

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA

Lucas Augusto Santos

Uma Visão Ontológica de Aspectos Comportamentais e Estruturais da Medição

VITÓRIA-ES
2021

Lucas Augusto Santos

Uma Visão Ontológica de Aspectos Comportamentais e Estruturais da Medição

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Informática.

Orientador(a): Monalessa Perini Barcellos

Coorientador: Ricardo de Almeida Falbo (*in memoriam*)

VITÓRIA-ES
2021

Lucas Augusto Santos

Uma Visão Ontológica de Aspectos Comportamentais e Estruturais da Medição

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Monalessa Perini Barcellos, D. Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Orientador

Prof. João Paulo A. Almeida, Ph.D.
Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Avaliador Interno

Profa. Maria Luiza Machado Campos, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)
Avaliadora Externa

Vitória, 16 de abril de 2021

Nem todos que vagueiam estão perdidos.
Gandalf em O Senhor dos Anéis: A Sociedade do Anel - J.R.R.Tolkien

AGRADECIMENTOS

Sou grato, antes de tudo, à Deus por me dar forças, me acompanhar e me guiar em toda a jornada da minha vida.

Agradeço aos meus pais, Heber e Marisa, que há 29 anos fazem de tudo por mim, me incentivam e me colocam à frente até das suas próprias vontades.

Me gratifico pelos irmãos e melhores amigos que tenho, Bernardo e Gabriel, pelas risadas, conversas e trocas durante toda nossa vida juntos.

À minha orientadora, Monalessa, pela confiança, paciência, atenção e ensinamentos durante nossa parceria.

Ao meu coorientador, Ricardo Falbo (*in memoriam*), pelo enorme prazer que tive de, não só conhecer o seu lado professor atencioso, mas também a sua parte humana e amiga.

Agradeço à minha tia, Giovana, minha confidente e melhor amiga, que sempre me apoiou em tudo e ao meu tio, João Luís, que plantou em mim a semente do conhecimento há muito tempo e que dá frutos hoje.

Aos meus avós, Zélia e João, que oram por mim todos os dias e me ensinam cada dia mais a ter perseverança em meus objetivos.

Aos meus importantes amigos, por tudo que fizeram por mim para que eu conseguisse chegar até aqui, Daniel, César, Silas, Ana, Celso, João, Luiz, Breno e Luana.

Aos meus amigos de trabalho, em especial Jhonson e Luiza, por me acudirem mesmo quando ligo meu modo hiperativo.

RESUMO

Medição é um processo chave em diversos domínios. Ele é capaz de atribuir valores a propriedades de entidades, quantificando-as e, assim, apoiando a geração de conclusões e tomada de decisões. É, talvez, um dos conceitos mais fundamentais presentes na ciência. Sem a capacidade de medir, seria impossível para cientistas conduzirem seus experimentos ou formarem suas teorias. Embora medição tenha particularidades em cada domínio de aplicação, parte do conhecimento ultrapassa as barreiras dos domínios e é comum a vários deles. Entretanto, não existe uma definição única e completa acerca do processo de medição, nem tampouco dos conceitos envolvidos nesse processo. Quando não existe conceituação comum, é frequente haver divergência entre normas, padrões e outros modelos de processo que abordam medição. Considerando esse cenário, este trabalho propõe uma ontologia de tarefa, buscando uma definição comum e compartilhada acerca de medição, tratando tanto seus aspectos comportamentais (e.g., fluxos entre as atividades), quanto estruturais (e.g., objetos manipulados pelas atividades). A Ontologia de Tarefa de Medição (OTM) aqui proposta estende a versão anterior de OTM, tornando-a capaz de cobrir novas atividades e conceitos, além de tratar de forma mais adequada a dinâmica do processo. OTM é composta por um modelo comportamental e um modelo estrutural, o qual representa por si só uma ontologia de núcleo de medição e é chamada *Core Ontology on Measurement* (COM). COM também foi estendida neste trabalho visando à cobertura dos conceitos e atividades que foram inseridos em OTM. Buscando alcançar clareza conceitual e fidelidade à realidade, as ontologias foram definidas tendo como base a *Unified Foundational Ontology* (UFO). Considerando-se que ontologias de núcleo têm alto potencial de reuso, para facilitar o reuso da conceituação provida por COM em diferentes domínios de aplicação, COM foi organizada em uma linguagem de padrões ontológicos chamada *Measurement Ontology Pattern Language* (M-OPL), que guia o engenheiro de ontologias na aplicação dos padrões necessários para modelar o domínio de interesse. Para apoiar o uso de M-OPL, foi desenvolvida a ferramenta computacional *M-OPL Tool*, a qual foi usada em um estudo para avaliar o uso de M-OPL no desenvolvimento de ontologias para domínios específicos.

Palavras-chave: Medição, Ontologia, Ontologia de Medição, Ontologia de Tarefa, Linguagem de Padrões Ontológicos

ABSTRACT

Measurement is a key process in several domains. It is able to assign values to properties of entities, quantifying them and thus supporting the generation of conclusions and decision making. It is, perhaps, one of the most fundamental concepts present in science. Without the ability to measure, it would be impossible for scientists to conduct their experiments or form their theories. Although measurement has particularities in each application domain, part of the measurement knowledge crosses the domain boundaries and is common to several of them. However, there is no single and complete definition of the measurement process, nor of the concepts involved in this process. When there is no common conceptualization, there is often divergence among norms, standards and other process models that address measurement. Considering this scenario, this work proposes a task ontology, seeking a common and shared definition about measurement, which deals with both behavioral (e.g., flows among activities) and structural (e.g., objects manipulated by activities) aspects. The Measurement Task Ontology (MTO) proposed in this work extends the previous version of MTO, by making it capable of covering new activities and concepts, and more properly addressing the process dynamics. MTO is composed of a structural model, which itself represents a Core Ontology on Measurement (COM). COM was also extended in this work to cover the concepts and activities inserted into MTO. In order to achieve conceptual clarity and fidelity to reality, the ontologies were grounded on the Unified Foundational Ontology (UFO). Considering that core ontologies have high potential to reuse, to facilitate the reuse of the conceptualization provided by COM in different application domains, it was organized as an ontology pattern language called Measurement Ontology Pattern Language (M-OPL), which guides the ontology engineer in applying the patterns needed for modeling the domain of interest. To support the use of M-OPL, M-OPL Tool, a computational tool, was developed and used in a study to evaluate the use of M-OPL to support the development of ontologies for specific domains.

Keywords: Measurement, Ontology, Measurement Ontology, Task Ontology, Ontology Pattern Language

SUMÁRIO

Capítulo 1 Introdução	12
1.1 Contexto	12
1.2 Motivação	14
1.3 Objetivos da Pesquisa	16
1.4 Método de Pesquisa	16
1.5 Organização da Dissertação	18
Capítulo 2 Fundamentação Teórica	19
2.1 Medição	19
2.2 Ontologias	21
2.2.1 UFO (<i>Unified Foundational Ontology</i>)	23
2.3 Desenvolvimento e Representação de Ontologias	29
2.4 <i>Core Ontology on Measurement</i> (COM)	31
2.4.1 <i>Measurable Entities Subontology</i>	31
2.4.2 <i>Measure Subontology</i>	32
2.4.3 <i>Measurement Planning Subontology</i>	35
2.5 Ontologia de Tarefa de Medição	36
2.6 Outras Ontologias de Medição	37
2.7 Linguagens de Padrões Ontológicos	40
2.8 Considerações Finais do Capítulo	41
Capítulo 3 Ontologia de Tarefa de Medição	42
3.1 Introdução	42
3.2 Modelo Comportamental	43
3.2.1 Detalhamento de <i>Plan the Measurement Process</i>	48
3.2.2 Detalhamento de <i>Perform Sampling</i>	55
3.2.3 Detalhamento de <i>Perform Sample Preparation</i>	55
3.2.4 Detalhamento de <i>Perform Measurement</i>	56
3.2.5 Detalhamento de <i>Analyze Measured Values</i>	57
3.3 Modelo Estrutural	59
3.3.1 Subontologia <i>Measurement-related Devices</i>	61
3.3.2 Subontologia <i>Measurement-related Resources</i>	62
3.3.3 Subontologia <i>Measurement-related Procedures</i>	63
3.3.4 Subontologia <i>Measurement Process Planning</i>	64
3.3.5 Subontologia <i>Sampling and Sample Preparation</i>	66
3.3.6 Subontologia <i>Measurement</i>	67
3.3.7 Subontologia <i>Measurement Analysis</i>	69
3.4 Avaliação da Ontologia	71
3.5 Comparação com Trabalhos Correlatos	73
3.6 Considerações Finais do Capítulo	76
Capítulo 4 <i>Measurement Ontology Pattern Language</i>	77
4.1 Introdução	77
4.2 M-OPL	78
4.3 Uma Ferramenta de apoio ao uso de M-OPL	95
4.4 Avaliação de M-OPL	99
4.4.1 Planejamento do Estudo	99
4.4.2 Execução do Estudo	102
4.4.3 Análise dos Resultados	106
4.4.4 Ameaças à Validade	107
4.5 Considerações Finais do Capítulo	109
Capítulo 5 Considerações Finais e Perspectivas Futuras	110
5.1 Considerações Finais	110

5.2 Contribuições.....	112
5.3 Perspectivas Futuras.....	113
Referências Bibliográficas	115

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo apresenta o contexto, motivação e objetivos do trabalho, bem como o método de pesquisa adotado e a organização do texto desta dissertação.

1.1 Contexto

Medição pode ser entendida como um processo que envolve um conjunto de ações com a finalidade de caracterizar entidades a partir da atribuição de valores às suas propriedades (BARCELLOS; FALBO; FRAUCHES, 2014). É um processo importante presente em diversos domínios, uma vez que provê a informação necessária para se chegar a conclusões e para a tomada de decisão. Por exemplo, um médico solicita que um paciente faça um exame para medir seu colesterol, pois o resultado do exame dará ao médico informações para ele tomar decisões acerca da saúde do paciente: caso o nível de colesterol medido no sangue do paciente esteja fora do limite considerado adequado, dado por valores de referência encontrados na literatura médica, o médico poderá solicitar que algumas ações sejam tomadas pelo paciente como, por exemplo, mudança na dieta, uso de alguma medicação ou realização de atividades físicas. Em outras palavras, a medição é capaz de fornecer ao médico informações para que essa decisão de mudança de hábitos seja tomada.

A importância da medição na ciência e na tecnologia de modo geral é inegável. Ela é ferramenta essencial da investigação científica e da descoberta, permitindo que os fenômenos complexos do universo sejam descritos de modo preciso e conciso, sem os quais, em geral, seria impossível deduzir leis a partir de observação científica ou formular construtos teóricos úteis (FINKELSTEIN, 2014).

Embora cada domínio apresente particularidades na forma como a medição é aplicada, parte do conhecimento relacionado à medição é comum, uma vez que envolve práticas e conceitos que independem do domínio de aplicação para prover informações que podem embasar tomadas de decisão em diversos âmbitos (ALTMAN; BLAND, 1983; LAORY *et al.*, 2012; MARSHALL; JOHNELL; WEDEL, 1996).

Ao se analisar diversos padrões, normas e outras referências relacionadas à medição (e.g., VIM (2012); (ISO 17.020)), é possível notar o uso de terminologias distintas para tratar conceitos em comum. Frequentemente, encontra-se em diferentes referências um mesmo conceito sendo designado por diferentes termos, ou o mesmo termo sendo utilizado para se

referir a diferentes conceitos. Quando se tem diferentes entendimentos acerca dos conceitos envolvidos, sistemas são construídos considerando diferentes conceituações, ocasionando conflitos semânticos e dificultando a integração dos mesmos (IZZA, 2009). O mesmo vale para fontes de dados (planilhas, arquivos, etc.) que são alimentadas com dados considerando diferentes conceituações acerca de medição, o que dificulta integrá-las. Soluções inadequadas podem comprometer a qualidade e a utilidade dos dados coletados e, conseqüentemente, a tomada de decisão (DUMKE; EBERT, 2007).

Conflitos semânticos são prejudiciais, sendo necessário tratá-los para que um entendimento comum e consistente seja alcançado (IZZA, 2009). Para isso, deve-se estabelecer uma conceituação comum e consensual que descreva o domínio de medição e que possa ser utilizada como referência para fins de comunicação bem como interlíngua em soluções de interoperabilidade semântica (MUTHAIYAH; KERSCHBERG, 2008). Uma conceituação dessa natureza evita sobrecarga de conceitos (i.e., quando a um conceito são atribuídos vários significados diferentes) (GUIZZARDI, 2005) e casos de *false-agreement*, onde dois interlocutores acreditam que estão concordando acerca de um conceito, quando na verdade não estão (GUARINO, 1998).

Ontologias têm sido reconhecidas como um importante instrumento para o estabelecimento de conceituações compartilhadas e não ambíguas, uma vez que descrevem a semântica da informação e tornam o seu conteúdo explícito (WACHE, 2001). Ao prover uma conceituação compartilhada, ontologias podem exercer um papel de “contrato” a ser estabelecido entre as partes para fins de comunicação e interoperabilidade semântica (GUIZZARDI, 2020).

Cruz and Xiao (2005) e Gruber (1991) destacam que ontologias podem ser utilizadas, entre outras possibilidades, como conceitualizações globais (ou compartilhadas) para integração de dados. Nesse sentido, ontologias apoiam a interoperabilidade de dados provendo um *background* semântico comum para a interpretação dos dados, reduzindo as inconsistências e ambiguidades conceituais e auxiliando na negociação do significado.

Para que a conceituação estabelecida represente uma visão mais completa acerca de medição, é preciso tratar aspectos estruturais, tais como os conceitos envolvidos e relações entre eles, bem como aspectos comportamentais, tais como atividades presentes no processo de medição e os fluxos entre elas. Aspectos estruturais e comportamentais estão fortemente relacionados, uma vez que os conceitos tratados na perspectiva estrutural representam objetos que são manipulados por atividades tratadas na perspectiva comportamental. Dessa forma, as perspectivas estrutural e comportamental se complementam para prover uma conceituação mais abrangente acerca do tópico de interesse.

A importância de se tratar as diferentes perspectivas (comportamental e estrutural) é reforçada pela necessidade de se considerar dois tipos conhecimento: o de domínio e o de tarefa (MARTINS e FALBO, 2008). Para Guarino (1997), é importante isolar o conhecimento de domínio do conhecimento de tarefa. O reuso de conhecimento de domínio em diversas tarefas deve ser buscado sistematicamente, assim como o reuso de conhecimento de tarefa nos vários domínios possíveis. Dessa forma, ambas as perspectivas, comportamental e estrutural, representando, respectivamente, conhecimento relacionado à tarefa e ao domínio, são úteis na busca por uma conceituação compartilhada.

Ontologias de tarefa são adequadas para representar aspectos estruturais e comportamentais relacionados a uma tarefa (ou processo) em particular (GUARINO, 1998) (MARTINS e FALBO, 2008). Embora se use o termo ontologia de tarefa, que é consagrado na área de Ontologias, esse tipo de ontologia trata, na verdade, da conceituação relacionada a um processo, que é composto por atividades e até mesmo por outros processos (SANTOS *et al.*, 2019). Assim, uma ontologia de tarefa pode ser utilizada para representar a conceituação relacionada a aspectos centrais da medição sob as perspectivas estrutural e comportamental.

1.2 Motivação

Considerando-se a necessidade de uma conceituação consensual acerca de medição para resolver problemas relacionados a conhecimento, comunicação e interoperabilidade semântica, Frauches (2014) propôs uma Ontologia de Tarefa de Medição (OTM). O modelo estrutural dessa ontologia representa por si só uma ontologia de núcleo, chamada *Core Ontology on Measurement* (COM) (BARCELLOS *et al.*, 2014). Uma ontologia de núcleo provê definição precisa do conhecimento estrutural de uma área que é compartilhado para diversos domínios de aplicação naquela área (SCHERP *et al.*, 2011). Assim, sendo uma ontologia de núcleo, COM provê conhecimento estrutural na área de medição, que pode ser aplicado em diferentes domínios de aplicação.

Embora a Ontologia de Tarefa de Medição proposta em (FRAUCHES, 2014) trate de vários conceitos importantes e centrais acerca de medição, ela não aborda aspectos também significativos que estão presentes em diversos domínios, tais como amostragem, uso de dispositivos e recursos ao longo do processo de medição e análise da medição através de sucessivas análises de dados. Além disso, o processo de medição é apresentado como um único fluxo predominantemente sequencial, o que não é totalmente consistente com a execução do processo de medição no mundo real. Dessa forma, neste trabalho decidiu-se estender a Ontologia de Tarefa de Medição proposta em (FRAUCHES, 2014) para tratar

essas questões, tornando sua conceituação mais abrangente e representativa. Vale notar que estender a Ontologia de Tarefa de Medição (FRAUCHES, 2014) significa também estender a *Core Ontology on Measurement* (COM) (BARCELLOS *et al.*, 2014), que é o modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição.

Ontologias de núcleo têm grande potencial para reúso, pois sua conceituação pode ser reutilizada em diferentes domínios de aplicação da área tratada pela ontologia (FALBO *et al.*, 2013). Reúso em engenharia de ontologias contribui para a produtividade no processo de desenvolvimento e para a qualidade da ontologia resultante (SUÁREZ-FIGUEROA *et al.*, 2012). Entretanto, reúso pode ser uma atividade complexa e trabalhosa. O engenheiro de ontologias precisa identificar quais porções da ontologia existente devem ser reutilizadas para atender os requisitos da ontologia em desenvolvimento e, em ontologias grandes e complexas, pode não ser trivial identificar os fragmentos realmente úteis, extrair e reutilizar apenas esses fragmentos (QUIRINO, 2016). Em alguns casos, dadas as limitações no apoio ao reúso, o engenheiro de ontologias pode concluir que o custo do reúso será muito alto e optar por desenvolver uma ontologia a partir do zero (GANGEMI; PRESUTTI, 2009).

O uso de padrões ontológicos tem sido considerada uma abordagem promissora para promover reúso. Padrões ontológicos descrevem um problema de modelagem recorrente, originado no contexto de desenvolvimento de ontologias, e apresentam uma solução para esse problema (FALBO *et al.*, 2013). Entretanto, somente a criação de padrões e a sua organização em um catálogo não é suficiente para apoiar reúso. Catálogos não exploram o senso de conexão entre os padrões e podem falhar no que se refere a guiar o usuário na seleção do padrão (ou sequência de padrões) para resolver um problema (HAFIZ *et al.*, 2012).

