera que muitas das vezes te chateia, mas acima de tudo pelo amor e carinho que me deste ao longo deste caminho que percorri. Sem os teus lembretes diários e constantes, não chegaria ao fim. Obrigado por tudo.

A todos que se cruzaram no meu caminho sem exceção e do fundo do coração, o meu muito obrigado.

“Não existem métodos fáceis para resolver problemas difíceis” (René Descartes).



## RESUMO

A interoperabilidade é um conceito que descreve a capacidade de um sistema se comunicar de forma transparente com outros sistemas. Para que um sistema seja considerado interoperável, é necessário que este trabalhe com normas e uma delas é o *Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR).

Esta é uma norma que define como as informações de saúde podem ser trocadas entre os diferentes sistemas computacionais e como é armazenada nesses mesmos sistemas. O desenvolvimento desta norma surgiu como resposta às necessidades do mercado para métodos mais rápidos e fáceis para trocar uma grande quantidade de dados em saúde.

Assim sendo, e uma vez que também surgiram aplicações e *wearables* para melhoria da qualidade de vida e bem-estar dos cidadãos, consumidores passaram a ter acesso a grandes quantidades de informações em tempo real potencialmente relevante do ponto de vista médico. A questão centra-se em quais dos dados destes dispositivos podem ser efetivamente utilizados e como poderiam eles ser interoperáveis.

O objetivo deste trabalho consiste na criação de perfis que permitam transformar o conjunto de dados obtidos a partir dos mais variáveis dispositivos e enviá-los para plataformas de saúde e bem-estar. Além da definição dos perfis, foi criado um conector capaz de assegurar a transferência de dados para uma qualquer plataforma de saúde que siga a norma FHIR.

**Palavas chave:** Interoperabilidade, FHIR, wearables, mapeamento



## ABSTRACT

Interoperability is a concept that describes the ability of a system to communicate with transparency to other systems. For a system to be considered interoperable, it's necessary that it works with standards, and one of them is Fast Healthcare Interoperability Resources (FHIR).

This is a standard that defines how health information can be exchanged between different computer systems and how it is stored in these systems. The development of this standard has emerged as a response to market needs for faster, easier methods for exchanging large amounts of health data.

Therefore, and since applications and wearables have also emerged to improve the quality of life and well-being of citizens, consumers now have access to large amounts of potentially relevant medical information which can be shared in real-time. The question focuses on which of the data from these devices can be effectively used and how they could be interoperable.

The purpose of this work is to create profiles that allows to transform the set of data obtained from the most variable devices and send them to health and wellness platforms. Besides the definition of profiles, there has been created a connector that is capable of ensuring the transfer of data for any health platform that follows the FHIR standard.

**Keywords:** Interoperability, FHIR, wearables, mapping



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	Objetivos .....	6
1.2	Método de Investigação.....	7
<b>2</b>	<b>ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>9</b>
2.1	Interoperabilidade de Sistemas .....	10
2.1.1	Níveis de Interoperabilidade .....	11
2.1.2	Continua Design Guidelines.....	14
2.2	FHIR .....	16
2.2.1	Constituição de um Recursos FHIR.....	19
2.2.2	Interoperabilidade FHIR .....	22
2.2.3	International Patient Summary .....	25
2.3	Vocabulários na área da Saúde.....	27
2.3.1	SNOMED .....	29
2.3.2	LOINC .....	33
2.3.3	RxNorm.....	35
2.3.4	ICD-10 .....	37
2.3.5	UCUM.....	38
2.4	Análise/Discussão .....	40
<b>3</b>	<b>FHIR NA TROCA DE DADOS DE BEM-ESTAR</b> .....	<b>43</b>
3.1	Solução Conceptual.....	45
3.1.1	B-Health IoT Box.....	46

3.1.2	Citizen Hub .....	48
3.2	Especificação .....	49
3.3	Perfis FHIR .....	51
3.3.1	Profilling .....	51
3.3.2	Recursos FHIR.....	54
3.3.3	Vocabulários Desenvolvidos.....	56
3.3.4	Teste de Força MedX.....	57
3.3.5	MedX Training Test.....	62
3.3.6	WearableData.....	65
3.4	Implementação dos Conectores.....	68
3.4.1	Ferramentas de Aplicação .....	68
3.4.2	Transformação dos Dados.....	69
<b>4</b>	<b>VALIDAÇÃO.....</b>	<b>73</b>
4.1	Validações Tecnológicas.....	77
4.1.1	Validações para Teste de Força MedX.....	77
4.1.2	Validações para o MedX Training Test .....	80
4.1.3	Validações WearableData.....	82
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> - Transmissão de Conhecimento adaptado de (Park & Jayaraman, 2003).....	2
<b>Figura 1.2</b> - Internet das Coisas Médicas adaptado de (Ud Din et al., 2019) .....	4
<b>Figura 1.3</b> - Wearable Devices adaptado de (Sullivan, 2017) .....	5
<b>Figura 1.4</b> - FHIR é um standard de dados que foi desenvolvido pelo HL7 adaptado de (Mobifilia, 2018). .....	7
<b>Figura 1.5</b> - Método Científico Escolhido adaptado de ( <i>Science Projects</i> , 2020) .....	8
<b>Figura 2.1</b> - Interoperabilidade Conceptual adaptado de (Wang et al., 2009) .....	12
<b>Figura 2.2</b> - Níveis de Interoperabilidade adaptado de (Van Der Veer & Wiles, 2008) .....	13
<b>Figura 2.3</b> - Arquitetura das Continua Design Guidelines adaptado de (Baskaya et al., 2019) .....	15
<b>Figura 2.4</b> - Componentes de um recurso FHIR adaptado de (SmartConData GmbH, 2018). ..	19
<b>Figura 2.5</b> - Ligação dos recursos FHIR com Identificadores adaptado de (SmartConData GmbH, 2018) .....	20
<b>Figura 2.6</b> - Camadas de Interoperabilidade do FHIR (HL7.org, 2015).....	22
<b>Figura 2.7</b> - Exemplo da chamada de um <i>resource conformance</i> adaptado de (Simplifier.net, 2018).....	24
<b>Figura 2.8</b> - Utilizando de sistemas de codificação internacional juntamente com o FHIR adaptado de (SmartConData GmbH, 2018).....	25
<b>Figura 2.9</b> - Composição do IPS (HL7.org, 2021a) .....	25
<b>Figura 2.10</b> - Esquema de Vocabulários adaptado de (HL7.org, 2019l).....	28
<b>Figura 2.11</b> - Exemplo da representação através do SNOMED CT .....	30
<b>Figura 2.12</b> - Exemplos de códigos SNOMED CT.....	31
<b>Figura 2.13</b> - Modelo Lógico do SNOMED CT adaptado de (SNOMED International, 2019) ..	31
<b>Figura 2.14</b> - Exemplo de relação de atributos adaptado de (SNOMED International, 2020) .	33
<b>Figura 2.15</b> - Representação do número de passos dados .....	35
<b>Figura 2.16</b> - Representação do nível de oxigénio no sangue .....	35
<b>Figura 2.17</b> - Representação para a frequência respiratória .....	35

<b>Figura 2.18</b> - Exemplo de Código CID-10 relativo a uma lesão do Tendão de Aquiles Direito e descrição do mesmo (Lookup, 2016b) .....	38
<b>Figura 3.1</b> - Cenário Inicial .....	44
<b>Figura 3.2</b> - Solução Conceptual .....	45
<b>Figura 3.3</b> - Arquitetura da B-Health IoT Box .....	46
<b>Figura 3.4</b> - B-Health IoT Box com FHIR Connector para exportação de dados para o SmartBear .....	48
<b>Figura 3.5</b> - Citizen Hub com inclusão do conetor para exportação de dados .....	49
<b>Figura 3.6</b> - Integração da máquina de fisioterapia e respetivos sensores com a plataforma usando CDG.....	50
<b>Figura 3.7</b> - Modelo de Dados do <i>StructureDefinition</i> .....	52
<b>Figura 3.8</b> – Representação da definição de uma restrição.....	54
<b>Figura 3.9</b> - Modelo de dados do Recurso <i>DiagnosticReport</i> .....	55
<b>Figura 3.10</b> - Modelo de dados recurso Observation .....	56
<b>Figura 3.11</b> - Restrição aplicada ao perfil DiagnosticReport MedXForceTest .....	59
<b>Figura 3.12</b> - Restrição aplicada ao perfil RecommendedTrainingWeight .....	60
<b>Figura 3.13</b> - Restrição aplicada ao perfil Repetitions .....	63
<b>Figura 3.14</b> - Restrição aplicada ao Perfil PrecisionScore .....	64
<b>Figura 3.15</b> - Restrição para o Perfil SensorDataRaw .....	64
<b>Figura 3.16</b> - Perfil WearableData .....	65
<b>Figura 3.17</b> - Restrição para o exemplo apresentado no Perfil Observation for WearableData .....	67
<b>Figura 3.18</b> - Função createDiagnosticReport.....	70
<b>Figura 3.19</b> - Captura e envio dos dados vindos do ficheiro de input.....	70
<b>Figura 3.20</b> - Exemplo de resource construído com base nos valores recebidos do ficheiro de input .....	71
<b>Figura 4.1</b> - Máquina instalada na Madeira .....	74
<b>Figura 4.2</b> - Máquina instalada no Ikea Industry em Paços de Ferreira .....	74
<b>Figura 4.3</b> - Kit SmartBear .....	75
<b>Figura 4.4</b> - Máquina MedX instalada no Citeve .....	76
<b>Figura 4.5</b> - Máquina instalada no Uninova .....	76
<b>Figura 4.6</b> – Exemplo de erro aplicado ao perfil DiagnosticReport MedXForceTest.....	77
<b>Figura 4.7</b> - Exemplo de erro aplicado ao perfil RecommendedTrainingWeight .....	78
<b>Figura 4.8</b> - Exemplo de erro para o perfil AngleForceSet .....	78
<b>Figura 4.9</b> – Exemplo de erro para o perfil AngleForce .....	79
<b>Figura 4.10</b> – Exemplo de erro para o perfil Repetitions .....	80
<b>Figura 4.11</b> – Exemplo de erro para o perfil PrecisionScore.....	81

<b>Figura 4.12</b> - Exemplo de erro para o perfil Sensor Data Raw .....	81
<b>Figura 4.13</b> - Exemplo de erro no exemplo apresentado para o perfil Observation for <i>WearableData</i> .....	82



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 2.1</b> - Tabela de Mapeamento do HL7 v2 para FHIR no que respeita aos recursos do paciente (HL7, 2019).....	18
<b>Tabela 2.2</b> - Tipos de Binding Strength existentes (HL7.org, 2019a).....	29
<b>Tabela 2.3</b> - Exemplo acerca dos sinónimos utilizados nos conceitos.....	33
<b>Tabela 2.4</b> - Parâmetros que definem um termo LOINC (Sheide, Amy; Wilson, 2013) .....	34
<b>Tabela 2.5</b> – Representação parcial no que respeita a testes de laboratório e medicação, aquando da deteção de diabetes (Buchanan, 2017) .....	36
<b>Tabela 2.6</b> - Mapeamento de grandezas utilizadas segundo o vocabulário UCUM.....	39
<b>Tabela 3.1</b> -Definição dos elementos constituintes da <i>constraint</i> .....	53
<b>Tabela 3.2</b> - Mapeamento de Vocabulários criados .....	57
<b>Tabela 3.3</b> - Restrição aplicada ao perfil AngleForceSet .....	61
<b>Tabela 3.4</b> - Restrição aplicada ao perfil AngleForce.....	62
<b>Tabela 3.5</b> - Codificação das observações individuais nos wearables .....	68



## SIGLAS

<b>AMS</b>	Assembleia Mundial de Saúde.
<b>ASTM</b>	<i>American Society of Testing and Material</i>
<b>CDA</b>	<i>Clinical Document Architecture</i>
<b>CH</b>	Citizen Hub
<b>CDG</b>	<i>Continua Design Guidelines</i>
<b>DM</b>	Dispositivo Médico
<b>EHR</b>	<i>Electronic Health Record</i> em português Registo Eletrónico de Saúde
<b>FHIR</b>	<i>Fast Healthcare Interoperability Resources</i>
<b>FIC</b>	Family Internacional Classification em português Família de Classificações Internacionais
<b>FMM</b>	<i>Family Maturity Model</i>
<b>FSN</b>	<i>Fully Specified Name</i>
<b>GATT</b>	<i>Bluetooth Low Energy Generic Attribute</i>
<b>HDF</b>	<i>HL7 Development Framework</i>
<b>HFS</b>	<i>Health &amp; Fitness Server</i> em português Serviços de Saúde e Fitness
<b>HG</b>	<i>Health Gateway</i>
<b>HIMSS</b>	<i>Healthcare Information and Management System Society</i>
<b>HIS</b>	<i>Hospital Information System</i> em português Sistemas de Informação Hospitalar
<b>HL7</b>	<i>Health Level Seven</i>

JSON	<i>Java Script Object Notation</i>
ICD	<i>International Classification of Diseases</i> em português <i>Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados com a Saúde</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Comission</i> em português <i>Comissão Eletrotécnica Internacional</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHE	<i>Integrating the Healthcare Enterprise</i>
ILCD	<i>Internacional List of Causes of Death</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
IoT	Internet das Coisas
IoMT	Internet das Coisas Médicas
IPS	<i>International Patient Summary</i>
ISO	<i>Interntional Organization of Standardization</i>
ITU	<i>International Telecommunication Union</i>
LCIM	<i>Level of Comceptual Interoperability Model</i>
LOINC	<i>Logical Observation Identifiers Names and Codes</i>
NDC	<i>National Drug Code</i>
NLM	<i>National Library of Medicine</i>
OMS	Organização Mundial de Saúde
PCD	<i>Patient Care Device</i>
PCHAlliance	<i>Personal Connected Health Alliance</i>
PHD	<i>Personal Health Device</i> em português <i>Dispositivo de Saúde Pessoal</i>
PHG	<i>Personal Health Gateway</i>
PHMR	<i>Personal Healthcare Monitoring Report</i>
PHR	<i>Personal Health Record</i>
PID	<i>Patient Identification Details</i>
Pt	<i>Point in Time</i>
REST	<i>Representation State Transfer</i>

<b>RIM</b>	<i>Reference Information Model</i> em português Modelo de Referência
<b>SIC</b>	Sistema de Informação Clínica
<b>SNOMED-CT</b>	<i>Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms</i>
<b>SNOMED-RT</b>	<i>Systematized Nomenclature of Medicine Reference Terminology</i>
<b>SOAP</b>	<i>Simple Object Access Protocol</i>
<b>TIC</b>	Tecnologias da Informação e Comunicação
<b>UCUM</b>	<i>Unified Code for Units of Measure</i>
<b>UCSF</b>	Universidade da Califórnia em São Francisco
<b>URI</b>	<i>Uniform Resource Identifier</i>
<b>URL</b>	<i>Uniform Resource Locator</i>
<b>XML</b>	<i>Extensible Markup Language</i>
<b>WAN</b>	<i>Wide Area Network</i>
<b>WHD</b>	<i>Wearable Health Device</i>



## INTRODUÇÃO

Temos assistido nos últimos anos a um desenvolvimento tecnológico imparável nas mais importantes áreas da vida humana. Com o crescimento exponencial da população novos desafios foram colocados ao nível da saúde. Foi nesta área que se testemunharam grandes transformações a nível de diagnóstico e de tratamento de doentes. Começou a trabalhar-se no sentido de melhorar as condições de vida, sanitárias e um alargamento aos cuidados de saúde e de vacinação (Cooper, 2018). Através do aumento da esperança média de vida, houve um esforço cada vez maior da ciência médica em proporcionar qualidade de vida em todas as idades.

Para conhecer melhor as necessidades das pessoas é necessário estudar o seu estilo de vida e analisar os diversos fatores que influenciam o modo de vida das mesmas. Neste sentido, existem diferentes estudos tais como (M. Lee et al., 1995) e (Gremeaux et al., 2012) que indicam que a longevidade resulta de diferentes fatores, tais como a genética, o meio ambiente e a facilidade de acesso aos serviços de saúde avançados. Dos elementos referidos, a modificação de fatores de risco que estão intrinsecamente ligados ao estilo de vida são especialmente relevantes, pois existe sempre espaço para mudança. De acordo, com a Organização Mundial de Saúde (OMS), os fatores associados ao estilo de vida estão na raiz do problema das doenças não transmissíveis, tais como o cancro e as doenças cardiovasculares (Rizzuto & Fratiglioni, 2014), **como tal será do maior interesse que o desenvolvimento tecnológico na área da saúde ande de mãos dadas com a monitorização do estilo de vida da pessoa e o seu bem-estar.**

Algumas das variáveis que podem ter influência no estilo de vida, estão ao acesso de um simples clique dentro das quais se destacam (Farhud, 2015):

- Dieta e Índice de Massa Corporal (IMC)
- Exercício
- Sono
- Tabagismo

No entanto nem sempre é fácil serem monitorizadas num diagnóstico médico que é um aspeto chave nos cuidados de saúde, onde se consegue dar uma explicação ao paciente e quais os passos para o seu tratamento (Balogh et al., 2016). Tendo em conta os diferentes fatores,

enumerados é possível alterar comportamentos de risco e neste caso atuando com celeridade muitas das vezes é algo que faz a diferença.

O diagnóstico médico cada vez mais fiável, deve-se muito à custa do mundo substancialmente tecnológico e que trouxe diversas vantagens ao nível dos serviços de saúde, dada a rapidez com que se conseguem obter mais e melhores informações num curto de espaço de tempo útil, como se observa na (Figura 1.1).

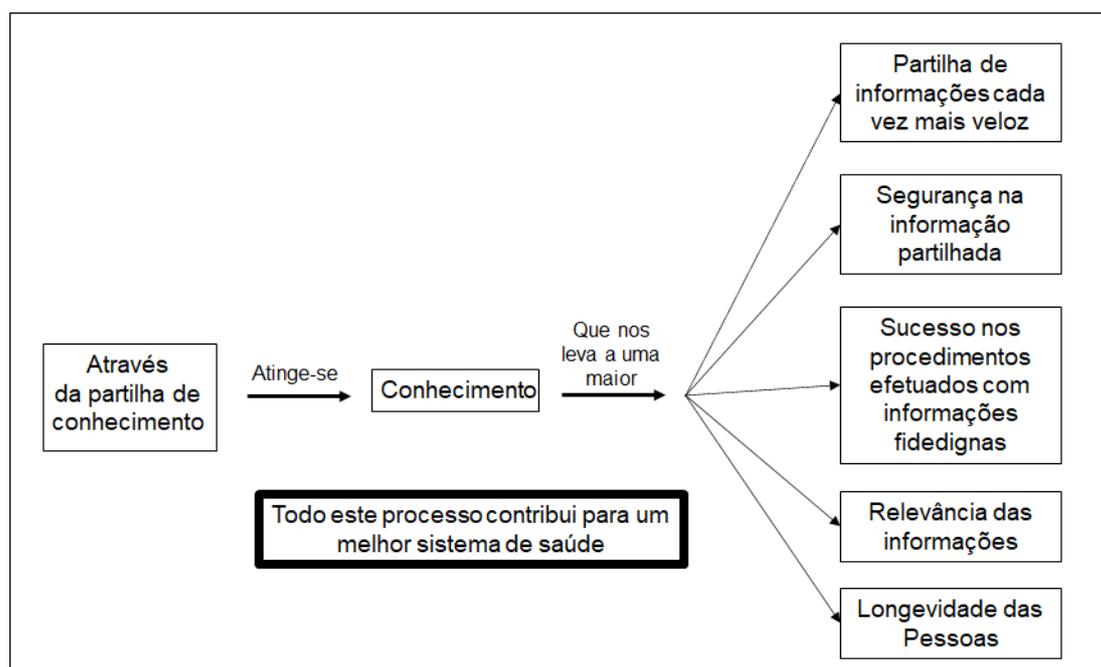


Figura 1.1 - Transmissão de Conhecimento adaptado de (Park & Jayaraman, 2003)

Inicialmente, os cuidados de saúde que eram prestados não chegavam a todo o lado dado o aumento exponencial da população, como resultado das infraestruturas e tecnologias utilizadas nem sempre eram suficientes (Yassein et al., 2019). Contudo, algumas doenças podem ser acompanhadas a partir de casa, aliviando a pressão nos recursos disponíveis nos hospitais, tais como médicos e camas onde a Internet das Coisas (IoT) veio resolver muitos dos problemas que surgiram (Baker et al., 2017) e assim a indústria da saúde foi uma das primeiras a adotar as IoT e a tirar partido delas (Amin et al., 2019).

Os avanços dos protocolos de comunicação e o aumento da inclusão de sensores em dispositivos médicos (DM) fez com que a IoT começasse a ganhar terreno abrindo caminho a conexão de diversos dispositivos físicos ao mundo através da internet (Babu et al., 2016) ou diferentes tecnologias ligadas à internet fornecem aplicações para mudar o estilo de vida das pessoas (Mozzaquatro et al., 2015)

A melhoria introduzida por esta indústria permite que as pessoas vivam mais tempo, mais saudáveis e também uma vida melhor quando comparada com os cuidados que eram

prestados anteriormente. Isso permite que as pessoas com uma longevidade maior, continuem a residir de forma independente durante mais tempo (Liu & Sun, 2016).

Já se conhecem diversos benefícios que a informação nos permite alcançar, mas a informação aliada aos sistemas IoT permite-nos uma saúde ainda mais aprimorada, não só pelas potencialidades envolvidas, visto que a IoT proporcionou a inclusão de sensores que nos possibilita a medição de sinais vitais e adquirir informações biométricas retiradas dos mesmos, uma resolução de problemas mais rápida e segura, qualidade no atendimento prestado e utilização eficientes dos recursos (Laplante & Laplante, 2016) e wearables para o dia a dia. Aliado a isto, houve também a introdução de benefícios para os serviços hospitalares nomeadamente ao nível da redução de custos, melhorias na qualidade de tratamento, redução de erros médicos, a possibilidade de assistência médica remota, assim como seguir de perto o paciente, bem como receber alertas sobre o mesmo (Islam et al., 2020).

Segundo Patel et al. (2016) a IoT concede soluções com base na integração de informação tecnológica, onde se pode referir que tanto o hardware como o software são usados para armazenar, recuperar e processar dados e comunicações ao nível tecnológico que inclui o uso de sistemas eletrónicos para comunicação entre indivíduos ou grupos. A IoT que agrega um grande conjunto de aplicações dentro das quais a Internet das Coisas Médicas (IoMT) – denominada em inglês de *Internet of Medical Things*, Sullivan (2017) conclui que a fusão entre os dispositivos de interesse médico e aplicações através de tecnologias em rede podiam ser ligados a sistemas tecnológicos que nos dão informação sobre os cuidados de saúde prestados.

Dentro das IoT, existe mercado para os *smart e wearable devices* que se englobam dentro da IoMT tal como se vê na (Figura 1.2). Estes são os grandes responsáveis pela melhor monitorização da saúde e bem-estar das pessoas, pela revolução que trouxeram na forma como as pessoas viam a prática de exercício físico, ajudando assim na recolha de informação para se saber como o corpo está a reagir aos estímulos provocados pela atividade propriamente dita, sendo os mesmos dados aproveitados para se poderem alterar comportamentos erráticos (Duval & Hashizume, 2006).





**Figura 1.3** - Wearable Devices adaptado de (Sullivan, 2017)

Este tipo de inovação tecnológica desempenha um papel fulcral quer ao nível da modernização, quer ao nível das transformações rápidas que os cuidados de saúde e prática da medicina tem sofrido nos últimos anos (Park & Jayaraman, 2003). A adoção tecnológica pode ser a peça fundamental para que o setor da saúde enfrente os desafios entre o equilíbrio de custos e a manutenção dos resultados desejados para os pacientes, permitindo assim superar muitas das dificuldades com que os profissionais de saúde se têm vindo a deparar (Thimbleby, 2013).

De acordo com Sarraipa et al. (2009), com o desenvolvimento tecnológico a proporcionar um maior volume de troca de informações, um dos primeiros obstáculos foi a troca de todos estes dados entre os diversos sistemas médicos e foi aqui que a interoperabilidade começou a ganhar importância, que permitiu que diversos sistemas comunicassem entre si.

Isto ficou a dever-se ao número de aplicações e dispositivos médicos a surgir no mercado, em que alguns deles contêm informações vitais sobre o cidadão, onde dessa forma os dados disponibilizados pelos mesmos podem proporcionar uma melhoria na qualidade de vida e no bem-estar de todos, mas também pode ser uma forma de monitorizar um cidadão evitando que este se desloque até um prestador de serviços de saúde dada a interligação destes dispositivos com a internet.

Mas não bastava apenas trocar estes dados, era necessário que os mesmos fossem entendidos de forma correta por todos os envolvidos, algo que tem vindo a ser melhorado com a inclusão da norma FHIR, sendo esta a forma encontrada para troca de mensagens entre sistemas médicos de acordo com uma determinada semântica.

## 1.1 Objetivos

Esta tese aborda essencialmente como num mundo cada vez mais tecnológico se pode retirar informações e posteriormente conhecimento, através de equipamentos, tais como, *smart devices* e *wearable Devices*, onde se constata que os dispositivos *wearable self-tracking* estão a ser descritos como uma nova cultura de dados pessoais e representam uma revolução na forma como cada individuo acaba por perceber o seu próprio corpo (Wolf, 2009) ,através de indicadores que permitem saber como reagir a determinada situação.

Nos últimos anos, houve alterações no comportamento das pessoas, que em muito se deve à inclusão de dispositivos de medição que lhes permitiu dar uma visão sobre as mesmas e é segundo esta base que se vai responder sobre como estes dispositivos interagem na nossa vida. Além disso, na literatura a informação existente sobre *wearable devices*, diz que são capazes de dar uma informação precisa e inequívoca refletindo o estado real do corpo, tendo obviamente influência no diagnóstico, para que os dados retirados destes possam ser uteis para a melhoria e bem-estar de cada individuo (Crawford et al., 2015), sendo um dos aspetos de maior relevância a abordar nesta tese, os dados extraídos destes dispositivos.

A abordagem a ser desenvolvida ao longo deste trabalho pretende fazer uso da norma *Fast Healthcare Interoperability Resources* (FHIR) para troca de dados de saúde. O FHIR é uma norma do *Health Level Seven Internacional* (HL7) para troca de informações eletrónicas ao nível da saúde, definido pelo HL7. O FHIR apresenta uma forma de representar e partilhar informações entre médicos e organizações de uma maneira normalizada (Sutner & Vallejo, 2017), surgindo como resposta ao aumento do uso dos Registos Eletrónicos de Saúde (EHRs), sem afetar a integridade da informação (Bowman, 2013). **Apesar de amplamente validado em dispositivos médicos, a utilização do FHIR em dados de bem-estar é um dos desafios desta dissertação.**

O HL7 define tanto o formato como o conteúdo das mensagens que as aplicações utilizam ao trocar dados entre si em determinadas circunstâncias, qualquer que seja a sua natureza clínica ou administrativa (Kabachinski, 2006).

A solução agora a ser implementada terá como ponto de partida a utilização dos dados passíveis de transformação para FHIR, com a criação de perfis que irão interligar com dados que se encontram nos wearables ou até mesmo em aplicações de saúde que têm vindo a surgir, podendo depois os mesmos dados serem armazenados e descarregados pelos utilizadores em plataformas para o devido efeito (Sutner & Vallejo, 2017). O FHIR é organizado em recursos e é através dos mesmos que se consegue mapear as informações que descrevem os cuidados de saúde que foram prestados (Benson & Grieve, 2021). O FHIR tornou-se um mecanismo importante dado que os registos de saúde tornaram-se digitais permitindo que estes sejam acedidos de forma a auxiliar decisões clínicas (Snyder, 2015), ilustrando isso mesmo na (Figura 1.4).

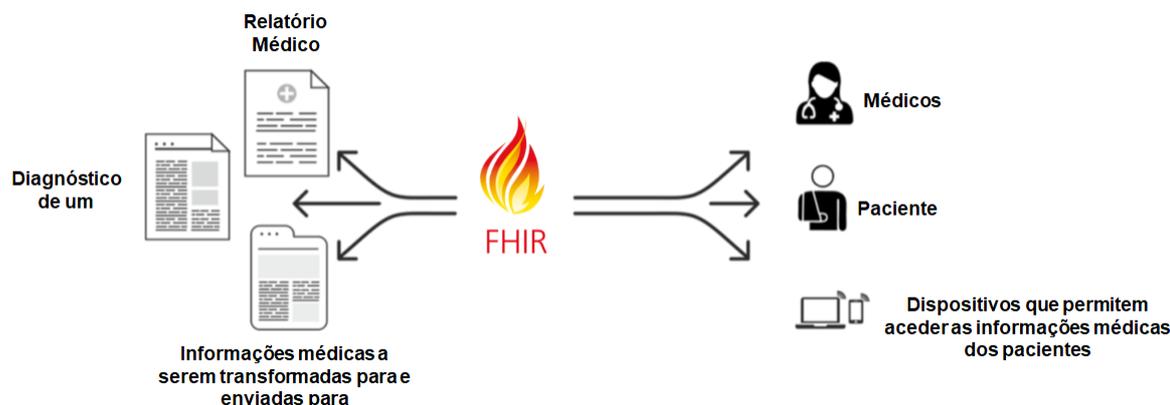


Figura 1.4 - FHIR é um standard de dados que foi desenvolvido pelo HL7 adaptado de (Mobifilia, 2018).

## 1.2 Método de Investigação

O trabalho agora desenvolvido mantém como objetivo principal encontrar uma forma de disponibilizar os dados de saúde e bem-estar recebidos através de *wearables devices* e outras tecnologias IoT em FHIR por forma a que se consiga a sua utilização para introdução de melhorias na saúde e bem-estar das pessoas.

Para a definição dos procedimentos a desenvolver durante este processo de investigação, foi formulada uma pergunta de investigação que nos permita guiar ao longo desta tese.

**Como usar o FHIR para disponibilizar dados colecionados por wearable devices em atividades do quotidiano, a sistemas de saúde?**

A questão agora proposta vai ser o ponto de partida para o desenvolvimento desta tese e a resposta à mesma permitirá a sua implementação e validação.

Um trabalho de investigação bem-sucedido depende essencialmente da metodologia, mas segundo Kapur em "*Research Methodology*", a investigação é uma atividade académica.

Em que muitas das vezes é necessário que se defina e redefina os problemas, formulando hipóteses ou sugerindo soluções, colecionar, organizar e avaliar os dados recolhidos, fazer deduções, chegar a conclusões e testar as soluções alcançadas para determinar se está em concordância com a hipótese formulada (Kapur, 2018). A (Figura 1.5), apresenta-se o método científico escolhido para a presente dissertação.