Diferente de catálogos de padrões, uma Linguagem de Padrões Ontológicos (LPO) favorece ainda mais o reúso ao prover uma rede de padrões ontológicos interconectados que fornece suporte holístico para o desenvolvimento de ontologias em um dado campo. Além da rede de padrões, uma LPO provê um processo que guia a ordem de aplicação dos padrões e sugere quais padrões utilizar de acordo com os problemas a serem tratados (FALBO *et al.*, 2016). Dessa forma, a versão estendida de COM produzida neste trabalho foi organizada em uma Linguagem de Padrões Ontológicos (LPO) que guia o engenheiro de ontologias na seleção dos fragmentos (i.e., os padrões ontológicos) de COM que devem ser reutilizados para desenvolver uma ontologia de medição para um domínio de aplicação específico. Essa linguagem de padrões é uma extensão da *Measurement Ontology Pattern Language* (M-OPL), que representa a versão de COM proposta em (BARCELLOS *et al.*, 2014).

1.3 Objetivos da Pesquisa

Este trabalho tem como objetivo geral *estabelecer uma conceituação de núcleo acerca de medição, tratando tanto aspectos estruturais como comportamentais*. Esse objetivo geral pode ser detalhado nos seguintes objetivos específicos:

- (i) Desenvolver uma ontologia de tarefa que descreva a conceituação central acerca do processo de medição, representando suas atividades e fluxos entre elas, bem como os objetos envolvidos na realização do processo;
- (ii) Organizar o conhecimento estrutural provido pela ontologia na forma de uma LPO, para favorecer reuso no desenvolvimento de ontologias para medição em domínios específicos;
- (iii) Desenvolver um apoio computacional para facilitar o uso do conhecimento estrutural representado na LPO no desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos;
- (iv) Aplicar a LPO no desenvolvimento de ontologias para domínios de medição específicos, para avaliar sua utilidade e viabilidade de uso.

1.4 Método de Pesquisa

O método de pesquisa adotado neste trabalho seguiu o paradigma Design Science Research (HEVNER *et al.*, 2004). De acordo com Hevner (2007), o paradigma Design Science considera três ciclos de atividades intimamente relacionados: Relevância, Design e Rigor. O ciclo *Relevância* inicia a pesquisa e nele são definidos o problema a ser abordado, os requisitos da pesquisa e os critérios para avaliar os resultados (HEVNER, 2007). O problema abordado neste trabalho refere-se à necessidade de se estabelecer uma conceituação sobre aspectos centrais acerca de medição que seja capaz de representar tanto aspectos estruturais quando comportamentais e que trate aspectos não abordados na ontologia proposta em (FRAUCHES, 2014), tais como atividades relacionadas à amostragem e análise da medição através de sucessivas análises de dados. O problema foi identificado a partir da literatura, onde foram identificados trabalhos que proveem conceituação relacionada a medição, mas focando em domínios específicos (e.g., (BARCELLOS e FALBO, 2013), (KIM *et al.*, 2007), GARCÍA *et al.*, 2006), (RUIZ *et al.*, 2003)), se limitando a propor uma terminologia ao invés de uma conceituação mais robusta (e.g., BPIM, 2019)) e não abordando aspectos como amostragem e análise da medição através de sucessivas análises de dados (e.g., BARCELLOS *et al.*, 2014). Além disso, além de (FRAUCHES, 2014), não foram encontrados trabalhos

propondo uma conceituação que aborde os aspectos comportamentais da medição. Como requisitos de desenvolvimento da ontologia, nós consideramos algumas das características das “belas ontologias” (D’AQUIN e GANGEMI, 2011): (R1) a ontologia deve cobrir aspectos centrais acerca do processo de medição incluindo tanto aspectos estruturais quanto comportamentais; (R2) a ontologia deve ser capaz de representar situações de mundo real, incluindo aquelas envolvendo amostragem e análise da medição através de sucessivas análises de dados; (R3) a ontologia deve ser representada em algum grau de formalismo; (R4) a ontologia deve ser baseada em uma ontologia de fundamentação já estabelecida; (R5) a ontologia deve ser organizada de uma forma que favoreça o reúso. Em relação aos critérios para avaliação dos resultados, definiu-se que deveriam ser consideradas, além do atendimento aos requisitos definidos, a viabilidade de uso e a utilidade da conceituação proposta.

O ciclo *Design* refere-se ao desenvolvimento e avaliação dos artefatos ou teorias para resolver os problemas identificados (HEVNER, 2007). Neste trabalho, o artefato produzido é uma Ontologia de Tarefa de Medição que estende a ontologia proposta em (FRAUCHES, 2014). Para atender R1 e R2, foram analisados cenários de diferentes domínios para identificar conceitos centrais que estavam ausentes em (FRAUCHES, 2014). Em relação a R3, a ontologia é representada por meio de modelos conceituais e descrições textuais. Para atender R4, a ontologia foi desenvolvida fundamentada na *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI, 2005). Por fim, para satisfazer R5, o modelo estrutural da ontologia de tarefa foi organizado em uma linguagem de padrões ontológicos. A ontologia foi avaliada por meio de instanciação utilizando dados de cenários do mundo real. A linguagem de padrões ontológicos, por sua vez, foi avaliada em um estudo piloto.

Finalmente, o ciclo *Rigor* refere-se ao uso e geração do conhecimento. O rigor é alcançado através da aplicação adequada de fundamentos e metodologias existentes (HEVNER, *et al.*, 2004). Uma base de conhecimento é usada para fundamentar a pesquisa e o conhecimento gerado pela pesquisa contribui para o crescimento dessa base (HEVNER, 2007). Neste trabalho, os principais fundamentos utilizados são conhecimentos relacionados a ontologias, ontologias de medição, abordagens para desenvolvimento e representação de ontologias, padrões ontológicos e linguagens de padrões ontológicos. Como contribuições para a base de conhecimento destacam-se: (i) a nova versão da Ontologia de Tarefa de Medição, que inclui uma nova versão da *Core Ontology on Measurement* e apresenta conhecimento acerca do processo de medição, podendo ser utilizada para comunicação, bem como para solução de problemas relacionados a conhecimento e interoperabilidade semântica; (ii) nova versão de M-OPL, uma linguagem de padrões ontológicos para apoiar reúso do conhecimento estrutural representado na ontologia, que pode ser utilizado no

desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos; e *(iii)* ferramenta de apoio ao uso da linguagem de padrões.

1.5 Organização da Dissertação

Neste capítulo inicial foram apresentadas as principais ideias desta dissertação, descrevendo o contexto de aplicação, motivações, objetivos e metodologia de pesquisa. Além desta introdução, este texto é composto pelos seguintes capítulos:

- **Capítulo 2 (Fundamentação Teórica):** apresenta aspectos teóricos relacionados a medição, ontologias, desenvolvimento e representação de ontologias, ontologias de medição e linguagem de padrões ontológicos.
- **Capítulo 3 (Ontologia de Tarefa de Medição):** apresenta a Ontologia de Tarefa de Medição proposta neste trabalho, detalhando seus modelos comportamental e estrutural. Também apresenta a validação da ontologia, realizada a partir da sua instanciação utilizando-se dados de um cenário do mundo real.
- **Capítulo 4 (Measurement Ontology Pattern Language):** apresenta o modelo estrutural da ontologia de tarefa organizado em uma linguagem de padrões ontológicos, M-OPL, que visa facilitar o uso da ontologia. Também apresenta a ferramenta desenvolvida para apoiar o uso de M-OPL e um estudo realizado para avaliar o uso de M-OPL no desenvolvimento de ontologias para os domínios de medição de qualidade da água e de exames laboratoriais.
- **Capítulo 5 (Considerações Finais e Perspectivas Futuras):** apresenta as considerações finais do trabalho, as contribuições e propostas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento do trabalho.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo são apresentados os principais fundamentos teóricos relacionados a este trabalho. Na Seção 2.1 são tratados aspectos relacionados a Medição. A Seção 2.2 aborda Ontologias. A Seção 2.3 trata Linguagens de Padrões Ontológicos. Por fim, a Seção 2.4 apresenta as considerações finais do capítulo.

2.1 Medição

A tomada de decisão é uma atividade que faz parte da rotina de qualquer pessoa. Atividades simples como encher um copo de água para beber ou atravessar uma rua envolvem primeiramente uma observação da situação apresentada, seu contexto, e posteriormente, julgamentos e escolhas, ou seja, tomada de decisões. Tais julgamentos e escolhas muitas vezes são baseados em medições, mesmo que elas sejam feitas quase que inconscientemente. Por exemplo, uma pessoa pode perceber que algumas de suas roupas estão ficando apertadas. Ela resolve, então, usar uma balança para medir seu peso e percebe que houve um aumento considerável no valor desde a sua última medição. Ela, então, mede a sua altura e calcula seu IMC (Índice de Massa Corporal), usando a fórmula $IMC = \text{Peso} / (\text{Altura} \times \text{Altura})$. Como resultado, ela obtém um valor que se encontra no intervalo de valores que caracteriza uma pessoa como obesa. Com base nessa informação, a pessoa pode tomar algumas decisões como, por exemplo, procurar um médico especialista, realizar exames laboratoriais e aumentar a sua frequência de realização de atividades físicas.

Medição está presente também nas organizações. Ela as auxilia a detectarem tendências e a se anteciparem a problemas, permitindo um melhor controle dos custos, reduzindo riscos, melhorando a qualidade e garantindo que os objetivos de negócio estabelecidos sejam alcançáveis (FLORAC; CARLETON, 1997).

Diversos padrões, normas e outras referências têm sido propostos para representar conhecimento sobre medição e estabelecer uma terminologia padronizada. Alguns tratam de medição em geral, como o VIM - Vocabulário Internacional de Metrologia (2012), que busca normatizar a terminologia de medição nos diversos domínios. O VIM define uma terminologia relacionada à metrologia, compreendendo princípios básicos sobre quantidades, unidades de medidas, procedimentos de medição, entre outros. A terminologia proposta no VIM foi desenvolvida como uma iniciativa de padronização do vocabulário relacionado à metrologia. Seus conceitos baseiam-se, principalmente, na norma ISO/IEC 31-0 (ISO, 1992) (FRAUCHES, 2014). Também visando à padronização, o *International System of Units* (BPIM, 2019) é um documento produzido pelo *International Bureau of Weights*

and Measures (BIPM), cuja tarefa é garantir a unificação em escala mundial, utilizando o sistema internacional de unidades (SI). SI tem sido usado em todo o mundo como o preferencial sistema de unidades, a linguagem básica para ciência, tecnologia, indústria e comércio desde que foi estabelecido em 1960 por uma resolução na 11ª reunião *da Conférence Générale des Poids et Mesures*, a CGPM (conhecida em português como Conferência Geral de Pesos e Medidas). Há, também, padrões que tratam de medição em domínios específicos, como é o caso da ISO/IEC15939 (ISO/IEC, 2007), que trata especificamente de medição de software, a ISO 772:2011 (ISO, 2011) que trata de vocabulário e símbolos na área de hidrometria ou a ISO 9849:2017 (ISO,2017) que aborda o vocabulário relacionado a medição no âmbito de óptica e instrumentos ópticos.

É importante notar que medição não é apenas o ato de medir em si. É um processo mais complexo, que envolve várias atividades. De maneira geral, as atividades que compõem o processo de medição são planejamento, execução e análise (FRIGERIO; GIORDANI; MARI, 2010; ISO/IEC, 13 2007; LJUNGBERG, 2002; PAPADIMITRIOU et al., 2012).

Para realizar a medição, primeiramente, é necessário planejá-la. Baseado em objetivos o agente (e.g., uma pessoa ou uma organização) define quais entidades (i.e., objetos, artefatos, processos ou outros) devem ser considerados para a medição e quais das suas propriedades (e.g., tamanho, custo, duração, massa etc.) devem ser mensuradas. É também necessário definir quais medidas serão utilizadas para quantificar tais propriedades. Para cada medida, é necessário, ainda, especificar como dados devem ser coletados para a medida e como eles serão analisados. Uma vez planejada, a ação de medição em si pode começar. A execução da medição envolve a coleta de dados para as medidas definidas, seu armazenamento e análise. A análise de dados provê informação para a tomada de decisão, apoiando a identificação de ações apropriadas para a determinada situação (BARCELLOS *et al.* 2010).

Em alguns casos, existe a necessidade da utilização de amostras para realizar as medições. Ou seja, antes de se coletar os dados, pode ser necessário coletar amostras a partir das quais os dados serão coletados. Idealmente, quando se deseja caracterizar uma entidade (população), a melhor estratégia seria investigar a população inteira. Entretanto, isso nem sempre é possível e, alternativamente, pode-se considerar uma amostra, que seja representativa o suficiente para caracterizar aquela população (ACHARYA *et al.* 2013). Assim, uma amostra é, por definição, um subconjunto representativo da população que se deseja analisar (DAWSON e TRAPP, 2001). É possível que uma amostra não esteja pronta para ser usada diretamente na medição. Ou seja, após obter a amostra, pode ser necessário prepará-la para que seja possível coletar os dados corretamente. A preparação da amostra depende do tipo de amostra (MITRA, 2004).

Embora o processo de medição geralmente seja descrito de forma sequencial, na prática, ele pode não ser linear como descrito anteriormente. Dependendo do contexto de aplicação, pode ser necessário retornar a atividades que já tenham sido realizadas ou deixar de realizar algumas.

2.2 Ontologias

Uma ontologia é uma especificação parcial, formal e explícita de uma conceituação compartilhada (GUARINO; STAAB; STUDER, 2009). O termo conceituação refere-se a um conjunto de conceitos e relações relevantes para articular sobre um fenômeno do mundo real. Parcial diz respeito ao fato de apenas certos aspectos da realidade serem alvo de uma ontologia. Explícita significa que os conceitos usados e as restrições sobre seu uso são definidos explicitamente. Formal refere-se ao nível de expressividade da linguagem usada para descrever a ontologia. Linguagens lógicas são normalmente consideradas formais. Compartilhada reflete o fato de uma ontologia capturar o conhecimento consensual aceito por uma comunidade.

As ontologias estão presentes na Ciência da Computação no âmbito de Inteligência Artificial e Representação do Conhecimento desde meados dos anos 60. Nesse contexto, ontologias são utilizadas para designar “um artefato de engenharia criado usando um vocabulário específico e usado para descrever uma porção da realidade, além de um conjunto explícito de premissas a respeito do significado pretendido com as palavras do vocabulário” (GUARINO, 1998).

Ontologias podem ser classificadas de diversas formas, sendo uma delas considerando seu grau de generalidade. Nessa classificação, como mostra a Figura 2.1, ontologias são classificadas em quatro categorias diferentes: Ontologias de Fundamentação, Ontologias de Domínio, Ontologias de Tarefa e Ontologias de Aplicação (GUARINO, 1998).

Ontologias de Fundamentação abordam conceitos muito gerais, como como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc., que são independentes de um problema ou domínio particular (parte, todo, papel). Exemplos dessas ontologias são a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI, 2005) e *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) (MASOLO et al., 2003).

Ontologias de Domínio e *Ontologias de Tarefa* descrevem, respectivamente, o vocabulário relacionado a um domínio genérico (e.g., crime, medicina) ou uma tarefa genérica (como vendas ou diagnóstico) por especialização dos termos introduzidos na ontologia de fundamentação. *Ontologias de Aplicação* descrevem conceitos dependentes ao mesmo tempo

de um domínio particular e uma tarefa, as quais são frequentemente especializações de ambas as ontologias relacionadas. Esses conceitos frequentemente correspondem a papéis desempenhados por entidades de domínio durante a execução de uma certa atividade (GUARINO, 1998).

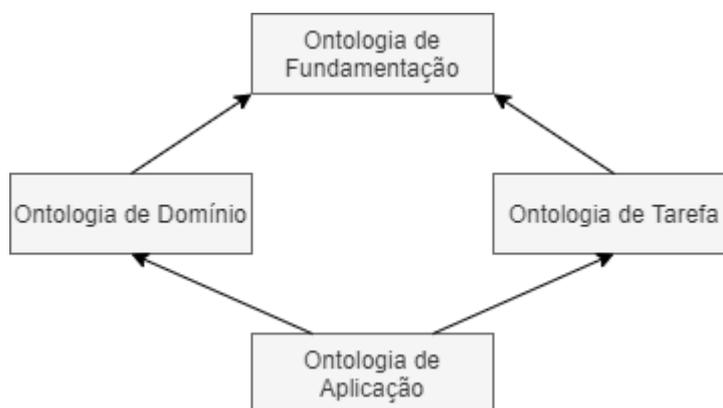


Figura 2.1 -Tipos de ontologias de acordo com o grau de generalidade (GUARINO, 1998).

No âmbito de ontologias de tarefa, Martins e Falbo (2008) argumentam que são necessários dois tipos de modelos para representá-las: um comportamental e um estrutural. O modelo comportamental visa representar as subtarefas que compõem uma tarefa, os objetos criados, usados, alterados ou consumidos por essas subtarefas, bem como os agentes responsáveis por realizá-las. Diagramas de atividades da *Unified Modeling Language* (UML) podem ser usados para este fim. Já o modelo estrutural descreve quais entidades estão envolvidas no modelo comportamental e como elas se relacionam entre si. Para representar os modelos estruturais são utilizados modelos de classe da UML.

Outra classificação que considera o grau de granularidade é feita por Scherp et al. (2011). A classificação inclui ontologias de fundamentação e de domínio, semelhante à de Guarino (1998), porém adicionando um nível entre elas, chamado de *Ontologias de Núcleo (core ontologies)*. Uma ontologia de núcleo fornece uma definição precisa do conhecimento estrutural em uma área específica que cobre diferentes domínios de aplicação. São construídas baseadas em ontologias de fundamentação e representam um refinamento dessas, adicionando conceitos e relações específicos da área considerada (SCHERP et al., 2011). Falbo et al. (2013) descreve a variação de generalidade entre os tipos de ontologias como uma linha contínua, conforme mostra a Figura 2.2.

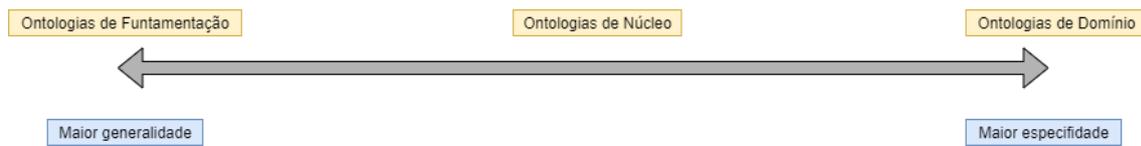


Figura 2.2 - Níveis de generalidade de ontologias (adaptado de (FALBO et al., 2013).

Em outra classificação, Guizzardi (2007) diferencia ontologias de referência e ontologias operacionais. *Ontologias de referência* funcionam como tipos especiais de modelos conceituais. São independentes de solução específica e são construídas com o objetivo de fazer a melhor descrição possível da realidade. É um tipo especial de modelo conceitual, um artefato de engenharia com o requisito adicional de representar um modelo de consenso dentro de uma comunidade. *Ontologias operacionais*, por sua vez, são desenvolvidas considerando-se aspectos computacionais. Dessa forma, são implementações das ontologias e podem ser lidas por uma máquina (FALBO, 2014).

Neste trabalho foi desenvolvida uma ontologia de tarefa, cujo modelo estrutural representa uma ontologia de núcleo. Uma vez que a ontologia desenvolvida visa representar um modelo de consenso dentro de uma comunidade e não tem preocupação com aspectos computacionais, trata-se de ontologia de referência. A ontologia proposta neste trabalho foi desenvolvida a partir da ontologia de fundamentação UFO (*Unified Foundational Ontology*) (GUIZZARDI, 2005), cujos fragmentos relevantes para este trabalho são apresentados a seguir.

2.2.1 UFO (*Unified Foundational Ontology*)

UFO é uma ontologia de fundamentação que provê um sistema de categorias básicas e relações que vem sendo desenvolvida baseada em um número de teorias das áreas de Ontologia Formal, Lógica Filosófica, Linguística, Filosofia de Linguagem e Psicologia Cognitiva (GUIZZARDI, 2005).

UFO pode ser dividida em três diferentes fragmentos: UFO-A, UFO-B e UFO-C. UFO-A é uma ontologia que trata de coisas, aqui chamados de *endurants*. Entidades possíveis de serem representadas por UFO-A são pessoas, uma pessoa específica como o atual Presidente do Brasil, uma lixeira ou laranjas, por exemplo. UFO-B é uma ontologia que diz acerca de eventos e situações: um assassinato, praticar exercícios físicos ou o ato de ir ao banco depositar dinheiro. UFO-C é o fragmento uma ontologia que trata de aspectos sociais. Ela apresenta conceitos como intenções, agentes de uma ação, objetivos etc. UFO faz uma

distinção formal entre indivíduos e universais. Indivíduos (*Individuals*) são entidades que existem na realidade e possuem uma identidade única, enquanto Universais (*Universals*) são padrões abstratos de características que podem ser encontradas em um número de diferentes indivíduos. As descrições dos conceitos de UFO apresentadas nesta seção foram baseadas principalmente em (ALBUQUERQUE, 2013; GUIZZARDI; FALBO; S.S.GUIZZARDI, 2008; GUIZZARDI, 2005) e as descrições dos modelos foram adaptadas a partir de (FRAUCHES, 2014). Nas descrições, os conceitos de UFO são apresentados em *itálico* e exemplos dos conceitos são apresentados sublinhados. A Figura 2.3 apresenta um fragmento de UFO relacionado a *Individuals* e *Universals*. Na Figura 2.3 e nas próximas figuras com fragmentos de UFO, conceitos destacados em cinza são os que foram diretamente usados no desenvolvimento da ontologia proposta neste trabalho.

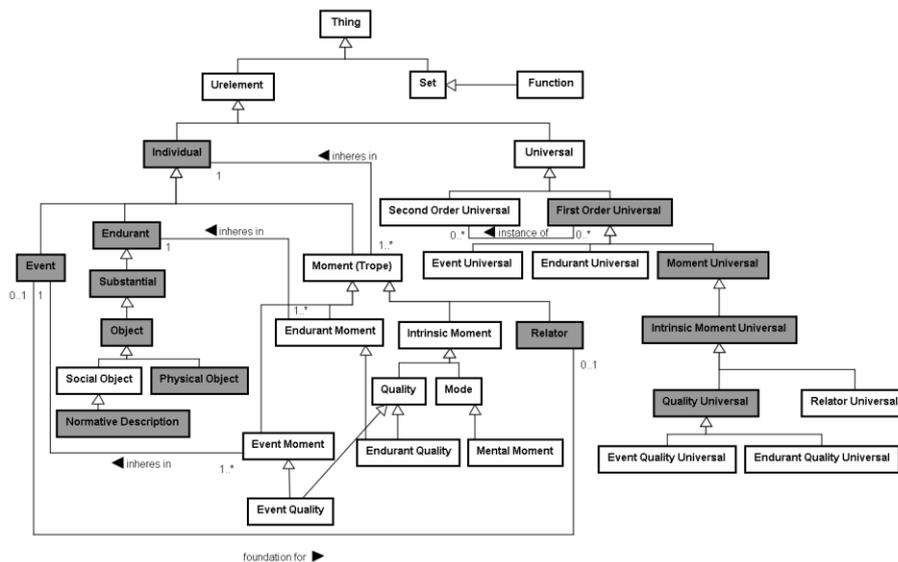


Figura 2.3 - Fragmento de UFO relacionado a *Individuals* e *Universals*.

O conceito raiz de UFO é *Thing*, que é especializado em *Urelement* e *Set*. Sets são entidades que simplesmente existem, sem serem explicitamente criadas ou destruídas. *Urelements* são todas as entidades que não são *Sets*. Existe uma diferença fundamental presente em UFO acerca de *Urelements* que distingue *Individuals* de *Universals*. *Individuals* são entidades que existem na realidade, possuem uma identidade única (por exemplo, a pessoa João) e instanciam *Universals*, que são padrões de características que podem ser instanciados em diferentes entidades (por exemplo, Pessoa). *Universals* podem ser *First Order Universals*, ou seja, *Universals* cujas instâncias são *Individuals* (por exemplo, Pessoa, cujas instâncias são indivíduos, tais como a pessoa João), ou *Second Order Universals*, que são *Universals* cujas instâncias também são universais (por exemplo, Mamífero, cujas instâncias poderiam ser Pessoa, Cachorro, Cavalo, etc.). *First Order Universals* podem ser classificados em *Endurant*

Universals, *Perdurant Universals* e *Moment Universals*. *Endurant Universals* persistem no tempo, mantendo sua identidade (por exemplo, Pessoa). *Event Universals* são eventos e, dessa forma, são constituídos por várias partes temporais que são distribuídas ao longo do tempo (por exemplo, Processo). *Moment Universals* (propriedades) são universais que caracterizam outros universais. Por exemplo, o *Moment Universal* Cor caracteriza o universal Maçã. *Moments* são existencialmente dependentes de outra entidade, no sentido de que, por exemplo, a dor de cabeça de João depende de João para existir. A dependência existencial pode ser utilizada, também, para diferenciar *Intrinsic Moment* e *Relator*. *Intrinsic Moments* são dependentes de uma única entidade para existir (por exemplo, João). *Relators*, por sua vez, dependem de uma pluralidade de entidades (por exemplo, Casamento) e, por isso, proveem a relação material entre eles. Um *Moment* também pode ser um *Event Moment*, inerente a um *Event*. *Relators* são criados por *Events*, uma vez que um evento em que participam diversas entidades resulta em uma entidade que representa a relação entre as mesmas. Por exemplo, o Casamento de João e Maria, existe apenas pois existe um evento que gera tal entidade, e tal evento é dependente existencialmente de, não apenas mas obrigatoriamente, João e Maria. *Intrinsic Moments* podem ser um *Quality* ou *Mode*. *Quality* são uma característica que tem o valor em uma propriedade estaturada, como Altura. *Modes* são propriedades onde não é possível mensurá-las ou compará-las, como a intensidade da dor de cabeça de uma pessoa. *Substantials* são entidades existencialmente independentes, não inerentes a outro *Individual*. Um *Object* é um *Substantial* incapaz de desempenhar ações ou perceber eventos. Podem ser classificados como *Physical Object* (livro, mesa, carro, etc.) e *Social Object* (dinheiro, a linguagem brasileira de sinais, etc.). *Normative Descriptions*, são descrições normativas descritas por objetos sociais e reconhecidas por agentes. A Constituição Brasileira é um exemplo de *Normative Description*.

A Figura 2.4 apresenta o diagrama de UFO que trata de conceitos relacionados a *Goals*. Um *Agent*, como, por exemplo, um médico, é capaz de desempenhar ações e perceber eventos. *Intentional Moment* é um tipo de *Intrinsic Moment* inerente a um *Agent*. Um *Intentional Moment* é do tipo *Mental Moment*. Um *Mental Moment* pode ser especializado em uma *Intention*. Uma *Intention* descreve um compromisso interno em agir no estado das coisas. Por exemplo, ter o compromisso interno de juntar dinheiro todo mês para viajar para a Grécia no próximo ano (*Intention*). *Goals* são o conteúdo proposicional de *Intentions*. *Goals* também são um tipo de *Proposition*, entidades que representam o conteúdo de um estado mental de um agente como conteúdo proposicional de um *Intentional Moment*.

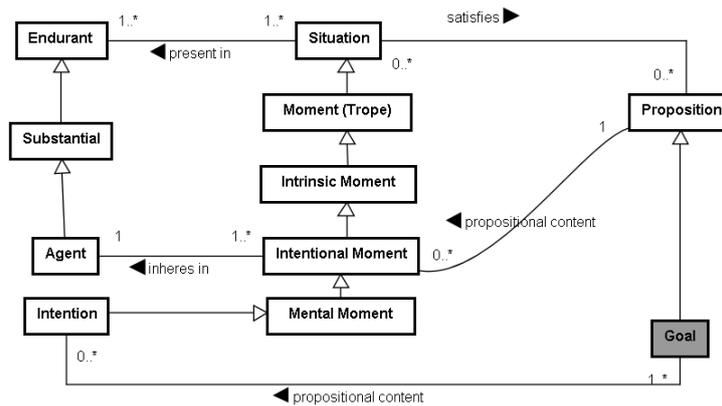


Figura 2.4 - Fragmento de UFO relacionado a *Goals*.

A Figura 2.5 apresenta o diagrama de UFO que trata conceitos relacionados aos *Qualities*. *Quality Universals* referem-se a propriedades que caracterizam *Universals* (por exemplo, Peso e Altura podem caracterizar o universal Pessoa). *Quality Universals* são *Intrinsic Moment Universals* associados a *Quality Structures*, as quais podem ser entendidas como o conjunto de todas as possíveis regiões que delimitam o espaço de valores que podem ser associados a um dado *Quality Universal*. Por exemplo, o *Quality Universal* Altura é associado a uma *Quality Structure* dada por um espaço de valores que é uma estrutura linear isomórfica à porção positiva do eixo dos números reais. As regiões que compõem uma *Quality Structure* são chamadas de *Quality Regions* e são regiões que aproximam *qualia*¹. Um *Quale* é uma percepção de um *Quality* em uma *Quality Structure*. Por exemplo, seja o *Quality* altura que caracteriza uma dada pessoa, o ponto na *Quality Structure* que indica a altura da pessoa é o *quale*. Um *Quale* é uma percepção e, dessa forma, é intrínseco a agentes cognitivos, não podendo ser diretamente compartilhado ou comunicado. A comunicação de um *Quale* é feita por meio de símbolos (por exemplo, 1,66 pode ser o símbolo usado para comunicar a altura de certa pessoa).

Uma importante distinção a respeito de *Quality Universals* está relacionada com sua natureza. *Measurable Quality Universals* são *Quality Universals* que podem ser medidos objetivamente por agentes cognitivos ou dispositivos de medição, sendo possível estabelecer distâncias entre suas *Quality Regions*. Peso e Altura são exemplos de *Measurable Quality Universals*. Diferentemente, *Nominal Quality Universals*, como Nome e CEP, são normalmente baseados em convenções sociais e não podem ser medidos objetivamente. Este trabalho envolve apenas *Measurable Quality Universals*, portanto, aspectos relacionados a *Nominal Quality Universals* não serão discutidos. *Measurement Quality Structures* são estruturas que permitem

¹ Plural de *quale*

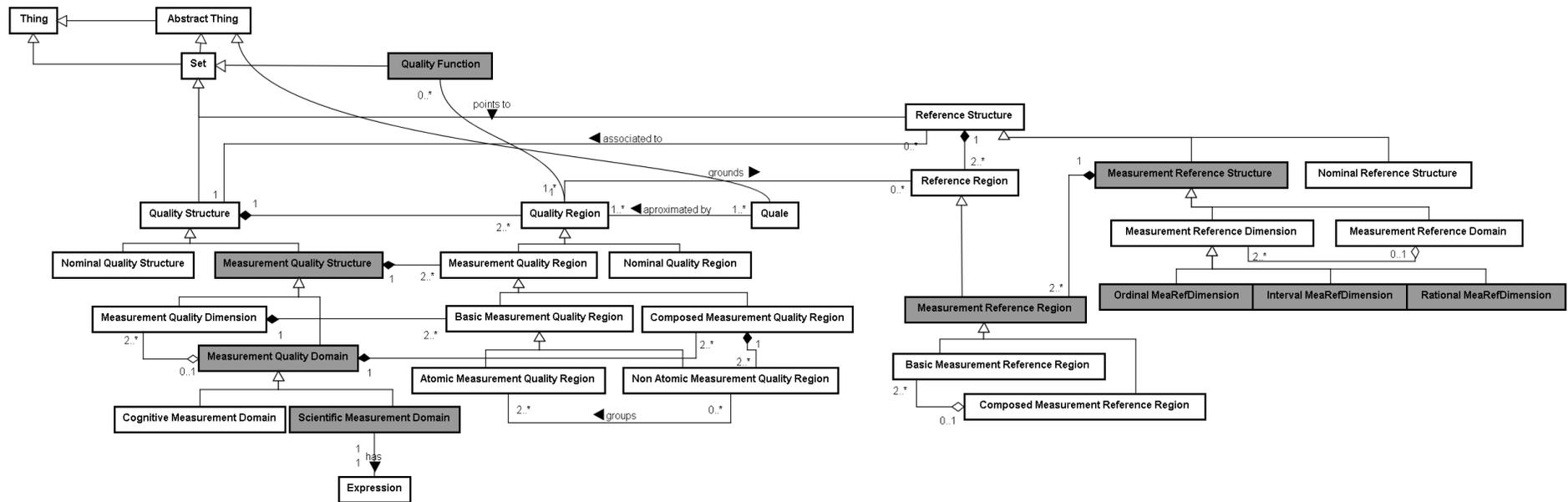


Figura 2.5 - Fragmento de UFO relacionado a *Qualities*.

avaliar objetivamente distâncias entre dois valores e verificar se esses valores são iguais ou não. São classificadas de acordo com o número de dimensões em *Measurement Quality Dimension*, que representam *Measurement Quality Structures* mais elementares (unidimensionais), e *Measurement Quality Domain*, que representam *Quality Structures* multidimensionais. *Measurement Quality Domains*, por sua vez, podem ser *Cognitive Measurement Quality Domain* ou *Scientific Measurement Quality Domain*. A diferença prática entre os dois tipos é que regiões de *Scientific Domains* podem ser avaliadas e ordenadas qualitativamente, enquanto regiões de *Cognitive Domains* não podem. *Scientific Domains* são compostos de acordo com alguma álgebra e possuem uma *Expression* para determinar sua formação. Por exemplo, o *Scientific Measurement Quality Domain* do Índice de Massa Corporal (IMC) é formado utilizando as dimensões Peso e Altura e de acordo com a expressão $IMC = \text{Peso} / (\text{Altura} \times \text{Altura})$.

Como dito anteriormente, uma *Quality Region* é uma região que aproxima um *Quale*. Uma vez que um *Quale* não pode ser compartilhado ou comunicado, para permitir a sua comunicação, é necessário o uso de símbolos (*Lexical Elements*) associados a *Reference Regions* e *Reference Structures*. Uma *Reference Region* é uma entidade abstrata baseada em uma *Quality Region* que age como uma ponte entre essas regiões e os elementos léxicos usados para comunicar o *Quale* aproximado. Em outras palavras, uma *Reference Region* relaciona uma *Quality Region* que aproxima um *Quale* ao símbolo usado para comunicar esse *Quale*. Uma *Reference Structure*, por sua vez, é associada a uma *Quality Structure* e é um conjunto de *Reference Regions* baseadas em *Quality Regions* daquela *Quality Structure*. Dessa forma, quando o 'valor' de um *Quality* é denotado por um elemento léxico (por exemplo, uso do elemento léxico 1,66 para denotar a altura de uma pessoa), o que está realmente sendo referenciado é a *Quality Region* que mais aproxima o *Quale* comunicado através do símbolo 1,66.

Reference Structures são topologicamente isomórficas às *Quality Structures* às quais são associadas. Então, possuem o mesmo número de dimensões e suas *Reference Regions* são isomórficas às *Quality Regions* da *Quality Structure*. *Reference Structures* associadas a *Measurement Quality Structures* são chamadas *Measurement Reference Structures* e agem como escalas baseadas nas *quality structures*. Elas são compostas por *Measurement Reference Regions*. *Measurement Reference Structures* podem ser particionadas em espaços com a mesma magnitude de acordo com uma *Unit*.

De acordo com o número de dimensões, *Measurement Reference Structures* podem ser classificadas em *Measurement Reference Domain* e *Measurement Reference Dimension*. *Measurement Reference Dimensions*, por sua vez, podem ser classificadas em *Ordinal Measurement Reference Dimension*, *Interval Measurement Reference Dimension* e *Rational Measurement Reference Dimension*. Como os nomes sugerem, *Ordinal*, *Interval* e *Rational Reference Dimensions* representam *Reference*

Structures com propriedades de escala ordinal, intervalar e de razão, respectivamente. A diferença entre as escalas será apresentada adiante na seção 2.4.

Para ilustrar os conceitos *Quale*, *Quality Structure*, *Quality Region*, *Reference Structure*, *Reference Region* e as relações entre eles, na Figura 2.6 tem-se a representação dos conceitos ilustrando o que ocorre quando se diz “o peso dessa maçã é $2a$ ”. O peso p da maçã m é um *Quale* que é aproximado por uma *Quality Region* em uma *Quality Structure*. A *Quality Region* está associada a uma *Reference Region* de uma *Reference Structure* e a *Reference Region* é denotada pelo símbolo léxico $2a$, que é usado para comunicar o *Quale*. A *Reference Structure* é particionada de acordo com a unidade a , sendo que na figura a é um valor arbitrário. Por exemplo, se $a = 100g$, o peso comunicado da maçã seria $200g$.

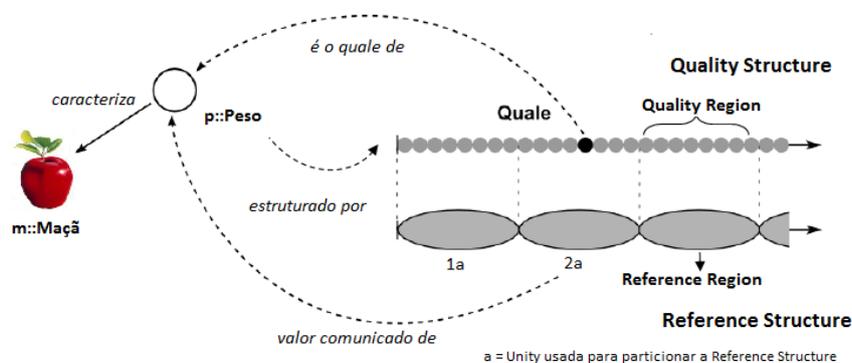


Figura 2.6 – Relação entre *Quale*, *Reference Region* e *Quality Region* (adaptado de ALBUQUERQUE, 2013) *apud* (FRAUCHES, 2014).