Um dos primeiros passos para um desenvolvimento do estado da arte, é a formulação de uma pergunta de investigação, que foi referida anteriormente, facto este que ajudará na evolução do tema que agora é proposto. De seguida, inicia-se de forma objetiva, toda a recolha de informações para que se consiga responder de forma clara à pergunta formulada. Organiza-se as informações reunidas de maneira que se construa uma hipótese com base na análise de toda a pesquisa efetuada que nos permita objetivamente dar a resposta necessária para a base

do problema que nos foi colocado, ficando assim desta forma descritas as etapas iniciais que compõem a proposta teórica desta tese. A construção da hipótese de tese é também uma das fases importantes da proposta teórica, constituindo o mote para a fase seguinte, relativamente a implementação prática, neste sentido definiu-se como hipótese: **A criação de novos perfis em FHIR pode facilitar o mapeamento de dados recolhidos em *wearables* através dos quais é possível a exportação de dados para plataformas de saúde e bem-estar.**

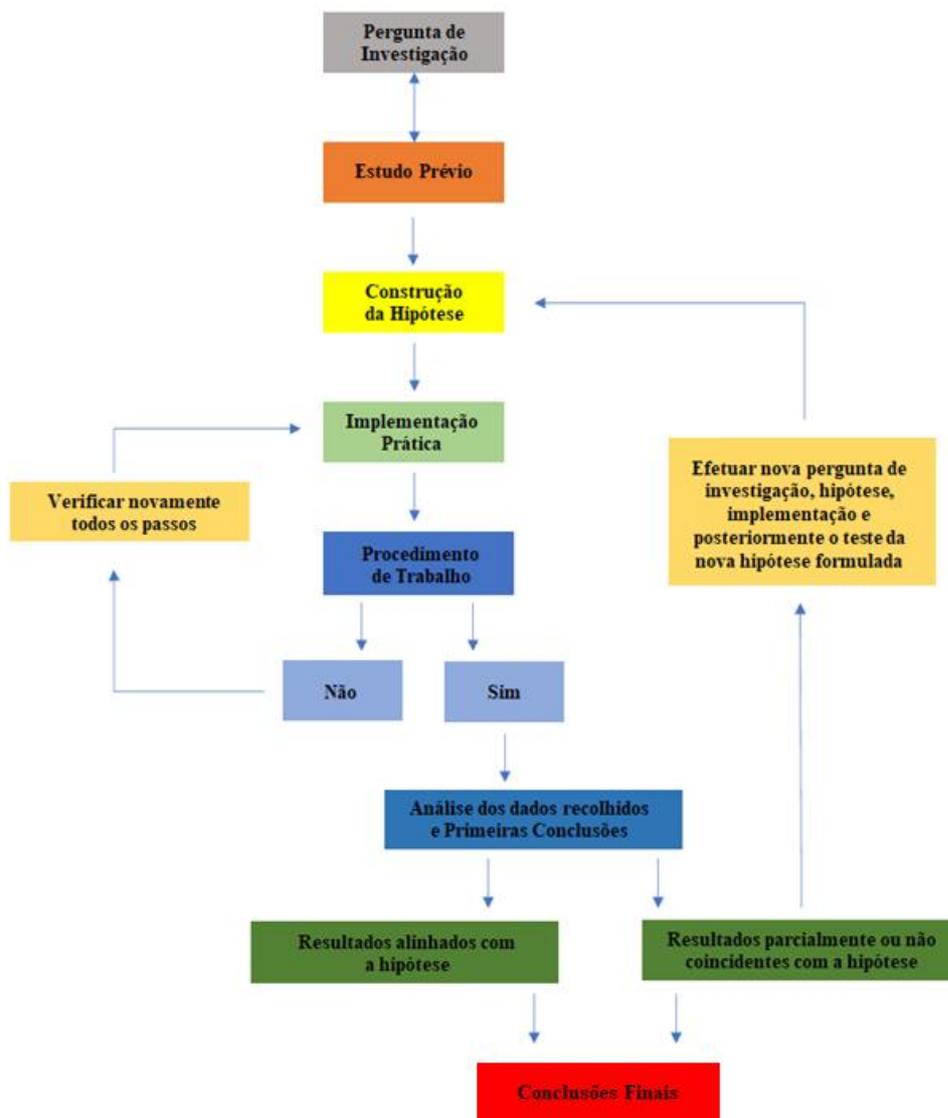


Figura 1.5 - Método Científico Escolhido adaptado de (Science Projects, 2020)

## ESTADO DA ARTE

A abordagem feita nos diferentes tópicos, que vai desde as origens da interoperabilidade, um aspeto fundamental nos dias de hoje, todas as normas que foram introduzidos pelo HL7 até ao aparecimento do HL7 FHIR e passando pelas classificações semânticas na área da saúde são elementos que nos guiam no decorrer deste trabalho.

Nos últimos tempos existem desafios que foram criados ao nível da comunicação entre os diferentes utilizadores dos sistemas de saúde e dos respetivos sistemas. Os sistemas TI (tecnologias de informação) da saúde e a digitalização dos dados de saúde têm sofrido uma evolução acentuada nos últimos anos, havendo interessados no avanço tecnológico destes mesmos sistemas, porém o seu desenvolvimento é feito de forma isolada o que permite a estes sistemas que continuem a evoluir e a trabalhar de forma independente originando lacunas na comunicação entre os mesmos (Valverde, 2016). Mais recentemente, o rumo foi alterado com a introdução de EHR nestes sistemas (Blog, 2014).

A interoperabilidade é apresentada como uma solução técnica para a resolução da lacuna que foi criada ao nível da comunicação. Existem variadíssimas razões para serem feitos esforços para ser alcançada uma interoperabilidade nos cuidados de saúde a serem prestados, dentro das quais se podem destacar (Iroju et al., 2013):

- Fácil acesso aos registos dos pacientes
- Redução de erros médicos
- Redução de custos para o Sistema de Saúde
- Torna mais fácil a implementação de EHR

Não alcançar a interoperabilidade pode criar situações difíceis e complicadas em contexto clínico, levando assim a um aumento significativo de custos e no pior caso uma decisão errada de tratamento (Reform, 2012). Para que isto seja alcançado até um determinado nível, existem diferentes camadas de interoperabilidade que se constroem envolvidas umas nas outras (Kubicek et al., 2011). Uma melhor explicação das diferentes camadas irá ser referida posteriormente na secção 2.1.1, onde será enquadrado o FHIR e os métodos existentes atualmente,

para uma partilha de dados, onde seja possível alcançar a melhoria da qualidade de vida de todos os cidadãos.

## 2.1 Interoperabilidade de Sistemas

Um elemento fundamental no mundo digital dos cuidados de saúde é a possibilidade de partilha de dados e informações de forma segura e atempada entre pacientes, hospitais, seguros de saúde e outras instituições clínicas (Diamond et al., 2009). Apesar das vantagens introduzidas pela troca de informações ao nível eletrónico, como é o caso da melhoria dos serviços prestados, da redução de custos hospitalares e a melhoria da relação entre médico-paciente (Payne et al., 2019), existem alguns desafios a serem vencidos donde se destacam o acordo ao nível das normas aplicadas, a escolha da tecnologia, a privacidade e a confidencialidade (Sharma et al., 2006), isto porque os consumidores exigem mais informação todos os dias e que a mesma seja o mais completa possível, compreensível e sem erros (Porter & Lopez-Claros, 2006).

Para se conseguir isto, foram desenvolvidas normas internacionais nos últimos anos, entre as quais *Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms* (SNOMED CT), HL7, HL7 FHIR (Süßmair et al., 2018), que podem ser usadas para se conseguir melhorar o nível de interoperabilidade de sistemas na área da saúde e bem-estar, sendo que todos aqueles que utilizarem estas normas padrão, estarão em vantagem perante os que não o fazem (Agostinho et al., 2014).

Definida como, a forma de diferentes sistemas trocarem dados e usar a informação que foi transferida, a interoperabilidade e a partilha de informações na área da saúde é frequentemente vista como “essencial para facilitar qualidade e eficácia dos serviços de saúde” (Adebesin et al., 2013).

De seguida, apresentam-se definições genéricas de interoperabilidade. *A Healthcare Information and Management Systems Society* (HIMSS) descreve a interoperabilidade como “ a capacidade de diferentes sistemas de informação, dispositivos e aplicações de aceder, trocar, integrar e usar os dados de forma coordenada, dentro e através das fronteiras organizacionais, sejam elas nacionais ou regionais, onde se fornece uma portabilidade de informações em tempo útil e sem interrupções, de forma a otimizar a saúde de indivíduos e populações em todo o mundo” (HIMSS, 2020).

Outra das definições mais comuns que existe na literatura sobre interoperabilidade diz-nos que a “interoperabilidade é a capacidade de dois ou mais componentes de software cooperarem, apesar das diferenças de linguagem, interface e plataforma de execução”.(Wegner, 1996).

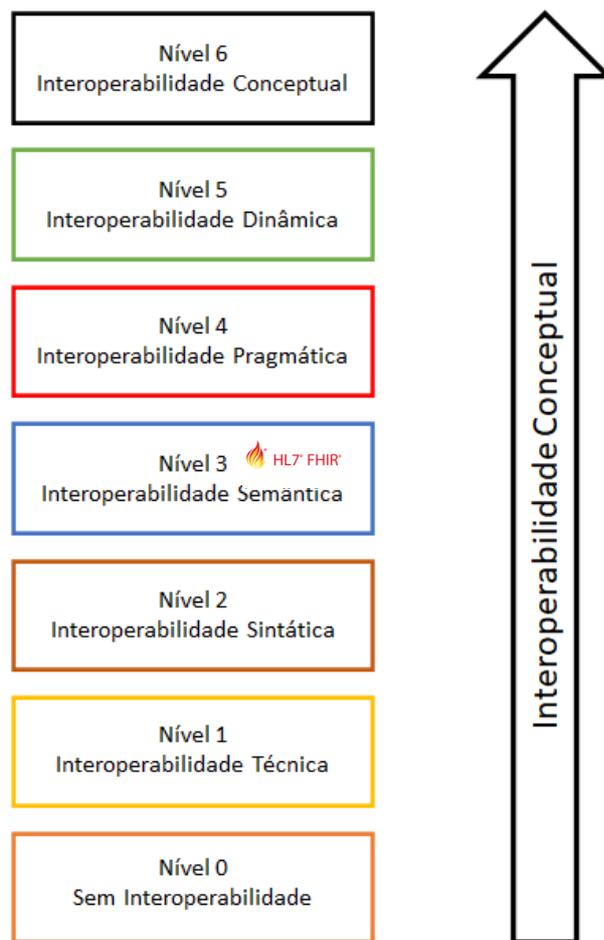
Em termos gerais, existem diferentes etapas que tem de ser cumpridas, para ter um sistema interoperável. Até podem parecer passos comuns, mas são necessários para que se construa um registo digital interoperável, dentro dos quais se destaca: (Health, 2020).

- As informações médicas precisam de ser representadas em formato digital, de maneira a permitir um transporte eletrónico de dados sem perdas.
- Os registos eletrónicos de saúde (EHRs) precisam de ter a capacidade de transferir as informações para outros sistemas digitalmente.
- Quem recebe a informação deve ser capaz de interpretar e processar a informação, assim como a integração de múltiplos registos.

### 2.1.1 Níveis de Interoperabilidade

Quando falamos de um sistema interoperável, é frequentemente falar-se também de semântica. A interoperabilidade semântica é uma das muitas camadas que são normalmente usadas para classificar a interoperabilidade, definindo-se a mesma para qualquer dos standards HL7 como a capacidade de troca de informação entre computadores sem que haja uma negociação prévia, de forma a que a informação seja interpretada de forma correta, sem por em causa a fiabilidade do sistema na partilha das mesmas (Dolin & Alschuler, 2011). Contudo, não existe consenso acerca dos níveis de interoperabilidade, dado que existem autores definirem apenas três, outros optam por escolher um modelo com quatro ou mais camadas ((Gibbons et al., 2007) (Benson & Grieve, 2016).

De seguida, apresentam-se alguns modelos que podem ser vistos como representações desde um nível mais genérico, até a um nível mais particular, como é o caso da FHIR, onde o mesmo se centra na interoperabilidade semântica. A (Figura 2.1) representa o modelo denominado *por Level of Conceptual Interoperability Model (LCIM)*, modelo proposto por (Tolk & Muguira, 2003), tendo sofrido algumas modificações até a versão que se encontra apresentada abaixo. Este tipo de interoperabilidade conceptual aplica-se em modelos de simulação e modelação de sistemas de engenharia.



**Figura 2.1** - Interoperabilidade Conceitual adaptado de (Wang et al., 2009)

- Nível 0 – Os sistemas funcionam como autónomos, ou seja, não existe interoperabilidade.
- Nível 1 – Ao nível da interoperabilidade técnica estabelece-se um protocolo de comunicação que permita a troca de informações entre os sistemas.
- Nível 2 – Ao nível sintático, a estrutura dos dados é definida através de um protocolo, assim como, o formato dos dados é definido de forma a não criar ambiguidades.
- Nível 3 – Na interoperabilidade semântica existe a troca de um conjunto de informações, bem como o mesmo é corretamente interpretada,
- Nível 4 – A interoperabilidade pragmática é alcançada quando os sistemas interoperáveis estão conscientes dos métodos e procedimentos que cada um usa.
- Nível 5 – Na interoperabilidade dinâmica, estamos interessados em perceber como um determinado sistema se comporta, relativamente a todas as suposições e restrições ao nível temporal que existe na troca de informação.

- Nível 6 – Chegados ao último nível da interoperabilidade conceptual, prende-se que todos os processos, todas as dinâmicas foram compreendidas e interpretadas corretamente pelo sistema (Tolk et al., 2007).

A (Figura 2.2) exemplifica outro modelo de níveis de interoperabilidade, proposto por Van Der Veer & Wiles (2008) . Após análise dos diversos níveis propostos pelos autores, verifica-se que o FHIR se encontra na camada referente à interoperabilidade semântica.

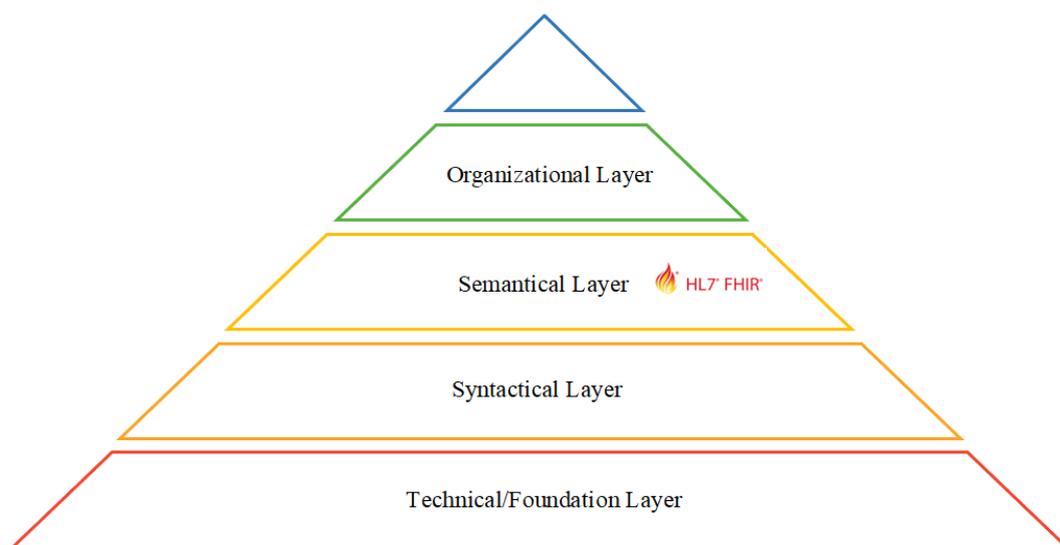


Figura 2.2 - Níveis de Interoperabilidade adaptado de (Van Der Veer & Wiles, 2008)

- **Technical Interoperability** – o primeiro nível da interoperabilidade é muitas das vezes chamado de *Foundation Layer*. Refere-se a conexão que tem de existir entre os sistemas de informação e comunicação que estão envolvidos na troca de dados. É nesta camada que escolhendo um protocolo de comunicação standard se pode construir uma rede de sistemas para troca de informação (Adebesin et al., 2013)
- **Syntactical Interoperability** – a interoperabilidade sintática é definida como a capacidade de troca de dados e normalmente está associada ao formato dos dados (Rezaei et al., 2014).
- **Semantical Interoperability** – é definida como sendo a capacidade de operar sobre dados com uma determinada semântica definida (Lewis & Wrage, 2006). A interoperabilidade semântica relaciona-se normalmente com a definição de conteúdo e também com a interpretação dos conteúdos trocados (Guijarro, 2009).
- **Organizational Interoperability** – tal como o nome indica possibilita que as organizações possam efetivamente comunicar entre si e transferir informações de forma eficaz, embora utilizem uma variedade de sistemas de informação

diferentes em diferentes infraestruturas, possivelmente também em diferentes regiões geográficas. A interoperabilidade organizacional depende de uma boa interoperabilidade técnica, sintática e semântica.(Van Der Veer & Wiles, 2008).

Apesar de existirem diferentes normas que podem ser usadas para se alcançar um certo nível de interoperabilidade para troca de dados no que respeita ao nível dos cuidados de saúde a prestar, o FHIR é aquele que vai ter mais enfoque nesta tese visto ser a norma que tem sido implementada a escala mundial para troca de informações de saúde de forma eletrónica (HL7.org, 2019f). Desta forma, ao escolher o modelo de interoperabilidade adequado ao problema, existem dois aspetos a ter em conta são eles: a sintática e a semântica. Quando se fala de interoperabilidade sintática, referimo-nos a estrutura e obviamente sintaxe das mensagens trocadas de forma a que a mesma seja verificada tanto no emissor como no recetor (Hosseini & Dixon, 2016). A interoperabilidade semântica é um elemento crucial para se alcançar a interoperabilidade dado que é através desta que se constroem modelos de informação que sejam compreensíveis (Yang & Zhang, 2006).

Sumarizando, pode-se afirmar, que a interoperabilidade permite um acesso mais eficaz a informação dos pacientes e também é uma forma de ajudar a reduzir os diferentes dados de saúde que vão sendo recolhidos, isto é, acabando por tornar a informação mais concentrada e objetiva (European Commission, 2012).

## 2.1.2 Continua Design Guidelines

A *Personal Connected Health Alliance* (PCHAlliance) centra-se fundamentalmente no ramo da saúde e do bem-estar pelo que este capítulo aborda as Continua Design Guidelines (CDG) (Continua Design Guidelines, 2018), uma *framework* aberta e flexível para uma interoperabilidade ponto-a-ponto.

A CDG baseia-se em normas e especificações internacionais tais como *International Organization for Standardization/ Institute of Electrical and Electronics Engineer* (ISO/IEEE), Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC), HL7, *Universal Serial Bus* (USB) e *Bluetooth*. A *International Telecommunication Union* (ITU), classifica as CDG como sendo um padrão internacional para *Personal Health Systems* (PHS), estando disponíveis em seis línguas oficiais das Nações Unidas (Personal Connected Health Alliance, 2017b).

Com os desenvolvimentos que a indústria da saúde obteve e aos quais houve uma adaptação ao longo do tempo, a relevância das CDGs começou a surgir em diversos trabalhos realizados por alguns autores, como é o caso de Urbauer et al. (2015), que tem como principal objetivo tanto a integração de IHE e CDG em *Personal Health Records* (PHR) e ainda o trabalho efetuado por Y.-F. Lee (2016) cuja ideia foi propor um monitor de glucose que segue tanto o padrão Bluetooth como as CDG. Existe ainda o exemplo particular da Dinamarca, onde para

além dos EHR, está em desenvolvimento um plano nacional de telemedicina, em que a arquitetura para incluir os dispositivos de saúde pessoal (PHD) cumprem as CDG (Handford, 2012).

As CDG especificam uma *framework* em tecnologias da informação e comunicação (TIC) para soluções de *personal connected health*, tendo por base normas de livre acesso reconhecidas, para que exista uma troca de dados de saúde interoperável e segura. As CDG definem um conjunto de interfaces de forma que haja um fluxo seguro de informações médicas ente sensores, *gateways* e serviços, focados para atingir a interoperabilidade adicionando recursos que sejam necessários e que não se encontrem definidos nestes padrões ou especificações. A interoperabilidade é alcançada através da conformidade entre dispositivos com *gateways* e serviços (Personal Connected Health Alliance, 2017a).

- De forma a atingir, a interoperabilidade, a arquitetura das Continua prevê a utilização de três interfaces, como é possível ver na (Figura 2.3), sendo eles (Personal Connected Health Alliance, 2019).
- Dispositivos de Saúde Pessoal (PHD) – interface entre um PHD e um Personal Health Gateway (PHG).
- Interface de Serviços – interface entre PHG e os Serviços de Saúde e Fitness (HFS)
- Serviço de Informação Hospital (HIS) – Interface entre um HFS e um HIS.

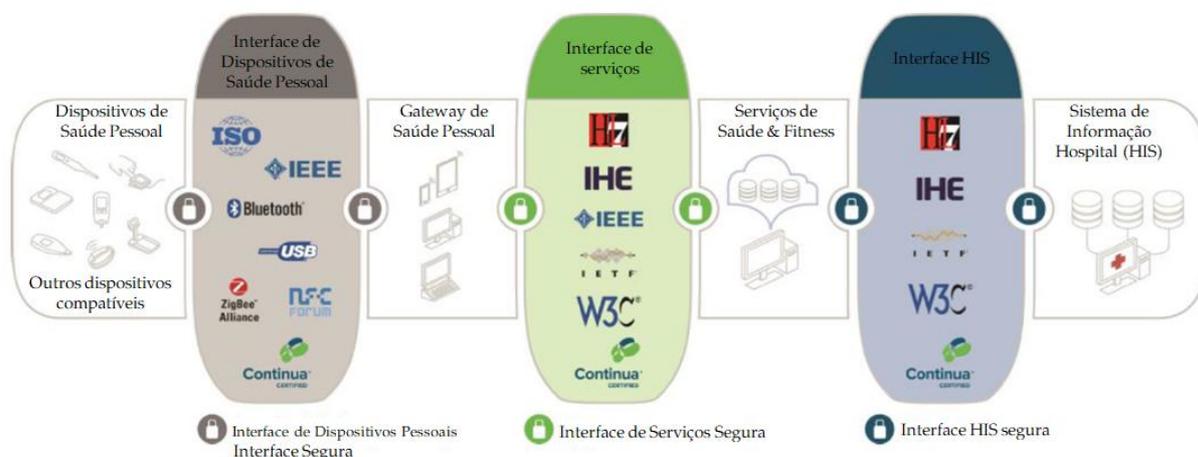


Figura 2.3 - Arquitetura das Continua Design Guidelines adaptado de (Baskaya et al., 2019)

### 2.1.2.1 Interface de Dispositivos de Saúde Pessoal

Relativamente a esta interface, esta caracteriza-se em primeiro lugar por ter duas famílias de normas que são responsáveis pelas especificações do formato dos dados e também da troca dos mesmos entre os sensores e a *gateways*, que são eles o IEEE 11073 PHD e a *Bluetooth Low Energy Generic Attribute (GATT)* (International Telecommunication Union, 2017). Houve uma colaboração entre a PCHAlliance e o IEEE para o desenvolvimento do IEEE 11073 PHD que é uma família de normas que se destina essencialmente a abordar a interoperabilidade entre PHD, com especial ênfase para o uso pessoal e uma maneira mais simples de

comunicação. O IEEE 11073 PHD permite saber o que foi medido, onde e como, dando a garantia que essas informações críticas não são perdidas aquando do seu transporte do sensor para a *gateway* e por fim para o EHR (Continua Design Guidelines, 2018).

### 2.1.2.2 Interface de Serviços

Este tem por base o padrão de *Integrating the Healthcare Enterprise Patient Care Device* (IHE PCD-01) e nas especificações do HL7 FHIR para a troca de dados entre o PHG e o HFS (International Telecommunication Union, 2017). No que respeita a Interface de Serviços permite o upload do que é observado pelos dispositivos, troca de questionários e respostas, gestão da permissão de dados, troca de recursos e permanência de autenticação em sessões numa *wide area network* (WAN). As CDG asseguram a interoperabilidade restringindo-se as especificações IHE e às normas HL7, fornecendo orientações aquando da sua implementação, bem como *interface certification*. Esta interface é definida em termos de payload, uma *framework* que permite a troca de mensagens e segurança.

### 2.1.2.3 Interface de Sistemas de Informação de Saúde

Por fim, a última interface assenta na norma HL7 *Personal Healthcare Monitoring Report* (PHMR) para troca de informações entre o HFS e um *Healthcare Information Service Provider*, tal como um RES (International Telecommunication Union, 2017). A interface HIS proporciona a troca de RES pela utilização do PHMR baseado em HL7. O PHMR é definido pelo HL7 para transportar informações onde seja necessária monitorização da saúde pessoal para sistemas RES, onde se incluem a representação das medições efetuadas por PHD. Esta norma é utilizada pelas CDG para comunicação de dados que advém das informações geradas pelos *personal healthcare monitoring devices* enviadas através de uma ou mais mensagens PCD-01 (Continua Design Guidelines, 2018).

## 2.2 FHIR

Irá ser discutido agora mais em detalhe o FHIR. Como a norma está bastante focada em recursos, estes irão ser alvo de um estudo pormenorizado ao longo deste capítulo.

Apenas a título de destaque, durante o decorrer desta tese a versão do FHIR que vai ser alvo de estudo é a quarta versão, todas as explicações irão estar correlacionadas a esta versão.

A organização responsável pelo desenvolvimento do FHIR surgiu em 1987, mas o protocolo HL7 remonta ao ano de 1970, tendo a sua primeira publicação sido feita pela Universidade da Califórnia em São Francisco (UCSF) Desta forma, as primeiras versões do HL7 são frequentemente chamadas como melhorias implementadas pela *UCSF* (Shaver, 2007).

Um dos problemas encontrados na altura é que os sistemas que davam suporte quer a clinicas, hospitais e tudo o que envolve stock ao nível médico, continham a sua própria base

de dados, ou seja, só existia troca de dados entre a mesma base de dados, o que acabava por criar problemas para os hospitais, quer ao nível de registos, reporte de resultados, entre outro tipo de funcionalidades (Donaldson & Lohr, 1994).

Com o surgimento de uma norma ao nível dos cuidados de saúde, foi então necessário definir quais os potenciais interessados no desenvolvimento deste tipo de sistema. Emergiram assim, diferentes grupos de utilizadores, que tiveram influência em como a norma foi desenvolvida e utilizada. Estes três grupos de interesses são descritos como sendo (Shaver, 2007):

- Responsáveis por interligação de sistemas clínicos – este grupo é responsável por transferir informações clínicas entre aplicações ou prestadores de cuidados de saúde.
- Governo ou outras entidades politicamente homogéneas – procuram a partilha de dados entre diferentes entidades. Geralmente, neste grupo procura-se a transferência de dados para novas áreas, que ainda não estejam a ser cobertas por sistemas ditos interoperáveis.
- *Medical Informatists* – trabalham no campo da informática ao nível da saúde. Este grupo interessa-se por entender o conhecimento clínico e adotar ou criar uma ontologia - estrutura hierárquica de conhecimento em saúde, isto é, particular interesse na representação geral, interoperabilidade semântica e no modelo de ações de todos os envolvidos nos cuidados de saúde.

Na sua primeira versão o principal foco do HL7, era essencialmente troca de informação sobre admissões, altas e transferências entre hospitais. Em 1988, com o lançamento da segunda versão do HL7 foi possível alargar este leque que incluiu uma extensão para adicionar mensagens em que é possível a troca de pedidos e relatórios para testes e tratamentos, com base na *American Society of Testing and Material* (ASTM). Nesta versão, continuava a ser importante a troca de dados e neste caso as mensagens enviadas como resposta a *trigger events*, continham aquilo a que se denomina de segmentos. Os segmentos abrangem um conjunto de campos, baseadas numa tabela abstrata de sintaxe de mensagens. (Benson & Grieve, 2016).

As mensagens em HL7 v2 têm um tipo de mensagem concreto, isto é, baseia-se numa tabela específica de sintaxe de mensagens, que contém dados para um modelo em específico (Benson & Grieve, 2016). De acordo com (Benson & Grieve, 2016), o maior sucesso do HL7 v2 ficou a dever-se em grande parte a sua flexibilidade e posto isto, o sucesso introduzido por esta versão fez com que esta nunca deixasse de entrar em desuso, encontrando-se como sendo o formato para troca de informação mais amplamente utilizado ao nível dos cuidados de saúde. Pegando nisto e de forma a possibilitar avanços e conseqüentemente o desenvolvimento promissor do FHIR, o HL7 disponibilizou tabelas de mapeamento para diferentes standards, onde se inclui a esta versão para FHIR como se pode ver na (**Tabela 2.1**), ilustram-se os mais utilizados.

**Tabela 2.1** - Tabela de Mapeamento do HL7 v2 para FHIR no que respeita aos recursos do paciente (HL7, 2019)

Campos do Recurso	Código HL7 V2	Campos Obrigatório/Opcionais
Identificador do Paciente	PID-3	Obrigatório (R)
Nome do Paciente	PID-5,PID-9	Obrigatório (R) para PID-5, Opcional (O) para PID-9
Telecom	PID-13,PID-14,PID-10	Opcional (O)
Género	PID-8	Opcional (O)
Data de Nascimento	PID-7	Opcional (O)
Data de Falecimento	PID-30 (Booleano) e PID-29 (Data e Hora)	Opcional (O)
Morada de Residência	PID-11	Opcional (O)
Estado Civil	PID-16	Opcional (O)

Nesta tabela, aparece a referência a códigos usados que contêm informações pessoais sobre os pacientes, designado por *Patient Identification Details* (PID) que é utilizado por todas as aplicações como meio de comunicação das informações de identificação do paciente (HL7, 2003). Os subcampos neste segmento vão desde o PID1 até ao PID39, sendo apenas dois deles obrigatórios (PID3 e o PID5).

Apesar de todo o sucesso envolvendo esta versão, não deixou de ter pequenas falhas que são enunciadas por (Bender & Sartipi, 2013), aquando ao nível da escalabilidade e também a falta de um modelo de informação que suportasse uma configuração quer ao nível da estrutura quer ao nível da semântica das mensagens. Sendo assim, começou-se a desenhar a terceira versão do HL7 de forma a abordar as deficiências da segunda versão. O *HL7 Development Framework* (HDF) desenvolveu todo o processo desta nova versão, adicionando-lhe um modelo de informação central denominado por *Reference Information Model* (RIM). (Bender & Sartipi, 2013). O RIM é uma parte essencial do desenvolvimento da metodologia inserida no *HL7 v3* acabando por fornecer uma representação explícita das conexões semânticas e léxicas que existe entre as informações que são transportadas nos campos das mensagens *HL7* (Benson & Grieve, 2016).

Foi nesta versão que o termo de *Clinical Document Architecture* (CDA) foi introduzido pela primeira vez, sendo que esta é uma norma baseada em *Extensible Markup Language* (XML), que se destina a especificar quer a codificação, estrutura e semântica dos documentos clínicos utilizados para troca entre prestadores de saúde.

As melhorias introduzidas por esta nova versão, acabaram-se por verificar apenas ao nível da semântica, porque devido a sua sintaxe complexa esta acabou por não vingar como era pretendido. Além do mais, a sua implementação complexa foi outro dos motivos que originou a sua pouca utilização, havendo ainda outro problema, o facto que as duas últimas versões não eram interoperáveis entre si, o que requeria o uso de software sofisticado para tradução das informações (Bender & Sartipi, 2013).

Isto levou o HL7 a procurar um novo modelo utilizando recursos. Assim, os recursos são o ponto fulcral para a implementação do FHIR, tal como este se encontra desenhado neste momento (HL7.org, 2015b).

O FHIR define um conjunto de recursos que representam conceitos clínicos. Este conjunto de recursos podem ser codificados e gerados de forma isolada ou agregados a estruturas complexas e documentos que podem ser arquivados e consultados como e quando for necessário (Walinjkar, 2018).