2.3 Desenvolvimento e Representação de Ontologias

Por se tratar de uma atividade de desenvolvimento complexa, o desenvolvimento de ontologias de qualidade requer métodos e ferramentas apropriados (FALBO, 2014). O processo de desenvolvimento da ontologia proposta neste trabalho seguiu orientações de SABiO (*Systematic Approach for Building Ontologies*) (FALBO, 2014) para desenvolver ontologias de referência e da abordagem proposta por Martins e Falbo (2008) para desenvolver e representar ontologias de tarefa.

No que tange o desenvolvimento de ontologias de referência, SABiO prescreve atividades relacionadas ao processo de desenvolvimento bem como a processos de apoio. O processo de desenvolvimento consiste em duas fases principais. A *Identificação do Propósito e Elicitação dos Requisitos* trata da identificação do objetivo da ontologia, seus usos pretendidos e requisitos que precisam ser atendidos. Na *Formalização e Captura da Ontologia* o principal

objetivo é capturar a conceituação do domínio, identificando-se conceitos e relações relevantes e representando-os por meio de modelos conceituais.

Para apoiar o desenvolvimento da ontologia de referência há processos de *Reúso*, que trata da reutilização de ontologias existentes; *Avaliação*, que consiste em conduzir atividades de verificação e validação para avaliar a ontologia produzida; *Gerência de Configuração*, para controlar mudanças realizadas na ontologia; *Documentação*, para registrar os resultados das atividades realizadas ao longo do desenvolvimento, bem como criar o artefato que descreve ontologia; e *Aquisição de Conhecimento*, que consiste na obtenção do conhecimento necessário para se estabelecer a conceituação representada pela ontologia. A Figura 2.7 apresenta uma visão geral dos processos de SABiO considerados neste trabalho.

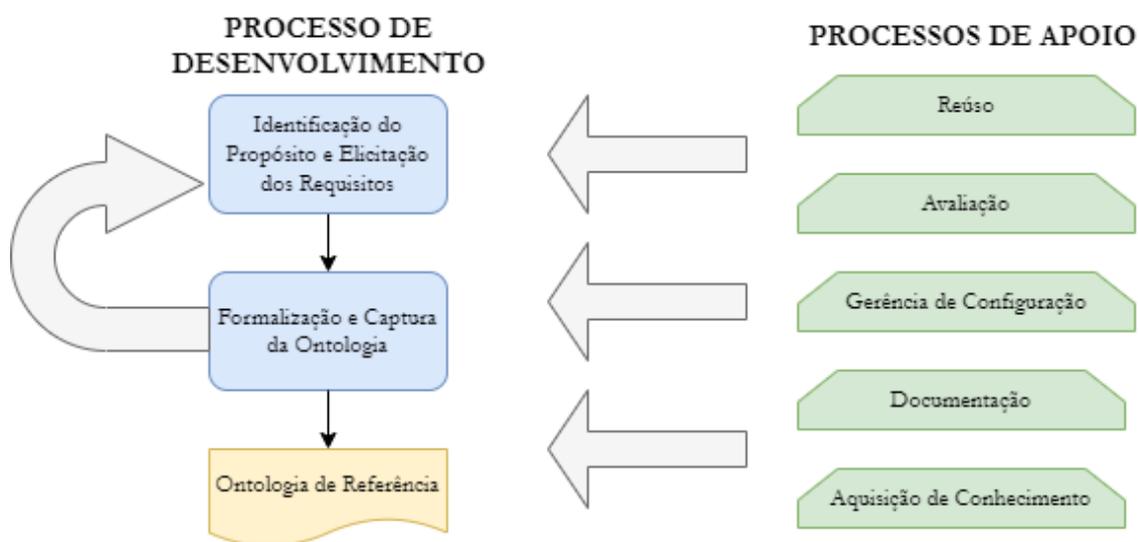


Figura 2.7 – Processos de SABiO considerados neste trabalho.

Ao focarem em ontologias de tarefa, Martins e Falbo (2008) orientam o uso de diagramas de atividades da UML para representar o modelo comportamental e de modelos de classes para representar o modelo estrutural.

O modelo de atividades é capaz de representar atividades, subatividades, agentes (ou papéis) e objetos que atuam como entradas e saídas, bem como o fluxo de controle entre as atividades, que permite estabelecer, por exemplo, a ordem em que elas devem ocorrer e condições para que sejam realizadas. O modelo de atividades também permite a representação dos agentes (ou papéis) responsáveis por cada atividade e especificar os estados prévios e posteriores de cada objeto que participa nas atividades (MARTINS E FALBO, 2008). O modelo estrutural, por sua vez, é representado por meio de um diagrama

de classes e deve ser fundamentado em uma ontologia de fundamentação para garantir que obedeça às regras e associações e impostas pela ontologia de nível superior.

2.4 Core Ontology on Measurement (COM)

A *Core Ontology on Measurement (COM)* (BARCELLOS *et al.*, 2014) foi definida com o de propósito representar a conceituação central relacionada à medição, ou seja, a conceituação que é independente do domínio no qual a medição é aplicada. As principais fontes de conhecimento para o desenvolvimento de COM foram o VIM (*International Vocabulary of Metrology*) (JCGM, 2012) e a *Reference Software Measurement Ontology (RSMO)* (BARCELLOS *et al.*, 2013; BARCELLOS, 2009), uma ontologia fundamentada em UFO e que, embora trate do domínio de medição de software, apresenta alguns conceitos centrais à medição e independentes de domínio.

COM é uma ontologia de núcleo organizada em cinco subontologias. Neste trabalho, as subontologias *Measurable Entities* e *Measure* foram reutilizadas. Já as subontologias *Measurement Planning*, *Measurement* e *Measurement Analysis* foram estendidas. As subontologias *Measurable Entities*, *Measure* e *Measurement Planning* são apresentadas a seguir. As demais, por terem sofrido alterações, serão tratadas no Capítulo 3. Para cada uma das subontologias abordadas a seguir são apresentados seu modelo conceitual e uma breve descrição. Para preservar a ontologia como definida originalmente, conceitos são apresentados na língua inglesa. Nas descrições usa-se **negrito** em conceitos da ontologia, *itálico* em conceitos de UFO e sublinhado em exemplos (instâncias).

2.4.1 Measurable Entities Subontology

Esta subontologia trata das entidades que podem ser medidas, seus tipos e suas propriedades que podem ser medidas. A Figura 2.8 apresenta o modelo conceitual da *Measurable Entities Subontology*.

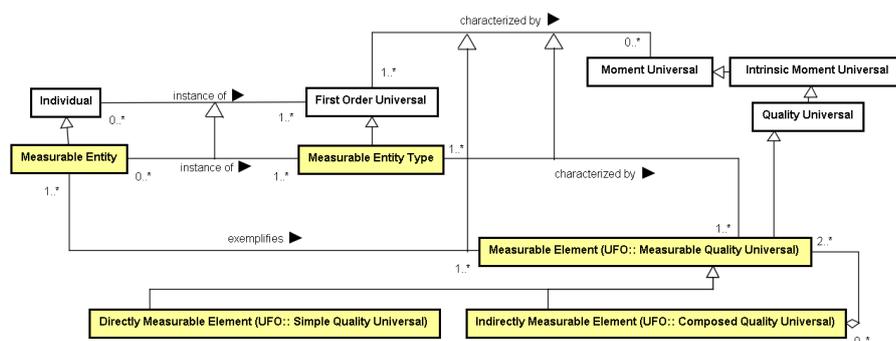


Figura 2.8 - Modelo conceitual de *Measurable Entities Subontology*.

Measurable Entity é qualquer coisa que pode ser medida, como uma pessoa (João), um rio (Rio Doce) ou uma organização (UFES). Dada sua natureza genérica, uma **Measurable Entity** corresponde a um *Individual* em UFO. **Measurable Entities** são classificadas em tipos (**Measurable Entity Type**). Por exemplo, pessoas (e.g., João) são entidades mensuráveis do tipo de entidade mensurável Pessoa. **Measurable Entity Type** é um *First Order Universal* que é caracterizado por *Measurable Quality Universals* (chamados de **Measurable Elements** em COM), designando as coisas que podem ser medidas. Assim, **Measurable Elements** são propriedades que podem ser medidas. Por exemplo, entidades do tipo Pessoa podem ser caracterizada por seu peso e altura. **Measurable Elements** podem ser diretamente mensuráveis (**Directly Measurable Element**), os quais não dependem de outros elementos para ser medidos (por exemplo, peso), ou indiretamente mensuráveis (**Indirectly Measurable Element**), cuja medição depende de outros elementos. Índice de massa corporal é um exemplo de **Indirectly Measurable Element**, pois depende dos elementos peso e altura para ser medido.

2.4.2 Measure Subontology

Esta subontologia aborda aspectos relacionados à definição de medidas. A Figura 2.9 apresenta o diagrama da **Measure Subontology**.

Measure é uma função (*Quality Function*) utilizada para quantificar um **Measurable Element**, permitindo associá-lo a **Scale Values**, contidos em uma determinada **Scale**. Uma **Scale** é uma estrutura que identifica os possíveis valores para os quais uma medida pode ser mapeada. Assim, é uma *Measurement Reference Structure* em UFO. Cada valor ou região que forma uma escala é um **Scale Value**, que é uma *Measurement Reference Region* em UFO.

Measures podem ser expressas em **Measure Units**, que são unidades definidas e adotadas por convenção com a finalidade de particionar a **Scale** em regiões iguais. Como exemplo, tem-se a medida altura em metros, expressa na unidade de medida metros e que pode ser usada para quantificar o elemento mensurável altura, permitindo associá-lo a algum valor da escala formada pelos valores equivalentes aos números reais positivos. Em uma **Interval Scale**, embora seja possível calcular a distância entre dois valores, não é possível estabelecer outras relações entre eles (por exemplo, não é possível dizer que 50°C é duas vezes mais quente que 25°C).

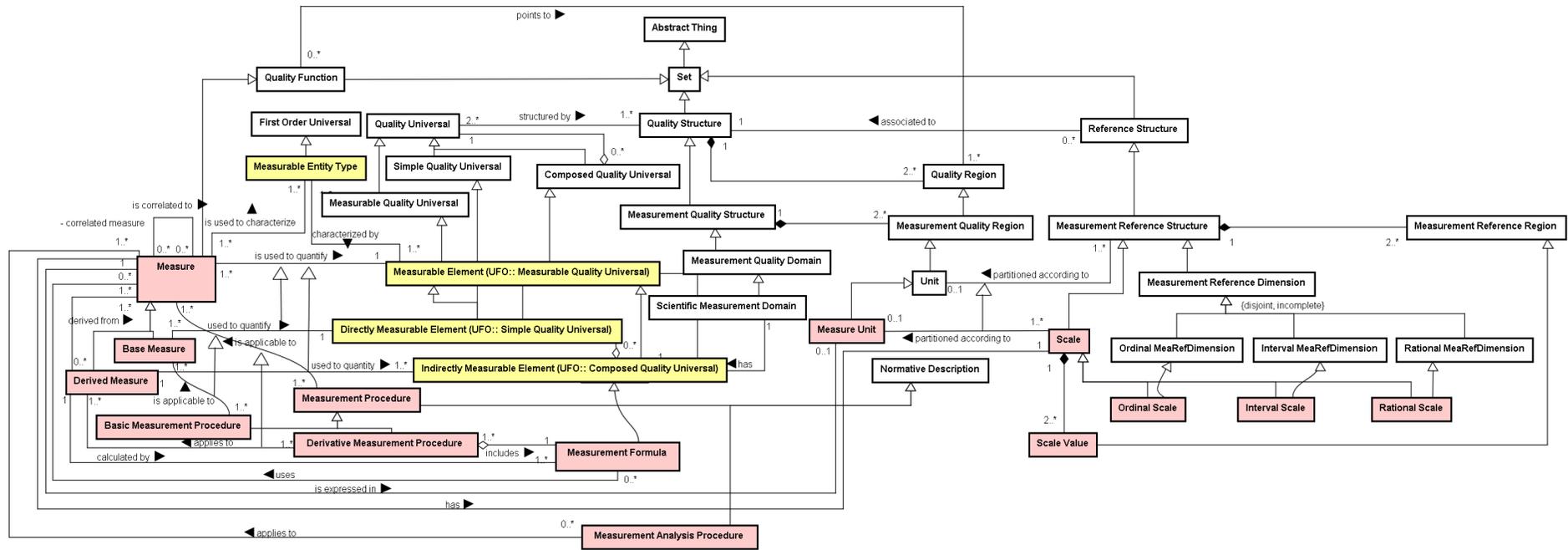


Figura 2.9 - Modelo conceitual de *Measure Subontology*.

Por fim, uma *Measure* tem *Rational Scale* quando, além de ser possível quantificar a distância entre valores para os quais ela pode ser mapeada, o zero absoluto, representando um ponto de nulidade, é um valor possível. Além disso, é possível realizar operações matemáticas entre os valores, mesmo que sejam usadas unidades de medida diferentes. Por exemplo, a medida distância em quilômetros, expressa em quilômetros (km), tem escala razão, pois 0 km significa a nulidade da distância (ou seja, nenhuma distância) e, além disso, é possível, por exemplo, relacionar valores de distância em quilômetros com valores de distância em metros e, também, estabelecer relações entre valores (e.g., a distância 100 km é duas vezes a distância 50 km).

Em relação à sua natureza, uma *Measure* pode ser *Base Measure* ou *Derived Measure*. *Base Measures* são medidas atômicas, que não dependem de outras para serem obtidas. Dessa forma, elas são usadas para quantificar *Directly Measurable Elements*. *Derived Measures*, por sua vez, são obtidas a partir de outras e são usadas para quantificar *Indirectly Measurable Elements*.

Measures são usadas aplicando-se *Measurement Procedures*, que descrevem o procedimento necessário para mapear a medida para um valor da sua escala (por exemplo, o procedimento a ser seguido para medir a altura em metros de uma pessoa). Um *Measurement Procedure* aplicável a uma *Derived Measure* é chamado *Derivative Measurement Procedure* e inclui *Measurement Formulas* (p.ex., índice de massa corporal = peso/altura²) que quantificam as relações entre as medidas usadas para obtenção da medida derivada. Um *Measurement Procedure* aplicável a uma *Base Measure* é chamado *Basic Measurement Procedure*.

De forma análoga, *Measurement Analysis Procedures* são usados para analisar os valores mapeados para uma medida (i.e., os valores medidos). Por exemplo, o procedimento que orienta sobre como o valor do índice de massa corporal de uma pessoa deve ser analisado para verificar se está normal ou não é um *Measurement Analysis Procedure* aplicável à medida índice de massa corporal. *Measurement* e *Measurement Analysis Procedure* são *Normative Descriptions* em UFO.

Por fim, uma medida pode se relacionar com outras, ditas *correlated measures*, podendo influenciar seus valores. Por exemplo, as medidas distância e tempo são medidas correlatas, uma vez que a distância a ser percorrida influencia no tempo necessário para percorrê-la. As medidas a partir das quais uma *Derived Measure* é obtida são medidas correlatas a ela. Por exemplo, as medidas peso e altura são medidas correlatas à medida índice de massa corporal.

2.4.3 Measurement Planning Subontology

Esta subontologia aborda o planejamento da medição, que consiste em definir por que a medição deve ser realizada e o que se deseja medir. Assim, esta subontologia trata da definição de objetivos de medição, necessidades de informação e da identificação das medidas para satisfazer as necessidades de informação e apoiar o alcance dos objetivos de medição. A Figura 2.10 apresenta o modelo conceitual de *Measurement Planning Subontology*.

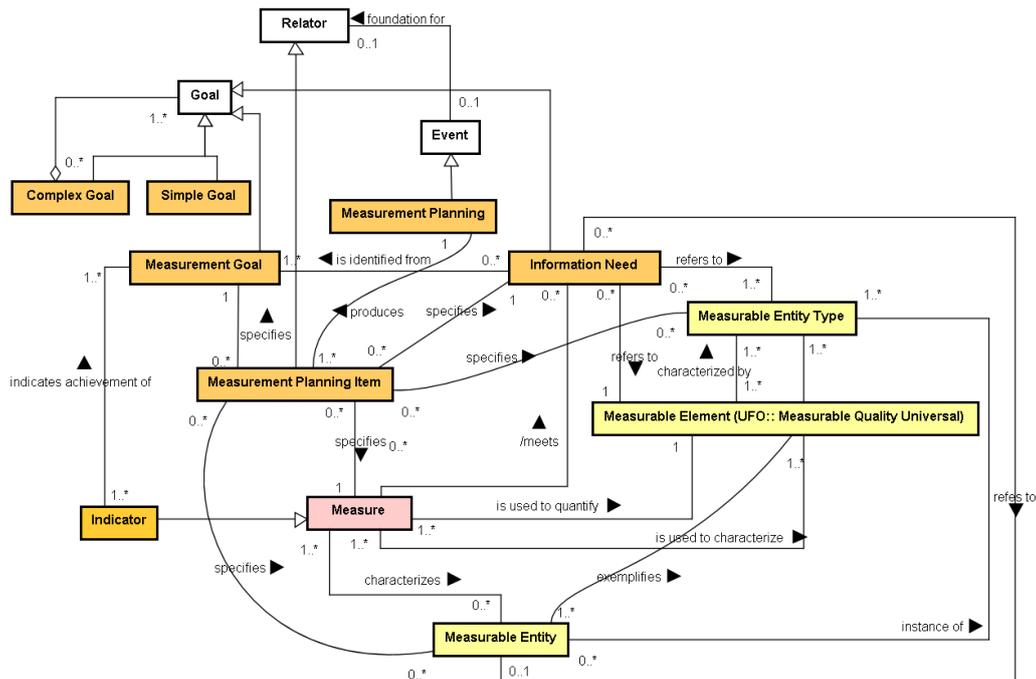


Figura 2.10 - Modelo conceitual de *Measurement Planning Subontology*.

Um **Measurement Goal** é um objetivo (*Goal*) que é utilizado como ponto de partida para guiar a identificação das medidas necessárias em um determinado contexto. Por exemplo, em um consultório, um médico pode ter como objetivo atender bem seus pacientes. A partir desse objetivo geral, podem-se estabelecer objetivos de medição como, por exemplo, verificar o estado de saúde do paciente. Objetivos podem ser decompostos em outros. Por exemplo, verificar se o paciente tem um bom índice de massa corporal pode ser um subobjetivo de verificar o estado de saúde do paciente.

A partir de um **Measurement Goal** podem ser identificadas **Information Needs**, que determinam quais necessidades de informação devem ser atendidas por medidas para que seja possível verificar se o **Measurement Goal** desejado é alcançado. Considerando o exemplo dado, conhecer o índice de massa corporal do paciente pode ser uma necessidade de informação identificada a partir de verificar o índice de massa corporal do paciente.

Information Needs também podem ser decompostas. Por exemplo, conhecer o peso do paciente e conhecer a altura do paciente são subnecessidades de conhecer o índice de massa corporal do paciente. *Information Needs* referem-se a *Measurable Elements* e a *Measurable Entities* (ou *Measurable Entity Types*). Por exemplo, a necessidade de informação conhecer o índice de massa corporal do paciente refere-se ao elemento mensurável índice de massa corporal de uma entidade do tipo Pessoa (o paciente João, por exemplo). *Measures* atendem *Information Needs*, levando-se em consideração os *Measurement Elements* e *Measurable Entities* (ou *Measurable Entity Types*) relacionados a elas. Por exemplo, a medida índice de massa corporal em quilos/metros² pode ser usada para atender a necessidade de informação conhecer o índice de massa corporal do paciente.

Measures que são usadas diretamente na análise do alcance de objetivos são chamadas *Indicators*. Por exemplo, uma vez que no planejamento de medição definiu-se que a medida índice de massa corporal em quilos/metros² será usada para indicar o alcance ao objetivo de medição verificar se o paciente tem um bom índice de massa corporal, nesse contexto, ela desempenha o papel de *Indicator*.

Por fim, um *Measurement Planning Item* conecta um *Measurement Goal*, uma *Information Need* e uma *Measure*, indicando que a medida atende a necessidade de informação e que esta foi identificada a partir do objetivo de medição. Dessa forma, faz-se o alinhamento da medição com os objetivos que se deseja alcançar. *Measurement Planning Items* são produzidos em um *Measurement Planning*, que consiste no ato (*Event*) de realizar o planejamento da medição.

2.5 Ontologia de Tarefa de Medição

Frauches (2014) definiu a Ontologia de Tarefa de Medição (OTM) como uma representação conceitual do processo de medição. Martins e Falbo (2008) afirmam que ontologias de tarefa devem ser representadas através de dois tipos de modelos: modelo comportamental, cuja função é capturar a decomposição de tarefas, seus insumos e produtos, e como os papéis atuam em sua execução; e modelo estrutural, cuja função é representar as propriedades e relações dos insumos e produtos das atividades e outras entidades necessárias para caracterizar as tarefas.

O modelo estrutural da ontologia de tarefa proposta por Frauches (2014) é o modelo conceitual integrado das subontologias de COM (BARCELLOS et al., 2014). O modelo comportamental geral da ontologia de tarefa proposta por Frauches (2014) é apresentado na

Figura 2.11. Atividades estão escritas em **negrito**. *Itálico* é usado para identificar objetos do modelo estrutural participando nas atividades como entrada ou saída. **Negrito itálico** é utilizado para identificar atores que realizam as atividades. Os conceitos serão apresentados na língua inglesa.

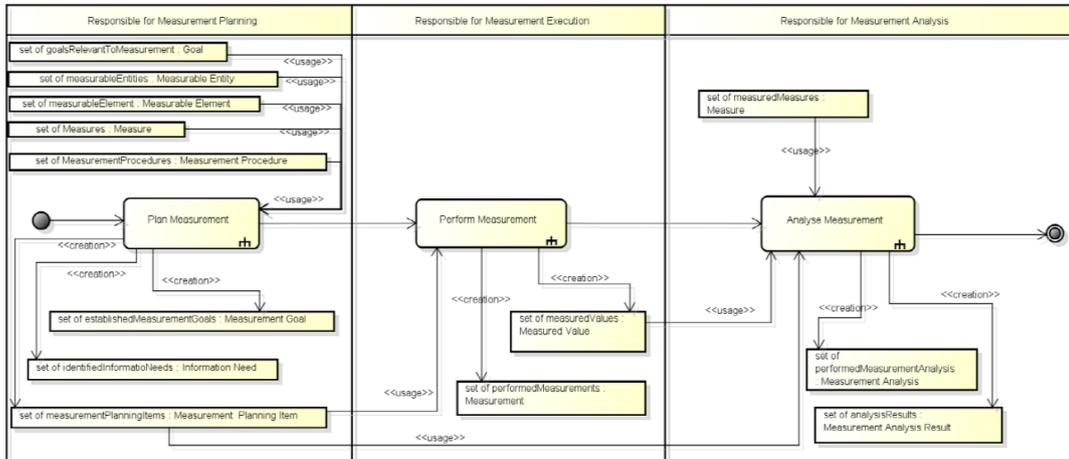


Figura 2.11 - Modelo comportamental geral da ontologia de tarefa proposta em (FRAUCHES, 2014).

O processo de medição tem início com o **Responsible for Measurement Planning** realizando a atividade **Plan Measurement**. Nesta atividade, *Goals* relevantes para a medição são utilizados como base para a identificação das *Information Needs* que devem ser atendidas e identificação das *Measures* necessárias. Também é nesta atividade que *Measurement Procedures*, que orientam a coleta de dados para as medidas, são estabelecidos. Cada combinação de *Measurement Goal*, *Information Need*, *Measure* e *Measurement Procedure* é organizada em um *Measurement Planning Item*. Na atividade seguinte, **Perform Measurement**, o **Responsible for Measurement Execution** seleciona, dentre os *Measurement Planning Items*, aquele que será considerado e realiza a medição, obtendo *Measured Values* e registrando as *Measurements* realizadas. Por fim, na atividade **Measurement Analysis**, o **Responsible for Measurement Analysis** seleciona as *Measures* para as quais foram realizadas medições e os *Measured Values* que deseja analisar, realiza as análises dos dados considerando *Measurement Goals*, registra as *Measurement Analysis* e *Analysis Result* e relata os resultados para as partes interessadas.

2.6 Outras Ontologias de Medição

Além das ontologias propostas em (BARCELLOS et al., 2014) e (FRAUCHES, 2014), há outras ontologias de medição na literatura. Algumas tratam de medição em geral, enquanto outras focam em medição em domínios específicos, embora também tratem

aspectos centrais da medição (uma vez que são necessários para se falar de medição em algum domínio particular). Alguns exemplos são brevemente apresentados nesta seção.

A *Software Measurement Task Ontology* (SMTO) (BARCELLOS e FALBO, 2013) foi a primeira ontologia de tarefa relacionada à medição desenvolvida no Núcleo de Estudos em Modelagem Conceitual e Ontologias (NEMO), grupo de pesquisa no qual este trabalho e as ontologias COM (BARCELLOS et al., 2014) e OTM (FRAUCHES, 2014) foram desenvolvidas. A ontologia é o trabalho precursor de OTM. Após seu uso bem sucedido no domínio de medição de software, percebeu-se a importância de se descrever o processo de medição em uma ontologia de tarefa independente de domínio. Com exceção de SMTO e da versão de MTO proposta em (FRAUCHES, 2014), não foram encontradas outras propostas de ontologias representando aspectos comportamentais do processo de medição. A seguir são apresentados alguns trabalhos que propõem ontologias que tratam dos aspectos estruturais relacionadas a medição.

Kim *et al.* (2007) propõem a *TOVE Measurement Ontology* (TMO), uma ontologia de núcleo para aplicações da web semântica. TMO lida com conceitos relacionados a: (i) sistemas de medição, tais como quais atributos podem ser medidos, amostras e requisitos de qualidade; atividades de medição, tais como coleta de dados, inspeção e testes; e (iii) pontos de medição, tratando valores medidos e sua conformidade aos requisitos de qualidade.

A coleção de ontologias QUDT (*Quantity, Unit, Dimension and Type*)² define as propriedades básicas de classes e restrições utilizadas para a modelagem de quantidades físicas, unidades de medida e suas dimensões em diversos sistemas de medição. QUDT provê um modelo unificado para quantidades mensuráveis, unidades de medida para diferentes tipos de quantidades, valores numéricos de quantidades em diferentes unidades de medida, além das estruturas de dados e tipos de dados usados para armazenar e manipular tais objetos em um software. QUDT tem por objetivo aprimorar a interoperabilidade de dados e a especificação de estruturas da informação através de padrões da indústria para as áreas de *Units of Measure, Quantity Kinds, Dimensions and Data Types*.

No âmbito da Engenharia de Software, García *et al.* (2006) propõem a *Software Measurement Ontology* (SMO) para medição de software visando a uma terminologia consistente acerca do assunto. Dentro desse contexto, os autores apresentam conceitos como *Information Need, Measure, Measurement Method, Measurement Result*, entre outros. Ao citar várias fontes como o VIM (2012) e a ISO/IEC 15939 (2008), os autores identificam problemas semânticos em normas e padrões de medição. Por exemplo, a presença de

² <http://qudt.org>

homônimos (quando um mesmo termo apresenta significados diferentes entre normas) e sinônimos (quando dois termos diferentes aparentam possuir o mesmo significado). Além disso, os autores ressaltam que, no geral, não existe consenso acerca de conceitos básicos, como medida base, medida derivada e indicador. SMO visa, então, prover um vocabulário comum para resolver inconsistências acerca de alguns termos relacionados à medição de software.

No contexto de medições relacionadas a aspectos ambientais, a ISO 19156 (2011) define um esquema conceitual para observações e medições. A norma define um conjunto comum de tipos de recursos de amostragem classificados primariamente por dimensão topológica, bem como amostras para observações realizadas longe do seu ambiente natural. O esquema também inclui relações entre as amostras como sub-amostragem e amostras derivadas.

Também no contexto ambiental, O'Brien *et al.* (2018) advogam pela importância de um vocabulário desambíguo na medição de Variáveis Essenciais da Biodiversidade (VEB) na área de Ecologia. VEB's são descritas como medições necessárias para estudar, avaliar e relatar mudanças na biodiversidade. Um exemplo de VEB é Produtividade Primária Líquida (PPL), que indica a quantidade de carbono e energia que entra dentro de um ecossistema. As medições realizadas são coletadas de diferentes maneiras, dependendo do escopo e do contexto. Essa heterogeneidade da medição cria obstáculos ao medir a PPL em pontos diferentes, uma vez que os dados obtidos não estão devidamente harmonizados. A ontologia faz o reuso de outras ontologias e traz alguns conceitos como *Entities-of-interest*, *Characteristics*, *Units*, *Protocols*, *Context* e *Measurement*, que são passíveis de serem utilizados em qualquer domínio de medição.

No âmbito de medições baseadas em sensores, a SSN (*Semantic Sensor Network Ontology*) é uma ontologia para descrever sensores e suas observações, os procedimentos envolvidos, as características de interesse estudadas, as amostras utilizadas para isso e as propriedades observadas, além de atuadores, que são um tipo de dispositivo. SSN inclui uma ontologia de núcleo leve, porém independente, chamada SOSA (*Sensor, Observation, Sample, and Actuator*). Com seu escopo diferente e diferentes graus de axiomatização, a SSN e a SOSA são capazes de oferecer suporte a uma ampla gama de domínios como, imagens de satélite, monitoramento científico em larga escala, infraestruturas industriais e domésticas, sensoriamento social, ciência do cidadão, engenharia de ontologias orientada à observação e Internet das Coisas (COMPTOM, et al. 2012).

2.7 Linguagens de Padrões Ontológicos

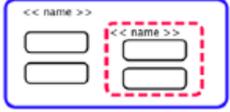
Reúso de ontologias, em geral, é um tópico de pesquisa complexo e uma das áreas mais desafiadoras e negligenciadas na Engenharia de Ontologias (STAAB e STUDER, 2010). O uso de padrões tem sido reconhecido como uma abordagem promissora para reúso no desenvolvimento de ontologias. Padrões são como meios de transporte para conhecimento encapsulado. Eles são um dos modos mais efetivos para nomear, organizar e raciocinar sobre conhecimento (FALBO *et al.*, 2013).

No âmbito de Engenharia de Software, uma Linguagem de Padrões (LP) é uma rede de padrões inter-relacionados que define um processo para resolução sistemática de problemas relacionados ao desenvolvimento de software (DEUTSCH, 2004). Assim, uma Linguagem de Padrões Ontológicos (LPO) é uma rede de padrões ontológicos que busca auxiliar na resolução de problemas de modelagem relacionados ao desenvolvimento de ontologias. Uma LPO provê um guia acerca de problemas podem surgir e informa uma ordem de resolução desses problemas, sugerindo um ou mais padrões para resolver cada demanda específica (FALBO *et al.*, 2013).

Uma LPO é estruturada para apoiar e encorajar a aplicação de um padrão de cada vez, na ordem definida pelo processo da LPO e em função dos caminhos escolhidos pelo engenheiro de ontologias (FALBO *et al.*, 2013). Dessa forma, de acordo com os problemas a serem modelados, o engenheiro de ontologias é guiado a aplicar certos padrões, o que contribui para a produtividade no desenvolvimento da ontologia e para a qualidade do modelo da ontologia resultante (RUY *et al.*, 2015).

Visando prover uma notação para a representação de LPOs, Quirino *et al.* (2017) propuseram OPL-ML (*Ontology Pattern Language Modeling Language*), que apresenta uma sintaxe abstrata e uma sintaxe concreta baseadas em elementos da UML, versão 2.5 (OMG, 2015). OPL-ML foi definida com base em resultados de diversos experimentos e de um mapeamento sistemático que investigou notações visuais usadas em linguagens de padrões de software. Além disso, para ser uma linguagem cognitivamente rica, OPL-ML segue os princípios de *Physics of Notation* (MOODY, 2009). OPL-ML foi usada para representar a LPO desenvolvida neste trabalho. A Tabela 2.1 apresenta os elementos da notação utilizados neste trabalho.

Tabela 2.1 – Elementos da Sintaxe de OPL-ML usados usados neste trabalho

Elemento	Representação gráfica	Descrição
Ponto de Entrada		Indica um padrão que o usuário pode aplicar primeiro.
Ponto Final		Indica pontos de parada no uso da LPO.
Ação de Aplicação de Padrão		Indica um padrão, representando a ação de aplicação desse padrão.
Fluxo de Controle		Indica fluxos que devem ser seguidos para navegar entre os padrões.
Nó de Decisão		Indica a necessidade de escolha de um entre vários caminhos.
Nó de Bifurcação (Fork Node)		Indica que a partir de um fluxo o usuário pode seguir por dois caminhos distintos.
Nó de Junção (Join Node)		Indica que dois fluxos diferentes levam a um mesmo caminho.
Grupo de Ações de Aplicação de Padrões Variantes		Indica que há padrões que resolvem um mesmo problema e que devem ser usados de forma excludente.
Grupo de Ações de Aplicação de Padrões (no formato expandido)		Indica que há padrões organizados em um mesmo grupo e mostra como os padrões internos ao grupo se relacionam.
Grupo de Ações de Aplicação de Padrão (no formato caixa-preta)		Indica que há padrões organizados em um mesmo grupo, sem mostrar como os padrões internos ao grupo se relacionam.

2.8 Considerações Finais do Capítulo

Para tratar de assuntos considerados importantes ao entendimento deste trabalho, este capítulo apresentou o conteúdo relacionado a medição, ontologias, abordagens para desenvolvimento e representação de ontologias, ontologias de medição e linguagens de padrões ontológicos.

Conforme discutido, ainda não existe uma visão consensual acerca de medição, abordando tanto aspectos estruturais quanto comportamentais. Para cobrir essa lacuna, o próximo capítulo apresenta a ontologia de tarefa proposta neste trabalho.

Capítulo 3

Ontologia de Tarefa de Medição

Este capítulo apresenta a Ontologia de Tarefa de Medição proposta neste trabalho. A Seção 3.1 apresenta uma breve introdução. A Seção 3.2 aborda o modelo comportamental da ontologia. A Seção 3.3 apresenta o modelo estrutural da ontologia. A Seção 3.4 trata da avaliação da ontologia, realizada por meio de técnicas de verificação e validação. A seção 3.5 apresenta uma comparação com trabalhos correlatos. A seção 3.6 apresenta as considerações finais do capítulo.

3.1 Introdução

Como discutido no capítulo de Introdução, a Ontologia de Tarefa de Medição (OTM) proposta em (FRAUCHES, 2014) e a *Core Ontology on Measurement* (COM) proposta em (BARCELLOS et al., 2014), que é, também, o modelo estrutural de OTM (FRAUCHES, 2014), apesar de tratarem vários conceitos importantes e centrais acerca de medição, não tratam alguns aspectos também significativos, como aqueles relacionados ao uso de amostras para realizar a medição e ao uso de dispositivos (i.e., instrumentos necessários para realizar as atividades relacionadas à medição) e recursos (i.e., insumos necessários às atividades relacionadas à medição). Além disso, o processo de medição é apresentado em OTM como um único fluxo predominantemente sequencial, o que não se mostra muito alinhado ao processo no mundo real. Dessa forma, decidiu-se estender essas ontologias para tratar essas questões, tornando sua conceituação mais abrangente e representativa.

Uma vez que o modelo conceitual de COM representa o modelo estrutural de OTM, para simplificação, neste capítulo as extensões realizadas em COM e OTM serão tratadas de maneira conjunta na extensão de OTM.

Para estender OTM foram considerados trabalhos da literatura acerca de medição (VIM, 2012) (COMPTOM, 2012) (ISO 19151, 2011) e foram consultados especialistas de alguns domínios nos quais medição representa um papel central (Engenharia de Software, Qualidade da Água e Patologia). A busca de conhecimento junto a especialistas de diferentes domínios visou à identificação de conceitos e atividades comuns aos diversos domínios, a fim de desenvolver uma ontologia com conceitos centrais e capaz de representar medição em diferentes cenários.

Conforme mencionado no Capítulo 2, a versão de OTM proposta neste trabalho foi desenvolvida seguindo-se orientações de SABiO (FALBO, 2014) e (FALBO e MARTINS, 2008). Considerando as atividades e processos de SABiO apresentados na seção 2.3, durante a atividade Identificação do Propósito e Elicitação de Requisitos foram estabelecidas

questões de competência que uma ontologia de tarefa deve ser capaz de responder. Na atividade Formalização e Captura da Ontologia os conceitos necessários foram capturados e formalizados em diagramas UML. Aquisição de Conhecimento, como já mencionado, foi realizada com base na literatura, em normas e consultando-se especialistas de domínio. Reúso consistiu principalmente em reutilizar a versão de OTM proposta em (FRAUCHES, 2014) para estendê-la. A Avaliação foi conduzida utilizando-se verificação (avaliação da ontologia considerando-se as questões de competência) e validação (uso de dados de situações reais para instanciar a ontologia). Em Documentação foi produzida a especificação da ontologia apresentada neste capítulo. Por fim, durante Gerência de Configuração, foram controladas as diferentes versões produzidas até se chegar à versão de OTM apresentada neste trabalho.