Uma vez que o FHIR foi projetado para a web, os recursos são em estruturas XML ou *Java Script Object Notation* (JSON), com um protocolo RESTful baseado em *http* em que cada recurso é identificado por um *Uniform Resource Locator* (URL) (Walinjkar, 2018).

### 2.2.1 Constituição de um Recursos FHIR

Os recursos são representações de entidades e conceitos que frequentemente aparecem na área da saúde. Na (Figura 2.4) representa-se como é constituído um recurso FHIR (Simplifier.net, 2018b).



**Figura 2.4** - Componentes de um recurso FHIR adaptado de (SmartConData GmbH, 2018)

Pode-se dizer que um recurso FHIR é internamente constituído e dividido em diferentes partes:

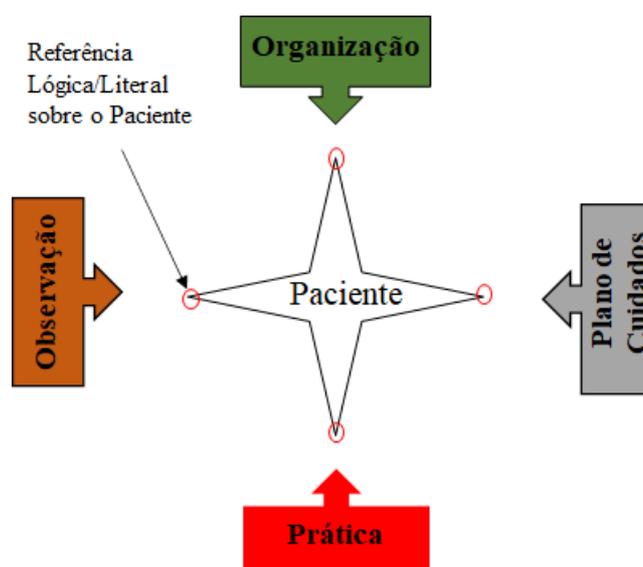
- **Metadados** – Metadados normalmente fornece informação sobre o conteúdo de um recurso (Simplifier.net, 2018b). No FHIR, os metadados contem a identidade sobre a forma de URL de um recurso e quanto este foi atualizado pela última vez.
- **Narrativa** – tem como objetivo fazer a descrição de um recurso de modo que este seja *human-readable*. É visto como um nível básico de interoperabilidade, uma

vez que a representação de um recurso também deve ser interpretada por uma pessoa (SmartConData GmbH, 2018).

- **Elementos e Extensões** – Propriedades e atributos de um determinado recurso. Tanto neste campo, como nas extensões, todas as informações necessárias são descritas nestas secções do recurso (SmartConData GmbH, 2018).
- **Tipos de Dados** – cada elemento tem um específico tipo de dados (Simplifier.net, 2018b).

Um recurso FHIR por si só, pode não ser suficiente para representar os dados necessários para um determinado caso. Sendo assim, o FHIR oferece a possibilidade de construir pacotes de recursos, ligados através de referências literais ou lógicas. Após a criação de um recurso, o identificador lógico do paciente é retornado sobre a forma de um *Uniform Resource Identifier* (URI).

Um recurso deve ser obtido por este URI, tal como é ilustrado na **Figura 2.5**:



**Figura 2.5** - Ligação dos recursos FHIR com Identificadores adaptado de (SmartConData GmbH, 2018)

Através da (**Figura 2.5**), verifica-se que faz sentido analisar vários recursos no seu contexto geral. A título de exemplo, demonstra-se que num historial de um paciente, além de conter informações acerca do mesmo, existe ainda sobre o plano de cuidados elaborado, médicos que já tenham visto o paciente, entre outras informações.

Com isto, o FHIR oferece-nos a capacidade de interligação de recursos através de identificadores lógicos, mas estes não precisam de estar num servidor FHIR comum, mas podem se consultados em qualquer parte.

Quando um recurso é criado, este não se encontra pronto a ser utilizado nos diversos ambientes, tendo que ser testados e alvo de melhorias conforme as variedades de utilizações e configurações, sendo nesta alavanca que surge o modelo de maturidade FHIR. Este

estabelece um conjunto de níveis que medem progressivamente os avanços que têm ocorrido, frequentemente conhecidos como maturidade. O nível FMM pode ser utilizado pelos produtores para avaliar o quão avançado e portanto estável é o recurso criado. São definidos os seguintes níveis de FMM (HL7.org, 2015a)(HL7.org, 2019n):

- **Draft (nível 0)** – o recurso está numa fase embrionária mas já foi aceite pela norma FHIR.
- **FMM (nível 1)** – o recurso não apresenta nenhum erro técnico e o grupo responsável pela implementação, considera-o substancialmente completo e pronto para implementação.
- **FMM (nível 2)** – o recurso foi testado e com sucesso suporta interoperabilidade entre múltiplos sistemas informáticos.
- **FMM (nível 3)** – o recurso foi verificado pelo grupo de trabalho, onde se verifica que cumpre as Diretrizes de Qualidade de Recursos de Conformidade.
- **FMM (nível 4)** – o recurso foi testado para as funcionalidades para todos os fins previstos e encontra-se implementado em múltiplos protótipos de projetos.
- **FMM (nível 5)** – o recurso está a ser utilizado em pelo menos cinco sistemas de produção distintos que operam pelo menos em dois países.
- **Normativo** – o recurso considera-se estável.

## 2.2.2 Interoperabilidade FHIR

Como já apresentado no esquema da (Figura 2.1), o FHIR encontra-se dividido em cinco camadas diferentes de interoperabilidade, contudo as mesmas não são representadas com a mesma nomenclatura, como se demonstra na (Figura 2.6).

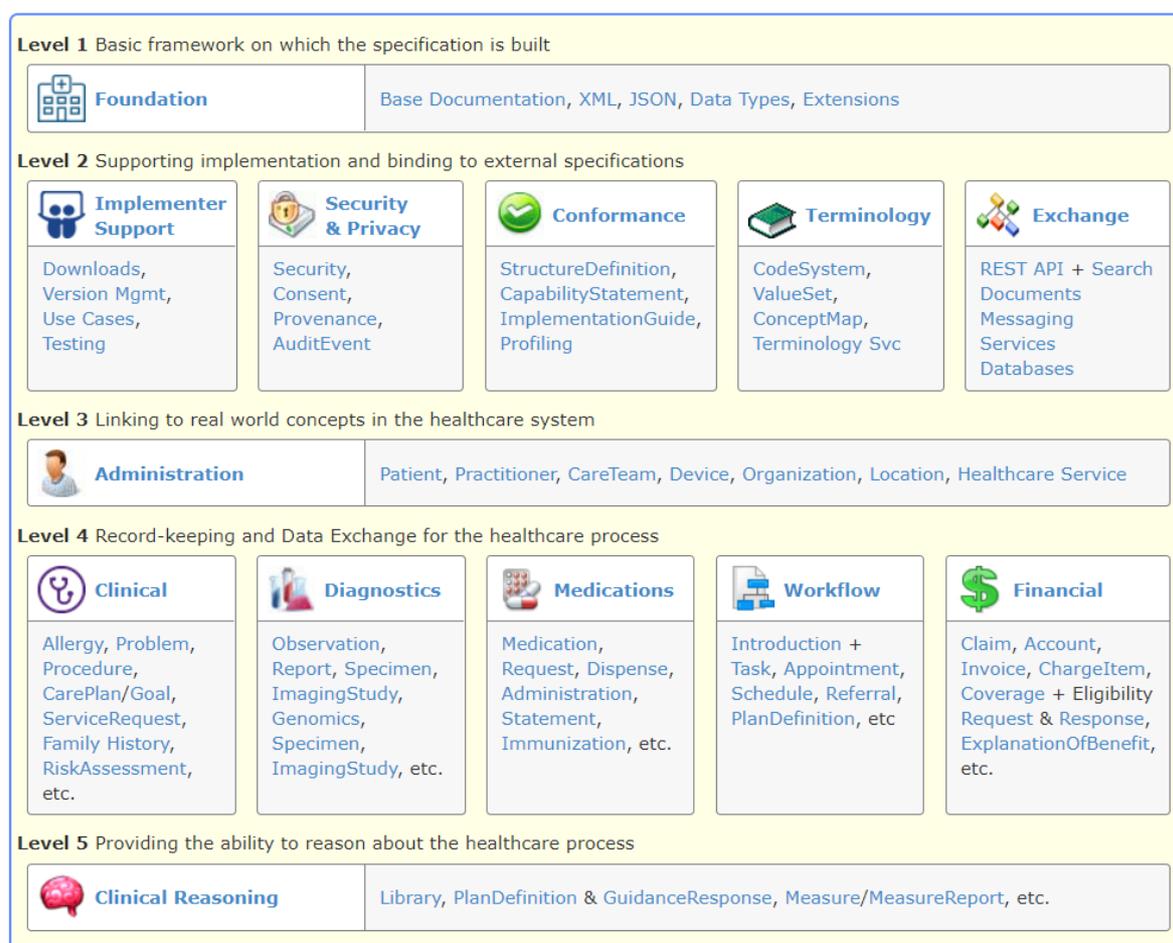


Figura 2.6 - Camadas de Interoperabilidade do FHIR (HL7.org, 2015)

Fazendo a correspondência entre os referidos níveis do FHIR e os níveis de interoperabilidade, apresenta-se agora as cinco camadas de interoperabilidade do *FHIR*, começando no primeiro nível, como é demonstrado na (Figura 2.6).

Aqui está representada a interoperabilidade técnica, fornecendo a conectividade necessária entre os diferentes sistemas. No FHIR, o “*Foundation Module*” é responsável pelo funcionamento de toda a infraestrutura do FHIR (HL7.org, 2019g).

Existem diferentes técnicas que podem ser usadas para troca de informação ao nível técnico. O FHIR especifica quatro tecnologias sendo elas:

- **RESTful API** – Em larga escala, muitas das implementações para o FHIR são feitas utilizando o RESTful API, como método de conectividade. De acordo com

a especificação FHIR, este segue as CRUD-operations (Create-Read-Update-Delete) (HL7.org, 2019k).

- **Envio de Mensagens** – Referido anteriormente, o envio de mensagens pode assim ser implementado através do RESTful API. No FHIR, o pedido de uma mensagem é enviado de uma *source application* para uma *destination application* quando ocorre uma situação. Neste caso, a norma FHIR refere-se a situações clínicas. O envio de mensagens é composto por um *MessageHeader* que nos indica o tipo de situação, bem como na sua resposta dá uma possível solução para a situação ocorrida (HL7.org, 2019h).
- **Documentos** - Com os recursos introduzidos pelo FHIR podem-se construir documentos que contem informação clínica, isto é, a este nível são documentos que contem informação sobre cuidados a serem prestados ao paciente, bem como outro tipo de informações não clínica, neste caso de guias de boas práticas, folhetos informativos, que complementam e ajudam a informar melhor sobre os cuidados a serem prestados (HL7.org, 2019e).
- **Serviços/SOA** - De certa maneira, todas as alternativas mencionadas anteriormente, podem ser consideradas “serviços”. A arquitetura orientada a serviços (SOA) é essencialmente uma coleção de serviços, em que estes comunicam entre si (Papazoglou & Van Den Heuvel, 2007). Os serviços comunicam através da invocação de interfaces publicas e da troca de informações (seja como parâmetro ou output) de acordo com o que foi estabelecido aquando do início do serviço. Denotar ainda que uma implementação de serviços orientados referente ao FHIR, possui duas funções distintas: *payload parameter* – onde é feita a especificação de informações que entram ou saem de um serviço e ainda *behaviorial sense* – utilizando APIs FHIR, como mecanismo de invocação para se chamar um serviço. Neste caso as APIs de serviço são normalmente interfaces baseadas em RESTful ou Simple Object Access Protocol (SOAP) (HL7.org, 2019m).

A interoperabilidade sintática que corresponde ao segundo nível do esquema da (Figura 2.6), o FHIR utiliza a *comformance statement*. Nesta camada sintática, estão representadas as informações sobre os tipos de dados e recursos utilizados. A camada de conformidade é implementada utilizando os seguintes recursos chave (Simplifier.net, 2018b):

- **ValueSet** – este tipo de recurso especifica um conjunto de códigos, desenvolvidos através de um ou mais sistemas de códigos, que se pretende usar num determinado contexto (Simplifier.net, 2018b).
- **StructureDefinition** – Estabelece regras sobre como um recurso e os seus elementos de dados são usados num determinado contexto, onde se inclui a definição de como as extensões são usadas. A *StructureDefinition* faz referência a

conjunto de valores para os elementos codificados num recurso.(Simplifier.net, 2018b).

- **CapabilityStatement** – aqui é descrito todo o tipo de recurso e operações que podem ser fornecidas e utilizadas por uma aplicação. A *CapabilityStatement* faz referência a perfis para descrever o uso específico de recursos pela aplicação (Simplifier.net, 2018b).
- **ImplementationGuide** – Uma coleção única e coerente de *CapabilityStatement*, *profiles*, extensões, conjunto de valores e documentação que descreve um conjunto de aplicações interoperáveis (Simplifier.net, 2018b).

Esta camada possui dois tipos diferentes de declarações. Por um lado, o “*ImplementationGuide*” – onde são discutidos um conjunto de regras sobre como um problema específico de interoperabilidade ou de padrões é resolvido e ainda o *CapabilityStatement* onde são documentados um conjunto de capacidades que o servidor FHIR suporta (HL7.org, 2019c)

De acordo com a *FHIR-Specification*, o servidor deve retornar o *resource conformance* quando é feito um pedido específico para o caso, mostrado pelo seguinte URL, na (Figura 2.7):

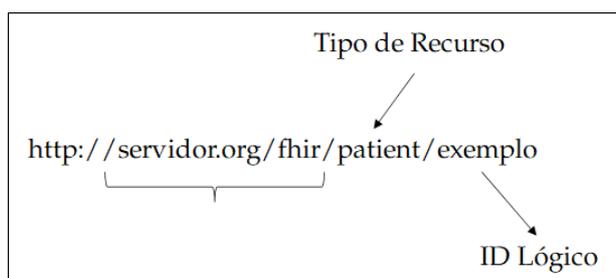
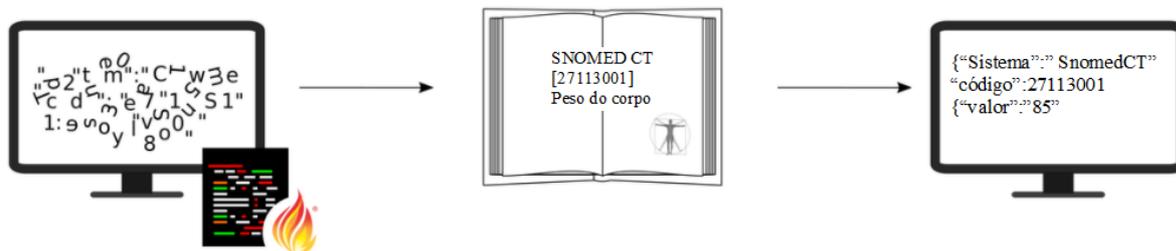


Figura 2.7 - Exemplo da chamada de um *resource conformance* adaptado de (Simplifier.net, 2018)

O terceiro nível da interoperabilidade do esquema da (Figura 2.6), corresponde à interoperabilidade organizacional, que permite que sejam relacionados conceitos do mundo real com os sistemas de saúde.

Outra das partes importantes do FHIR é a interoperabilidade semântica, que corresponde ao quarto nível da (Figura 2.6) este desempenha um papel fundamental dado que é através da semântica que existe uma compreensão dos recursos trocados, isto é, assegura-se que o recetor interpreta corretamente aquilo que lhe foi transmitido (Macia, 2014).

De facto, para não dar aso a ambiguidades, o FHIR permite a opção de integração de terminologia externa normalizada, como é o caso do SNOMED CT, tal como se vê na (Figura 2.8) (Lackerbauer et al., 2018) . Isso ajuda a que todos os envolvidos na comunicação identifiquem, interpretem e processem o conteúdo enviado como foi originalmente enviado. Mais informação acerca de vocabulários que podem ser usados com FHIR como forma de aumentar a interoperabilidade semântica podem ser consultados no capítulo 2.3.

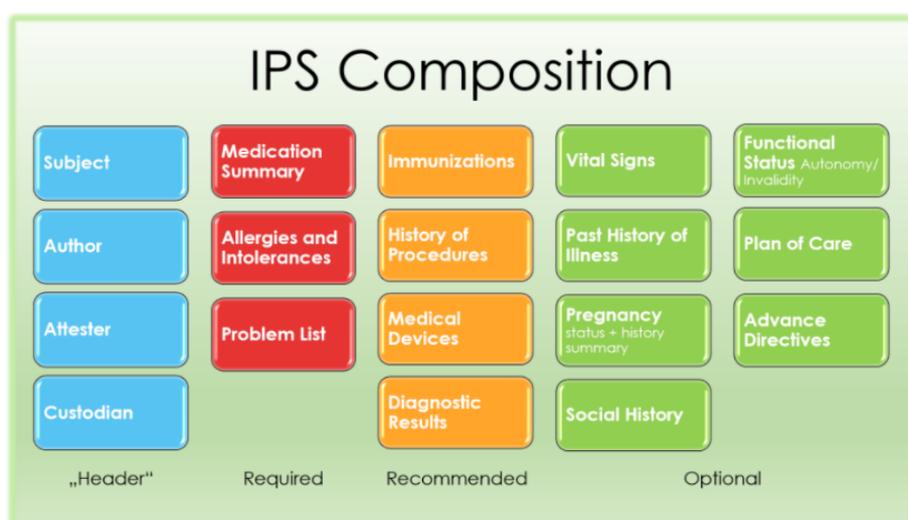


**Figura 2.8** - Utilizando de sistemas de codificação internacional juntamente com o FHIR adaptado de (SmartCon-Data GmbH, 2018)

Por fim, o último nível de interoperabilidade apresentado como o nível cinco do esquema da (Figura 2.6), a interoperabilidade pragmática. Este tipo de interoperabilidade refere-se à utilização eficiente dos serviços disponibilizados pelo sistema, ou seja, existe requisitos e funcionalidades que devem ser normalizadas e que quando completamente definidos pelos órgãos de regulamentação. Além disso, descreve como as linguagens de expressão podem ser utilizadas em toda a especificação para fornecer capacidades dinâmicas.

### 2.2.3 International Patient Summary

O *International Patient Summary* (IPS) é um conjunto de perfis FHIR onde é apresentada uma parte do registo de saúde digital que contém informações essenciais sobre cuidados de saúde a serem utilizados em situações não programadas (Simplifier.net, 2021). O IPS pretende representar um pequeno sumário do paciente apresentado de forma não exaustiva, independente da especialidade ou condição, que é facilmente interpretada por todos os médicos em situações inesperadas de saúde a serem prestados ao nível internacional (HL7.org, 2021).



**Figura 2.9** - Composição do IPS (HL7.org, 2021a)

De acordo com o *seu Implementation Guide*<sup>1</sup> (IG), o IPS é composto por três subsecções: a vermelho uma secção chamada obrigatória, a amarelo a secção recomendada, e a última a verde que são as opcionais, apresentada na (**Figura 2.9**).

Na primeira coluna a azul, “**Header**”, descrevem-se um conjunto de informações sobre o paciente, como de quem o atendeu, tal como acontece quando nos deslocamos ao hospital.

Nomeadamente em relação á secção da composição obrigatória do IPS, verifica-se que a mesma se divide em três perfis com recursos a mapear um conjunto de informações distintas, nas quais(HL7.org, 2021):

- **Resumo da Medicação** – É definido com base no recurso *Medication Statement* para representar o historial de medição tomada pelo paciente, onde são apresentadas as restrições aplicadas neste mesmo recurso.
- **Alergias e Intolerâncias** – São descritas as alergias e intolerâncias do paciente, descrevendo o tipo de reação e qual o agente causador da alergia, através do recurso *AllergyIntolerance* onde são colocadas as restrições para o recurso desenvolvido.
- **Lista de Problemas** – Através do recurso *Condition* com restrições aplicadas ao mesmo onde se apresentam os problemas ou condições clínicas que têm sido monitorizadas ao paciente.

Na mesma linha do anterior, são apresentados perfis que por detrás contêm recursos para representação da informação relativa a secção recomendada, onde se encontra:

- **Vacinação** – Apresenta-se aqui todo o historial de vacinação de um determinado paciente representado através do recurso *Immunization* onde são colocadas restrições ao mesmo.
- **Histórico de operações** – Descrição dos procedimentos anteriores realizados pelo paciente que se revelem pertinentes com base no recurso *Procedure*, contendo restrições apenas para apresentação da informação pretendida.
- **Dispositivos Médicos** – Historial do paciente referente a utilização de dispositivos médicos através do recurso *Device*, onde através de restrições se mostra os dispositivos utilizados pelo paciente.
- **Resultados de Diagnóstico** – o recurso *DiagnosticReport* efetua a representação de resultados de exames ou outros exames de diagnóstico que tenham sido efetuados, restringindo para mostrar apenas o que é necessário.

Por fim, poderemos ainda ter uma secção que apresenta um conjunto de informações também através de perfis, que podem ou não ser incluídos para além das duas colunas anteriores, destacando:

---

<sup>1</sup> Para mais informações, consultar: <https://www.hl7.org/fhir/implementationguide.html>

- **Histórico de doenças** – o recurso *Observation Results* efetua a representação de diferentes tipos de resultados e variadas observações que tenham sido efetuadas ao paciente, nas diversas deslocações que o mesmo já tenha efetuado. É o perfil base através do qual todos os resultados obtidos derivam.
- **Gravidez** – aqui podem ser utilizados três recursos diferentes com objetivos distintos: um para se saber o estado da gravidez através do recurso *Observation (Pregancy: Status)*, o *Observation (Pregancy: Outcome)* para se saber o historial de gravidez e ainda o *Observation (Pregancy: EDD)* onde é descrita qual a data expectável de nascimento do bebé.

## 2.3 Vocabulários na área da Saúde

Relativamente a problemática da semântica, esta começou a ganhar um maior peso quando se começou a trabalhar ao nível da agregação da informação, isto é, representação semântica das fontes de informação de forma a que sejam integradas num modelo de dados comum (Bergamaschi et al., 2001), que em muito se deve ao exponencial progresso das TIC que possibilitou o acesso a uma grande quantidade de dados (Giunchiglia & Shvaiko, 2003). Mais concretamente, os vocabulários e as classificações semânticas têm especial relevância ao nível do HL7, como explicado anteriormente.

Neste subcapítulo, abordamos em especial a classificação semântica, que é vista como uma forma complexa de interoperabilidade, pois requer normas para que tanto o recetor como o emissor se entendam na troca de mensagens.

Antes de se iniciar o desenvolvimento da proposta ao qual esta dissertação se propõe responder, é necessário abordar como se pode identificar cada um dos elementos que compõe os recursos que se pretende mapear e é aqui que surge a importância dos vocabulários. Esta utilização permite que se elimine ambiguidades na interpretação do que é enviado e recebido pelos sistemas de informação.

Nomeadamente terá enfoque no HL7 FHIR que é a norma abordada nesta dissertação que incorpora estas terminologias por vias de recursos e tipos de dados definidos especificamente para esse fim.

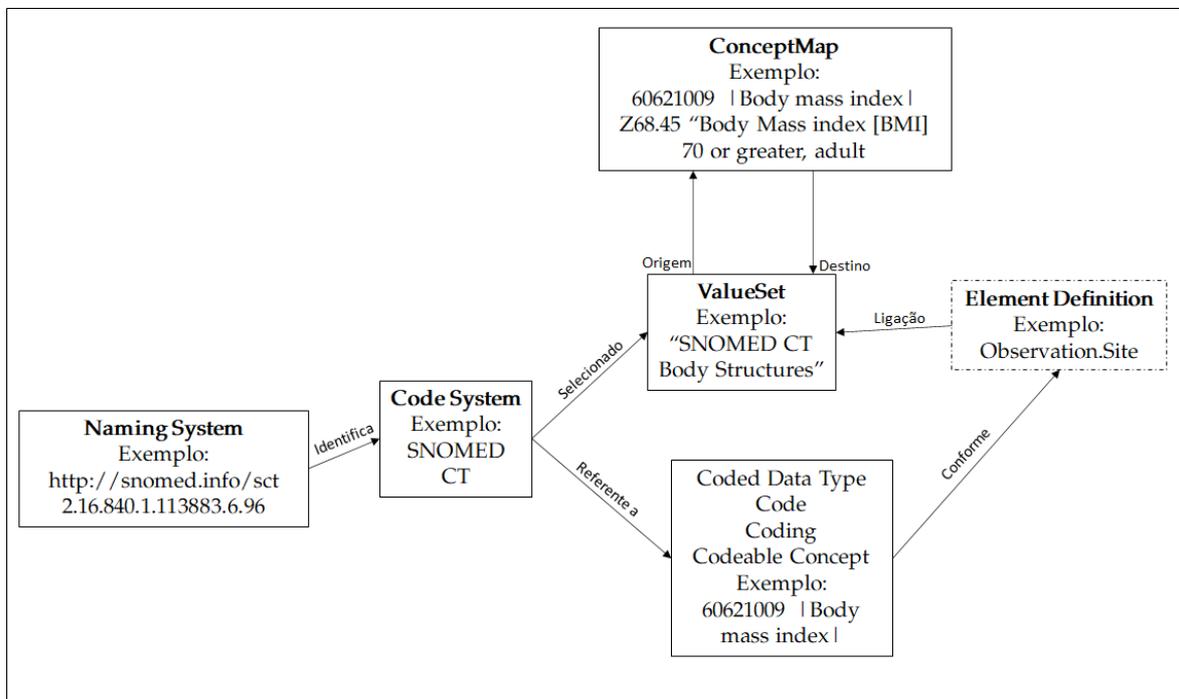


Figura 2.10 - Esquema de Vocabulários adaptado de (HL7.org, 2019)

Na (Figura 2.10), apresenta-se como na prática toda esta relação está definida. Em primeiro lugar o *NamingSystem* permite a identificação do sistema a usar, bem como o código de identificação do sistema, passando esta identificação ao *CodeSystem*, onde este fará a definição de quais códigos existem e de que forma podem ser compreendidos. Em segundo lugar temos o *ConceptMap* que permite o mapeamento de um conjunto de conceitos de determinado sistema de código para um ou mais conceitos definidos noutro sistema de código. O alvo principal nesta figura é o *CodeSystem* dado que é para lá que tudo aponta.

- O *ElementDefinition* faz como o nome indica a definição de um elemento num recurso ou numa extensão e é partir daqui que os outros dois elementos da figura se interligam, visto que no *ElementDefinition* estará definido o tipo de codificação a aplicar ao tipo de elemento, ou seja, dependendo do tipo de elemento que se pretenda definir, pode ser codificada de três formas diferentes: *Code*, *Coding* e *CodeableConcept*.
- *ValueSet* contém todos os códigos que se podem usar neste elemento relativo ao sistema de código em questão, seleccionando-o. A relação que existe entre o *ElementDefinition* e os *valueset* é de intrínseca ligação, isto porque através da *binding strength* se define o grau de flexibilidade dos mesmos, como se vê na (Tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Tipos de Binding Strength existentes (HL7.org, 2019a)

<i>Binding Strength</i>	<b>Significado</b>
<b>Obrigatória</b>	Para estar em conformidade, o conceito neste elemento deve ser do valueset especificado.
<b>Extensível</b>	Para estar em conformidade, o conceito neste elemento deve ser do valueset especificado, mas só se houver algum tipo de código dentro dos valueset que possa ser aplicado ao conceito. Se o valor definido não cobrir o conceito podem ser incluídas codificações alternativas.
<b>Preferencial</b>	Aqui pretende-se incentivar a utilização de códigos que permita interoperabilidade, mas não existe a obrigação de o fazer para estarem em conformidade.
<b>Exemplo</b>	Não é esperado que haja um valueset específico. O valueset irá apenas fornecer exemplos dos tipos de conceitos que podem ser incluídos.

Devido a complexidade da medicina e da complexidade resultante das terminologias clínicas (Braunstein, 2018), foram desenvolvidas terminologias ou vocabulários de forma a representar certos termos clínicos para que possam ser utilizados posteriormente no FHIR. Os apresentados aqui são o SNOMED e o *Logical Observation Identifiers Names and Codes* (LOINC) e RxNorm (Oliver Bodenreider et al., 2018), como os mais amplamente usados. Estas terminologias aliadas a um bom uso de sistemas de informação, podem melhorar a qualidade dos sistemas de saúde.

### 2.3.1 SNOMED

Lançado em 2003, como incentivo ao uso de EHRs e normas de codificação clínica, o SNOMED CT foi desenvolvido com o propósito para integração total das informações de saúde entre médicos e instituições, assim como sistemas informáticos e dado que estas informações são armazenadas e os dados retirados são codificados, podendo ser usados para dar uma maior segurança ao paciente, bem como suporte de decisão clínica. Estas terminologias são conjuntos de conceitos, em que cada conceito é designado por um identificador único e descrito por termos e relações (Elkin et al., 2006) .

Além da representação clínica destes termos, surgiu também o *Systematized Nomenclature of Medicine Reference Terminology* (SNOMED RT), desenvolvida pelo colégio americano de patologistas ao longo dos últimos 35 anos. Esta terminologia contém mais de 120.000 conceitos de saúde inter-relacionados, que são apoiados por sinónimos e definições semânticas. O SNOMED RT foi projetado para servir como uma terminologia de referência comum para a

agregação e recuperação de dados de saúde registados por várias organizações e indivíduos (Stearns et al., 2001).

A definição dada pela HIMSS referente ao SNOMED CT é que esta permite a representação consistente e de modo que seja processada em termos de conteúdo clínico de EHRs. Os termos utilizados por esta terminologia representam geralmente respostas a códigos LOINC (HIMSS, 2021).

O SNOMED CT é constituído por quatro componentes principais, sendo eles (IHTSDO, 2012):

- **Concept Codes** – códigos numéricos que identificam termos clínicos, primitivos ou definidos, que estão organizados em hierarquias.
- **Descrição** – descrição textual dos *Concept Codes*.
- **Relações** – relações entre os *concept codes*, as quais têm um significado relacionado.
- **Conjuntos de Referência** – usado para agrupar conceitos ou descrições em conjuntos, onde se incluem conjuntos de referência e mapas cruzados de outras classificações e padrões.

Tomando como exemplo a componente da pressão arterial verifica-se que existem duas formas de representação ou em LOINC ou em SNOMED, na (Figura 2.11) está exemplificada como pode ser efetuado o mapeamento para este tipo de terminologia.

```
{
  "system":"http://snomed.info/sct",
  "code":"75367002",
  "display":"Blood Pressure
}
```

Figura 2.11 - Exemplo da representação através do SNOMED CT

Da mesma forma que já apresentado em termos da terminologia LOINC, o processo para este vocabulário clínico, centra-se fundamentalmente nas mesmas questões, mudando apenas qual o sistema a que se refere, isto é, em primeiro lugar verifica-se a definição do termo a utilizar se satisfaz a nossa condição e em caso afirmativo, irá se verificar propriedades que o termo contém se estão de acordo com o pretendido.

Outra das particulares que esta terminologia também apresenta é o facto de representar os conceitos da forma que for necessária. Neste caso, apresenta-se o exemplo relativo a pressão arterial, onde numa primeira alternativa este conceito pode ser definido como um conceito único, ou seja, pelo código que representa a pressão arterial. Numa segunda alternativa onde se pretende algo específico a medidas cardiovasculares no geral, denotar que esta alternativa

é menos específica que a pressão arterial. Se por outro lado, quer-se representar um conceito que seja mais específico que a pressão arterial (a título de exemplo: pressão arterial diastólica), nesse caso utiliza-se o código que representa o que é pretendido. Apresenta-se de seguida um exemplo que caracteriza isto mesmo, pelo que as outras relações que existem entre os conceitos derivam do próprio sistema de código, como se vê na (Figura 2.12), sendo a explicação igual para o exemplo da postura.

75367002	Blood pressure (observable entity)
310611001	Cardiovascular measure
271650006	Diastolic blood pressure

363855006	Posture (observable entity)
249858009	Poor posture
51093005	Body posture normal

Figura 2.12 - Exemplos de códigos SNOMED CT

Na (Figura 2.13), encontra-se o modelo lógico do SNOMED CT, onde são definidas de que forma cada tipo de componente e derivado do SNOMED CT se relaciona e é representado. Na figura abaixo também se encontram descritos também os tipos de componentes fundamentais do SNOMED CT, são eles: Conceitos, Descrições e Relações (SNOMED International, 2019).

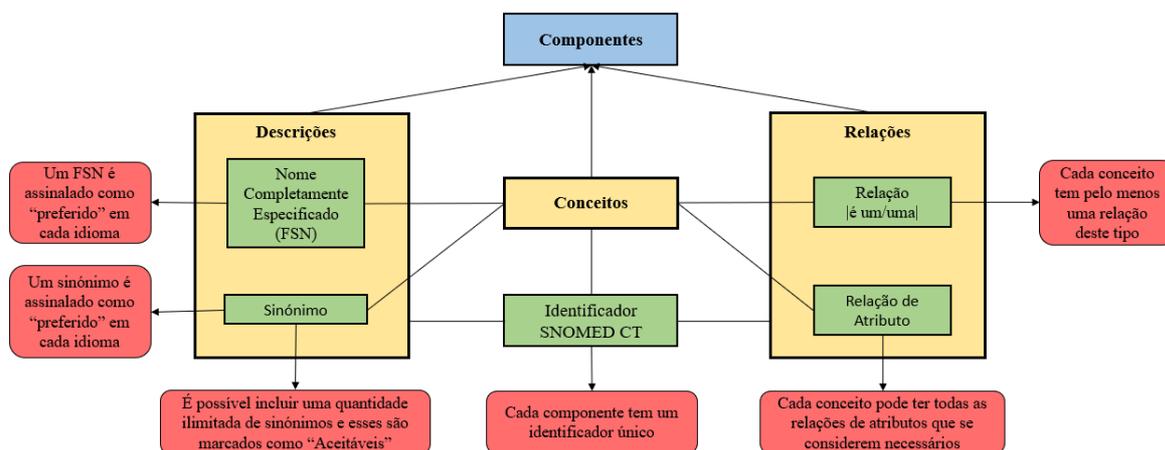


Figura 2.13 - Modelo Lógico do SNOMED CT adaptado de (SNOMED International, 2019)

Vamos agora ver em mais detalhe, os tipos de componentes fundamentais desta terminologia:

- **Conceitos** – Relativamente aos conceitos, estes representam um significado clínico único, cuja referência é utilizar um identificador SNOMED CT único, numérico e legível de forma eletrónica. Além disso, o identificador é uma referência única e inequívoca para cada conceito, não tendo qualquer significado humanamente interpretável. Ainda de referir que os identificadores de conceito têm um papel bastante importante como código, visto que é através dele que se pode representar o significado em registos, documentos, mensagens e dados clínicos.
- **Descrições** – No que toca a este tipo de componente, este apresenta-se como sendo um aglomerado de descrições textuais que são adjudicados a um conceito, de forma que os conceitos sejam perceptíveis pelos humanos, apresentando a globalidade das relações entre as descrições na (**Figura 2.13**).

O *Fully Specified Name* (FSN) apresenta-se como descrição única e inequívoca do significado de um conceito. Este não é utilizado para exibir registos clínicos, mas sim para clarificação aquando do significado distinto de cada conceito diferente. Isto é particularmente importante quando conceitos diferentes são referidos pela mesma palavra ou expressão de uso corrente. Mais ainda é dito que cada conceito só pode ter um FSN numa determinada língua ou dialeto.

Um sinónimo caracteriza um termo que é frequentemente utilizado para exibir ou seleccionar um conceito. Sendo assim, um conceito pode ter vários sinónimos, mas os termos relacionados a estes não têm de ser necessariamente únicos, visto que dois conceitos distintos podem ter o mesmo termo sinónimo e que desta forma, quem utiliza o SNOMED CT opte por empregar o termo que lhe é mais favorável para se referir a um significado clínico específico.

Assim sendo, a compreensão de um termo sinónimo, está assim dependente do identificador do conceito.

Contudo em relação aos conceitos, estes têm um sinónimo assinalado como **preferido**, numa determinada língua, dialeto ou contexto de uso, sendo que apenas um sinónimo pode ser marcado como **preferido** e se quisermos apresentar outros sinónimos válidos numa língua, dialeto ou contexto de uso, estes podem ser marcados como **aceitáveis**. O “termo preferido” é a palavra, expressão que é frequentemente usada pelos profissionais de saúde para se referirem a determinado conceito.

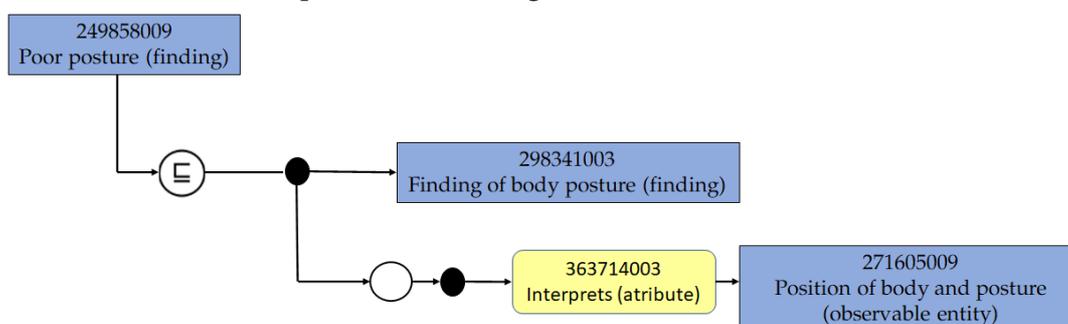
Relativamente ao exemplo da (**Tabela 2.3**) pode-se dizer o seguinte: o primeiro elemento da tabela corresponde ao FSN, isto é, a descrição inequívoca do conceito, o segundo elemento corresponde ao sinónimo "preferido", isto é a expressão de uso frequente por parte do corpo clínico, existindo ainda a possibilidade de um sinónimo ser "aceitável", que corresponde a

outra expressão menos frequente, mas que pode ser utilizada que é o observado no último elemento da tabela.

**Tabela 2.3** - Exemplo acerca dos sinónimos utilizados nos conceitos

Termo utilizado	Poor Posture
Fully Specified Name	Poor Posture (finding)
Sinónimo "Preferido"	Poor Posture
Sinónimo "Aceitável"	Bad Posture

- **Relações** – Quando estamos a falar de uma relação entre conceitos, estamos a referir-nos a uma associação entre os mesmos. Pode-se dizer que as relações são utilizadas de forma usual para apresentar de forma lógica o significado de um conceito para que este seja processado por um computador. Existe ainda um outro tipo de relação, a relação de atributo que serve para mostrar o significado entre o conceito de origem e o de destino, como a apresentada na (Figura 2.14).



**Figura 2.14** - Exemplo de relação de atributos adaptado de (SNOMED International, 2020)

Neste caso, verifica-se que o conceito identificado como *Poor Posture* possui uma relação direta com o conceito seguinte e esta relação denomina-se **|é um/uma|**, ou seja, uma má postura ligada diretamente com a postura corporal e como resultado pretende-se interpretar qual o posicionamento do corpo e da postura.

### 2.3.2 LOINC

Em 1994 e com o aumento do envio de informação clínica a nível digital por parte de diversos sistemas eletrónicos que já usavam normas para o envio de mensagens como o HL7 e ASTM, houve uma situação com a qual se depararam, é que dentro das mensagens enviadas por cada laboratório e clínica estas, usavam nomes locais, distintos e códigos para identificar a qual teste se referiam. Isto revelava-se problemático ao nível da troca de dados e agregação dos mesmos, visto que era necessária uma grande quantidade de recursos para mapear códigos entre cada sistema (Oliver Bodenreider et al., 2018). Foi então neste ano, para resolução deste mesmo problema que o *Regenstrief Institute*, uma organização sem fins lucrativos que

se dedicava a pesquisa médica associada a Universidade de Indiana, organizou o comitê LOINC para desenvolvimento de uma terminologia comum quer a laboratórios, quer a observações clínicas (LOINC, 2021b).

Nesta mesma altura ficou definida que a função principal do LOINC era fornecer identificadores e nomes para as observações feitas (McDonald et al., 2003).

Segundo a HIMSS, o LOINC é uma terminologia clínica que faz parte de um sistema de código universal utilizada para identificar medições de saúde, observações e documentos, sendo que os códigos utilizados representam uma “pergunta” relativa a um determinado teste ou medição. Afirma ainda esta entidade que os códigos LOINC, podem ser agrupados em testes clínicos ou de laboratório, medições e observações (HIMSS, 2021).

A definição de um termo LOINC, é composto por seis parâmetros como se pode ver na (Tabela 2.4) e desta forma cada um deles deve ser ajustado ao termo que se pretende definir, contribuindo para um melhor significado do mesmo.

**Tabela 2.4** - Parâmetros que definem um termo LOINC (Sheide, Amy; Wilson, 2013)

<b>Eixo</b>	<b>Significado</b>
<b>Componente de Análise</b>	O que está a ser medido
<b>Propriedade</b>	As características do que está a ser medido
<b>Tempo de Medição</b>	O tempo durante o qual é feita a análise
<b>Sistema</b>	O que originou a análise
<b>Escala</b>	De que forma o resultado do teste será expresso
<b>Método</b>	O método utilizado para fazer a medição

De seguida, são apresentados alguns códigos LOINC que foram utilizados ao longo da dissertação e que possibilitam a definição de resultados específicos, onde para a escolha dos mesmos códigos teve-se em atenção algumas das propriedades que estão definidas na tabela acima.

Tomando agora como exemplo, um dos códigos utilizados para a definição do número de passos dados ao longo do treino, cujo código é 41950-7, exemplo na (Figura 2.15) (LOINC, 2021a). A aplicação deste termo justifica-se não apenas pela sua definição, mas também pelos parâmetros que o compõe, nomeadamente o que mais teve influência na decisão na escolha deste termo foi o intervalo de tempo da observação e por fim o método como se obtém os resultados da observação.

Relativamente a um outro exemplo para o nível de oxigénio que é medido através de um oxímetro, onde o código 59408-5 “, exemplificado na (Figura 2.16) (LOINC, 2021c), teve em atenção as características que eram pretendidas para a medição efetuada, que neste caso

foram a componente que se está a observar, o sistema que o compõe, bem como o período da observação.

Outro dos códigos utilizados, foi para a representação da frequência respiratória máxima com o código 9284-1, exemplo na (Figura 2.17) (LOINC, 2021d). Verificou-se para a escolha deste código qual a duração da observação como aquele que teve mais peso na decisão da sua utilização.

```
{
  "system": "http://loinc.org"
  "code": "41950-7"
  "display": "Number of steps in 24 hour
measured"
}
```

Figura 2.15 - Representação do número de passos dados

```
{
  "system": "http://loinc.org"
  "code": "59408-5"
  "display": "Oxygen saturation in Arterial blood
by Pulse oximetry"
}
```

Figura 2.16 - Representação do nível de oxigénio no sangue

```
{
  "system": "http://loinc.org"
  "code": "9284-1"
  "display": "Respiratory rate 24 hour maximum"
}
```

Figura 2.17 - Representação para a frequência respiratória

### 2.3.3 RxNorm

Por último a terminologia RxNorm, lançado em 2002 como uma terminologia mais focada em termos de medicação. Apenas a título de curiosidade, no início do século XXI, ainda não havia uma terminologia padrão de medicamentos nos Estados Unidos da América (Sperzel et al., 1998) e no âmbito desta dissertação apesar de não ser utilizado, verifica-se que é uma terminologia predominantemente americana.

Dado que cada medicamento possuía o seu próprio código e nome, tornava assim difícil a troca de informação entre sistemas de informação clínica, que se devia em muito a falta de normalização em certos conceitos como por exemplo, o tempo da toma de medicamento ter duas possíveis representações (24hr versus 24 horas). Em meados da década de 1990, a biblioteca nacional de medicina lançou o *Unified Medical Language System* (UMLS), sendo este um

sistema de integração de terminologias onde constam códigos e nomes de todas as principais terminologias biomédicas e termos equivalentes. A maior diferença entre o UMLS e o RxNorm, é que o UMLS não cria nomes para entidades biomédicas. O RxNorm cria um formulário para cada entidade farmacêutica que integra (Oliver Bodenreider et al., 2018).

O RxNorm foi criado com o intuito de abordar a falta de normalização nos nomes dos medicamentos e para tornar as terminologias de medicamentos interoperáveis, integrando-os num sistema de referência (Collins et al., 2014). Um exemplo de interligação entre códigos LOINC e terminologia RxNorm é apresentado na (Tabela 2.5).

**Tabela 2.5** – Representação parcial no que respeita a testes de laboratório e medicação, aquando da deteção de diabetes (Buchanan, 2017)

Teste de Laboratório	Código LOINC
Glicose	2345-7
Glicemia em Jejum	1558-6
Hemoglobina A1C	4584-4
Creatina	2160-0
Potássio	2823-3
Colesterol LDL	2089-1
Colesterol	2093-3
Colesterol HDL	2085-9
Medicação	Código RxNorm
Acarbose	16881
Miglitol	30009
Metformina	235743
Bemzoato de Alogliptina	1368000
Linagliptina	110699
Mêsilato de bromocripina	142426
Duraglutide	1551291
Liraglutide	475968

O organismo que tutela as informações ao nível médico define que o RxNorm é uma terminologia usada para normalizar nomes de medicamentos clínicos e liga o nome destes a muitos dos vocabulários de medicamentos que são utilizados por software de gestão de farmácia e interação entre medicamentos. Fornecendo a ligação entre estes vocabulários, o RxNorm pode conectar mensagens entre sistemas que não usam o mesmo software e vocabulário (HIMSS, 2021).

## 2.3.4 ICD-10

A Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas relacionados com a Saúde (ICD) é o ponto de partida ao identificar as tendências e estatísticas de saúde em todo o mundo, sendo a norma internacional para o reporte de doenças ou condições de saúde (WHO, 2021a). A ICD encontra-se dentro da Família de Classificações Internacionais (FIC) da Organização Mundial de Saúde (OMS), em inglês denominada por *World Health Organization* que contém um conjunto de classificações integradas ajudando a criar uma linguagem comum ao nível de informações de saúde à escala global (WHO, 2021b).

A utilização do código de doenças ICD, além da sua classificação de informação acerca da morbidade e mortalidade como fins estatísticos, expandiu o seu âmbito para diversas aplicações no âmbito de investigação, política de cuidados de saúde e financiamento para cuidados de saúde (O'Malley et al., 2005)

Desta forma, a ICD é responsável por definir o âmbito de doenças, distúrbios, lesões e outras condições de saúde, estando as mesmas listadas de uma forma abrangente e hierarquicamente, permitindo (WHO, 2021a):

- Armazenamento, recuperação e posterior análise das informações de saúde recolhidas, ajudando assim na tomada de decisão com base nas evidências.
- Partilha e comparação de informação de saúde em todo o mundo.
- Comparar dados num mesmo local, mas em distintos intervalos de tempo.

O ICD contém uma descrição acerca de todas as doenças e lesões conhecidas. Cada doença é detalhada através das suas características, onde recebe um identificador único que é utilizado para codificar dados de mortalidade em certificados de óbito e dados de morbidade dos registos clínicos e do paciente. Contém 22 capítulos, onde a primeira letra do código designa um capítulo diferente e dentro de cada capítulo, códigos de quatro caracteres são divididos de modo a especificar diferentes eixos de classificação (Raminani, 2015). No caso português, o ICD-9 é utilizado na transferência e partilha de informação clínica entre os diferentes softwares clínicos (SPMS, 2021)

Atualmente em utilização, a versão ICD-10 será em breve substituída pelo ICD-11. A versão final desta nova versão foi lançada em 18 de Junho de 2018 (WHO, 2018) e foi oficialmente reconhecida pelos membros da OMS na Assembleia Mundial de Saúde (AMS) a 25 de Maio de 2019, contudo a mesma só entrará em funcionamento em todos os estados aderentes à OMS a 1 de Janeiro de 2022 (WHO, 2019b).

Com recurso a um exemplo, apresenta-se na **(Figura 2.18)** a utilização de um código desta versão, bem como explicação do significado do mesmo.

S	8	6	0	1	1	D
---	---	---	---	---	---	---

**Figura 2.18** - Exemplo de Código CID-10 relativo a uma lesão do Tendão de Aquiles Direito e descrição do mesmo (Lookup, 2016b)

- ❖ **S** – Diagnóstico relativo a “Lesões, envenenamento e outras doenças derivadas de causas externas relacionada com uma parte específica do corpo
- ❖ **S86** – Lesão do músculo e tendão na parte inferior da perna
- ❖ **S86.0** – Lesão do tendão de Aquiles
- ❖ **S86.01** – Distensão do Tendão de Aquiles
- ❖ **S86.011** – Distensão do Tendão de Aquiles Direito
- ❖ **D** – Período em que o paciente recebe cuidados de saúde, pós operação
- ❖ **S86.011D** – Distensão do Tendão de Aquiles Direito com Acompanhamento do Paciente, visto que este precisa de reabilitação.

Um código iniciado por outra letra diz respeito a outra doença ou sintoma. Por exemplo, M diz respeito a doenças do foro musculoesquelético tal como explicado na referência (WHO, 2019a).

### 2.3.5 UCUM

Apesar de não ser um vocabulário tradicional, o UCUM é um sistema de código destinado a incluir todas as unidades de medida que estão a ser utilizadas quer na ciência, quer na engenharia. O seu principal objetivo é essencialmente facilitar a comunicação eletrónica clara de grandezas juntamente com as suas unidades, sendo que uma aplicação típica são os protocolos de intercambio eletrónico de dados (EDI).

Apresenta-se agora alguns dos códigos utilizados para efetuar o mapeamento das grandezas nas unidades que são pretendidas, como se vê na (**Tabela 2.6**).

**Tabela 2.6** - Mapeamento de grandezas utilizadas segundo o vocabulário UCUM

Grandeza	Mapeamento
Ângulo	<code>"code": "deg",</code> <code>"system": "http://unitsofmeasure.org",</code> <code>"unit": "degree",</code> <code>"value": 72.0</code>
Força	<code>"code": "N",</code> <code>"system": "http://unitsofmeasure.org",</code> <code>"unit": "Newton",</code> <code>"value": 273.0</code>
Calorias	<code>"code": "kcal",</code> <code>"system": "http://unitsofmeasure.org",</code> <code>"unit": "kcal",</code> <code>"value": 0.0</code>
Peso de Treino Recomendado	<code>"code": "kg",</code> <code>"system": "http://unitsofmeasure.org",</code> <code>"unit": "kilogram",</code> <code>"value": 205.0</code>

Nesta tabela estão definidos os mapeamentos para algumas grandezas que são utilizadas na dissertação que como se pode ver, utilizam vocabulários UCUM, isto é, o sistema que se está a aceder para obter as unidades do Sistema Internacional de Medidas, tem por base o *"unitsofmeasure"* que é uma base de dados de grandezas do UCUM, onde também está definido qual o código e a unidade para a grandeza pretendida.

Em suma, Sistemas de Informação Clínica (SIC), desempenham um papel crucial neste setor pela utilização de ontologias biomédicas e pela definição de vocabulários, constituindo os alicerces para apoiar a normalização e interoperabilidade de dados, dada a variedade de SICs como serviços administrativos, clínicos e de apoio à decisão (He et al., 2017). A utilização de códigos LOINC introduz benefícios ao nível das organizações que recebem as mensagens codificadas visto que permite organizar, agrupar e analisar os resultados de várias fontes, frequentemente em conjunto com o HL7 (McDonald et al., 2003) (O. Bodenreider, 2008). O RxNorm é uma nomenclatura normalizada de medicamentos mantida pela NLM, sendo recomendada como alternativa a terminologia do NDC para prescrição eletrónica (Dhavle et al., 2016). Por fim o SNOMED CT é aquele que obtêm um maior destaque dado que é o mais abrangente, contendo mais de trezentos mil conceitos clínicos e mais de um milhão de relação entre eles (Braunstein, 2018) que também é usado para codificar listas de problemas em EHRs (Agrawal et al., 2013) .

As terminologias existentes devem ser utilizadas para indicações ou medições sejam identificadas de forma correta e inequívoca, o que senão fosse o caso, poderia comprometer o acesso dos dados.

## 2.4 Análise/Discussão

Nos últimos anos temos assistido a um aumento significativo da inclusão de novas tecnologias nos sistemas de saúde, o que por um lado permitiu a melhoria nos cuidados de saúde a serem prestados, dado que existe uma constante monitorização do paciente. Exemplo disso mesmo foi estudado por (El-Sappagh et al.,2019), onde existe acompanhamento por meio de um sistema de saúde móvel de suporte de apoio a decisão no tratamento e monitorização da diabetes tipo 1.

O ponto chave neste momento passou a ser, conjugar saúde com bem-estar e neste sentido a interoperabilidade veio acelerar este processo de transformação digital, quer tanto na forma como acedemos aos registos do paciente, quer na acessibilidade dos mesmos, sendo que desta forma permitiu melhorar a saúde e o bem-estar dos pacientes em todo o mundo (Lehne et al., 2019).

Outro dos exemplos de estudo onde o FHIR revelou as suas melhores capacidades foi também aquando da implementação das IOT em casos de demência, como se pode observar no estudo efetuado por (Enshaeifar et al.,2018) onde foi desenvolvido um sistema que com recurso a algoritmos de análise de dados e *machine-learning* apresenta notificações sobre o bem-estar dos pacientes e é aqui que se irá abrir a discussão sobre como a digitalização da medicina pode promover grandes avanços à escala mundial na saúde, podendo e devendo influenciar o nosso bem-estar (Deaton, 2008). Outro caso de estudo é a implementação de FHIR *Profiles* para dados sobre estilo de vida e de que forma estes podem contribuir para se alcançar as melhorias tanto desejadas na vida dos pacientes que sofrem de doenças crónicas (Gopinathan et al., 2018).

Uma abordagem para a integração de *wearable devices* é apresentada por Urbauer et al.( 2018), onde foi desenhado um protótipo da Polar para aquisição de dados sobre o estilo de vida das pessoas. Conjugando tecnologias já existentes com algumas emergentes é onde nos leva este caminho, aliado a interoperabilidade que uma ferramenta como o FHIR nos permite, abre caminho a digitalização da saúde, melhorias no atendimento de pacientes que posteriormente se traduzem em aumentos da esperança média de vida e bem-estar (Olejaz et al., 2012). Existindo uma maior informação sobre conteúdo tão sensível como é a informação da saúde de cada um de nós, constitui uma alternativa viável as mudanças tecnológicas atuais (Cutler & McClellan, 2001).

O caminho proposto ao longo desta tese, aborda o FHIR como mecanismo para uma introdução cada vez mais recorrente de EHR, que aliados a ferramentas como *wearable devices* podem servir de porta de entrada, para uma saúde cada vez mais preventiva e próxima das pessoas. Sendo que estas informações não são frequentemente mapeadas através dos recursos disponíveis no standard FHIR é necessário a criação de novos perfis, mas também a

introdução de novos vocabulários. Isto permite identificar claramente os dados recolhidos por estes dispositivos que podem ser bastante úteis nomeadamente em populações com alto nível de envelhecimento ou outras doenças associadas.



## FHIR NA TROCA DE DADOS DE BEM-ESTAR

Um dos principais propósitos da saúde centra-se essencialmente na cura de doentes, mas vai muito para além disso, dado que a cura está intrinsecamente ligada a prestação de cuidados de saúde de qualidade, que só é conseguida através de uma política em que os dados de saúde estejam interligados, isto é, acessíveis em qualquer lugar. Isto só foi possível graças, a introdução de uma norma que permite a troca de informações entre os diversos profissionais de saúde, possibilitando uma melhor comunicação e entendimento entre os mesmos. Foi nesta base que se propõe adotar a norma FHIR, que através dos recursos existentes no mesmo permite a exportação de dados de PHDs ou DMs para EHR.

Alinhado com este princípio que surgiu o projeto europeu Smart4Health, onde esta dissertação tem particular relevância dado que as informações recolhidas pelos vários componentes, vão estar ligados à plataforma *Smart4Health* através de FHIR. Este projeto tem como grande objetivo tornar o cidadão como gestor no que respeita aos seus dados de saúde, fazendo com que o próprio os possa disponibilizar, quer ao nível de cuidados de saúde, quer para futuras investigações (Jornal Médico, 2021). O cidadão é dono dos seus dados e deve ser capaz de os partilhar como entender.

Na (Figura 3.1), demonstra-se de uma melhor forma, o ponto fulcral do projeto *Smart4Health*, onde a dissertação tem contribuído mapeando os dados através de recursos, que permitem a sua interoperabilidade com o *Smart4Health* ou outras plataformas de interesse (por exemplo, *SmartBear*, repositórios científicos como o Elixir, entre outros).

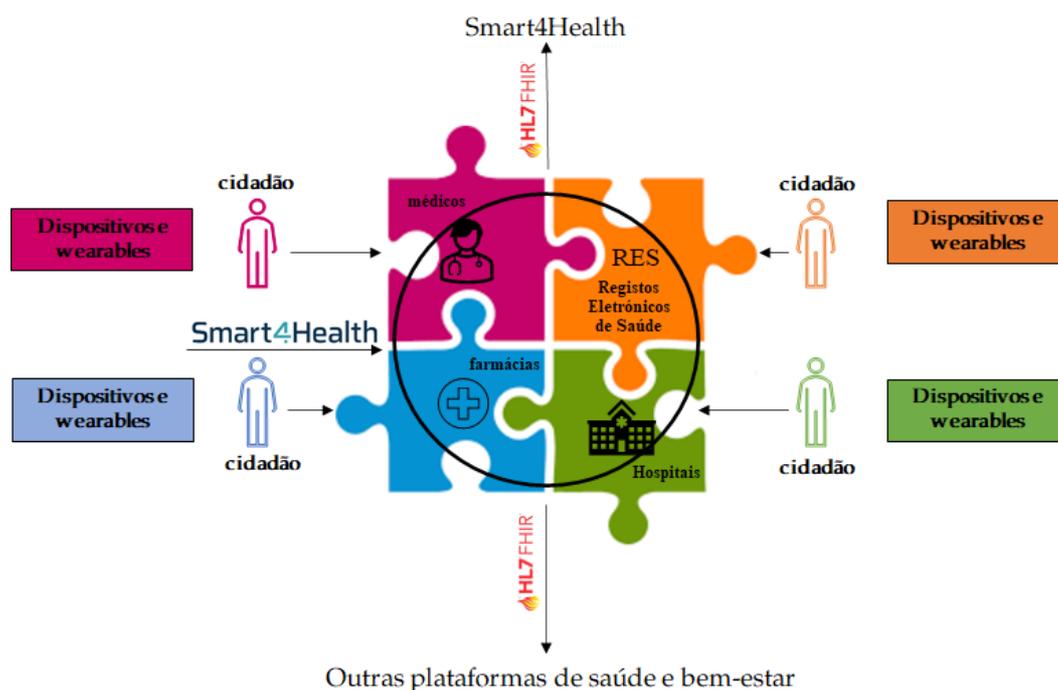


Figura 3.1 - Cenário Inicial

Como dito anteriormente, o projeto Smart4Health pretende garantir a envolvimento de todos os cidadãos, para a existência de um RES europeu que seja interoperável, permitindo a troca de informações médicas pelos estados europeus e também que torne os cidadãos mais ativos na gestão da sua saúde (Smart4Health, 2019). O ponto chave do Smart4Health é fazer com que o cidadão tenha o poder de decisão relativamente aos seus dados de saúde e bem-estar, mais do que isso é que os cidadãos da União Europeia possam aceder às suas informações de saúde e bem-estar, com relativa facilidade e segurança independentemente em que estado membro, estejam disponibilizando-os quer para obter uma saúde personalizada ou para futuras investigações. Como ilustrado na figura, a ideia é que os dados possam ser complementados com informação recolhida através de dispositivos médicos e wearables, para que os mesmos possam complementar o EHR do cidadão e este o possa partilhar com quem desejar de forma completamente interoperável.

Na plataforma do Smart4Health, ficaram disponíveis todos os dados de saúde que são colecionados pelo cidadão através de dispositivos médicos e wearables, cuja relevância para esta dissertação prende-se no facto que as mesmas não são tradicionalmente mapeadas através dos recursos disponíveis no standard FHIR e necessitam de perfis e classificações novas.

### 3.1 Solução Conceptual

Antes de dar início à implementação sobre a qual incide este capítulo, irá ser demonstrado de forma conceptual como todo este processo foi construído, com base na (Figura 3.2), seguida de uma breve explicação sobre o mesmo.

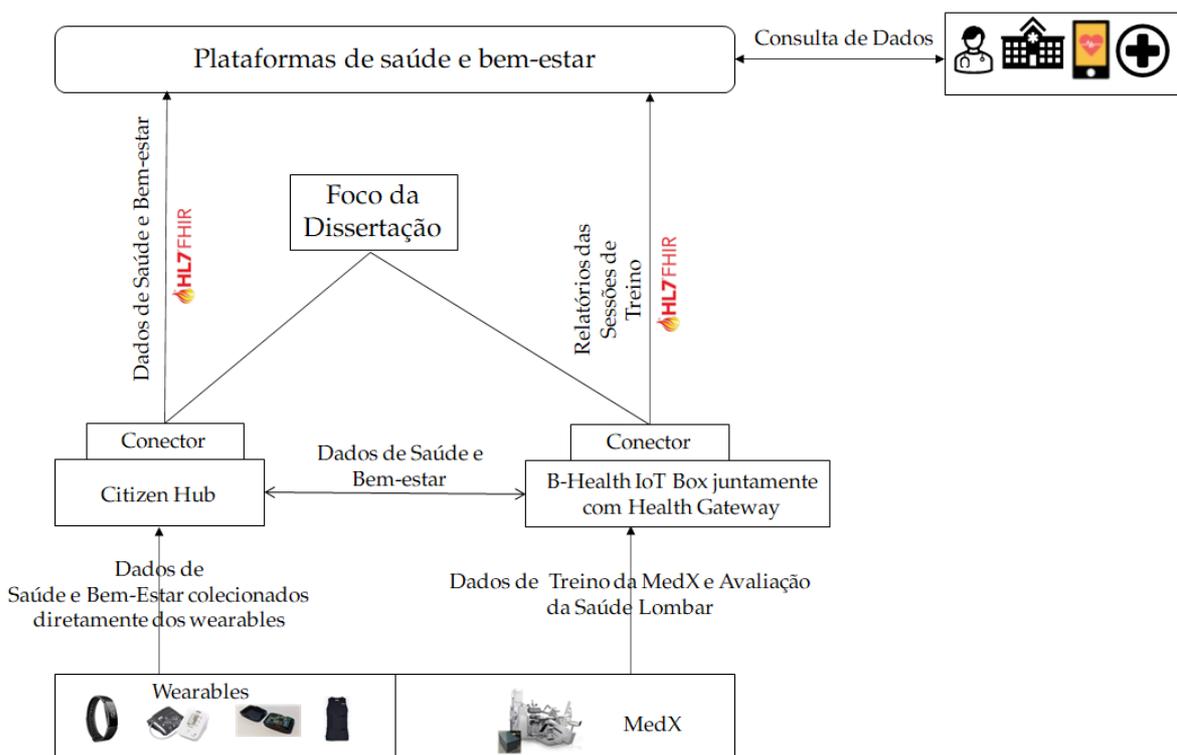


Figura 3.2 - Solução Conceptual

Para o desenvolvimento da solução adotada, foram utilizados alguns dispositivos que permitem não só medir valores que se consideram ser importantes na saúde de um individuo, como também podem ser alvo de análise e observação por parte de um corpo clínico mais especializado. Primeiramente, a MedX LE que é categorizada pelo HL7 como sendo DM, cujo objetivo é dar a percepção a um determinado paciente, através de um teste ao comportamento dos músculos lombares por vias da extensão e flexão dos mesmos possíveis sinais de decréscimo de força nas regiões lombares ou dor. Para finalizar, de referir que estes DM foram desenvolvidos para avaliar e melhorar a vida das pessoas (Wendy A. Rogers, Amy L. Mykityshyn, Regan H. Campbell, 2001).