Sendo uma ontologia de tarefa que descreve um processo, OTM deve responder às seguintes questões de competência gerais (MARTINS e FALBO, 2008):

- (i) Quais são as atividades presentes no processo de medição?
- (ii) Quem é o responsável por realizar tais atividades?
- (iii) Como as atividades são decompostas em subatividades?
- (iv) Qual é o fluxo de controle entre as atividades e suas subatividades?
- (v) Quais são as entradas e saídas de cada uma das atividades e subatividades?

Seguindo as recomendações de Martins e Falbo (2008), OTM foi definida por meio de um modelo comportamental e um modelo estrutural, que são apresentados a seguir.

3.2 Modelo Comportamental

O modelo comportamental da Ontologia de Tarefa de Medição visa representar as atividades e subatividades do processo de medição, os responsáveis por sua execução e suas entradas e saídas, organizando esses elementos em um fluxo que conecta as atividades e subatividades e define a sequência em que podem ser realizadas e as condições necessárias para sua realização. O modelo comportamental foi definido utilizando-se a notação do diagrama atividades da UML (OMG, 2015).

A Figura 3.1 apresenta o modelo comportamental geral, que compreende as atividades principais do processo de medição. Na figura, atividades indicadas com o símbolo  são complexas, ou seja, são decompostas em subatividades. Essas atividades são detalhadas em outros diagramas. Todas as atividades e subatividades presentes nos diagramas que representam o modelo comportamental de MTO são classificadas em UFO (Guizzardi et al., 2008) como ações complexas. Em UFO, ações são eventos intencionais. Ações complexas são ações que envolvem a participação de diferentes objetos ou agentes. Todas as atividades

e subatividades do modelo comportamental de OTM envolvem a participação de um ou mais agentes e um ou mais objetos.

Nos diagramas são representados alguns estereótipos que acompanham os fluxos de objetos para mostrar distinções feitas em UFO (Guizzardi et al., 2008) relacionadas à participação de um objeto em uma ação: *<creation>* indica que o objeto é criado na ação (atividade ou subatividade), *<change>* indica que alguma propriedade do objeto é alterada durante a ação, e *<usage>* indica que o objeto é utilizado sem que nenhuma das suas propriedades seja alterada.

Uma vez que o modelo comportamental mostra um processo complexo, com fluxos não lineares, existem também nós de decisão que indicam que é possível não realizar algumas atividades ou subatividades, e também que proveem a capacidade de retorno para atividades anteriores caso seja necessário.

Após a Figura 3.1, o modelo é descrito. Na descrição do modelo comportamental geral e dos modelos detalhados que serão tratados posteriormente, termos da ontologia são apresentados na língua inglesa. Atividades e subatividades estão escritas em **negrito**. *Itálico* é usado para identificar objetos participando nas atividades como entrada ou saída. Tais objetos representam instâncias de conceitos do modelo estrutural de OTM, que será abordado na seção 3.3. **Negrito itálico** é utilizado para identificar atores que realizam as atividades e subatividades. Por fim, sublinhado é utilizado em exemplos. Vale ressaltar que o modelo comportamental geral (Figura 3.1) provê uma visão de alto nível do processo. Assim, no que diz respeito a objetos envolvidos nas atividades, ele apresenta apenas os principais. Nos modelos comportamentais detalhados, que serão tratados mais adiante, são apresentados todos os objetos envolvidos em cada atividade.

O processo de medição tem início na atividade **Plan the Measurement Process**. Nessa atividade, o **Measurement Process Planner**, que é o responsável pelo planejamento da medição, planeja como as demais atividades do processo de medição serão realizadas. O resultado principal é um conjunto de *Measurement Planning Items*. Um *Measurement Planning Item* define um plano que deve ser seguido para a realização da medição, especificando, de acordo com os objetivos a ser alcançados, o que deve medido (i.e., o *Measurable Entity Type* (e.g., Pessoa, Rio) ou a *Measurable Entity* (e.g., João, o Rio Amazonas) que se deseja medir), a propriedade (i.e., *Measurable Element*) que deve ser medida (e.g., colesterol, turbidez) e a *Measure* que deverá ser utilizada para realizar a medição (e.g., colesterol em mg/dl, turbidez em unidades nefelométricas de turbidez). Além disso, um *Measurement Planning Item* indica quais procedimentos deverão ser adotados nas demais atividades do processo de medição que precisarão ser realizadas (*Sampling Procedure*, *Sampling Preparation Procedure*, *Measurement*

Procedure e *Measurement Analysis Procedure*), os tipos de dispositivos (*Device Type*) ou dispositivos (*Device*) que deverão ser usados nas atividades, os tipos de recursos (*Resource Type*) ou recursos necessários (*Resource*) para realizar as atividades e os responsáveis por realizá-las.

Realizado o planejamento do processo de medição, as informações necessárias para guiar a execução das atividades estão definidas e, assim, essas atividades podem ser realizadas. Em alguns casos, a medição deve ser feita a partir de amostras. Por exemplo, para medir o colesterol total de uma pessoa, uma amostra de sangue precisa ser coletada. Nesses casos, a próxima atividade do processo de medição é **Perform Sampling**, que é realizada pelo **Sampling Performer** e produz amostras (*Sample*) que representam a entidade que se deseja caracterizar. Por exemplo, uma amostra de sangue de João representa João, que é a entidade que será caracterizada a partir da medição do colesterol na amostra de sangue coletada.

Após a coleta de amostras, pode ser necessário algum tipo de preparo antes de utilizá-las para medição. Nesses casos, a próxima atividade do processo é **Perform Sample Preparation**, realizada pelo **Sample Preparation Performer**, que produz amostras preparadas (*Prepared Sample*) para a medição. Por exemplo, a amostra de sangue de João necessita ser centrifugada antes de o colesterol ser medido.

Na atividade **Perform Measurement**, realizada pelo **Measurement Performer**, a ação de medição é realizada seguindo o planejamento presente nos *Measurement Planning Items*, sendo produzidos valores medidos (*Measured Values*). De acordo com a execução das atividades anteriores do processo, a medição pode ser realizada usando amostras ou não. Como exemplo dessa atividade, suponha que a medição do colesterol total de João, usando a medida colesterol em mg/dl para medir a amostra de sangue preparada de João, tenha resultado no valor medido 205.

A partir de valores medidos é possível realizar a atividade **Analyze Measured Values**, na qual o **Measurement Analysis Performer** irá analisar os valores medidos em busca de obter conclusões (*Analysis Result*) considerando os objetivos que o levaram a realizar a análise. Por exemplo, ao analisar o valor medido para o colesterol de João (205 mg/dl), considerando valores de referência estabelecidos na normatização laboratorial, o médico de João pode concluir que há um risco acima do normal para formação de placas de gordura que podem obstruir artérias de João.

Por fim, a última atividade do processo de medição é **Report Analysis Results**. Nela, o **Report Analysis Results Performer** relata os resultados obtidos na análise. Por exemplo, após analisar o valor do colesterol de João considerando valores de referência, o médico informa João sobre a conclusão a que ele chegou.

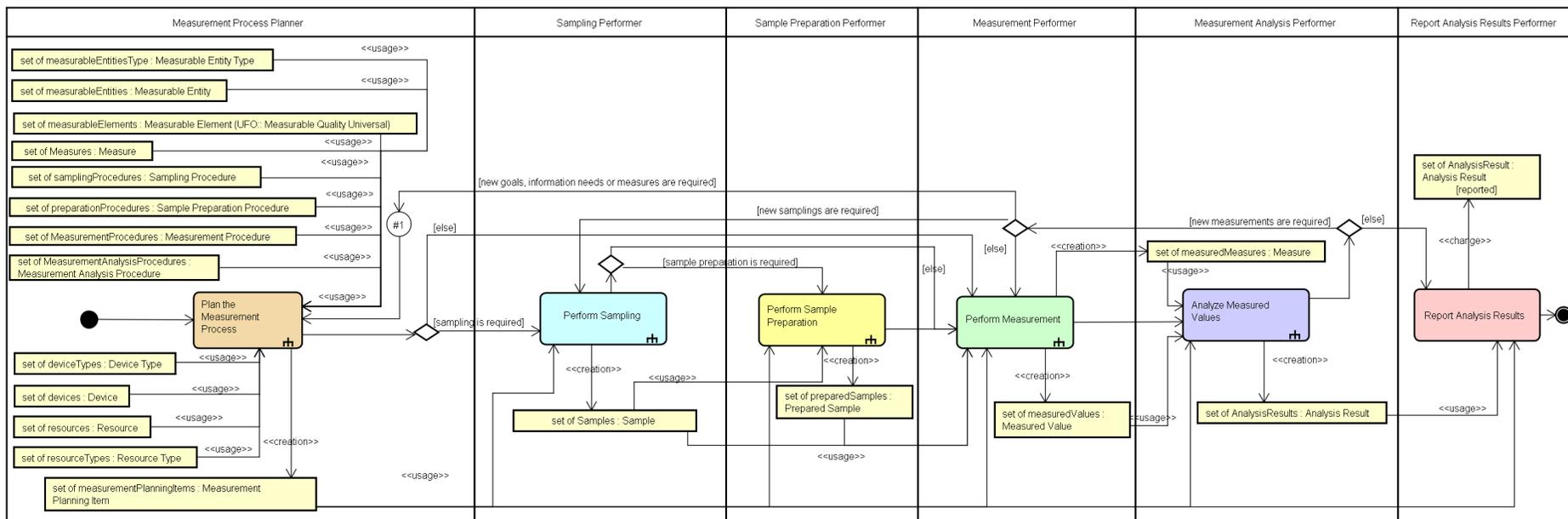


Figura 3.1 – Modelo comportamental geral da Ontologia de Tarefa de Medição.

Conforme ilustrado na Figura 3.1, o processo de medição não tem um fluxo sequencial único. Dependendo de resultados produzidos em algumas atividades, é possível retornar a outras para que seja possível realizar a medição de acordo com os objetivos que se deseja alcançar. Por exemplo, em **Analyze Measured Values**, após realizar a análise de dados coletados para uma dada medida, pode-se identificar a necessidade de coleta de outros dados para a referida medida para que seja possível chegar a conclusões. Nesse caso, retorna-se à atividade **Perform Measurement** para que novos dados sejam coletados para a medida. Por exemplo, se um químico analisa dados coletados diariamente sobre a taxa de coliformes fecais na água de um determinado ponto de uma praia e percebe que alguns dados coletados não parecem corretos, ele pode realizar novas medições nas amostras de água disponíveis para, em seguida, realizar nova análise. É possível, também, que novas amostras sejam necessárias. Nesse caso, retorna-se à atividade **Perform Sampling**. No exemplo citado acima, se o químico perceber que com a quantidade de medições realizadas ele não consegue chegar a uma conclusão precisa sobre a qualidade da água, ele pode coletar novas amostras e realizar novas medições para incrementar o conjunto de dados a ser analisado. Ainda, a partir da análise de valores medidos é possível que novos objetivos, necessidades de informações ou medidas sejam definidos, retornando-se à atividade **Plan Measurement Process**. Por exemplo, suponha que um médico analise dados sobre o colesterol e pressão arterial de um paciente para avaliar sua saúde. Considerando resultados da análise, ele percebe a necessidade de novas informações (e.g., conhecer a taxa de triglicerídeos e o nível de glicose do paciente) para que possa avaliar a saúde do paciente mais precisamente. Então, novas medidas são identificadas para atender essas necessidades de informação (e.g., taxa de triglicerídeos e nível de glicose), amostras de sangue são coletadas, preparadas, medições são realizadas e, de posse das medições, o médico pode realizar novas análises para avaliar a saúde do paciente.

Vale destacar que OTM foca nas principais atividades do processo de medição e, por questões de simplificação, não trata explicitamente da criação de alguns objetos que servem apenas como entrada para as principais atividades. Por exemplo, a ontologia não trata atividades relacionadas exclusivamente à criação de procedimentos (*Sampling Procedures*, *Sampling Preparation Procedures*, *Measurement Procedures* e *Measurement Analysis Procedures*), tipos de dispositivos (*Device Type*) ou tipos de recursos (*Resource Type*). Em OTM, quando esses objetos são representados como entrada para atividades (vide Figura 3.1), considera-se que eles existem (ainda que criados no contexto da própria atividade) e podem ser selecionados. Por exemplo, um *Device Type* existente (e.g., termômetro) pode ser selecionado e associado a um *Measurement Planning Item* durante atividade **Plan Measurement Process**. Por outro lado, se for desejado utilizar um *Device Type* ainda não “cadastrado”, ou seja, que não se encontra no

conjunto de dispositivos disponíveis para seleção, considera-se que o objeto é criado durante a atividade **Plan Measurement Process** (ainda que a atividade de criação de *Device Type* não seja explicitamente representada) e associado a um *Measurement Planning Item*.

Nas próximas seções as atividades do modelo comportamental geral de OTM apresentado na Figura 3.1 são detalhadas.

3.2.1 Detalhamento de *Plan the Measurement Process*

A Figura 3.2 apresenta o modelo comportamental que detalha a atividade **Plan the Measurement Process**.

Medição deve ser realizada alinhada a objetivos (VIM, 2012) (ISO, 2007). Por consequência, a primeira subatividade de **Plan the Measurement Process** é **Establish Measurement Goals**, na qual os objetivos que se deseja alcançar por meio da medição são definidos (por exemplo, um médico pode ter o objetivo de verificar a saúde de João). A saída dessa atividade é um conjunto de *Measurement Planning Items*, que nesse momento, especificam somente os *Measurement Goals* a ser alcançados. Com base nos objetivos definidos, é preciso **Identify Information Needs**, que indicam as informações necessárias para atingir os objetivos estabelecidos e são adicionadas aos respectivos *Measurement Planning Items*. Por exemplo, para alcançar o objetivo de verificar a saúde de João, o médico pode desejar saber qual é o nível de colesterol de João e qual é a pressão arterial de João. Os objetos que participam como entrada nessa subatividade são instâncias de *Measurable Entity Type*, *Measurable Entity* e *Measurable Element*, que indicam, respectivamente, os tipos de entidades e as entidades que podem ser caracterizadas e suas propriedades que podem ser medidas. Por exemplo, as necessidades de informação acima citadas se referem à *Measurable Entity João* e aos seus *Measurable Elements colesterol* e *pressão arterial*. Nesse exemplo, o médico faz o planejamento da medição para um paciente específico (João), i.e. para uma *Measurable Entity*. No entanto, ele poderia fazer um planejamento mais geral, para todos os seus pacientes ou para um grupo deles (por exemplo, para pacientes com sintomas de desânimo e fraqueza, é preciso conhecer o nível de vitamina D, ferritina e magnésio). Nesse caso, o planejamento consideraria um *Measurable Entity Type (Paciente)* ao invés de uma *Measurable Entity*.

Como ilustrado na Figura 3.2, após um *Measurement Planning Item* ser criado, ele é atualizado em cada subatividade com as novas informações definidas nessa subatividade e, então, serve como entrada para a subatividade seguinte. Assim, após a subatividade **Identify Information Needs** os *Measurement Planning Items* contêm os *Measurement Goals*, previamente definidos, associados às respectivas *Information Needs*.

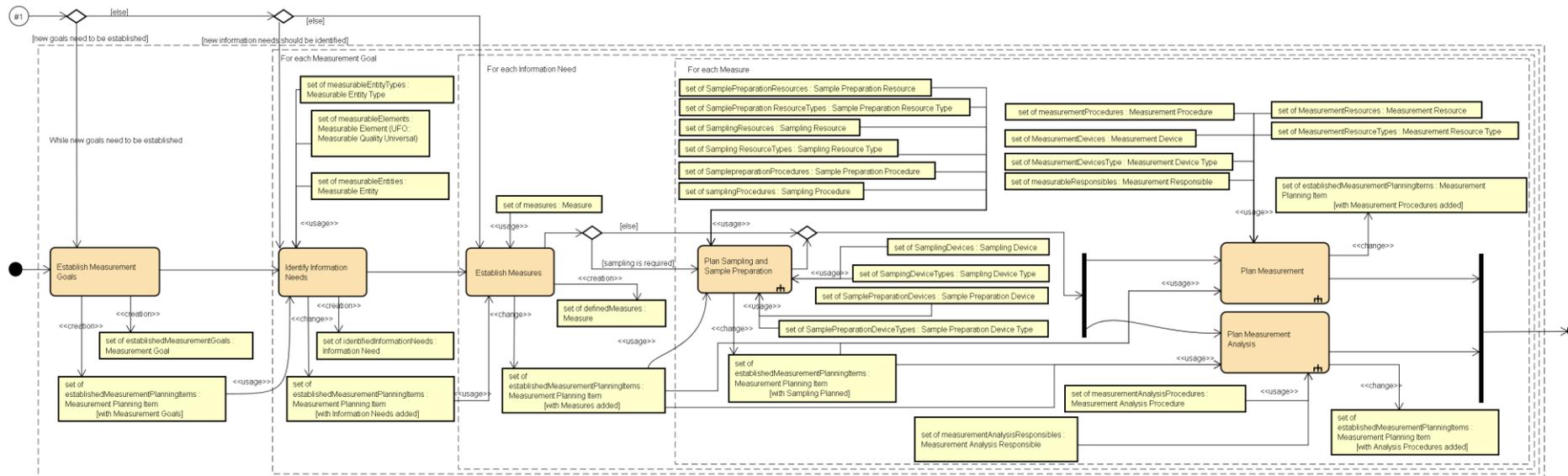


Figura 3.2 – Detalhamento de *Plan the Measurement Process*.

Uma vez definidos os objetivos a ser alcançados e as necessidades de informação a ser atendidas, a próxima subatividade é **Identify Measures**, na qual as *Measures* que serão usadas para satisfazer as necessidades de informação são identificadas. Por exemplo, as medidas colesterol em mg/dl e pressão arterial em mmHg podem ser utilizadas para satisfazer as necessidades de informação citadas anteriormente. As *Measures* identificadas serão, então, adicionadas aos *Measurement Planning Items*.

Em casos em que a medição deve ser feita a partir de amostras, a próxima subatividade é **Plan Sampling and Sample Preparation**. Nela é feito o planejamento da coleta e da preparação de amostras. Como pode-se perceber na Figura 3.2, essa subatividade é decomposta em outras, que são ilustradas na Figura 3.3.