Por outro lado, existem também os PHDs que são o fim de linha no que respeita a serviços *e-health*, onde se acrescenta que os dados recolhidos por estes dispositivos são armazenados na *cloud*, pelo que os prestadores de serviços de saúde podem aceder aos mesmos efetuando um diagnóstico e tratamento médico via remota (Caranguian et al., 2012). Verificou-se uma tendência crescente na utilização deste dispositivos, que serviram para um melhor

acompanhamento dos doentes, permitindo reduzir alguns dos custos elevados na saúde, mas também em grande parte se devem a novos hábitos de saúde e bem-estar adotados pelos cidadãos (Martins et al., 2014).

Alguns dos wearables considerados na solução conceptual incluem *smartwatches*, balança digital, monitor de tensão arterial, sensor de postura, entre outros.

### 3.1.1 B-Health IoT Box

O B-Health IoT Box é um IoT *Hub*, que permite colecionar dados de diversos sensores que foram instalados na máquina *MedX*. Neste *Hub*, podem ser incorporadas diferentes aplicações de forma a utilizar as informações recolhidas com objetivos diferentes, como é o caso do HG e o *GamifyPhysio*. Contudo este *Hub*, ainda não está em completa conformidade com as CDG devido a especificidade da *MedX*, mas está conforme a norma FHIR, permitindo processamento em tempo real e exportação dos dados nesse padrão para a plataforma *Smart4Health* e outras.

Uma das particulares da máquina *MedX* é a tecnologia que esta possui, dado que auxilia fisioterapeutas, bem com os cidadãos a manterem a postura correta durante um treino. Para tal, foram adicionados sensores ao nível da cabeça, costas, mãos, pernas e pés, que depois são recolhidas pela *B-Health IoT Box* e observadas no software do HG. Na (Figura 3.3) apresenta-se a arquitetura da *B-Health IoT Box*.

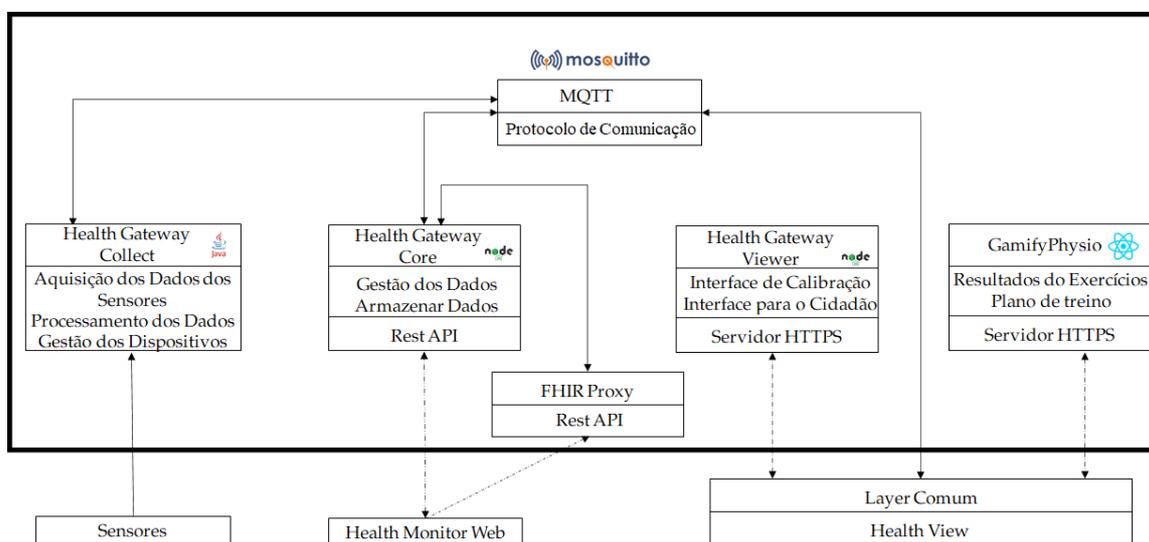


Figura 3.3 - Arquitetura da B-Health IoT Box

Nesta figura apresenta-se como é composto um dos *Hubs* que é utilizado para o projeto, mas que tem relevância na dissertação. Sendo assim verifica-se que existe o protocolo de comunicação MQTT que é responsável pela publicação/subscrição de tópicos que existe entre o *Health Gateway Core*, *Health Gateway Collect* e *Health View*. O *Health Gateway Collect* é

onde está a aquisição de dados por parte dos sensores, sendo que o mesmo está constantemente a enviar valores para o *Health Gateway View* e *GamifyPhysio*, aplicações desenvolvidas para que os dados estejam a ser mostrados em tempo real ao utilizador. O *Health Gateway Core* é onde são recebidos todos os tópicos a serem subscritos, pelo quando se trata de um tópico correto, o *Health Gateway View* recebe essa informação e existe mudança de página no *Health Gateway View* ou no *GamifyPhysio*. Com os dados fornecidos pelo *Health Monitor*, convertidos em recursos FHIR, são efetuados pedidos a uma API, onde depois o conector implementado os envia para a plataforma.

#### **3.1.1.1 Health Gateway**

O HG coleciona informações da máquina MedX LE através dos sensores de ângulo e de força. O HG é um software utilizado pelos fisioterapeutas, que tem como objetivo guiar o cidadão durante uma sessão de treino usando a MedX, onde são mostrados ao utilizador os resultados da sua sessão no desktop de um computador.

A relevância desta aplicação para a dissertação, prende-se no facto de que os dados recolhidos dos sensores incorporados na MedX LE, são efetivamente aqueles que serão mapeados aquando da sua exportação para a plataforma Smart4Health, bem como onde serão colocados serviços de interoperabilidade necessários para alcançar o mapeamento pretendido.

#### **3.1.1.2 GamifyPhysio**

Este módulo de software foi desenvolvido por um parceiro do projeto, que pretende atender às necessidades identificadas pelos fisioterapeutas durante a utilização das máquinas MedX ao longo das sessões de treino. O objetivo é ter uma solução que mantenha o cidadão focado durante uma sessão de especifica de treina com a MedX, de forma que se sinta motivado para efetuar aquilo que lhe foi recomendado. A *GamifyPhysio* utiliza técnicas de *gamification*, para que o cidadão se sinta apoiado durante a realização de uma sessão de fisioterapia na máquina MedX, fornecendo uma interface simples e intuitiva, que ajuda o cidadão durante a realização de uma sessão de treino, que apenas se inicia no momento em que o mesmo se senta na máquina e acompanha o regime de treino que lhe foi prescrito.

#### **3.1.1.3 FHIR Connector**

Para serem exportados os dados recolhidos de sensores e wearables para as plataformas de saúde e bem-estar foi desenvolvido um conector FHIR. Este conector é utilizado para assegurar a interoperabilidade e transferência segura de dados entre os sistemas de informação hospitalares e os cidadãos.

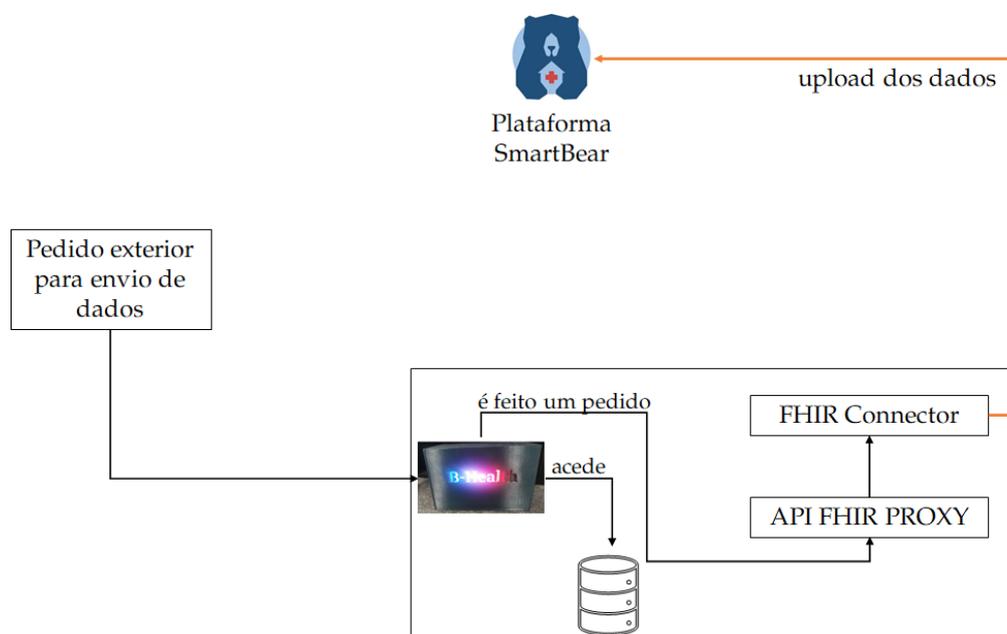
O conector desenvolvido irá ser incorporado dentro da *B-Health IoT Box*, onde o mesmo faz a retransmissão de recursos do Smart4Health para o SmartBear nomeadamente de

(*QuestionnaireResponse, DiagnosticReport, Encounter*, entre outros), reenviando os questionários e os dados do Force Test e Training para a plataforma SmartBear.

Foi desenvolvida uma *Restful* API FHIR que respeita parcialmente a especificação FHIR.

Na (**Figura 3.4**), demonstra-se o processo do FHIR connector para integração com a B-Health IoT Box.

A B-Health IoT Box, através da sua funcionalidade como sensor, realiza a aquisição e processamento de dados guardando-os numa base de dados interna. Quando existe um pedido para o envio destes dados, a B-Health IoT Box através da sua funcionalidade gateway, acede à base de dados e efetua um pedido a uma API FHIR Proxy onde o FHIR Connector é responsável pelo mapeamento dos dados e posterior envio para um endpoint específico FHIR da plataforma SmartBear.



**Figura 3.4** - B-Health IoT Box com FHIR Connector para exportação de dados para o SmartBear

### 3.1.2 Citizen Hub

O Citizen Hub (CH) foi projetado para recolher informações em tempo real através de um telemóvel. Os componentes de coleção e processamento de dados relacionados à saúde no CH são responsáveis obter, limpar e harmonizar os dados recuperados dos sensores, *wearables* e *smart devices*.

O CH é uma aplicação móvel cujo paradigma de desenvolvimento é semelhante à B-Health IoT Box é no sentido da junção de dados recolhidos por *wearables* pessoais. O objetivo é uma experiência de coleção de dados centralizada no cidadão, fornecendo *insights* sobre as rotinas diárias do utilizador, através de *dashboards* e agregação de informação.

A ideia principal do design é dar a ideia ao utilizador, de forma clara quais os dados que são recolhidos, dando controlo sobre o que é recolhido e de que dispositivos os dados estão a

ser recolhidos, sendo esta também uma aplicação alvo dos serviços de interoperabilidade que se pretende introduzir.

Na (Figura 3.5), apresenta-se de que forma tudo isto se processo na aplicação android Citizen Hub. Desta forma, os dados recolhidos pelos wearable devices são agregados na aplicação Citizen Hub e são posteriormente enviados para o conector que constrói o mapeamento dos dados e despacha para um *endpoint* FHIR da plataforma SmartBear.

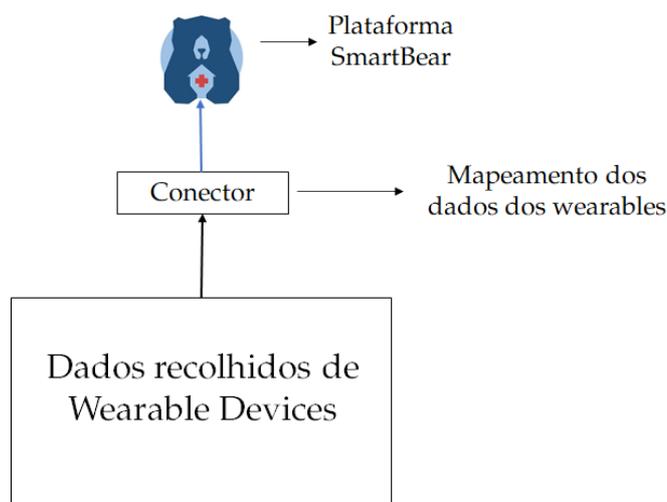
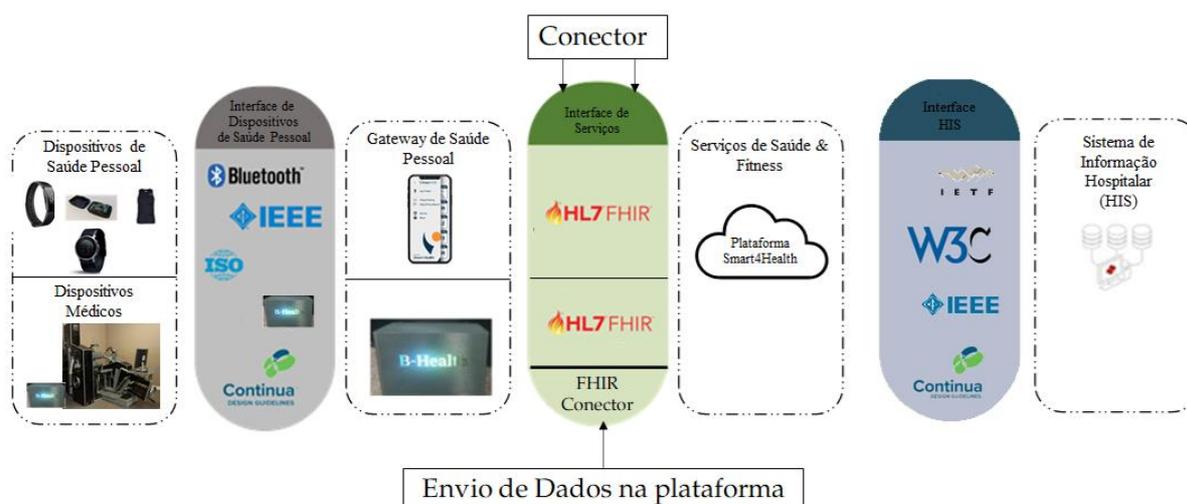


Figura 3.5 - Citizen Hub com inclusão do conetor para exportação de dados

## 3.2 Especificação

De forma, a assegurar a interoperabilidade e também permitir a utilização dos dados que são gerados pelas atividades desenvolvidas pelos cidadãos, esta implementação seguirá a troca de dados que é promovida nas normas utilizados pelo *PCHAAlliance*, nomeadamente as CDG. De seguida, na (Figura 3.6), é apresentada a arquitetura utilizando as CDG, juntamente com a explicação detalhada em cada uma das suas etapas, sendo o alvo de maior interesse a parte referente à **interface de serviços** e o mapeamento de dados para a plataforma, onde é utilizado a norma HL7 FHIR.



**Figura 3.6** - Integração da máquina de fisioterapia e respetivos sensores com a plataforma usando CDG

Ao debruçar sobre a implementação proposta acima, verifica-se que a mesma se divide em dois patamares, sendo eles: os Dispositivos de Saúde Pessoal e os Dispositivos Médicos.

Relativamente aos dispositivos de saúde pessoal estes caracterizam-se por ser wearables, que permitem saber a distância percorrida, ritmo cardíaco, entre outros aspetos relevantes para a saúde de uma pessoa. Todos estes wearables possuem uma interligação com o primeiro grande grupo das CDGs, a interface de dispositivos de saúde pessoal onde é utilizada a norma Bluetooth, mais concretamente o *Bluetooth Low Energy Interface (BLE-IT)*, para a transferência de dados sendo os mesmos descodificados através da norma IEEE 11073<sup>2</sup>.

A descrição anterior é o que acontece entre a Gateway e os dispositivos de saúde pessoal. Entre a Gateway que é o CH ou a *B-Health IoT Box* é mostrado os dados recolhidos pelos sensores.

Nos serviços de saúde e fitness, é onde ocorre a exportação de dados para a plataforma Smart4Health através da norma HL7 FHIR, recorrendo ao FHIR Conector para o caso da *B-Health IoT Box* e de um conector para o caso do CH, de referir que podem ser utilizadas outras plataformas além desta. Através do protocolo HTTP existe a comunicação entre os serviços de saúde e fitness e os sistemas de informação sobre saúde, onde profissionais de saúde podem aceder aos dados de determinado cidadão para saberem o estado da sua saúde e do seu bem-estar.

Para os DMs, como é o caso específico da MedX, como não se enquadra num dispositivo de saúde pessoal, foi necessária uma alternativa por forma a poder seguir as CDG, que neste caso é a *B-Health IoT Box*.

<sup>2</sup> Para mais informações, consultar: ISO - ISO/IEEE 11073-10442:2015 - Health informatics — Personal health device communication — Part 10442: Device specialization — Strength fitness equipment

A máquina estará sempre ligada à *B-Health IoT Box*, apresentando duas funcionalidades: a de *gateway* e de sensor. Quando se quer transferir dados da *B-Health IoT Box* para a plataforma esta funciona como *gateway*, sendo que na aquisição de dados esta se comporta como um sensor.

Apesar de não estar em completa conformidade devido à natureza da máquina, existe a possibilidade que os dados colecionados seguirem a norma IEEE 11073 *Health Informatics – Personal health device communication*, destacando:

- IEEE 11073-10442 – *Device Specialization – Strength Fitness Equipment*
- IEEE 11073-10441 – *Device Specialization – Cardiovascular fitness and activity monitor.*

Está a ser analisada a possibilidade dos dados recolhidos seguirem as normas acima mencionadas.

## 3.3 Perfis FHIR

### 3.3.1 Profiling

Um perfil em FHIR descreve-se como sendo um conjunto de restrições aplicada a um recurso. Um recurso é apresentado através da sua *StructureDefinition* em que são mostradas um conjunto de propriedades, tais como: tipos de dados, restrições, extensões e como estes dados podem ser utilizados.

A *StructureDefinition* pode ser observada de duas formas:

- **differential** – contém apenas as alterações feitas na *StructureDefinition*
- **snapshot** – contém a definição completa do recurso mais as alterações que sejam necessárias efetuar além do *StructureDefinition* em si.

A utilização de ambos em simultâneo, é a melhor forma de construção de um perfil, dado que o *differential*, diz mais respeito ao processo de autoria, enquanto o *snapshot* não se altera visto que é a implementação base. Na (Figura 3.7) está descrito o modelo de dados para a *StructureDefinition*.

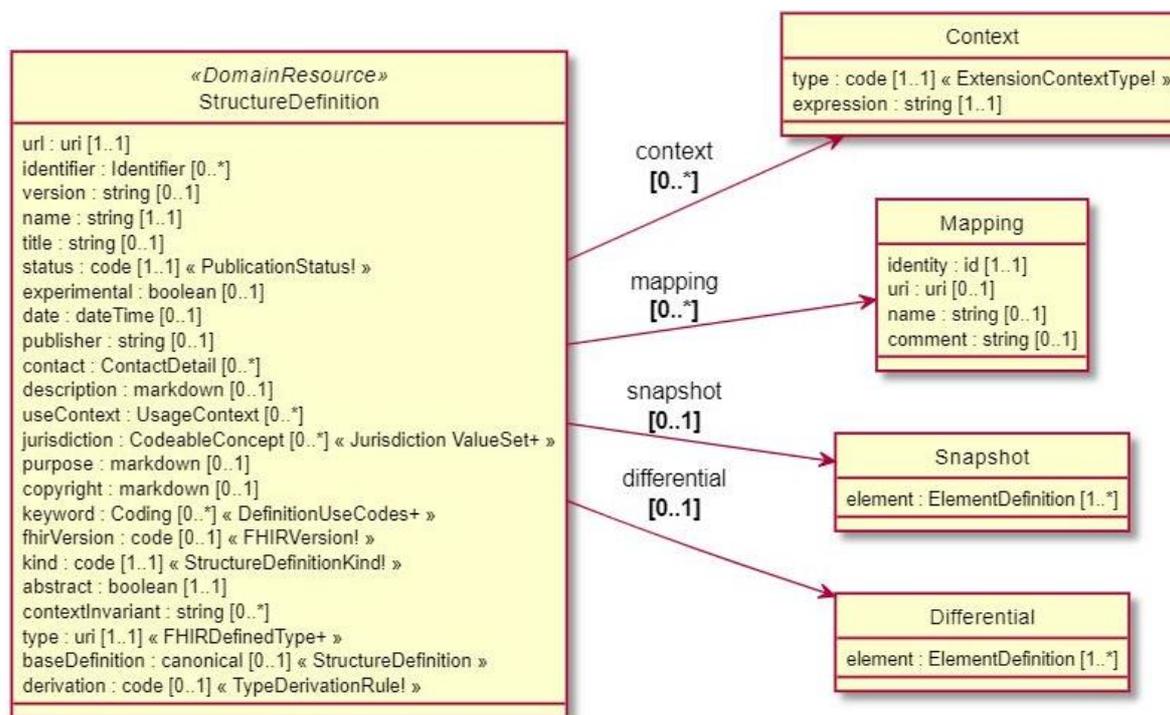


Figura 3.7 - Modelo de Dados do *StructureDefinition*

Outro dos aspetos importantes é saber qual é a importância ou o porquê de ser preciso estes perfis, que são:

- Representação dos dados recolhidos em *wearables*, reduzindo ambiguidades através da utilização de terminologias para o efeito.
- Interoperabilidade nos sistemas de saúde para partilha de dados
- Disponibilização dos mesmos dados em plataformas de saúde e bem-estar

Do ponto de vista teórico, é possível a construção de uma solução baseada em FHIR sem a utilização de perfis, mas isso levaria a que não fosse possível validar instâncias de recursos para conformidade. Num perfil, podem ser definidas um conjunto de restrições no recurso, que permite validar instâncias de recursos em relação a essas restrições definidas que estejam em conformidade com o perfil especificado. Permite também que estas restrições sejam validadas ou comparadas automaticamente com outros perfis já existentes. Além disso, os perfis servem como documentação das decisões tomadas durante a implementação, comunicando a quem os queira utilizar qual o tipo de conteúdo esperado (Simplifier.net, 2018a)(HL7.org, 2019i).

Quando definimos um perfil é necessário ter em atenção determinados elementos que são: restrições, cardinalidade e extensões. As restrições são um conjunto de regras criada para um determinado elemento, a cardinalidade que é o número de vezes que um elemento aparece no recurso e as extensões que permite a representação de propriedades que não estejam descritas no elemento.

Para a presente dissertação foram apenas utilizadas restrições e cardinalidade, apresentando-os de seguida.

### 3.3.1.1 Restrições

Restrições são conhecidas no FHIR, como condições que são colocadas em determinado elemento por forma a condicioná-lo a um determinado valor, unidade, entre outros. Apresenta-se na (Tabela 3.1), quais os elementos constituintes de uma restrição, apesar de que apenas a *key*, *severity* e *human* são obrigatórias.

Tabela 3.1 -Definição dos elementos constituintes da *constraint*

<b>Key</b>	É através deste parâmetro que é identificado qual o elemento da constraint a ser avaliado
<b>Severity</b>	A gravidade da restrição
<b>Human Description</b>	Aqui é apresentada uma descrição para que seja perceptível ao utilizador o porque da restrição não ter sido considerada
<b>Expression</b>	É uma expressão FHIRPath que deve ser verificada como verdadeira quando se executa o elemento
<b>Source</b>	Corresponde a referencia da fonte original da restrição, apenas para fins de localização da mesma.
<b>Xpath</b>	Uma expressão XPath que deve ser avaliada como verdadeira quando o elemento é executado na representação XML.

Relativamente às restrições, existem dois níveis de *severity* de bastante uso para descrever o tipo de erro originário da restrição, que são eles (HL7.org, 2019d):

- **Error** – O nível mais grave das restrições dado que é uma regra, à qual todos os recursos devem estar em conformidade. Aquando da validação, deve ser relatado como um erro se houver uma violação da regra, não havendo a possibilidade de continuar o processo e neste caso a aplicação que processa o conteúdo deste perfil, pode rejeitá-lo e considerar o mesmo como um recurso inválido.
- **Warning** - Aqui apenas se trata de um aviso, que pode indicar que existe um problema no recurso desenvolvido, mas o recurso é considerado válido e todo o processo pode continuar normalmente.

De seguida, é apresentado de forma genérica como deve ser representada uma restrição na definição de um perfil FHIR.

```
"key": "ele-1",
"severity": "error",
"human": "Todos os elementos FHIR devem ter @value ou children",
"expression": "hasValue() or (children().count > id.count())",
"xpath": "@value | f:* | h:div",
"source": "http://hl7.org/fhir/StructureDefinition/Element"
```

Figura 3.8 – Representação da definição de uma restrição

Aquando da definição de uma restrição, é primeiro essencial definir qual é a condição, isto é, a *key* que queremos afetar e segundo a (Figura 3.8) queremos afetar o elemento “ele-1”, que neste caso funciona com identificador da restrição. A *severity* diz-nos a gravidade do erro, o *human description* é para a facilitar a leitura ao utilizador do erro, onde de seguida temos as expressões das condições que têm de ser avaliadas quando é criada a restrição, tendo duas representações possíveis para o *expression*:

- *FHIRPath* – é uma linguagem de pesquisa com uma sintaxe baseada na representação de operações através de um caminho específico.
- *XPath* – também é uma linguagem que é executada da mesma forma que o anterior apesar de estar vocacionado para representações em XML.

Por fim o *source* que serve para identificar se a restrição efetuada se encontra dentro do mesmo escopo do perfil.

### 3.3.1.2 Cardinalidade

Todos os parâmetros que estão definidos no FHIR têm cardinalidade dado que faz parte da sua definição – número de vezes mínimo que o atributo está presente e o número máximo. Esta definição permite especificar o número de vezes que determinado elemento pode aparecer em qualquer instância do tipo de recurso. Estão apenas especificadas as seguintes cardinalidades: 0..1, 0..\*, 1..1 e 1..\*. No entanto, na definição do perfil pode ser necessário a utilização de outros valores para a cardinalidade, mas que esteja definida dentro dos limites impostos pelo recurso base (HL7.org, 2019b).

## 3.3.2 Recursos FHIR

Os recursos FHIR podem ser utilizados para trocar ou armazenar dados a fim de se resolver uma série de problemas relacionados com os cuidados de saúde. Definem-se agora os recursos utilizados para a dissertação.

### 3.3.2.1 Recurso DiagnosticReport

O *DiagnosticReport* é um recurso que permite agrupar um conjunto de observações, que pode incluir uma variedade de resultados. A definição do modelo de dados do recurso apresenta-se na (Figura 3.9).

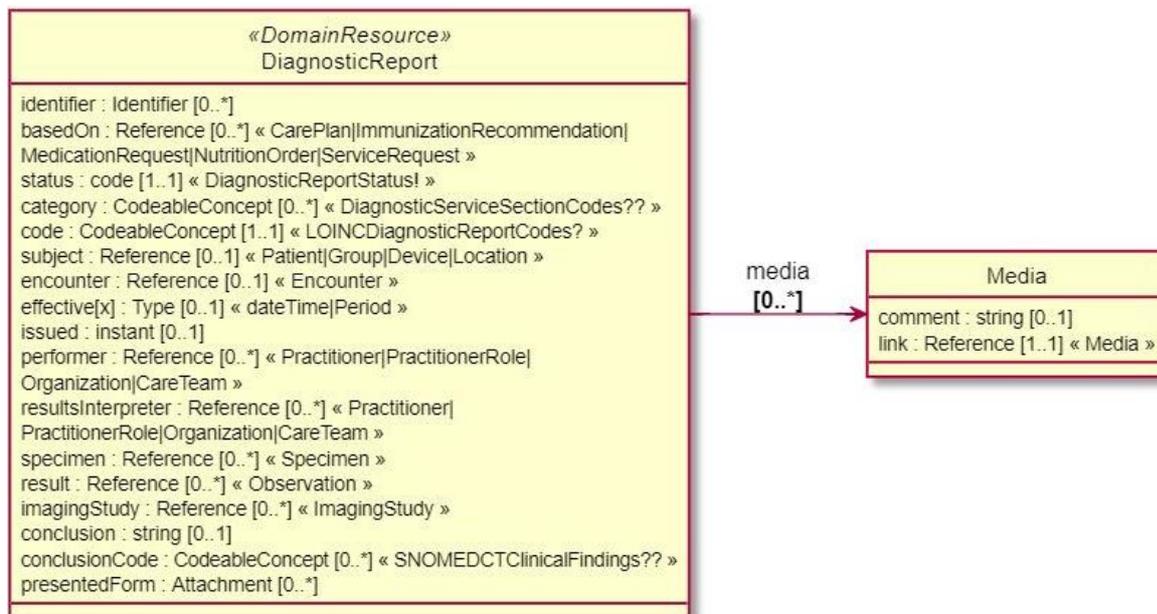


Figura 3.9 - Modelo de dados do Recurso *DiagnosticReport*

### 3.3.2.2 Recurso Observation

O *Observation* permite que sejam utilizados como forma de apoiar o diagnóstico e acompanhar o progresso de um determinado cidadão, sendo um elemento central nos cuidados de saúde. O modelo de dados do recurso apresenta-se na (Figura 3.10).

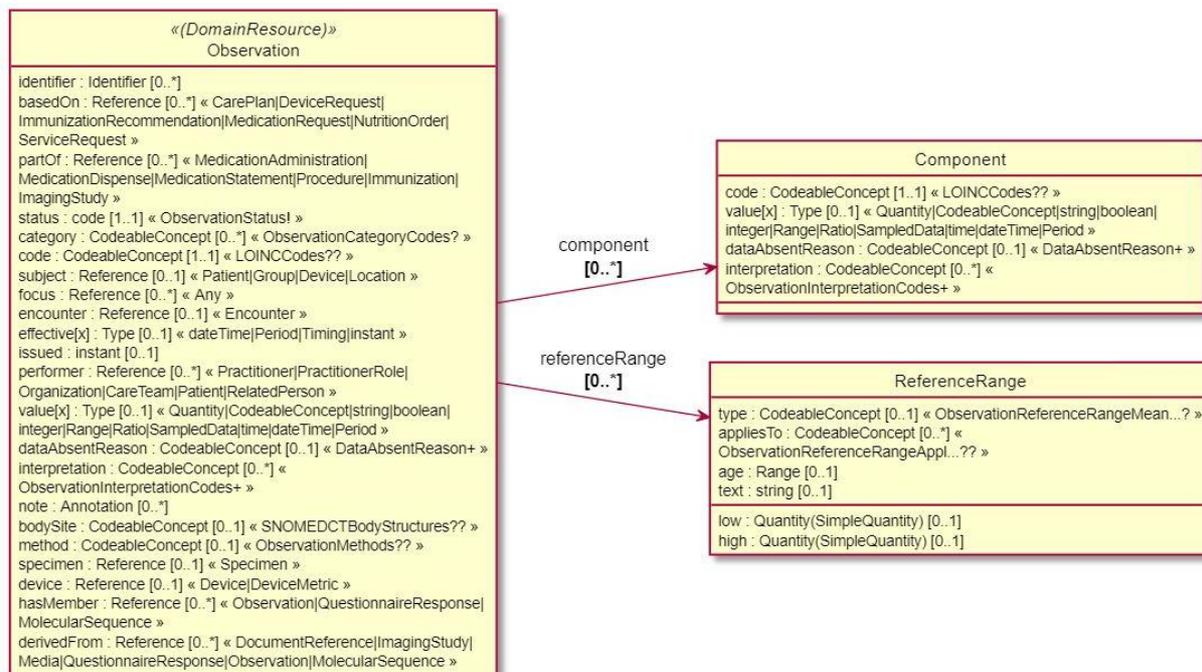


Figura 3.10 - Modelo de dados recurso Observation

### 3.3.3 Vocabulários Desenvolvidos

Desta forma e como já visto anteriormente existem diversas terminologias, que podem ser utilizadas para a representação das informações médicas pretendidas. Assim sendo, foi construído um conjunto de terminologias, por forma a poderem ser mapeadas informações que ainda não possuem vocabulário específico, sendo que irão ficar disponíveis num endereço próprio. Demonstra-se agora na (Tabela 3.2) alguns dos mapeamentos não efetuados.

**Tabela 3.2** - Mapeamento de Vocabulários criados

<b>Código</b>	<b>Representação</b>
<b>Angle-Force</b>	Representação acerca dos ângulos e da força efetuada ao longo de um treino
<b>ExtAngle</b>	Ângulo de Extensão
<b>FlexAngle</b>	Ângulo de Flexão
<b>PrecisionScore</b>	Resultado obtido de um treino
<b>Recommended-Trainingweight</b>	Peso de Treino recomendado
<b>Repetitions</b>	Repetições de treino
<b>Strength Training</b>	Força efetuada durante um teste de força

Nesta tabela estão exemplificados alguns dos vocabulários criados para utilização nesta dissertação, que posteriormente estarão disponibilizados segundo um URL de forma que seja fácil o acesso aos mesmos para representam das informações pretendidas.

Todos estes vocabulários, ficaram disponíveis através do seguinte URL: <http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication>.

De seguida, vão ser descritos nos capítulos seguintes, os perfis necessários que permitem a representação dos dados personalizada para o fim desejado.

### 3.3.4 Teste de Força MedX

O teste de força é um exercício obrigatório ser efetuado na MedX, a fim de verificar o estado de saúde da zona lombar e de se prescrever um plano de treino personalizado para melhorar a força na região lombar.

#### 3.3.4.1 Perfil DiagnosticReport MedXForceTest

O perfil agora desenvolvido tem o seu foco num Teste de força, onde no Apêndice A, apresenta-se o modelo de dados para o perfil em causa, onde estão demonstradas de forma objetiva quais as relações que existem entre os diversos elementos que o compõe. Na definição do perfil é utilizada a StructureDefinition do subcapítulo 3.3.2.1, onde para simplificação do modelo de dados, só se representa o “differential” do StructureDefinition, que são as modificações efetuadas ao recurso base, sem alteração da definição formal do recurso.

Em primeiro lugar define-se o tipo de recurso que se quer utilizar, sendo um DiagnosticReport onde ter-se-á de incluir um campo denominado *meta*, que define todo o conjunto de informações que sejam necessárias, destacando:

- ***profile*** – serve para informar que os dados agora descritos estão conforme a *structure definition* do recurso em causa e permite validar a instância, mas no caso em concreto só foi especificado um apesar de ser possível colocar mais do que um perfil, para permitir interoperabilidade entre diferentes sistemas.

O *id* serve para especificar qual o DiagnosticReport, mudando todas as vezes que o conteúdo do mesmo se alterar.

O parâmetro *code* permite individualizar sobre o que se refere o DiagnosticReport, mas no perfil em questão obriga-se que o código DiagnosticReport MedXForceTest definido através da terminologia LOINC, seja especificado sendo este o mínimo a incluir na definição, não restringindo a utilização de outro tipo de vocabulário, se o perfil for utilizado por outras pessoas.

O parâmetro *category* permite classificar o tipo de observação. Neste caso em particular, o category deste perfil não especifica nenhum tipo de valueSet preferido. Assim optou-se pela utilização do valueSet que advém do *ObservationCategoryCodes* para classificar a observação como “exam”, sendo este o código a existir para que o sistema consiga interpretar qual é a categoria da observação, não havendo restrição para inclusão de outros vocabulários.

O parâmetro *subject*, é uma questão que está em aberto pois depende do sistema a utilizar, mas no caso definido são enviados *id's* referentes a pacientes do *Smart4Health* para o *SmartBear* que este consegue interpretar.

O parâmetro *effectivePeriod* é relativo ao período de tempo em que os valores são observados.

Apresentam-se ainda os dois tipos de *results*, como se observa na figura:

- ***RecommendedTrainingweight*** – este primeiro resultado resulta da média da força máxima dos ângulos efetuados, sendo-lhe apresentada no fim do teste de força, qual é o peso recomendado para o cidadão, sem que este sinta qualquer dor na região lombar.
- ***SetAngleForce*** – o segundo resultado apresenta em primeiro lugar o conjunto de ângulos observados durante um e por outro lado a observação individual de cada um dos ângulos realizados (***AngleForce***).

Na (Figura 3.11), apresenta-se a restrição aplicada ao mesmo perfil, que nos garante a obrigatoriedade de se ter sempre estes dois resultados aquando do relatório de um teste de força.

```
"constraint":[
  {
    "key": "val-1",
    "severity": "error",
    "human": "Must have a recommended trainingweight and the data related to the angles being performed in results ",
    "expression": "DiagnosticReport.result.count() >=2",
    "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/Angles"
  }
]
```

Figura 3.11 - Restrição aplicada ao perfil DiagnosticReport MedXForceTest

Serão descritos agora os perfis para a definição destes dois resultados.

### 3.3.4.2 Perfil RecommendedTrainingweight

Este perfil foi construído com base no recurso *Observation*, como está descrito no Apêndice A, onde é apresentado ao paciente qual é o valor de peso recomendado de treino sem que este sinta nenhum desconforto na região lombar. Para isso, foram definidos uma série de parâmetros:

Neste perfil o *id* com o qual foi instanciado tem de ser igual ao que foi dado na referência para a definição do resultado, sendo o parâmetro *meta* utilizado para se poder definir o *profile* segundo o qual se irá validar a instância apresentada, podendo ser introduzido mais do que um perfil, que esteja de acordo com a estrutura definida neste perfil.

- **code** – tal como referido anteriormente, o perfil em questão garante que o código *RecommendedTrainingWeight*, código que foi desenvolvido no *CodeSystem* próprio que é utilizado para que o sistema seja capaz de identificar qual é a observação, da mesma forma que não se restringe a utilização de outros vocabulários.
- **derivedFrom** – é estabelecido que o perfil *AngleForceSet* está correlacionado, onde o valor obtido neste perfil advém exclusivamente do número de ângulos efetuados.
- **valueQuantity** – são definidas as unidades em que os valores serão apresentados, deixando em aberto a parte relativa ao valor dado ser este alvo de uma restrição, como se pode ver na (Figura 3.12).

```

{
  "key": "val-1",
  "severity": "error",
  "human": "All weight values should be between 0 and 200",
  "expression": "$this > 0 and $this < 200",
  "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/recommended_trainingweight",
  "xpath": "f:value/@value > 0 and f:value/@value < 200"
}

```

Figura 3.12 - Restrição aplicada ao perfil RecommendedTrainingWeight

### 3.3.4.3 Perfil AngleForceSet

Este perfil foi desenhado a partir de um recurso Observation como está descrito no Apêndice A, onde se pretende apresentar o conjunto de ângulos observados. Da mesma forma que o anterior é necessário que o *id* definido para se saber a qual perfil nos referimos. O parâmetro *meta* é necessário para definir o campo pertencente ao perfil utilizada para fazer a validação de uma determinada instância. Os parâmetros que definem este perfil são:

- **code** – aplica-se a mesma estratégia dos anteriores, definindo o código *AngleForce* no *CodeSystem* próprio que identifica claramente a observação, sendo ele o único que deve constar na especificação, não estando circunscritos apenas a este, podendo ser adicionados outros vocabulários para facilitar a interoperabilidade entre outras plataformas.
- **hasMember** – para este caso específico está relacionado com o número de ângulos efetuados, sendo que no perfil em questão é especificado que exista no mínimo uma observação individual de um ângulo, não limitando o número de observações individuais que possam ser efetuadas.

Neste campo, foi criada uma restrição para que não houvesse ângulos repetidos, que será apresentada na (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3** - Restrição aplicada ao perfil AngleForceSet

key	val-1
severity	error
human	It is not allowed to have two repeated angles
expression	hasMember.select(resolve().component).where(code.coding.code='Angle').select(valueQuantity.value).is Distinct()
source	http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/angle-force-set

#### 3.3.4.3.1 Perfil AngleForce

O perfil agora proposto é também uma observação, que tem por base o número de ângulos efetuados, ou seja, a composição das observações individuais de cada ângulo.

Os parâmetros que definem este perfil são:

- **id** – neste caso serve para identificar individualmente cada uma das observações efetuadas. No caso específico são identificadas como Angle-Force-X, em que X refere-se ao número do ângulo efetuado.
- **meta** – apenas é necessário este parâmetro para se definir o perfil que nos permite efetuar a validação da instância.
- **code** – a metodologia é exatamente a mesma anteriormente especificada, ou seja, na nossa implementação envia-se o código *Angle* definido nos vocabulários desenvolvidos, mas sem restrição para a introdução de novos códigos para interoperabilidade com outras plataformas.
- **component** – podem ser efetuadas múltiplas observações, onde são incluídos pares de valores. Para o caso foi definido que teríamos duas componentes como é visto no Apêndice A, que é o ângulo e força, definindo os códigos para cada uma das observações assim como os valores. A definição dos códigos destas componentes aborda a mesma metodologia seguida anteriormente, ou seja, existe um código que identifica claramente o ângulo e a força que foram definidos no *CodeSystem* próprio, mas podem ser introduzidos vocabulários diferentes que identifiquem essas componentes para interoperabilidade com outras plataformas.
- **valueQuantity** – as unidades dos valores medidos na observação. Na nossa implementação apenas é especificado o valor do ângulo e da força.

Também neste perfil foi criada uma restrição, para garantir que se tenha sempre um par de ângulo-força, que se encontra descrita na (Tabela 3.4).

**Tabela 3.4** - Restrição aplicada ao perfil AngleForce

key	val-1
severity	error
human	It's not a valid pair angle-force
expression	Observation.component.where(code.coding.code='Angle').select(valueQuantity.code='deg')   Observation.component.select(code.coding.code='Strength Training')
source	<a href="http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/Angles">http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/Angles</a>

### 3.3.5 MedX Training Test

O training é também um exercício que é obrigatório ser feito na MedX, em que é traçado um plano pelo fisioterapeuta durante 18 semanas com base no valor de peso de treino recomendado, durante as quais o cidadão executa um treino de reforço da sua região lombar.

#### 3.3.5.1 DiagnosticReport MedXTrainingTest

O método seguido para o desenvolvimento do perfil *MedXTrainingTest*, assenta na mesma forma que o anterior, mas com umas ligeiras nuances, que podem ser vistas no Apêndice B, em que a bold se encontram os resultados na definição do perfil. Para simplificação do modelo de dados, apresenta-se apenas a parte referente ao “differential” do StructureDefinition do subcapítulo 3.3.2.2, que são as alterações relativamente ao recurso base. Passando a definição do perfil, verifica-se que em primeiro lugar o mesmo precisa de ter um *id* onde é identificado de forma única o DiagnosticReport efetuado. O parâmetro *meta*, é utilizado para se poder definir o *profile* que define a validação de uma determinada instância, onde existe a possibilidade de serem especificados mais perfis, mas no caso concreto foi apenas definindo um.

É utilizada a mesma metodologia para o parâmetro *code* neste perfil, tal como foi referido no subcapítulo 3.3.4.1.

Da mesma maneira que o anterior, são descritos três *results* com base nos elementos a avaliar durante o treino que são:

- **Repetitions** – durante a realização de um treino são efetuadas um total de 18 repetições.
- **Precision Score** - que permite medir a qualidade de acompanhamento do exercício, com base no número de repetições e de como o cidadão foi preciso na realização do mesmo.

- *Sensor Data Raw* – valor dos ângulos efetuados durante um treino, com precisão implícita.

De seguida, descreve-se os perfis para a definição dos resultados obtidos.

### 3.3.5.2 Perfil Repetitions

Como visto no Apêndice B, o perfil agora abordado assenta na *StructureDefinition* do recurso *Observation*, apesar de neste caso a modelação dos dados estar a incidir na parte diferenciadora do *StructureDefinition*, isto é, o que foi acrescentado ao recurso base.

Na descrição do perfil, tem-se alguns elementos dos quais:

- *id* – deve ser único para o perfil em questão.
- *meta* – onde vai ser especificado um conjunto de informações do recurso, mas para o caso em concreto pretendemos o perfil que nos permite validar a instância apresentada, podendo ser acrescentados outros perfis que venham a ser desenvolvidos e que estejam de acordo com a *StructureDefinition* definida.
- *code* – Na especificação do perfil em causa, é definido para o sistema possa entender a qual observação nos estamos a referir, a definição do código *Repetitions* como mínimo na interpretação da observação, não havendo restrições a introdução de novos códigos, para permitir troca de dados entre diferentes plataformas.
- *valueInteger* – o valor que se espera é uma constante, sendo este valor deixando em aberto pois é nele que se iria aplicar a restrição, para que não se ultrapasse o valor máximo de repetições que é de 18.

Na (Figura 3.13), apresenta-se a restrição aplicada a este perfil.

```
{
  "key": "val-1",
  "severity": "error",
  "human": "Repetitions values between 0 and 20",
  "expression": "$this > 0 and $this < 20",
  "xpath": "f:value/@value > 0 and f:value/@value < 20",
  "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/repetition"
}
```

Figura 3.13 - Restrição aplicada ao perfil Repetitions

### 3.3.5.3 Perfil PrecisionScore

Este perfil, cuja definição está no Apêndice B, foi construído para se saber a performance que o paciente obteve durante o treino onde na modelação de dados efetuada aponta para o que foi adicionado ao recurso base que se encontra na (Figura 3.9).

- *id* – tal como referido anteriormente.
- *meta* – para a definição do perfil que nos irá permitir a validação da instância, sendo especificado um perfil, mas não se restringe a outros perfis que respeitem a *StructureDefinition*.
- *code* – tal como já mencionado anteriormente. Na implementação feita envia-se o código *PrecisionScore* que identifica claramente a observação.
- *valueQuantity* - são apresentadas as unidades da observação, sendo o parâmetro *value*, um parâmetro em aberto, precisando apenas de se verificar se este se encontra entre 90 e 100 % conforme é demonstrado na restrição efetuada para o efeito, na (Figura 3.14). Na implementação feita é o único valor enviado.

```
{
  "key": "val-1",
  "severity": "error",
  "human": "Score percentage between 90 and 100, indicate a good accomplished of training",
  "expression": "$this > 90 and $this < 100",
  "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/PrecisionScore",
  "xpath": "f:value/@value > 90 and f:value/@value < 100"
}
```

Figura 3.14 - Restrição aplicada ao Perfil PrecisionScore

### 3.3.5.4 Perfil SensorDataRaw

Como vista na (Figura 3.15) e na definição deste perfil no Apêndice B, está-se à espera do número de ângulos que são efetuados pelo paciente ao longo de um treino, sendo que de seguida irão ser descritos os parâmetros necessários para este mapeamento.

- *id* – tal como referido anteriormente.
- *meta* – define-se o perfil que nos permitir validar a instância, sendo incluído apenas um perfil, mas permite a integração de outros perfis.
- *code* – tal como já mencionado anteriormente. Na implementação envia-se o código desenvolvido no CodeSystem próprio *Sensor results*, podendo ser incorporados novos códigos para interoperabilidade com outras plataformas.
- *valueSampledData* – Na nossa implementação apenas é enviado o número de ângulos efetuados pelo cidadão, não restringindo o envio de outros dados.

```
{
  "key": "val-1",
  "severity": "error",
  "human": "Must have a code to specified the observation sensor data",
  "expression": "Observation.select(code.coding.code= 'Sensor| results')",
  "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/sensor-data"
}
```

Figura 3.15 - Restrição para o Perfil SensorDataRaw

### 3.3.6 WearableData

O *CH* tem como principal função a integração de dados relacionados com a saúde que advém de *wearables* e *smart-devices*. O modelo de dados para a definição do perfil, apresenta-se na (Figura 3.16).

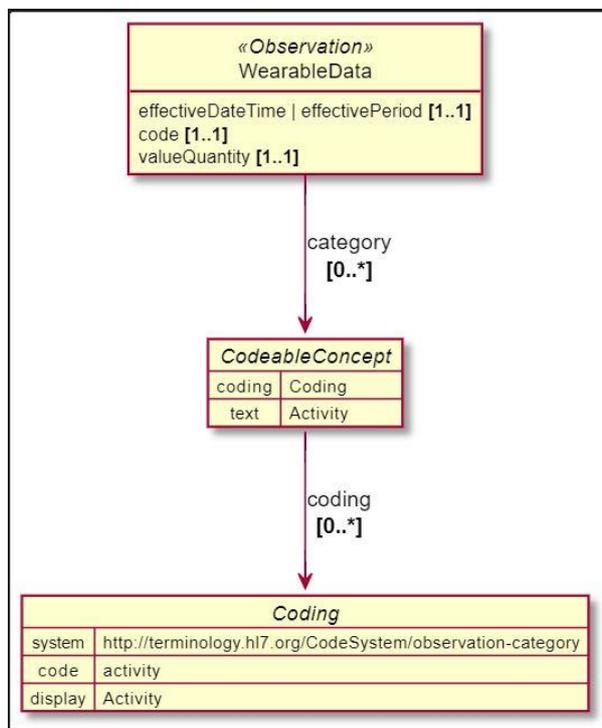


Figura 3.16 - Perfil WearableData

O perfil agora representado segue o modelo de dados da (Figura 3.10), onde está a definição completa do recurso, mas por simplificação da apresentação do mesmo apenas se demonstra a parte diferenciadora em relação à definição.

No perfil em questão e para as observações individuais que iram ser mencionadas posteriormente é também especificado um parâmetro *code* como é visto na (Figura 3.16), para se possa identificar de forma clara a que se refere a observação realizada, sendo possível a introdução de novos códigos. O parâmetro *category* serve para classificar o tipo de observação efetuada e permite que possam ser colocados outros códigos para permitir interoperabilidade com outras plataformas, sendo que neste caso foi apenas utilizado o código “*activity*”.

Na definição do perfil, podem ser efetuadas observações de duas maneiras, sendo necessário a definição de uma delas devido a cardinalidade imposta no perfil, para que a instância apresentada de seguida, seja devidamente representada.

- *effectiveDateTime* – quando se quer efetuar uma observação num determinado instante temporal.
- *effectivePeriod* - o período de tempo na qual foi feita a observação.

Por fim é indicada de que forma as unidades em que os valores devem ser medidos, através do parâmetro *valueQuantity*.

### 3.3.6.1 Observation for WearableData

Para a obtenção das informações relativamente aos wearables, foi determinado que o mesmo seria através do recurso Observation. Posto isto, apresenta-se o exemplo de uma observação e explicação dos diversos parâmetros, como vista no Apêndice C e no Apêndice D.

No exemplo apresentado no primeiro elemento apresenta-se o *id* único segundo a qual a observação é identificada, enquanto o parâmetro *meta* é onde se coloca o perfil que se deve seguir para uma correta definição de todo o tipo de dados, sendo apenas colocado um apesar da sua definição permitir que outros tipos de perfis sejam incluídos. Temos depois parâmetros que permitem a especificação mais particular:

- ***code*** – este parâmetro pretende classificar o tipo de observação que é feita. Neste exemplo enviamos o código 8873-2 – *Heart rate 24 hour maximum* para observações diárias e o código 8869-0 – *Heart rate 1 hour maximum* para observações horárias. Na implementação efetuada são os únicos códigos que são enviados.
- ***category*** – Para enquadrar as informações que são recolhidas através dos wearables, nos nossos recursos é especificada uma categoria preferida dentro do valueSet *ObservationCategoryCodes*, sendo ela a categoria “*activity*”, que são observações realizadas da atividade física do cidadão. Não é restringida a introdução de outros códigos por forma a permitir a interoperabilidade com outros sistemas.
- ***effectivePeriod*** – o intervalo de tempo durante o qual foi feita a observação. Neste caso, efetuou-se a distinção em dois períodos de tempo, ou seja, foram feitas medições diárias e horárias, como se pode ver nos exemplos apresentados, sendo que para isso foram utilizados dois códigos LOINC distintos.
- ***valueQuantity*** – onde se apresenta as unidades dos valores a serem medidos. Neste exemplo define-se qual é a unidade do valor a ser medido, neste caso são beats/m, o sistema onde está definida a unidade e o seu valor. Na nossa implementação os únicos valores a serem enviados é o valor e a unidade do que é medido.

Na (Figura 3.17), está apresentada a restrição para o exemplo apresentado.

```
{
  "key": "val-1",
  "severity": "error",
  "human": "Heart Rate Maximum over 100 may indicate some heart problems",
  "expression": "$this<100",
  "source": "http://fhir.uninova.pt/StructureDefinition/Heart_rate_max",
  "xpath": "f:value/@value < 100"
}
```

**Figura 3.17** - Restrição para o exemplo apresentado no Perfil Observation for WearableData

Ficou definido que seriam feitas observações individuais para cada uma das componentes que os wearables podem medir, sendo elas:

- Blood-Pressure
- Calories
- Distance
- Heart-Rate-Avg
- Heart-Rate-Max
- Heart-Rate-Min
- Posture Correct
- Posture Incorrect
- Oxygen Saturation
- Respiratory-Rate-Max
- Respiratory-Rate-Min
- Steps

Na (Tabela 3.5), apresenta-se os códigos utilizados para cada uma dessas observações individuais.

Tabela 3.5 - Codificação das observações individuais nos wearables

Observação	CodeSystem	Code
Blood-Pressure	http://loinc.org	8478-0
Calories	http://loinc.org	93819-1
Distance	http://loinc.org	41953-1
Heart-Rate-Avg	http://loinc.org	41924-2
Heart-Rate-Min	http://loinc.org	8883-1
Posture Correct	http://snomed.info/sct	51093005
Posture Incorrect	http://snomed.info/sct	249858009
Oxygen Saturation	http://loinc.org	59408-5
Respiratory-Rate-Max	http://loinc.org	9284-1
Respiratory-Rate-Min	http://loinc.org	9294-0
Steps	http://loinc.org	41950-7

Uma das principais resoluções que advém da transformação dos dados que foi efetuado, prende-se com a utilização de um módulo cujo desenvolvimento é feito por um parceiro do projeto Smart4Health que permite a exportação dos dados para a plataforma.

## 3.4 Implementação dos Conectores

### 3.4.1 Ferramentas de Aplicação

Neste subcapítulo estão descritas algumas das ferramentas que possibilitam o desenvolvimento do perfil propriamente dito, por exemplo, código desenvolvido em diversas linguagens ou através de uma ferramenta disponibilizada pela plataforma *Simplifier*, que não é nada mais do que um repositório, onde se podem encontrar todos os recursos HL7 FHIR definidos.

A aplicação *Forge for HL7 FHIR R4*, é uma aplicação que permite a quem a utiliza, a criação, edição e validação de FHIR *profiles*, assim como extensões e *implementation guides*. Esta aplicação está integrada também com o *Simplifier*, o que possibilita que se faça uma busca e publique os recursos criados nesta plataforma também. A mesma permite ainda a integração fácil com servidores FHIR online e registos FHIR, de forma que se faça download e publicação de perfis.

Pela familiarização da aplicação *Visual Studio Code*, optou-se pela mesma para o desenvolvimento do código para a construção dos perfis, que possibilitaram a transformação dos dados.

#### 3.4.1.1 Simplifier

Esta plataforma foi utilizada para ajudar na elaboração dos perfis, nomeadamente e por se tratar de um repositório de recursos FHIR que possui todo um conjunto de informações, que foram úteis para o desenvolvimento dos perfis pretendidos. Nomeadamente efetuou-se pesquisa para se perceber como era possível fazer:

- Referências para outros perfis necessários.
- Agregação de resultados num determinado parâmetro.
- Verificação do perfil construído.

Por vias disso, é uma ferramenta que nos ajuda a avaliar tanto os perfis, como os exemplos práticos para os mesmos, apresentando possíveis erros que podem surgir na sua construção.

#### 3.4.1.2 Visual Studio Code

Esta aplicação serviu para pôr em prática toda a pesquisa efetuada, relativamente aos recursos que irão ser utilizados para posterior definição dos novos perfis.

Efetivamente, procedeu-se à criação de diversos perfis pretendidos para o efeito deste trabalho, tendo por base a definição geral do recurso a utilizar, aplicando apenas as alterações necessárias na parte “*differential*” do recurso base, como já referido em cada um dos perfis desenvolvidos. Sendo assim, incluíram-se parâmetros que permitem identificar claramente a observação, a cardinalidade de novos parâmetros para que fosse ao encontro do que se pretende e a criação de condições que permitem restringir o conjunto de valores a apresentar.

### 3.4.2 Transformação dos Dados

Para o caso do mapeamento dos dados, iremos receber como *input* um ficheiro de texto contendo os valores lidos dos sensores. Esse ficheiro é então processado e o seu conteúdo transformado usando o perfil definido, para um formato FHIR válido e codificado em JSON. Posteriormente irá ser percorrido todo este ficheiro para se poder aceder a todas as informações que lá estão, armazenando-as na variável *input* (ver **Figura 3.19**).

Depois de se ter as informações guardadas nesta variável e apenas a título de exemplo, apresenta-se na figura (**Figura 3.18**), a função *createDiagnosticReport* que estará à espera de receber os seguintes parâmetros:

- *citizenId*
- *trainingId*

- *effectiveDateTime*
- *repetitions*
- *percentage*
- *steps*
- *calories*
- *sampledData*

```
function createDiagnosticReport(
  citizenId,
  trainingId,
  effectiveDateTime,
  repetitions,
  percentage,
  steps,
  calories,
  sampledData
)
```

Figura 3.18 - Função createDiagnosticReport

De seguida, como se pode ver na (Figura 3.19) cria-se uma variável *diagnosticReport* para retornar esses mesmos dados para a função criada para o efeito., que estão guardados na variável *input*, em que esta acederá a cada uma das posições do ficheiro JSON, para capturar o valor relativo a cada um dos parâmetros que se encontram no mesmo.

```
const parser = {
  parse: function (input) {
    var sampledData = "";

    input.sensor_data.forEach((element) => {
      sampledData += ` ${element.angle}`;
    });

    sampledData = sampledData.trimStart();

    const diagnosticReport = createDiagnosticReport(
      input.citizen_id,
      input.training_ID,
      new Date(input.start_time),
      input.repetitions,
      input.score.percentage,
      input.score.steps,
      input.score.calories,
      sampledData
    );

    return diagnosticReport;
  },
};
```

Figura 3.19 - Captura e envio dos dados vindos do ficheiro de input

Com os dados guardados nesta função constrói-se um recurso, neste caso um *DiagnosticReport*, correspondente a um determinado perfil, como se pode ver na (Figura 3.20), onde os parâmetros *effectiveDateTime*, *citizenId* e *trainingId*, são preenchidos com os valores que já se encontram na função anteriormente mencionada.

```
return {
  resourceType: "DiagnosticReport",
  id: trainingId,
  status: "final",
  effectiveDateTime: effectiveDateTime,
  code: {
    text: "Training",
  },
  subject: {
    reference: "Patient/" + citizenId,
  },
  encounter: {
    reference: "Encounter/" + trainingId,
  },
  result: [
    {
      reference: "#score",
    },
    {
      reference: "#repetitions",
    },
    {
      reference: "#sensor-data-raw",
    },
  ],
}
```

Figura 3.20 - Exemplo de resource construído com base nos valores recebidos do ficheiro de input

Tal como já referido nos capítulos 3.1.1.3 e 3.1.2, foram desenvolvidos dois conectores um para a B-Health IoT Box e para o Citizen Hub. Relativamente ao envio dos dados recolhidos por estes Hubs para as plataformas de saúde e bem-estar, procede-se da seguinte forma:

- Inicialmente os dados estão segundo um formato em que o standard FHIR, não é capaz de os interpretar sendo por isso necessário um conversor que transforme os mesmos para o formato JSON.
- Com os dados num formato que o FHIR possa compreender, constroem-se os recursos FHIR, para o efeito o recurso *Observation* e o *DiagnosticReport* e é enviada uma *Observation* ou um *DiagnosticReport* para este servidor FHIR, correspondente a um determinado perfil.
- É feito um pedido ao servidor FHIR através do conector desenvolvido, através do FHIR *connector*, de uma *Observation* ou de um *DiagnosticReport*.
- Este servidor FHIR é capaz de interpretar os dados que lhe foram enviados e armazená-los.



## VALIDAÇÃO

O cenário base é o ponto de partida para a validação da solução adotada. Neste caso a validação efetuada prende-se ao ponto de vista prático, isto é, assegurar que a solução traçada é a que satisfaz o pretendido. Partindo disto, verifica-se que a solução apresentada foi implementada tanto nos projetos *Smart4health* e *Smartbear*, estando a funcionar corretamente, como se pode verificar pelos exemplos práticos demonstrados nos perfis desenvolvidos, de que os recursos estão a ser aplicados e os dados mapeados corretamente para a plataforma.

Mais do que isso, tudo aquilo que foi desenvolvido ao longo desta dissertação tem sido e está aplicado em casos reais como é o caso da MedX que está no *Ikea Industry* e no Citeve na zona do Norte de Portugal, na (Figura 4.2) e na (Figura 4.4), sendo que existe o caso também na zona da Madeira onde está disponível tanto a máquina (ver Figura 4.1), como em dispositivos móveis utilizados para o envio de dados para as plataformas (ver Figura 4.3), existindo ainda em fase de implementação neste momento a MedX no Campus da Nova de Lisboa no Monte da Caparica, como se mostra na (Figura 4.5).