O primeiro passo de **Plan Sampling and Sampling Preparation** é **Establish Sampling Procedure**, onde é estabelecido o procedimento de amostragem (*Sampling Procedure*) que deverá ser utilizado para coletar amostras. Na subatividade subsequente, **Establish Sampling Responsible**, é identificado o responsável (*Sampling Responsible*) pela amostragem, que pode ser uma pessoa (e.g., Maria), um papels (e.g., técnico de laboratório de análises clínicas) ou uma organização (e.g., Laboratório Acme de Análises Clínicas). De acordo com o procedimento a ser adotado, recursos e dispositivos podem ser necessários para realizar a amostragem. Nesses casos, devem ser realizadas, respectivamente, as subatividades **Establish Sampling Resources** e **Establish Sampling Devices**. A primeira trata do planejamento de recursos (*Sampling Resource*) ou tipos de recursos (*Sampling Resource Types*) que serão necessários para a amostragem. Recursos aqui podem ser entendidos como insumos que serão utilizados durante a amostragem, tais como reagentes e marcadores. Durante o planejamento da amostragem, pode-se planejar o uso de tipos de recursos (e.g., álcool 70% - utilizado na antisepsia do local de punção) ou de recursos específicos (e.g., o álcool 70% que está armazenado em um dado recipiente no laboratório). A segunda subatividade diz respeito ao planejamento de tipos de dispositivos (*Sampling Device Type*) ou dispositivos (*Sampling Device*) necessários para a amostragem. Por exemplo, para a coleta da amostra de sangue para medir o colesterol de uma pessoa, é necessário tubo para armazenamento do sangue (*Sampling Device Type*).

Para casos em que é preciso preparar a amostra antes de realizar a medição, é preciso realizar o planejamento da preparação da amostra. Para isso, devem ser realizadas subatividades análogas às anteriores, porém no âmbito de preparação de amostra.

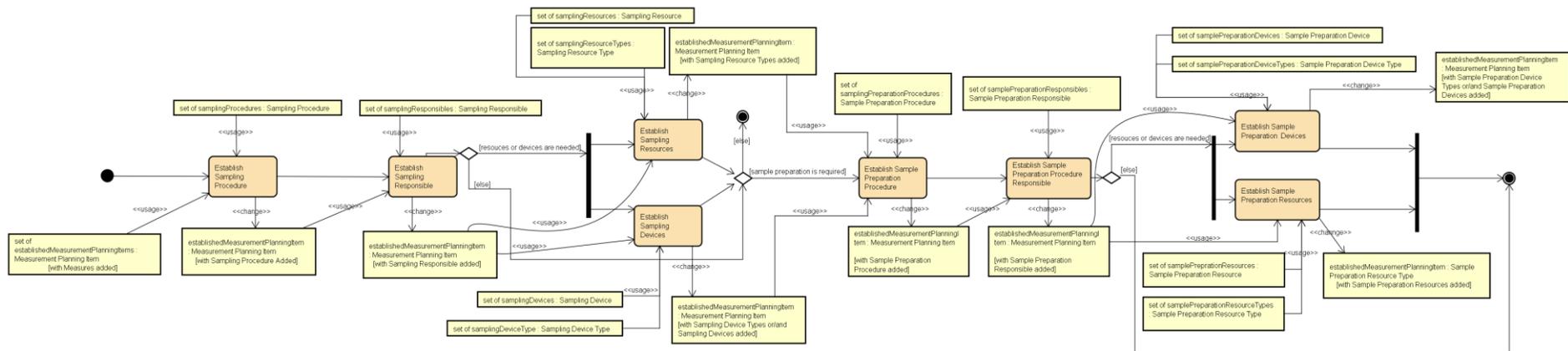


Figura 3.3 – Detalhamento de *Plan Sampling and Sample Preparation*.

Para casos em que é preciso preparar a amostra antes de realizar a medição, é preciso realizar o planejamento da preparação da amostra. Para isso, devem ser realizadas subatividades análogas às anteriores, porém no âmbito de preparação de amostra. Assim, as subatividades **Establish Sample Preparation Procedure**, **Establish Sample Preparation Procedure Responsible**, **Establish Sample Preparation Devices** e **Establish Sample Preparation Resources** tratam, respectivamente, do estabelecimento de procedimentos para preparação da amostra (*Sampling Preparation Procedure*), responsável pela preparação da amostra (*Sampling Preparation Responsible*), tipos de recursos (*Sampling Preparation Resource Type*) ou recursos (*Sampling Preparation Resource*) e tipos de dispositivos (*Sampling Preparation Device Type*) ou dispositivos (*Sampling Preparation Device*) necessários à preparação da amostra.

Todos os elementos definidos ao longo das subatividades de **Plan Sampling and Sampling Preparation** são associados aos seus respectivos *Measurement Planning Items*, atualizando-os.

Voltando à Figura 3.2, uma vez que a amostragem tenha sido planejada (ou caso o uso de amostras não seja necessário), as próximas subatividades são **Plan Measurement** e **Plan Measurement Analysis**.

Plan Measurement diz respeito ao planejamento para a coleta de dados para a medida. A Figura 3.4 apresenta o detalhamento de **Plan Measurement**. Inclui como subatividades **Establish Measurement Procedure**, **Establish Measurement Responsible**, **Establish Measurement Devices** e **Establish Measurement Resources**, que tratam, respectivamente, do estabelecimento de procedimentos para a coleta de dados para a medida (*Measurement Procedure*), do responsável pela medição (*Measurement Responsible*), dos tipos de recursos (*Measurement Resource Type*) ou recursos (*Measurement Resource*) e tipos de dispositivos (*Measurement Device Type*) ou dispositivos (*Measurement Device*) necessários à medição. Por exemplo, para medir a pressão arterial em mmHg de uma pessoa, pode-se definir que o médico deve adotar o seguinte procedimento usando o dispositivo esfigmomanômetro (medidor de pressão arterial mais comum): colocar as olivas auriculares do estetoscópio nos ouvidos; colocar o disco do estetoscópio acima articulação do cotovelo do paciente; inflar o manguito do aparelho rapidamente apertando o bulbo de borracha; afrouxar ligeiramente a válvula e, lentamente, deixar sair um pouco de ar manguito; ler a pressão sistólica olhando para o ponteiro do mostrador quando ouvir o batimento cardíaco; ler a pressão diastólica olhando para o ponteiro no mostrador quando parar de ouvir os batimentos cardíacos.

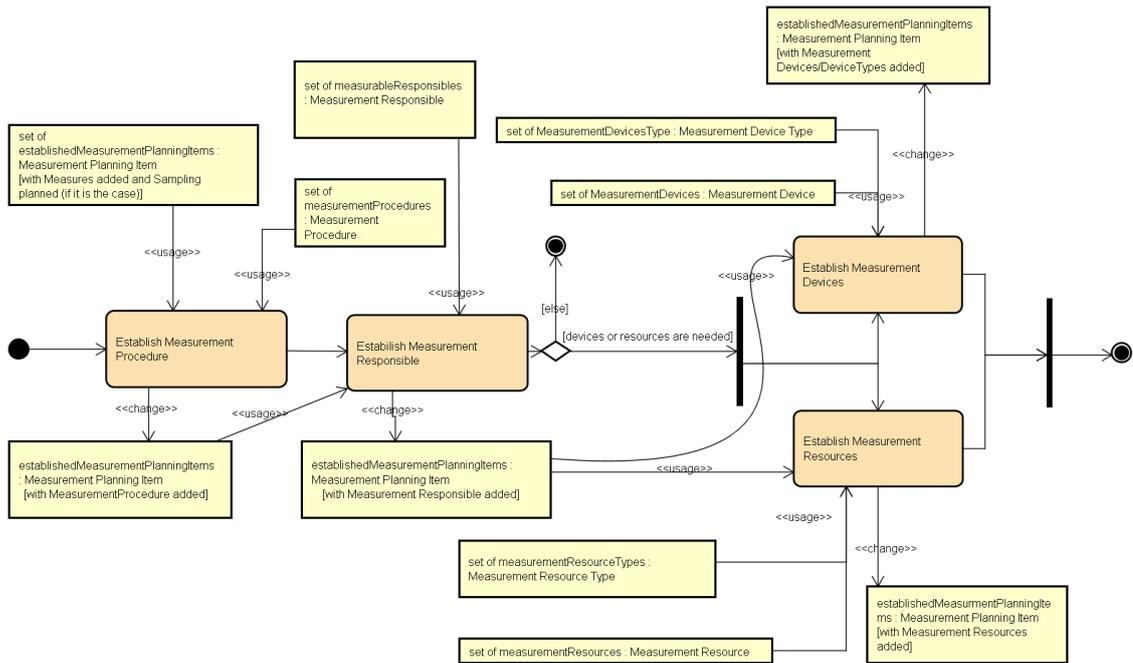


Figura 3.4 - Detalhamento de *Plan Measurement*.

Plan Measurement Analysis refere-se ao planejamento de como os dados coletados devem ser analisados para se chegar a conclusões. A Figura 3.5 apresenta o detalhamento de **Plan Measurement Analysis**.

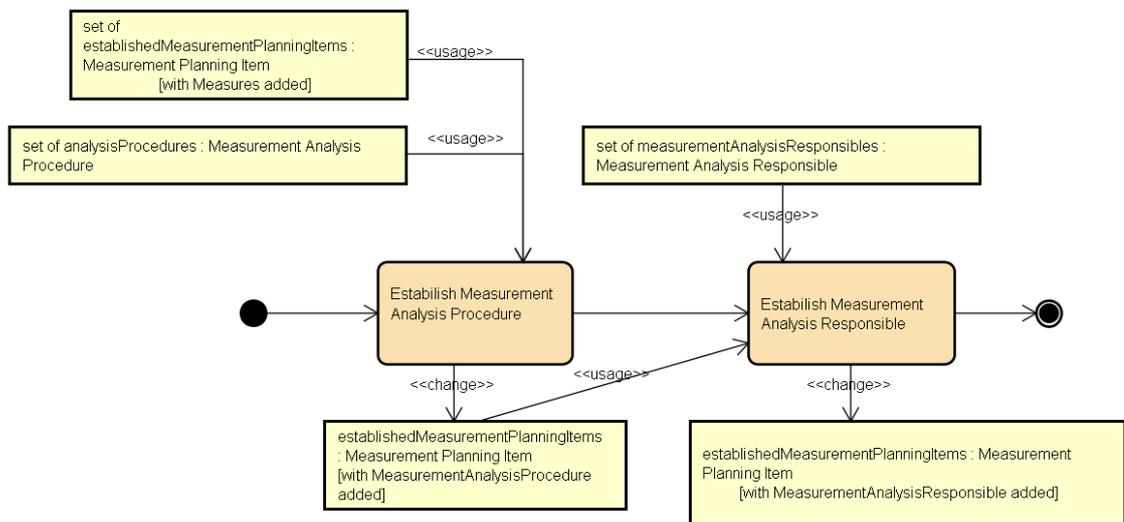


Figura 3.5 - Detalhamento de *Plan Measurement Analysis*.

Plan Measurement Analysis é decomposta em **Establish Measurement Analysis Procedure** e **Establish Measurement Analysis Responsible** que, análogas às subatividades das atividades descritas anteriormente, definem o procedimento (*Measurement Analysis Procedure*) a ser adotado na análise e o responsável (*Measurement Analysis Responsible*) pela análise de medição. Diferente do planejamento das demais atividades apresentadas anteriormente, no planejamento da análise de medição não são planejados tipos de recursos

(ou recursos) nem tipos de dispositivos (ou dispositivos) a ser usados, uma vez que esses elementos não são necessários para realização da atividade, pois nela é feita a análise de valores medidos e, assim, recursos e dispositivos não se aplicam nesse contexto.

Analisando-se o detalhamento das subatividades **Plan Sampling and Sampling Preparation, Plan Measurement e Plan Measurement Analysis**, é possível perceber que no planejamento de uma atividade relacionada à medição existe um padrão de informações que devem ser fornecidas: o responsável por realizar a atividade e os procedimentos que devem ser adotados devem ser informados em todas as atividades. Os tipos de dispositivos (ou dispositivos) e os tipos de recursos (ou recursos) que devem ser utilizados devem ser informados exceto em **Plan Measurement Analysis**.

É importante destacar que as subatividades que detalham o planejamento do processo de medição (**Plan the Measurement Process**) podem ser realizadas de forma a produzir artefatos que documentam seus resultados ou podem ser realizadas sem que esses artefatos sejam criados. Por exemplo, no âmbito da Engenharia de Software é comum a criação de um documento chamado Plano de Medição, que descreve objetivos de medição, necessidades de informação e medidas, bem como os responsáveis, procedimentos, recursos necessários para medição e análise de medição para as medidas identificadas no plano. O Plano de Medição é, então, a descrição conjunta de todos os *Measurement Planning Items* definidos durante **Plan the Measurement Process**. Por outro lado, no âmbito de atendimento a pacientes em um consultório, por exemplo, as atividades também são realizadas, mas geralmente não há um artefato descrevendo o plano resultante delas. Nesse cenário, o médico pensa no objetivo a ser alcançado, nas informações que precisa para alcançá-lo e identifica exames (que especificam as medidas) para obter dados que o permitirão realizar análises e atingir seu objetivo. Ou seja, o planejamento é realizado na mente do médico. Nesses casos, o planejamento da amostra, da preparação da amostra, da medição e da análise da medição é estabelecido de acordo com os exames identificados e, geralmente, há protocolos preestabelecidos. Por exemplo, se o médico solicita um exame para medir o colesterol, há protocolos que definem como a amostra deve ser coletada e preparada, e como a medição e a análise devem ser realizadas. No caso da análise, é comum haver valores de referência que são utilizados para determinar possíveis conclusões a partir dos valores analisados.

3.2.2 Detalhamento de *Perform Sampling*

A Figura 3.6 apresenta o detalhamento de **Perform Sampling**, que é decomposta em três subatividades. A primeira consiste em **Select Measurement Planning Item for Sampling**, na qual o *Measurement Planning Item* a ser considerado na realização da amostra é selecionado. Ao selecionar um *Measurement Planning Item* o **Sampling Performer** tem informações sobre o que será posteriormente medido na amostra a ser coletada (i.e., que entidade será medida – *Measurable Entity*, que propriedade será medida – *Measurable Element*, e que medida será usada - *Measure*) e sobre como a amostra deve ser coletada (o que envolve o procedimento a ser adotado e os dispositivos e recursos a ser usados). Na sequência, caso a *Measurable Entity* não tenha sido definida no planejamento (o que ocorre quando o planejamento é feito para um tipo de entidade ao invés de para uma entidade específica), é necessário indicá-la na atividade **Identify Entity to be Sampled**. Por exemplo, se o *Measurement Planning Item* selecionado indicar que deve ser coletada amostra de sangue de uma entidade do tipo Paciente para medir o colesterol, é necessário selecionar para qual paciente a amostra será coletada (e.g., João). Na subatividade **Collect Sample** é feita a coleta de amostras adotando-se um *Sampling Procedure* e utilizando-se *Sampling Resources* e *Sampling Devices*, considerando-se o que foi definido no *Measurement Planning Item* selecionado.

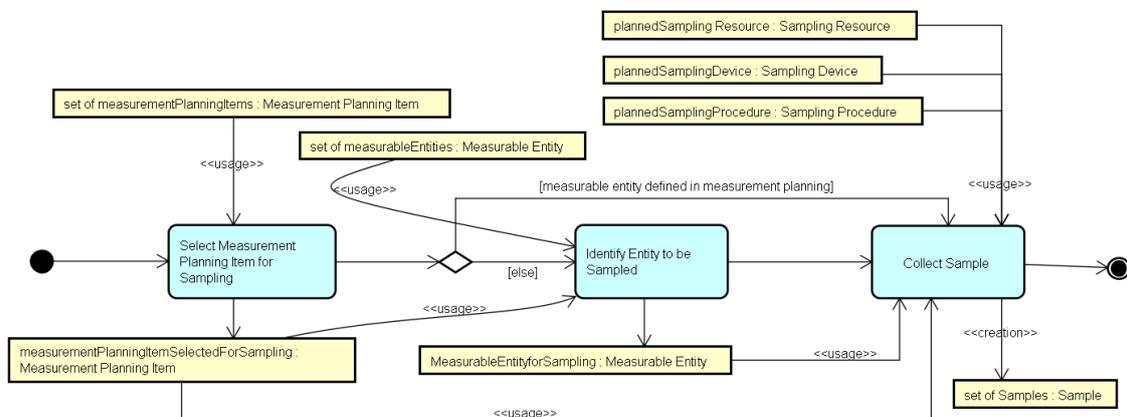


Figura 3.6 - Detalhamento de *Perform Sampling*.

3.2.3 Detalhamento de *Perform Sample Preparation*

A Figura 3.7 apresenta o detalhamento de **Perform Sample Preparation**. A primeira subatividade é **Select Sample for Preparation**, que consiste em selecionar a amostra que será preparada. Em **Prepare Sample** a amostra é preparada adotando-se um *Sample Preparation Procedure* e utilizando-se *Sample Preparation Resources* e *Sample Preparation Devices*,

considerando-se o que foi definido no *Measurement Planning Item* selecionado em *Perform Sampling*.

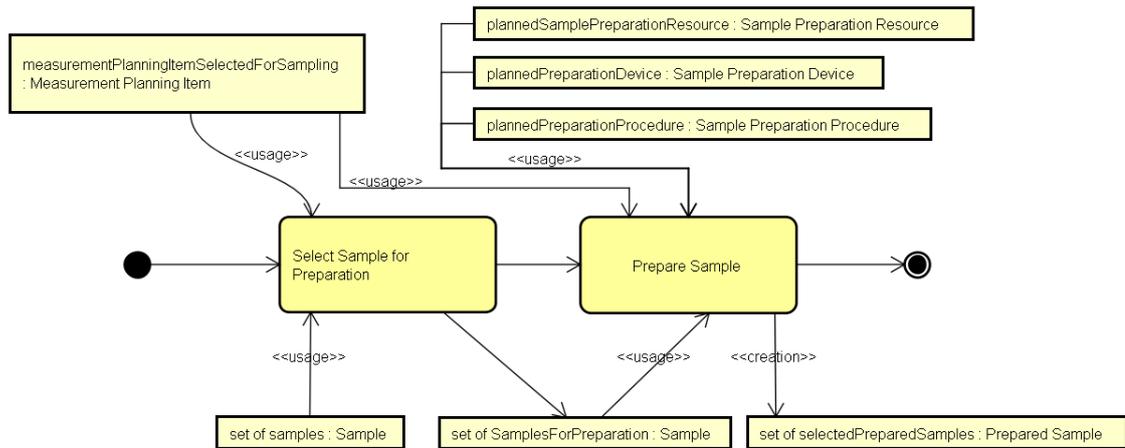


Figura 3.7 - Detalhamento de *Perform Sample Preparation*.