A validação deste cenário foi também corroborada através da interoperabilidade existente entre os sistemas em utilização, isto é, software HM e CHDP, assim como todos os módulos existentes, sendo que para isso também contribuiu o módulo SDK, desenvolvido por um parceiro do projeto, que permite a utilização de bibliotecas de referência do FHIR<sup>3</sup> para posterior envio dos dados relativos às situações necessárias para a plataforma *Smart4Health*, assim como a plataforma *SmartBear*.

---

<sup>3</sup> Para mais informações, consultar: [GitHub - d4l-data4life/hc-sdk-kmp: Health Client SDK \(Android and JVM\) for interacting with the Data4Life Personal Health Data Platform.](https://github.com/d4l-data4life/hc-sdk-kmp)



Figura 4.1 - Máquina instalada na Madeira

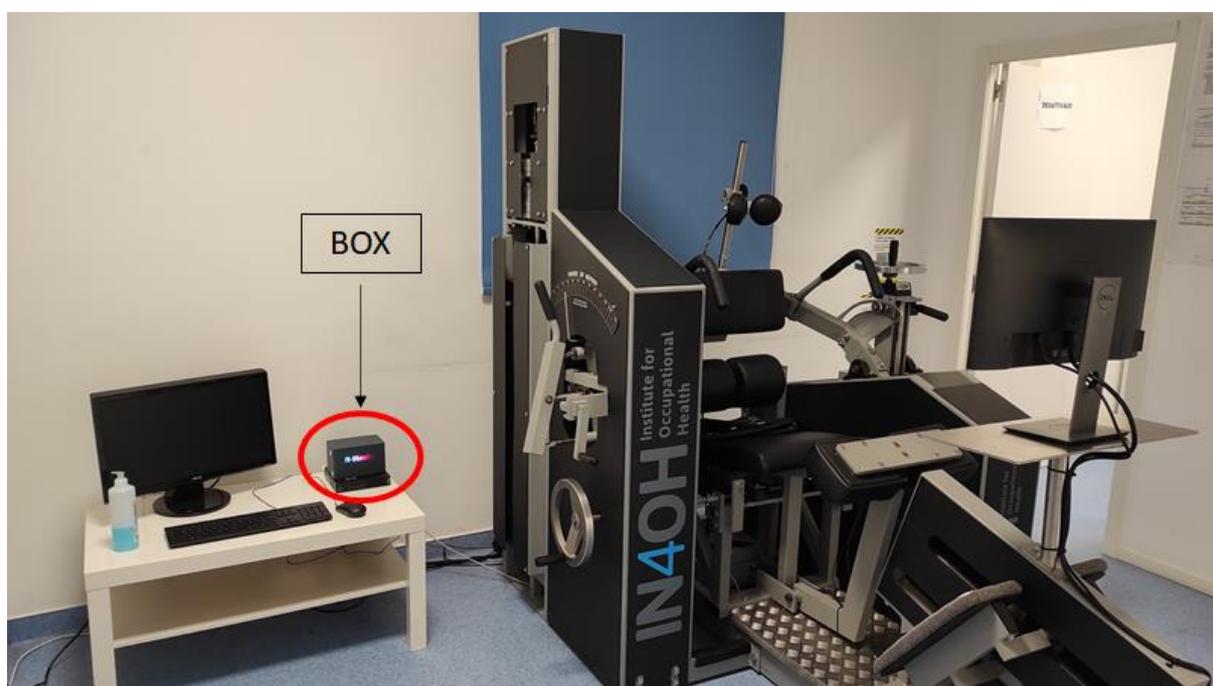


Figura 4.2 - Máquina instalada no Ikea Industry em Paços de Ferreira



**Figura 4.3** - Kit SmartBear

Na **(Figura 4.3)**, está ilustrado o Kit *SmartBear* que é composto pelos seguintes elementos:

- 1 – Termómetro Digital, Sensor de Postura e Oxímetro
- 2 – Telemóvel Samsung A31
- 3 – Monitor de Pressão Arterial, *Smartwatch* e Balança Inteligente,



**Figura 4.4** - Máquina MedX instalada no Citeve



**Figura 4.5** - Máquina instalada no Uninova

## 4.1 Validações Tecnológicas

### 4.1.1 Validações para Teste de Força MedX

Neste subcapítulo serão efetuados alguns testes realizados para corroborar o que foi descrito no perfil acerca do teste de força. Vai ser avaliada a cardinalidade e as restrições das observações.

#### 4.1.1.1 DiagnosticReport MedXForceTest

Na (Figura 4.6), apresenta-se um possível erro que ocorre quando não são definidos resultados neste perfil. De acordo com a (Figura 3.11), onde se apresenta a restrição para o perfil em causa, verifica-se que estes têm de obrigatoriamente conter estes dois resultados, dando origem ao seguinte erro:

- *“Must have a recommended trainingweight and angle force set in results.”*

```
"category": [
  {
    "coding": [
      {
        "system": "http://hl7.org/fhir/ValueSet/observation-category",
        "code": "exam",
        "display": "exam"
      }
    ],
    "text": "Daily report about the angles and force performed by a patient"
  }
],
"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://hl7.org/fhir/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "DiagnosticReport MedXForceTest",
      "display": "Daily Report about the measurements made during a force test"
    }
  ],
  "text": "Force Test"
},
"subject": {
  "reference": "Patient/citizen_83"
},
"result": [
],
```

Figura 4.6 – Exemplo de erro aplicado ao perfil DiagnosticReport MedXForceTest

#### 4.1.1.2 Recommended-Trainingweight

Na (Figura 4.7), apresenta-se um possível erro para este perfil. Por forma a garantir que o cidadão não sinta desconforto ao nível lombar e como todos os cidadãos são diferentes, a restrição definida na (Figura 3.12), que pretende garantir um valor de peso recomendado máximo, onde se o valor deste for ultrapassado obtém-se o seguinte erro:

- *“Recommended Trainingweight values should be between 0 and 200.”*

```

"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://hl7.org/fhir/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "recommended-trainingweight",
      "display": "Recommended Trainingweight (kg)"
    }
  ],
  "text": "Observation related to recommended trainingweight"
},
"derivedFrom": [
  {
    "reference": "angle-force-set"
  }
],
"valueQuantity": {
  "code": "kg",
  "system": "http://unitsofmeasure.org",
  "unit": "kilogram",
  "value": 205
}

```

Figura 4.7 - Exemplo de erro aplicado ao perfil RecommendedTrainingWeight

#### 4.1.1.3 Angles

Na (Figura 4.8), está demonstrado o que acontece quando são colocados dois ângulos iguais, pois através da restrição definida na (Tabela 3.3), verifica-se que não podem ocorrer ângulos repetidos, como se pode observar pela mensagem de erro:

- *"It is not allowed to have two repeated angles."*

```

"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "Angle-Force",
      "display": "Measurements about the angles and force performed"
    }
  ],
  "text": "Angle-Force"
},
"hasMember": [
  {
    "reference": "#angle-force-0"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-0"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-12"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-24"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-36"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-48"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-60"
  },
  {
    "reference": "#angle-force-72"
  }
]

```

Figura 4.8 - Exemplo de erro para o perfil AngleForceSet

Da mesma maneira que na restrição definida na (Tabela 3.4), apresenta-se também que aquando da definição de uma observação individual de um ângulo este tem que conter obrigatoriamente um par ângulo-força, sendo isso verificado através da introdução do código específico para cada uma das componentes do ângulo, onde no caso de isso não ser efetuado aparece a seguinte mensagem de erro, como se vê através do parâmetro *code* em cada uma das componentes na (Figura 4.9):

- *"It's not a valid pair angle-force"*

```
"component": [
  {
    "code": {
      "coding": [
        {
          "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
          "code": "CitizenAngle",
          "display": "Angle performed"
        }
      ],
      "text": "Angle"
    },
    "valueQuantity": {
      "code": "deg",
      "system": "http://unitsofmeasure.org",
      "unit": "degree",
      "value": 0.0
    }
  },
  {
    "code": {
      "coding": [
        {
          "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
          "code": "CitizenForce",
          "display": "Force"
        }
      ],
      "text": "Force"
    }
  }
]
```

Figura 4.9 – Exemplo de erro para o perfil AngleForce

## 4.1.2 Validações para o MedX Training Test

Este subcapítulo reporta os testes para o Perfil MedXTrainingTest. Será validada a cardinalidade e as restrições das observações.

### 4.1.2.1 Repetitions

Na (Figura 4.10), apresenta-se um possível erro definido para este resultado. Por forma a garantir que o paciente não exceda um certo número de repetições definidas, na (Figura 3.13), restrição definida que pretende garantir isso mesmo, onde quando o valor deste é ultrapassado apresenta-se a seguinte mensagem de erro:

- *“Repetitions values between 0 and 20”*

```
"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "Repetitions",
      "display": "Training Repetitions"
    }
  ],
  "text": "Number of repetitions"
},
"valueInteger": 60
```

Figura 4.10 – Exemplo de erro para o perfil Repetitions

#### 4.1.2.2 PrecisionScore

Na (Figura 4.11), é apresentado um exemplo tipo de como irá ser feito o mapeamento dos dados. Pretende-se avaliar a capacidade de acompanhamento do treino, sendo na (Figura 3.14), a restrição que apresenta isso mesmo, onde se obtém o seguinte erro:

- “Score percentagem between 90 and 100, indicate a good accomplished of training”

```
"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "Precision Score ",
      "display": "Score performed during the training"
    }
  ],
  "text": "Precision Score in the training"
},
"derivedFrom": [
  {
    "reference": "sensor-data-raw"
  }
],
"valueQuantity": {
  "code": "%",
  "system": "http://unitsofmeasure.org",
  "unit": "%",
  "value": 110
}
```

Figura 4.11 – Exemplo de erro para o perfil PrecisionScore

#### 4.1.2.3 Sensor Data Raw

Na (Figura 4.12), apresenta-se um exemplo prático que resulta da leitura do sensor de todos os valores de ângulo efetuados por um cidadão. Neste perfil, a única restrição que deve estar realmente presente é a apresentação de um código que diga exatamente o tipo de observação que estamos à espera, como é visto na (Figura 3.15).

```
"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://fhir.uninova.pt/CodeSystem/TerminologyApplication",
      "code": "Sensors result",
      "display": "Data collected from sensors in the MedX LE"
    }
  ],
  "text": "Sensor data results"
}
```

Figura 4.12 - Exemplo de erro para o perfil Sensor Data Raw

### 4.1.3 Validações WearableData

Apresenta-se um exemplo de um tipo de observação que pode ser feita pelos *wearables*. Neste exemplo, a restrição imposta na (Figura 3.17), irá devolver um erro apresentado na (Figura 4.13), visto que o batimento cardíaco está acima do valor estabelecido pela restrição, dando origem ao seguinte erro:

- “Heart rate Maximum over 100 may indicate some heart problems.”

```
"code": {
  "coding": [
    {
      "system": "http://loinc.org",
      "code": "8873-2",
      "display": "Heart rate 24 hour maximum"
    }
  ],
  "text": "Heart rate maximum"
},
"effectivePeriod": {
  "start": "2021-11-02T00:00:00.000Z",
  "end": "2021-11-02T23:59:59.999Z"
},
"valueQuantity": {
  "value": 110,
  "unit": "beats/minute",
  "system": "http://unitsofmeasure.org",
  "code": "/min"
}
```

Figura 4.13 - Exemplo de erro no exemplo apresentado para o perfil Observation for *WearableData*

## CONCLUSÕES

Tendo em vista a melhoria da qualidade de vida dos pacientes cujo foco é centralizado em problemas de saúde, os avanços tecnológicos das últimas décadas permitiram que acima de tudo fosse possível um maior controlo sobre a saúde, devido ao aparecimento de *wearables devices*, como é o caso de *smartwatches*, medidores de pressão arterial, termómetros digitais, entre outros dispositivos. Desta forma a investigação desta dissertação destacou-se pela utilização de FHIR para garantir que os dados recolhidos através de sensores e *wearable devices* pudessem efetivamente ser utilizados para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos através da incorporação dos mesmos em plataformas de saúde e bem-estar.

No decorrer deste trabalho, foi notória o quão é importante a interoperabilidade nos sistemas de saúde. Os cidadãos querem ter acesso aos seus dados de saúde em qualquer lugar e para isso é necessário garantir que diferentes sistemas estejam conectados, integrados e coordenados. A captura e mobilização de dados em várias fontes de equipas clínicas, serviços de saúde e pessoas diferentes deve ser acessível e perfeitamente interoperável (Weichhart & Stry, 2018)(Wassermann & Fay, 2017).

Esta dissertação teve como principal âmbito a utilização de dados de saúde e bem-estar, para que fossem exportados para qualquer plataforma de saúde e bem-estar, onde em primeiro lugar houve um estudo acerca da camada de interoperabilidade, que é onde incide o ónus da questão na dissertação, para além do foco ser no standard de mensagens FHIR, existe também a parte interoperável que permite toda a comunicação entre os sistemas.

Ao nível da informação, a norma FHIR vem mitigar algumas destas lacunas ao nível da agregação da informação, que nos apresenta um conjunto de recursos que é onde a informação recolhida destes sensores é alocada, para posterior envio para as diversas plataformas. A alocação das referidas informações, pode atingir um grau de sucesso mais elevado no seu mapeamento quando o referido recurso já se encontra no seu nível máximo de desenvolvimento.

Após análise aprofundada do conjunto de recursos que o FHIR possui optou-se essencialmente por dois: o *DiagnosticReport* nos casos em que ficou decidido agregar todo um

conjunto de observações e o *Observation* em que se pretende fazer observações individuais como é o caso dos *wearables*.

Na implementação efetuada teve-se em atenção o uso de vocabulários, que é através destes que as informações são transformadas para FHIR e depois são enviados para a plataforma. Foram desenvolvidas e ajustadas algumas das terminologias que já estavam a ser utilizadas, mas para lidar com a falta de algumas terminologias, desenvolveu-se um *CodeSystem* próprio com a introdução e definição do conjunto de códigos, ou seja, definiu-se um código que permite identificar qual é a observação a ser efetuada, assim como a sua representação textual para esta observação nos perfis em que eram necessários por forma a obter um mapeamento correto, códigos esses que serão aperfeiçoados num projeto futuro como é referido posteriormente.

Outra das questões é a criação dos perfis. Os perfis são criados em condições muito próprias, sendo que consistem na adaptação dos recursos base FHIR já existentes para que os perfis que daí resultarem suportarem os casos de uso específicos, dando ainda a ideia de que ao criar um perfil, dá-se orientação a todos aqueles que posteriormente o queiram utilizar visto que é através do mesmo que se sabe como os dados vão ser armazenados (elementos obrigatórios, códigos a utilizar, entre outros), o que quer dizer que terão de ser sempre criados os perfis necessários para os casos específicos.

O mesmo se depreende da utilização de dispositivos, ou seja, pode-se ter um perfil onde são especificados todo o tipo de dispositivos que são utilizados, onde são utilizados um conjunto vasto de códigos para especificar o tipo de dispositivo pretendido e desta forma não é necessário a criação de um novo perfil cada vez que surge a necessidade de dar suporte a um novo dispositivo, sendo que existe a outra possibilidade de se ter um perfil que esteja limitado a um código específico de um dispositivo e neste caso será necessário a criação de um novo perfil sempre que for necessário dar suporte a um novo dispositivo.

Um dos aspetos a ter em conta é que os dados que são recolhidos por dispositivos para bem estar e *wearables*, normalmente não são mapeados através dos recursos disponíveis no FHIR, pelo que a criação de novos perfis em FHIR para incorporação dos dados recolhidos de sensores e *wearables*, foi a solução adotada para o mapeamento desses mesmos dados e posterior exportação para plataformas de saúde e bem-estar. Desta forma, a interoperabilidade entre os dados trocados e as plataformas é assegurado, para que sejam acedidos por profissionais de saúde especializados e que os mesmos possam criar condições para melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Sendo assim, verifica-se que a hipótese foi validada corretamente.

Os perfis desenvolvidos foram implementados quer na aplicação *Citizen Hub*, quer na MedX que se encontram na Madeira, Citeve, *Ikea Industry*, UNINOVA estando em funcionamento até à data da conclusão desta dissertação.

Após uma investigação aprofundada, verifica-se que existe algum trabalho futuro pela frente, de onde se depreende:

- Em primeiro lugar, é necessário ter em conta que a inexistência de vocabulários para a descrição de todo o conjunto de informações que para o qual foram efetuados alguns dos mapeamentos pedidos e que neste momento ficaram armazenados no subcapítulo 3.3.3. Neste sentido, foi necessário a requisição de novos termos LOINC, que para o caso foi feito o pedido, estando neste momento em apreciação para posterior validação e utilização no decorrer do mesmo projeto.
- Os desenvolvimentos implementados poderão ser alvo de melhorias aquando do feedback dado pelos utilizadores.
- Adaptar a solução para futuras versões.
- A box onde foi efetuado todo o desenvolvimento, pode vir a ser adaptada a outros ambientes.
- Aquando da introdução de novos *wearables*, pode ser necessário a definição de novos perfis para suporte aos mesmos, o que pode implicar também a mudança do recurso que está a ser utilizado.



## BIBLIOGRAFIA

- Adebesin, F., Foster, R., Kotzé, P., & Van Greunen, D. (2013). A Review of Interoperability Standards in E-health and Imperatives for their Adoption in Africa. *South African Computer Journal*, 50(May 2014). <https://doi.org/10.18489/sacj.v50i1.176>
- Agostinho, C., Almeida, B., Nuñez-Ariño, M. J., & Jardim-Gonçalves, R. (2014). Interoperability and standards: The way for innovative design in networked working environments. *Competitive Design - Proceedings of the 19th CIRP Design Conference*, 236(March), 139–146.
- Agrawal, A., He, Z., Perl, Y., Wei, D., Halper, M., Elhanan, G., & Chen, Y. (2013). The readiness of SNOMED problem list concepts for meaningful use of electronic health records. *Artificial Intelligence in Medicine*, 58(2), 73–80. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2013.03.008>
- Amin, S. U., Hossain, M. S., Muhammad, G., Alhussein, M., & Rahman, M. A. (2019). Cognitive Smart Healthcare for Pathology Detection and Monitoring. *IEEE Access*, 7, 10745–10753. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2891390>
- Babu, B. S., Srikanth, K., Ramanjaneyulu, T., & Narayana, I. L. (2016). IoT for Healthcare. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 5(2), 322–326. <https://doi.org/10.21275/v5i2.nov161096>
- Baker, S. B., Xiang, W. E. I., Member, S., & Atkinson, I. A. N. (2017). Internet of Things for Smart Healthcare.pdf. *IEEE Access*, 5, 26521–26544.
- Balogh, E. P., Miller, B. T., & Ball, J. R. (2016). Improving diagnosis in health care. In *Improving Diagnosis in Health Care*. <https://doi.org/10.17226/21794>
- Baskaya, M., Yuksel, M., Laleci Erturkmen, G. B., Cunningham, M., & Cunningham, P. (2019). mHealth4Afrika: Supporting standards based integration of medical sensor data. *Studies in Health Technology and Informatics*, 258(January), 259–260. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-959-1-259>
- Bender, D., & Sartipi, K. (2013). HL7 FHIR: An Agile and RESTful approach to healthcare information exchange. *Proceedings of the 26th IEEE International Symposium on*

- Computer-Based Medical Systems*, 326–331.  
<https://doi.org/10.1109/CBMS.2013.6627810>
- Benson, T., & Grieve, G. (2016). *Principles of Health Interoperability*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-30370-3>
- Benson, T., & Grieve, G. (2021). Principles of FHIR. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9, pp. 79–102). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-56883-2\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-56883-2_5)
- Bergamaschi, S., Castano, S., Vincini, M., & Beneventano, D. (2001). Semantic integration of heterogeneous information sources. *Data and Knowledge Engineering*, 36(3), 215–249. [https://doi.org/10.1016/S0169-023X\(00\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0169-023X(00)00047-1)
- Blog, H. L. (2014). *Understand the Three Levels of Interoperability*. Recuperado de <http://blog.healthlanguage.com/understand-the-three-levels-of-interoperability>.  
 Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- Bodenreider, O. (2008). Biomedical ontologies in action: role in knowledge management, data integration and decision support. *Yearbook of Medical Informatics*, 3841, 67–79. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1638585>
- Bodenreider, Oliver, Cornet, R., & Vreeman, D. (2018). Recent Developments in Clinical Terminologies — SNOMED CT, LOINC, and RxNorm. *Yearbook of Medical Informatics*, 27(01), 129–139. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1667077>
- Braunstein, M. L. (2018). Healthcare in the Age of Interoperability: The Promise of Fast Healthcare Interoperability Resources. *IEEE Pulse*, 9(6), 24–27. <https://doi.org/10.1109/MPUL.2018.2869317>
- Buchanan, J. (2017). Accelerating the benefits of the problem oriented medical record. *Applied Clinical Informatics*, 8(1), 180–190. <https://doi.org/10.4338/ACI-2016-04-IE-0054>
- Caranguian, L. P. R., Pancho-Festín, S., & Sison, L. G. (2012). Device interoperability and authentication for telemedical appliance based on the ISO/IEEE 11073 personal health device (PHD) standards. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, 1270–1273. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6346169>
- Collins, F. S., Hudson, K. L., Briggs, J. P., & Lauer, M. S. (2014). PCORnet: Turning a dream into reality. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 21(4), 576–577. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2014-002864>
- Continua Design Guidelines. (2018). Fundamentals of Medical-Grade Data Exchange. Recuperado de [https://www.pchalliance.org/sites/pchalliance/files/Fundamentals\\_Medical-Grade\\_Data\\_Exchange\\_Sep2018.pdf](https://www.pchalliance.org/sites/pchalliance/files/Fundamentals_Medical-Grade_Data_Exchange_Sep2018.pdf). Acedido a 23 de Julho de 2021.
- Cooper, T. (2018). 2018 Global health care outlook: The evolution of smart health care. Recuperado de [Deloitte](https://www.deloitte.com), 1–31.

- <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/Life-Sciences-Health-Care/gx-lshc-hc-outlook-2018.pdf>. Acedido a 3 de Dezembro de 2020.
- Crawford, K., Lingel, J., & Karppi, T. (2015). Our metrics, ourselves: A hundred years of self-tracking from the weight scale to the wrist wearable device. *European Journal of Cultural Studies*, 18(4–5), 479–496. <https://doi.org/10.1177/1367549415584857>
- Cutler, D. M., & McClellan, M. (2001). Is technological change in medicine worth it? *Health Affairs*, 20(5), 11–29. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.20.5.11>
- Deaton, A. (2008). Income, health, and well-being around the world: evidence from the Gallup World Poll. *The Journal of Economic Perspectives: A Journal of the American Economic Association*, 22(2), 53–72. <https://doi.org/10.1257/jep.22.2.53>
- Dhavle, A. A., Ward-Charlerie, S., Rupp, M. T., Kilbourne, J., Amin, V. P., & Ruiz, J. (2016). Evaluating the implementation of rxnorm in ambulatory electronic prescriptions. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(e1), 99–107. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv131>
- Diamond, C. C., Mostashari, F., & Shirky, C. (2009). Collecting and sharing data for population health: A new paradigm. *Health Affairs*, 28(2), 454–466. <https://doi.org/10.1377/hlthaff.28.2.454>
- Dolin, R. H., & Alschuler, L. (2011). Approaching semantic interoperability in Health Level Seven. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 18(1), 99–103. <https://doi.org/10.1136/jamia.2010.007864>
- Donaldson, P. M. S., & Lohr, K. N. (1994). Health Data in the Information Age. In *Health Data in the Information Age*. <https://doi.org/10.17226/2312>
- Duval, S., & Hashizume, H. (2006). Questions to improve quality of life with wearables: Humans, technology, and the world. *Proceedings - 2006 International Conference on Hybrid Information Technology, ICHIT 2006*, 1, 227–236. <https://doi.org/10.1109/ICHIT.2006.253492>
- El-Sappagh, S., Ali, F., Hendawi, A., Jang, J. H., & Kwak, K. S. (2019). A mobile health monitoring-and-treatment system based on integration of the SSN sensor ontology and the HL7 FHIR standard. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(1), 1–36. <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0806-z>
- Elkin, P. L., Brown, S. H., Husser, C. S., Bauer, B. A., Wahner-Roedler, D., Trent Rosenbloom, S., & Speroff, T. (2006). Evaluation of the content coverage of SNOMED CT: Ability of SNOMED clinical terms to represent clinical problem lists. *Mayo Clinic Proceedings*, 81(6), 741–748. <https://doi.org/10.4065/81.6.741>
- Enshaeifar, S., Barnaghi, P., Skillman, S., Markides, A., Elsaleh, T., Acton, S. T., Nilforooshan, R., & Rostill, H. (2018). The Internet of Things for Dementia Care. *IEEE Internet Computing*, 22(1), 8–17. <https://doi.org/10.1109/MIC.2018.112102418>

- European Commission. (2012). *Discussion Paper on Semantic and Technical Interoperability*. Recuperado de [https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/ehealth/docs/ev\\_20121107\\_wd02\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/ehealth/docs/ev_20121107_wd02_en.pdf). Acedido a 10 de Dezembro de 2020
- Farhud, D. (2015). Impact of Lifestyle on Health. Recuperado de. *Iranian Journal Public Health*, 44(11), 1442–1444. <https://ijph.tums.ac.ir/index.php/ijph/article/view/5299>. Acedido a 17 de Dezembro de 2020.
- Gibbons, P., Artz, N., Burke-Beebe, S., Chute, C., Dickinson, G., Flewelling, T., Jepsen, T., Kamens, D., Larson, J., Ritter, J., Rozen, M., Selover, S., Standford, J., & Halamaka, J. (2007). Coming to terms: Scoping Interoperability for Health Care. Recuperado de. *Health Level Seven EHR Interoperability Work Group*, 1–31. <http://www.hln.com/assets/pdf/Coming-to-Terms-February-2007.pdf>. Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- Giunchiglia, F., & Shvaiko, P. (2003). Semantic matching. *Knowledge Engineering Review*, 18(3), 265–280. <https://doi.org/10.1017/S0269888904000074>
- Gopinathan, K., Kaloumenos, N. A., Ajmera, K., Matei, A., Williams, I., & Davis, A. (2018). FHIR FLI: An open source platform for storing, sharing and analysing lifestyle data. *ICT4AWE 2018 - Proceedings of the 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health, 2018-March*(Ict4awe 2018), 227–233. <https://doi.org/10.5220/0006791302270233>
- Gremeaux, V., Gayda, M., Lepers, R., Sosner, P., Juneau, M., & Nigam, A. (2012). Exercise and longevity. *Maturitas*, 73(4), 312–317. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2012.09.012>
- Guijarro, L. (2009). Semantic interoperability in eGovernment initiatives. *Computer Standards and Interfaces*, 31(1), 174–180. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2007.11.011>
- Handford, R. (2012). Denmark signs up to Continua guidelines. Recuperado de. *Mobile World Live*. <https://www.mobileworldlive.com/latest-stories/denmark-signs-up-to-continua-guidelines>. Acedido a 15 de Setembro de 2021.
- He, Z., Tao, C., Bian, J., Dumontier, M., & Hogan, W. R. (2017). Semantics-powered healthcare engineering and data analytics. *Journal of Healthcare Engineering*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/7983473>
- Health, D. (2020). Semantic interoperability unlocking the potential of digital health information. *360 Clinical Intelligence*, 27(2). <https://doi.org/10.1145/210376.210392>
- Hermes, S., Riasanow, T., Clemons, E. K., Böhm, M., & Krmar, H. (2020). The digital transformation of the healthcare industry: exploring the rise of emerging platform ecosystems and their influence on the role of patients. *Business Research*. <https://doi.org/10.1007/s40685-020-00125-x>
- HIMSS. (2020). *Interoperability in Healthcare*. Recuperado de.

- <https://www.himss.org/resources/interoperability-healthcare%0Ahttp://files/366/interoperability-healthcare.html>. Acedido a 29 de Janeiro de 2021.
- HIMSS. (2021). *Terminology Standards*. Recuperado de <https://www.himss.org/terminology-standards>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- HL7.org. (2015a). *FHIR Version History and Maturity*. Recuperado de <https://www.healthit.gov/sites/default/files/page/2021-04/FHIR%20Version%20History%20Fact%20Sheet.pdf>. Acedido a 28 de Outubro de 2021.
- HL7.org. (2015b). *Welcome to FHIR*. Recuperado de HL7 FHIR Release 4. <https://www.hl7.org/fhir/index.html>. Acedido a 5 de Dezembro de 2020.
- HL7.org. (2019a). *Binding Strength*. Recuperado de 4, 2019. <https://www.hl7.org/fhir/terminologies.html#strength>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.
- HL7.org. (2019b). *Cardinality*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/conformance-rules.html#cardinality>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.
- HL7.org. (2019c). *Conformance Module*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/conformance-module.html>. Acedido a 21 de Janeiro de 2021.
- HL7.org. (2019d). *Constraints*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/conformance-rules.html#constraints>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.
- HL7.org. (2019e). *Documents*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/documents.html>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- HL7.org. (2019f). *FHIR Overview*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>. Acedido a 20 de Fevereiro de 2021.
- HL7.org. (2019g). *Foundation Module*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/foundation-module.html>. Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- HL7.org. (2019h). *Messaging using FHIR Resources*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/messaging.html>. Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- HL7.org. (2019i). *Profiling FHIR*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/profiling.html>. Acedido a 22 de Outubro de 2021
- HL7.org. (2019j). *Resource Patient - Mappings*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/patient-mappings.html>. Acedido a 14 de Dezembro de 2020.
- HL7.org. (2019k). *RESTful API*. Recuperado de <https://www.hl7.org/fhir/http.html>. Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- HL7.org. (2019l). *Terminology Module*. Recuperado de <http://build.fhir.org/terminology-module.html>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.

- HL7.org. (2019m). *Using Resources with Services and Service-oriented Architecture*. Recuperado de: <https://www.hl7.org/fhir/services.html>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- HL7.org. (2019n). *Version Management Policy*. Recuperado de <http://hl7.org/fhir/versions.html#maturity>. Acedido a 23 de Outubro de 2021.
- HL7.org. (2021). *International Patient Summary Implementation Guide*. Recuperado de: <https://build.fhir.org/ig/HL7/fhir-ips/index.html>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.
- HL7. (2003). *HL7 Messaging Standard Version 2.5: An Application Protocol for Electronic Data Exchange in Health Care Environments*. Recuperado de. Health Level Seven. <https://books.google.pt/books?id=v0whHAAACAAJ>. Acedido a 10 de Dezembro de 2020.
- Hosseini, M., & Dixon, B. E. (2016). Syntactic Interoperability and the Role of Standards. In *Health Information Exchange: Navigating and Managing a Network of Health Information Systems*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803135-3.00008-6>
- Hung, K., Zhang, Y. T., & Tai, B. (2004). Wearable medical devices for tele-home healthcare. *Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology - Proceedings, 26 VII*, 5384–5387. <https://doi.org/10.1109/iembs.2004.1404503>
- IHTSDO. (2012). *SNOMED CT and HL7 Bringing Standards Together*. Recuperado de: Himss 2012. <https://www.hl7.org/documentcenter/public/calendarofevents/himss/2012/snomedctandhl7--bringingstandards-together.pdf>. Acedido de 15 de Fevereiro de 2021.
- International Telecommunication Union. (2017). *HSTP-H810. Introduction to the ITU-T H.810 Continua Design Guidelines*. Recuperado de: (Issue October). [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-EHT-2017-H810-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-t/opb/tut/T-TUT-EHT-2017-H810-PDF-E.pdf). Acedido a 30 de Julho de 2021.
- Iroju, O., Soriyan, A., Gambo, I., & Olaleke, J. (2013). Interoperability in Healthcare: Benefits, Challenges and Resolutions. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 3(1), 262–270. Recuperado de <http://www.ijias.issr-journals.org/abstract.php?article=IJIAS-13-090-01>. Acedido de 10 de Dezembro de 2020.
- Islam, M. S., Humaira, F., & Narin Nur, D. F. (2020). Healthcare Applications in IoT. *Global Journal of Medical Research*, 20(2), 11–12. <https://doi.org/10.34257/gjmrvol20is2pg11>
- Jornal Médico. (2021). *Smart4Health : o projeto que vai colocar o cidadão a gerir os seus dados de saúde*. Recuperado de: <https://jornalmedico.pt/atualidade/41073-smart4health-o-projeto-que-vai-colocar-o-cidadao-a-gerir-os-seus-dados-de-saude.html>. Acedido a 15 de Setembro de 2021.
- Kabachinski, J. (2006). What is health level 7? *Biomedical Instrumentation and Technology*, 40(5), 375–379. <https://doi.org/10.2345/i0899-8205-40-5-375.1>

- Kaewkannate, K., & Kim, S. (2016). A comparison of wearable fitness devices. *BMC Public Health*, *16*(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-016-3059-0>
- Kapur, R. (2018). *Research Methodology: Methods and Strategies Department of Adult Education and Continuing Extension Faculty of Social Sciences University of Delhi*. *1*(April), 1–127.
- Kubicek, H., Cimander, R., & Scholl, H. J. (2011). Organizational Interoperability in E-Government. *Organizational Interoperability in E-Government*, 85–97. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-22502-4>
- Lackerbauer, A. M., Lin, A. C., Krauss, O., Hearn, J., & Helm, E. (2018). A Model for Implementing an Interoperable Electronic Consent Form for Medical Treatment Using HL7 FHIR. *European Journal for Biomedical Informatics*, *14*(3), 1–22. <https://doi.org/10.24105/ejbi.2018.14.3.6>
- Laplante, P. A., & Laplante, N. (2016). The Internet of Things in Healthcare: Potential Applications and Challenges. *IT Professional*, *18*(3), 2–4. <https://doi.org/10.1109/MITP.2016.42>
- Lee, M., Hsieh, C. C., & Paffenbarger, R. S. (1995). Exercise Intensity and Longevity in Men: The Harvard Alumni Health Study. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, *273*(15), 1179–1184. <https://doi.org/10.1001/jama.1995.03520390039030>
- Lee, Y.-F. (2016). Case Study: A BLE Communication Design of Glucose Monitor based on x73-PHD Standards and Continua Design Guidelines. *International Journal of Wireless Communications and Mobile Computing*, *4*(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.wcmc.20160401.11>
- Lehne, M., Sass, J., Essenwanger, A., Schepers, J., & Thun, S. (2019). Why digital medicine depends on interoperability. *Npj Digital Medicine*, *2*(1), 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41746-019-0158-1>
- Lewis, G. A., & Wrage, L. (2006). Model Problems in Technologies for Interoperability: Web Services. *Integration The Vlsi Journal*, June. Recuperado de <http://www.sei.cmu.edu/library/abstracts/reports/06tn021.cfm?DCSext.abstractsource=RelatedLinks>. Acedido a 21 de Janeiro de 2021.
- Liu, J., & Sun, W. (2016). Smart Attacks against Intelligent Wearables in People-Centric Internet of Things. *IEEE Communications Magazine*, *54*(12), 44–49. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2016.1600553CM>
- LOINC. (2021a). *Number of steps in 24 hour Measured*. Recuperado de <https://loinc.org/41950-7/>. Acedido a 21 de Outubro de 2021.
- LOINC. (2021b). *Origins of LOINC*. Recuperado de LOINC from Regenstrief. <https://loinc.org/about/>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- LOINC. (2021c). *Oxygen saturation in Arterial blood by Pulse oximetry*. Recuperado de

- <https://loinc.org/59408-5/>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.
- LOINC. (2021d). *Respiratory rate 24 hour maximum Active*. Recuperado de <https://loinc.org/9284-1/>. Acedido a 22 de Outubro de 2021.
- Macia, I. (2014). Towards a semantic interoperability environment. *2014 IEEE 16th International Conference on E-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2014*, 543–548. <https://doi.org/10.1109/HealthCom.2014.7001900>
- Martins, A. F., Santos, D. F. S., Perkusich, A., & Almeida, H. O. (2014). UPnP and IEEE 11073: Integrating personal health devices in home networks. *2014 IEEE 11th Consumer Communications and Networking Conference, CCNC 2014*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/CCNC.2014.6866539>
- McDonald, C. J., Huff, S. M., Suico, J. G., Hill, G., Leavelle, D., Aller, R., Forrey, A., Mercer, K., DeMoor, G., Hook, J., Williams, W., Case, J., & Maloney, P. (2003). LOINC, a universal standard for identifying laboratory observations: A 5-year update. *Clinical Chemistry*, *49*(4), 624–633. <https://doi.org/10.1373/49.4.624>
- Min, W., & Jake, L. (2019). Wearable Technology Applications in Healthcare: A Literature Review. *Online Journal of Nursing Informatics Contributors*, 2020. Recuperado de <https://www.himss.org/resources/wearable-technology-applications-healthcare-literature-review>. Acedido de 17 de Dezembro de 2020.
- Mozzaquatro, B. A., Jardim-Goncalves, R., & Agostinho, C. (2015). Towards a reference ontology for security in the Internet of Things. *2015 IEEE International Workshop on Measurements and Networking, M and N 2015 - Proceedings*, 117–122. <https://doi.org/10.1109/IWMN.2015.7322984>
- O'Malley, K. J., Cook, K. F., Price, M. D., Wildes, K. R., Hurdle, J. F., & Ashton, C. M. (2005). Measuring diagnoses: ICD code accuracy. *Health Services Research*, *40*(5 II), 1620–1639. <https://doi.org/10.1111/j.1475-6773.2005.00444.x>
- Olejaz, M., Juul Nielsen, A., Rudkjøbing, A., Okkels Birk, H., Krasnik, A., & Hernández-Quevedo, C. (2012). Denmark health system review. *Health Systems in Transition*, *14*(2).
- Papazoglou, M. P., & Van Den Heuvel, W. J. (2007). Service oriented architectures: Approaches, technologies and research issues. *VLDB Journal*, *16*(3), 389–415. <https://doi.org/10.1007/s00778-007-0044-3>
- Park, S., & Jayaraman, S. (2003). Enhancing the Quality of Life Through Wearable Technology. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, *22*(3), 41–48. <https://doi.org/10.1109/MEMB.2003.1213625>
- Patel, K. K., Patel, S. M., & Scholar, P. G. (2016). Internet of Things-IOT: Definition, Characteristics, Architecture, Enabling Technologies, Application & Future Challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*, *6*(5), 1–10. <https://doi.org/10.4010/2016.1482>

- Payne, T. H., Lovis, C., Gutteridge, C., Pagliari, C., Natarajan, S., Yong, C., & Zhao, L.-P. (2019). Status of health information exchange: a comparison of six countries. *Journal of Global Health, 9*(2). <https://doi.org/10.7189/jogh.09.020427>
- Personal Connected Health Alliance. (2017a). *About Continua*. Recuperado de <https://www.pchalliance.org/about-continua>. Acedido a 30 de Julho de 2021.
- Personal Connected Health Alliance. (2017b). *New Continua Design Guidelines Enable Integration of Patient Generated Data into Electronic Health Records to Support Chronic Disease Management Built on HL7 FHIR Specifications | Personal Connected Health Alliance*. Recuperado de: <https://www.pchalliance.org/news/new-continua-design-guidelines-enable-integration-patient-generated-data-electronic-health>. Acedido de 30 de Julho de 2021.
- Personal Connected Health Alliance. (2019). *H.810 Introduction – Interoperability Design Guidelines for Personal Connected Health Systems*. 1–52.
- Porter, M. E., & Lopez-Claros, A. (2006). *Co-Directors, The Global Competitiveness Report The Global Competitiveness Report*. Recuperado de [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_GlobalCompetitivenessReport\\_2006-07.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2006-07.pdf). Acedido a 21 de Outubro de 2021.
- Raminani, S. R. (2015). *International Classification of Diseases*. Encyclopaedia Britannica, Inc. Recuperado de <https://www.britannica.com/topic/International-Classification-of-Diseases>. Acedido a 21 de Outubro de 2021.
- Reeder, B., & David, A. (2016). Health at hand: A systematic review of smart watch uses for health and wellness. *Journal of Biomedical Informatics, 63*(September), 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.09.001>
- Reform, A. for H. (2012). *High and Rising Costs of Health Care in the U . S . The Challenge : Changing the Trajectory*.
- Rezaei, R., Chiew, T. K., Lee, S. P., & Shams Aliee, Z. (2014). Interoperability evaluation models: A systematic review. *Computers in Industry, 65*(1), 1–23. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2013.09.001>
- Rizzuto, D., & Fratiglioni, L. (2014). Lifestyle factors related to mortality and survival: A mini-review. *Gerontology, 60*(4), 327–335. <https://doi.org/10.1159/000356771>
- Sarraipa, J., Agostinho, C., Panetto, H., & Jardim-Goncalves, R. (2009). Semantic Enrichment of Standard-based Electronic Catalogues. *IFAC Proceedings Volumes, 42*(4), 163–168. <https://doi.org/10.3182/20090603-3-RU-2001.0329>
- Seneviratne, S., Hu, Y., Nguyen, T., Lan, G., Khalifa, S., Thilakarathna, K., Hassan, M., & Seneviratne, A. (2017). A Survey of Wearable Devices and Challenges. *IEEE Communications Surveys and Tutorials, 19*(4), 2573–2620. <https://doi.org/10.1109/COMST.2017.2731979>

- Sharma, S. K., Xu, H., Wickramasinghe, N., & Ahmed, N. (2006). Electronic healthcare: Issues and challenges. *International Journal of Electronic Healthcare*, 2(1), 50–65. <https://doi.org/10.1504/IJEH.2006.008693>
- Shaver, D. (2007). HL7 101: A Beginner's Guide. Recuperado de. *For the Record*. [https://www.fortherecordmag.com/archives/ptr\\_01082007p22.shtml](https://www.fortherecordmag.com/archives/ptr_01082007p22.shtml). Acedido a 3 de Dezembro de 2020.
- Simplifier.net. (2018a). *Introduction to FHIR and profiling*. Recuperado de. <https://simplifier.net/guide/profilingacademy/IntroductiontoFHIRandprofiling>. Acedido a 22 de Outubro de 2020.
- Simplifier.net. (2018b). *Profiling Academy*. Recuperado de. <https://simplifier.net/guide/profilingacademy/modules>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- Simplifier.net. (2021). *International Patient Summary IG*. Recuperado de. <https://simplifier.net/guide/InternationalPatientSummaryIG/Introduction>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.
- Smart4Health. (2019). *Citizen-centred EU-EHR exchange for personalized health*. Recuperado de. <https://www.smart4health.eu/>. Acedido a 15 de Setembro de 2021.
- SmartConData GmbH. (2018). *HL7 FHIR*. Recuperado de. <https://www.smartconmed.de/start/know-how/fhir-1/>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- SNOMED International. (2019). *Guia de Introdução ao SNOMED CT*. Recuperado. International Health Terminology Standards Development Organisation. <https://confluence.ihtsdotools.org/pages/viewpage.action?pageId=81268888>. Acedido a 15 de Fevereiro de 2021.
- SNOMED International. (2020). *SNOMED CT Browser*. Recuperado de. <https://termbrowser.nhs.uk/?perspective=full&conceptId1=249858009&edition=uk-edition&release=v20210929&server=https://termbrowser.nhs.uk/sct-browser-api/snomed&langRefset=999001261000000100,999000691000001104>. Acedido a 25 de Outubro de 2021.
- Snyder, C. (2015). *What is FHIR (Fast Healthcare Interoperability Resources)?*. Recuperado de. <https://www.extrahop.com/company/blog/2015/what-is-fhir-hl7-fast-healthcare-interoperability-resources/>. Acedido a 3 de Dezembro de 2020.
- Sperzel, W. D., Broverman, C. A., Kapusnik-Uner, J. E., & Schlesinger, J. M. (1998). The need for a concept-based medication vocabulary as an enabling infrastructure in health informatics. *Proceedings. AMIA Symposium*, 865–869. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2232271/>. Acedido a 4 de Fevereiro de 2021.

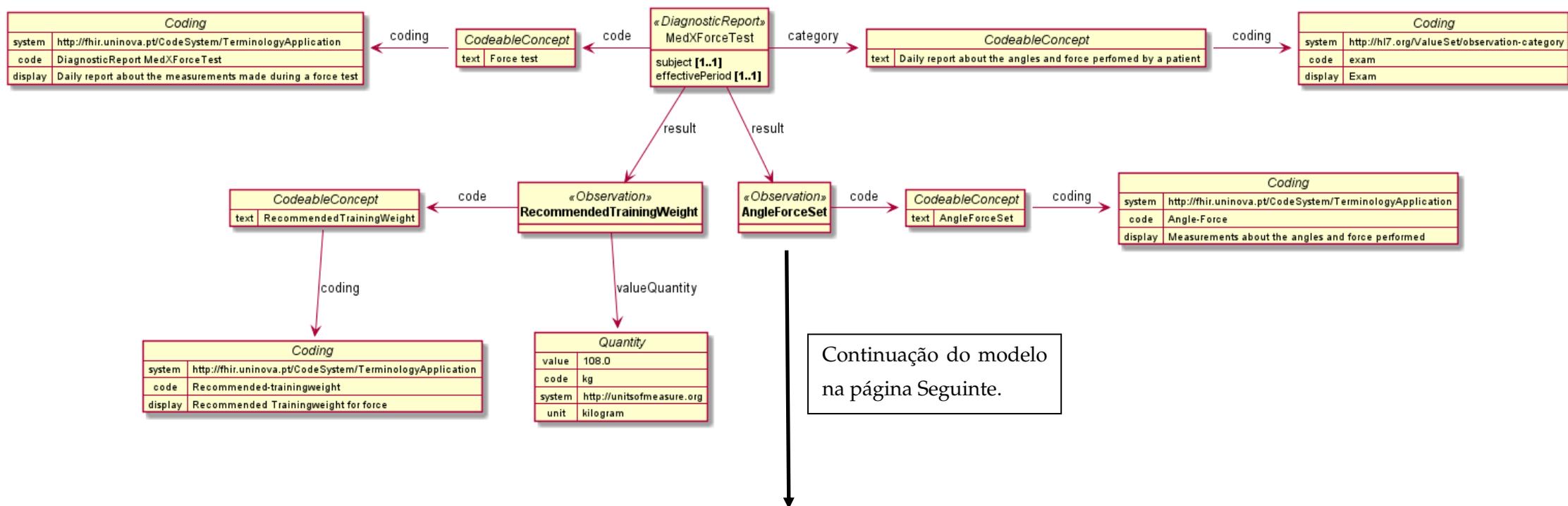
- SPMS. (2021). *Interoperabilidade. Recuperado de* <https://www.ctc.min-saude.pt/2018/11/08/icd-9-cm/>. Acedido a 21 de Outubro de 2021.
- Stearns, M. Q., Price, C., Spackman, K. A., & Wang, A. Y. (2001). SNOMED clinical terms: overview of the development process and project status. *Proceedings / AMIA ... Annual Symposium. AMIA Symposium*, 662–666. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2243297/>. Acedido a 4 de Fevereiro de 2021.
- Sullivan, F. &. (2017). *Internet of Medical Things (IoMT) Revolutionizing Healthcare. Recuperado de* Alliance of Advanced BioMedical Engineering. Recuperado de <https://aabme.asme.org/posts/internet-of-medical-things-revolutionizing-healthcare>. Acedido a 3 de Dezembro de 2020.
- Süßmair, D. A. A., Tackmann, K., Bartsch, D., Binder, K., Bulling-schröter, E., Claus, R., Hein, R., Höll, B., Leidig, S., Möller, K., Petermann, J., & Sitte, P. (2018). *Deutscher Bundestag Kleine Anfrage*. 2013–2014.
- Thimbleby, H. (2013). Technology and the future of healthcare. *Journal of Public Health Research*, 2(3), 28. <https://doi.org/10.4081/jphr.2013.e28>
- Tolk, A., Diallo, S. Y., & Turnitsa, C. D. (2007). Applying the Levels of Conceptual Interoperability Model in Support of Integrability , Interoperability , and Composability for System-of-Systems Engineering. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 5(5), 65–74. Recuperado de [http://www.researchgate.net/publication/242786377\\_Applying\\_the\\_Levels\\_of\\_Conceptual\\_Interoperability\\_Model\\_in\\_Support\\_of\\_Integrability\\_Interoperability\\_and\\_Composability\\_for\\_System-of-Systems\\_Engineering/file/60b7d51d2cfb1c0e2f.pdf](http://www.researchgate.net/publication/242786377_Applying_the_Levels_of_Conceptual_Interoperability_Model_in_Support_of_Integrability_Interoperability_and_Composability_for_System-of-Systems_Engineering/file/60b7d51d2cfb1c0e2f.pdf). Acedido a 22 de Janeiro de 2021.
- Tolk, A., & Muguira, J. (2003). The Levels of Conceptual Interoperability Model. *Fall Simulation Interoperability Workshop, September*, 1–9. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/240319008\\_The\\_Levels\\_of\\_Conceptual\\_Interoperability\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/240319008_The_Levels_of_Conceptual_Interoperability_Model). Acedido a 22 de Janeiro de 2021.
- Urbauer, P., David, V., Frohner, M., & Sauermann, S. (2018). Wearable activity trackers supporting elderly living independently: A standards based approach for data integration to health information systems. *ACM International Conference Proceeding Series*, 302–309. <https://doi.org/10.1145/3218585.3218679>
- Urbauer, P., Sauermann, S., Frohner, M., Forjan, M., Pohn, B., & Mense, A. (2015). Applicability of IHE/Continua components for PHR systems: Learning from experiences. *Computers in Biology and Medicine*, 59, 186–193. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2013.12.003>
- Valverde, S. (2016). Major transitions in information technology. *Philosophical Transactions of*

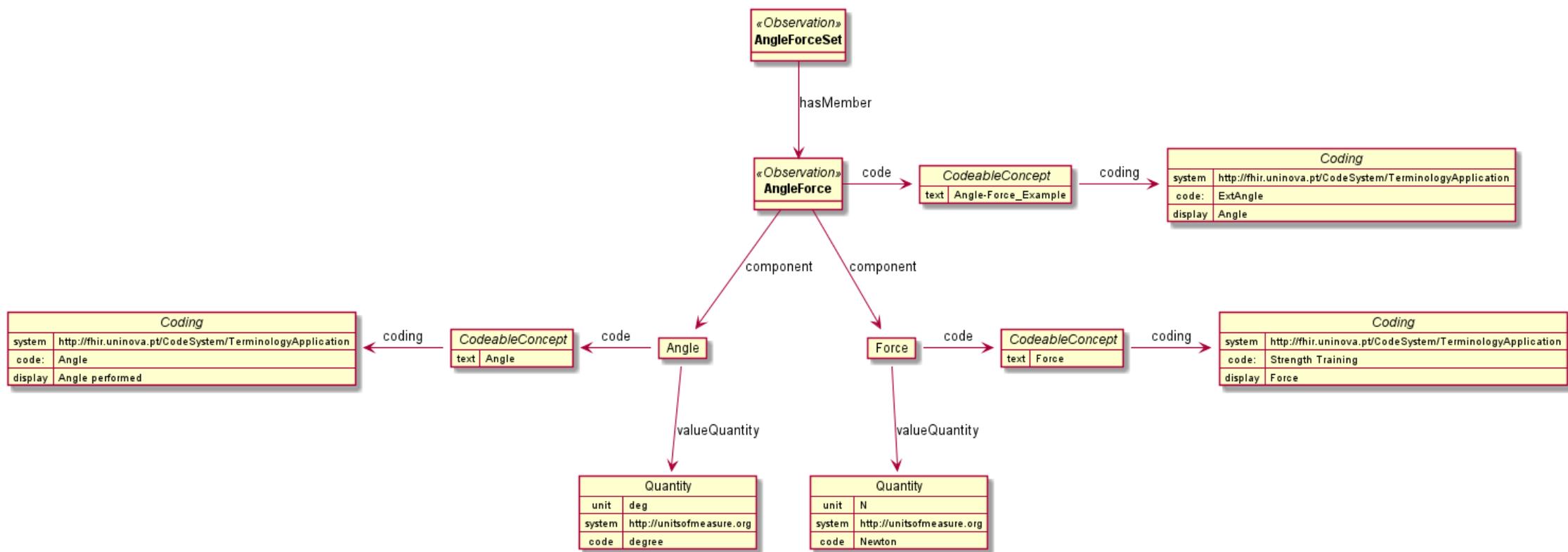
- the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1701).  
<https://doi.org/10.1098/rstb.2015.0450>
- Van Der Veer, H., & Wiles, A. (2008). Achieving Technical Interoperability: the ETSI Approach. *European Telecommunications Standards Institute*, 3, 29. Recuperado de [https://portal.etsi.org/CTI/Downlohttps://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/IOP whitepaper Edition 3 final.pdf](https://portal.etsi.org/CTI/Downlohttps://www.etsi.org/images/files/ETSIWhitePapers/IOP%20whitepaper%20Edition%203%20final.pdf). Acedido a 10 de Dezembro de 2021.
- Walinjkar, A. (2018). FHIR Tools for Healthcare Interoperability. *Biomedical Journal of Scientific & Technical Research*, 9(5), 4–7. <https://doi.org/10.26717/bjstr.2018.09.001863>
- Wang, W., Tolk, A., & Wang, W. (2009). The levels of conceptual interoperability model: Applying systems engineering principles to M&S. *Spring Simulation Multiconference 2009 - Co-Located with the 2009 SISO Spring Simulation Interoperability Workshop, June 2009*. <https://doi.org/10.1145/1639809.1655398>
- Wassermann, E., & Fay, A. (2017). Interoperability rules for heterogenous multi-agent systems: Levels of conceptual interoperability model applied for multi-agent systems. *Proceedings - 2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics, INDIN 2017*, 89–95. <https://doi.org/10.1109/INDIN.2017.8104752>
- Wegner, P. (1996). Interoperability. *ACM Computing Surveys*, 28(1), 285–287. <https://doi.org/10.1145/234313.234424>
- Weichhart, G., & Stary, C. (2018). Interoperable Process Design in Production Systems. In C. Debruyne, H. Panetto, G. Weichhart, P. Bollen, I. Ciuciu, M.-E. Vidal, & R. Meersman (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 10697, Issue January, pp. 26–35). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73805-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73805-5_3)
- Wendy A. Rogers, Amy L. Mykityshyn, Regan H. Campbell, & A. D. F. (2001). Analysis of a “Simple” Medical Device. *Ergonomics IN Design*.
- WHO. (2018). *WHO releases new International Classification of Diseases (ICD 11)*. Recuperado de [https://www.who.int/news/item/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-\(icd-11\)%0A](https://www.who.int/news/item/18-06-2018-who-releases-new-international-classification-of-diseases-(icd-11)%0A). Acedido a
- WHO. (2019a). *ICD-10 Version 2019*. Recuperado de <https://icd.who.int/browse10/2019/en#/>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.
- WHO. (2019b). *World Health Assembly Update, 25 May 2019*. Recuperado de <https://www.who.int/news/item/25-05-2019-world-health-assembly-update>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.
- WHO. (2021a). *Classification of Diseases (ICD)*. Recuperado de <https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.
- WHO. (2021b). *Classifications*. Recuperado de <https://www.who.int/standards/classifications>. Acedido a 24 de Fevereiro de 2021.

- Wolf, G. (2009). *Know Thyself: Tracking Every Facet of Life, from Sleep to Mood to Pain*, 24/7/365. Recuperado de. <https://www.wired.com/2009/06/lbnp-knowthyself/>.  
Acedido a 3 de Dezembro de 2021.
- Yang, Q. Z., & Zhang, Y. (2006). Semantic interoperability in building design: Methods and tools. *CAD Computer Aided Design*, 38(10), 1099–1112.  
<https://doi.org/10.1016/j.cad.2006.06.003>
- Yassein, M. B., Hmeidi, I., Al-Harbi, M., Mrayan, L., Mardini, W., & Khamayseh, Y. (2019). IoT-based healthcare systems: A survey. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3368691.3368721>



# APÊNDICE



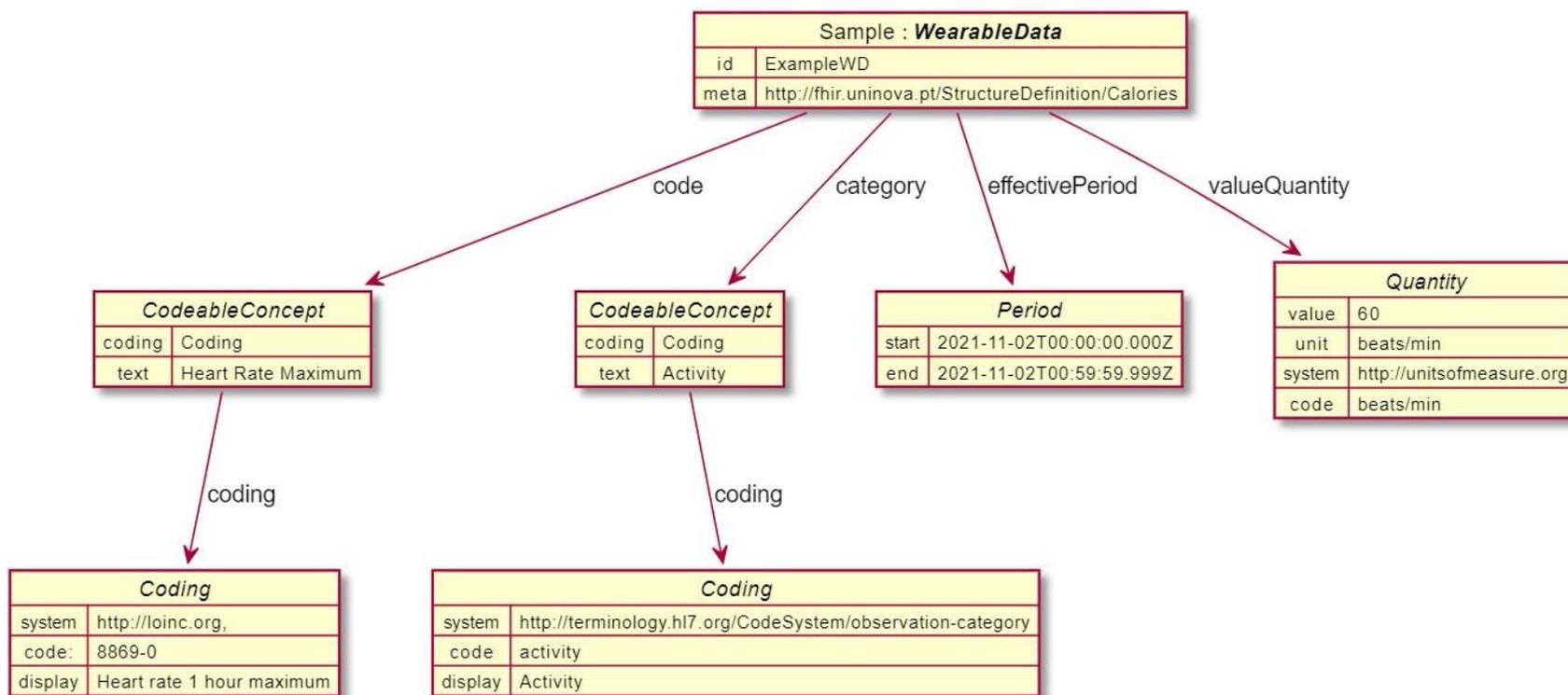






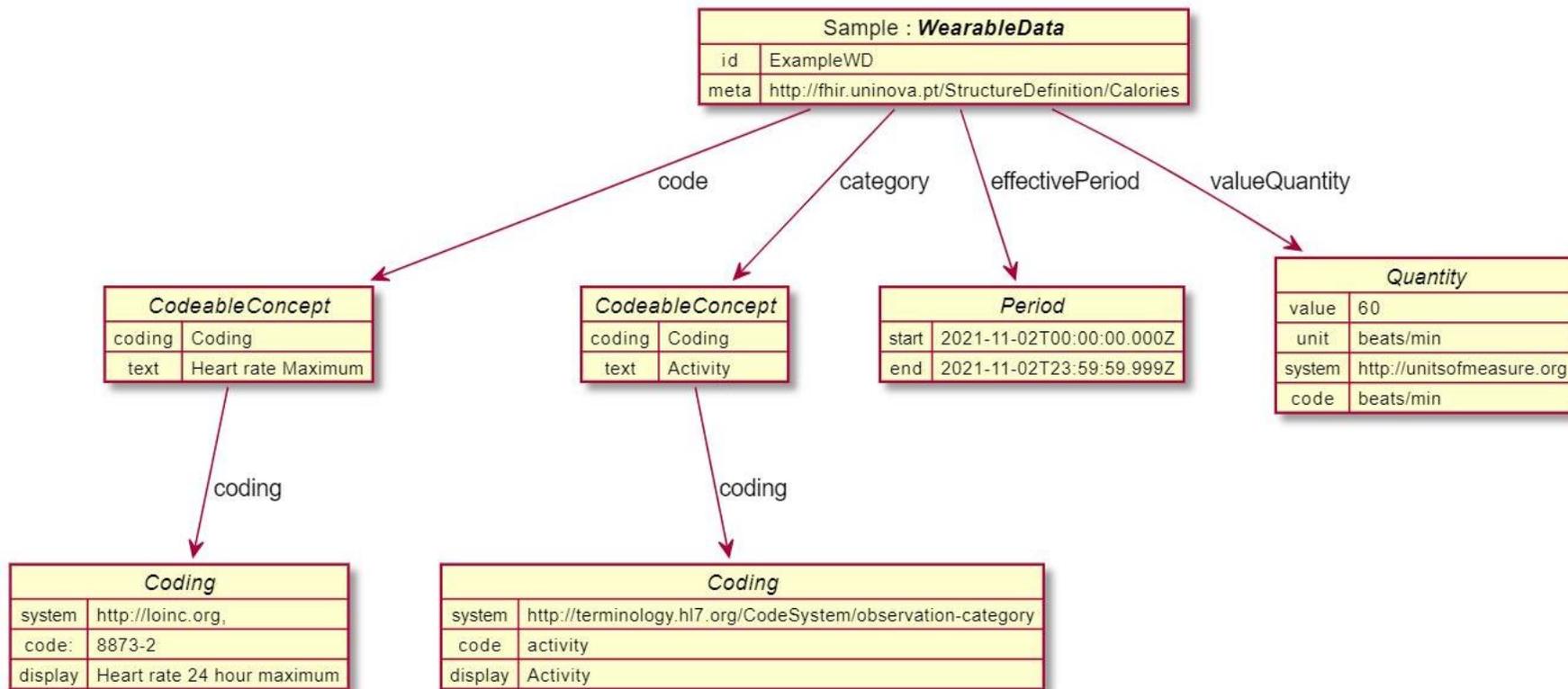
|c

## APÊNDICE





APÊNDICE









2021

Filipe Antão

FHIR para troca de dados, colecionados por sensores usados em atividades quotidianas