3.2.4 Detalhamento de *Perform Measurement*

A Figura 3.8 apresenta o detalhamento de **Perform Measurement**, que é a atividade que trata do ato de medir em si e, assim, é responsável pela coleta de dados para as medidas.

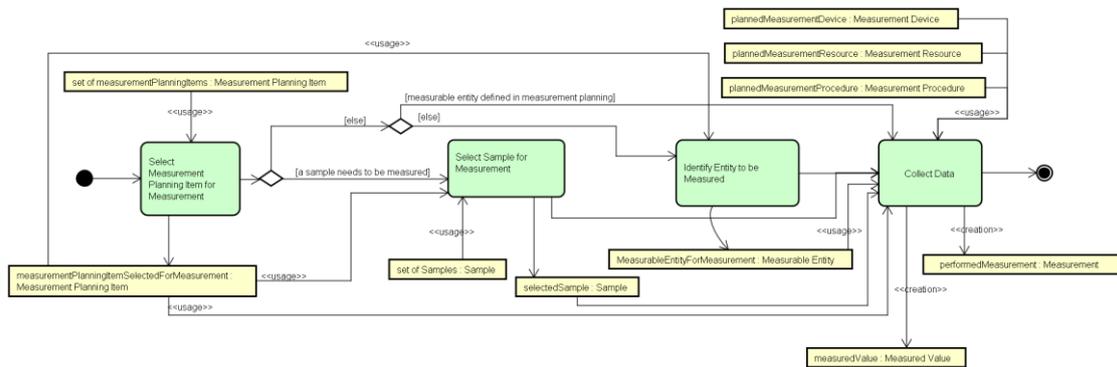


Figura 3.8 – Detalhamento de *Perform Measurement*.

Como primeiro passo, é necessário selecionar o *Measurement Planning Item* que será considerado para a coleta dos dados (subatividade **Select Measurement Planning Item for Measurement**). Como discutido anteriormente, o *Measurement Planning Item* indica o que deve ser medido e como a medição deverá ser realizada. Em seguida, caso a medição deva ser feita em uma amostra, é necessário selecionar a amostra (**Select Sample for Measurement**). Uma vez selecionada a amostra, os dados podem ser coletados (**Collect Data**). Caso não haja necessidade de uso de amostra e se no planejamento realizado (i.e., no *Measurement Planning Item* selecionado) a entidade a ser medida (*Measurable Entity*) não tiver sido definida, é preciso identificá-la em **Identify Entity to be Measured**. Finalmente, na subatividade de

Collect Data, considerando-se o *Measurement Planning Item* selecionado, é adotado um *Measurement Procedure* e são utilizados *Measurement Resources* e *Measurement Devices* para obter valores medidos (*Measure Value*). Por exemplo, para a medição do colesterol de João, o laboratório seleciona a amostra de sangue de João e aplica o procedimento medição estabelecido pelo laboratório, usando os dispositivos e recursos necessários para obter o valor medido (e.g., 205mg/dl).

3.2.5 Detalhamento de *Analyze Measured Values*

Uma vez que os dados tenham sido coletados, é possível realizar a atividade **Analyze Measured Values**, que é detalhada na Figura 3.9.

A análise dos valores medidos visa prover informações que permitam o **Measurement Analysis Performer** chegar a conclusões considerando o objetivo que o levou a analisar aqueles valores. Assim, esta atividade tem início com o estabelecimento do objetivo que se pretende alcançar com a análise dos dados (subatividade **Establish Measurement Goal for Analysis**). Esse objetivo geralmente está entre aqueles considerados desde o planejamento da medição (i.e., indicados em *Measurement Planning Items*), porém é possível que novos objetivos sejam estabelecidos. Nessa subatividade também são selecionados os *Measurement Planning Items* que serão considerados na análise, que devem ser *Measurement Planning Items* que tratem o objetivo da análise. Por exemplo, se um médico tem como objetivo da análise verificar o estado de saúde de João, *Measurement Planning Items* que incluam medidas que podem prover dados para alcançar esse objetivo devem ser selecionados.

Estabelecido o objetivo, deve-se identificar as necessidades de informação relacionadas a ele e que são relevantes para a análise (subatividade **Establish Information Need for Analysis**). Por exemplo, para verificar o estado de saúde de João, pode ser que o médico inicialmente tenha interesse apenas em informações sobre o colesterol e triglicérides de João. Assim, apenas *Measurement Planning Items* relacionados a essa necessidade de informação são considerados. Nesta atividade também é identificada, a partir de um conjunto de *Measured Entities*, aquela que será caracterizada pela análise dos valores medidos, i.e., a *MeasurableEntityToBeCharacterized*. A próxima subatividade é **Select Measures for Analysis**, na qual são selecionadas as medidas que serão consideradas para atender as necessidades de informação e objetivo da análise. Por exemplo, o médico pode selecionar a medida colesterol em mg/dl para verificar a saúde de João. Em seguida, na subatividade **Select Data for Analysis**, são selecionados os dados (i.e., *Measured Values*) que serão considerados na análise.

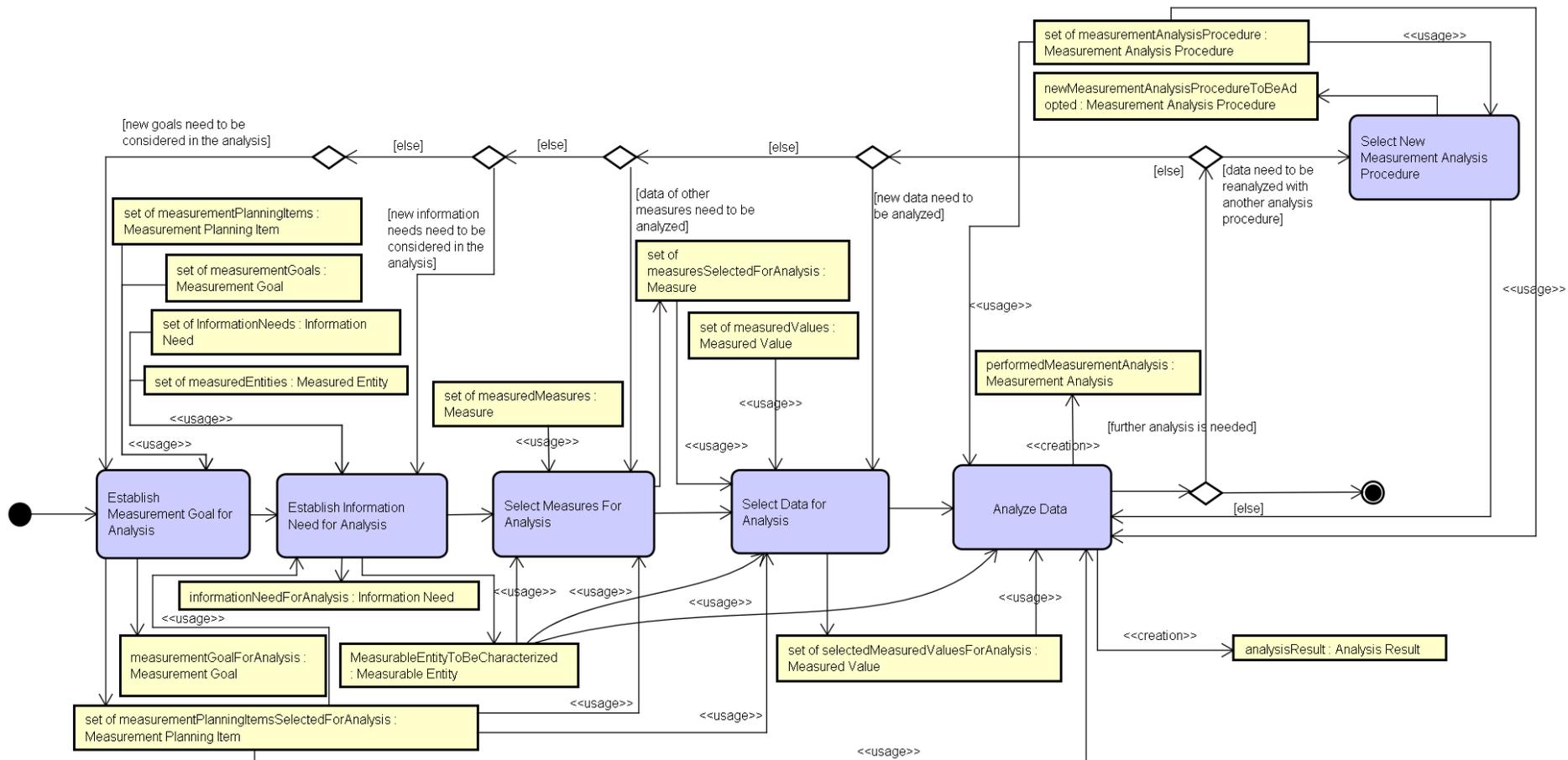


Figura 3.9 – Detalhamento de *Analyze Measured Values*.

No exemplo, o médico pode selecionar dados coletados para o colesterol de João nos últimos 12 meses. Por fim, os dados são analisados (**Analyze Data**) e é produzido o resultado da análise (*Analysis Result*). A análise de dados é realizada utilizando-se o *Measurement Analysis Procedure* de acordo com os *Measurement Planning Items* considerados para a análise.

Após realizar a análise dos dados, o *Measurement Analysis Performer* pode decidir realizar nova análise quando identifica a necessidade de:

(i) analisar o mesmo conjunto de dados utilizando diferentes procedimentos de análise (p.ex., o médico de João após analisar os valores medidos para o colesterol de João considerando um procedimento de análise com valores de referência desatualizados, pode decidir analisá-los considerando outro procedimento de análise com diretrizes que contém novos valores de referência);

(ii) incluir novos dados na análise (p.ex., após analisar valores medidos para o colesterol de João nos últimos 12 meses, o médico pode decidir incluir dados dos 12 meses anteriores para fazer uma análise mais abrangente);

(iii) considerar outras medidas na análise (p.ex., o médico de João pode decidir analisar não só o colesterol, mas também a taxa de triglicérides de João);

(iv) definir novas necessidades de informação a ser tratadas na análise (p.ex., o médico de João pode perceber que precisa de informações obtidas não somente a partir de amostra de sangue, mas também de exames físicos); ou

(v) estabelecer novos objetivos para a análise (p.ex., após analisar alguns dados, o médico de João pode ter identificado uma doença e ter como novo objetivo identificar tratamento de saúde adequado para João).

Essas situações são tratadas por meio de nós de decisão e diferentes fluxos no diagrama apresentado na Figura 3.9, o que permite retornar a diferentes subatividades. Cabe notar que ao retornar a alguma subatividade devido a alguma das situações acima, as subatividades subsequentes também serão ser realizadas. Por exemplo, na situação citada em (v), o novo objetivo do médico de João o levará a ter novas necessidades de informação (e.g., saber o peso de João), que o levarão a selecionar outras medidas (e.g., peso em Kg) e dados (e.g., o valor do peso atual de João) para análise.

3.3 Modelo Estrutural

O modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição visa representar o conhecimento estrutural referente ao processo de medição. Ele é uma extensão da *Core Ontology on Measurement* (COM) proposta em (BARCELLOS et al., 2014). É organizado em seis módulos, que são ilustrados na Figura 3.10 (representados por pacotes). Na figura,

relações de dependência indicam que um módulo utiliza conceitos de outro. Sendo o modelo estrutural de OTM uma ontologia de núcleo, daqui em diante, seus módulos serão chamados de subontologias.

As subontologias *Measurable Entities* e *Measure* tratam das entidades que podem ser medidas, de suas propriedades que podem ser quantificadas e das medidas que podem ser usadas para quantificá-las. Elas foram apresentadas no Capítulo 2, uma vez que foram definidas em (BARCELLOS *et al.*, 2014).

O módulo *Measurement-related Items* engloba três subontologias: *Measurement-related Devices*, onde são tratados os dispositivos e tipos de dispositivos utilizados durante o processo de medição; *Measurement-related Procedures*, onde são tratados os procedimentos utilizados durante o processo de medição; *Measurement-Related Resources*, onde são tratados os recursos (insumos) utilizados durante o processo de medição.

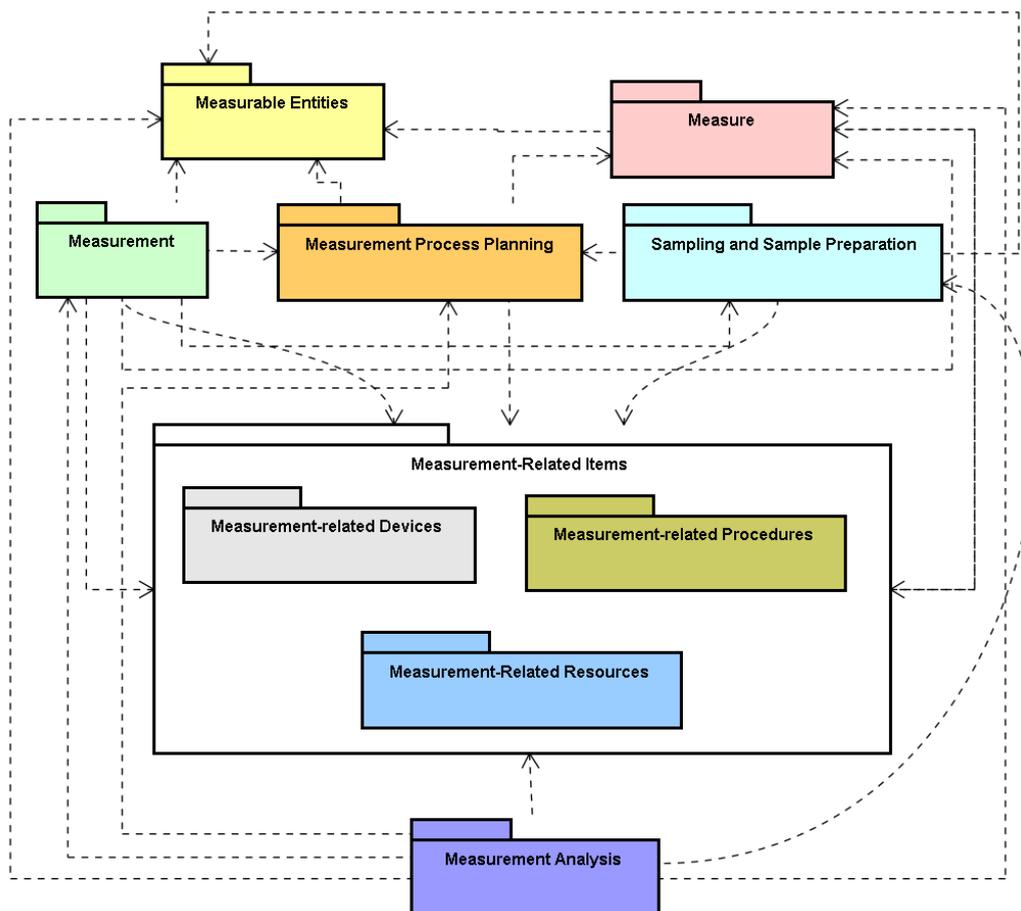


Figura 3.10 - Módulos do Modelo Estrutural e seus relacionamentos.

Todas as subontologias citadas anteriormente tratam de conceitos necessários às atividades do processo de medição. As atividades propriamente ditas são tratadas nas seguintes subontologias:

- ***Measurement Process Planning***: trata do planejamento do processo de medição;
- ***Sampling and Sample Preparation***: trata de aspectos relacionados a amostras, preparação de amostras, e como amostras são capazes de representar entidades mensuráveis;
- ***Measurement***: trata de aspectos relacionados à medição propriamente dita, ou seja, a coleta de dados para as medidas; e
- ***Measurement Analysis***: trata aspectos relacionados à análise de medição, envolvendo a análise de valores medidos e a obtenção de resultados a partir dessa análise.

As subontologias *Measurement Process Planning*, *Measurement* e *Measurement Analysis* foram estendidas de COM (BARCELLOS *et al.*, 2014).

A seguir são apresentados os modelos conceituais de cada uma das subontologias (exceto para as subontologias *Measurable Entities* e *Measure*, que foram apresentadas no Capítulo 2). No texto, conceitos das subontologias estão escritos em **negrito** e conceitos de UFO estão escritos em *itálico*. Exemplos estão escritos em sublinhado.

3.3.1. Subontologia *Measurement-related Devices*

A Figura 3.11 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Measurement-Related Devices*.

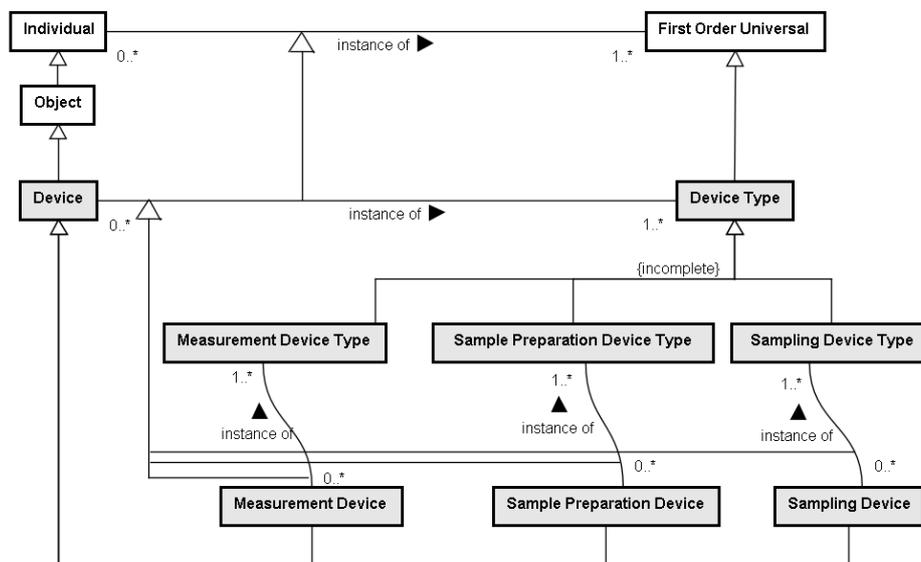


Figura 3.11- Subontologia *Measurement-related Devices*.

Devices são aparelhos, mecanismos ou instrumentos que se destinam a alguma função ou são capazes de realizar alguma ação e, daí, são *Objects* em UFO. Por exemplo, a balança de Maria. **Devices** são instâncias de **Device Types**, que são *First Order Universals* em UFO. Por exemplo, a balança de Maria é um dispositivo do tipo Balança. No âmbito do processo de medição, há tipos de dispositivos que são utilizados em algumas das atividades do processo. Um **Sampling Device Type** é um tipo de dispositivo usado para coletar amostras (por ex., Tubo para armazenamento de amostra de sangue). Um **Sample Preparation Device Type**, por sua vez, é um tipo de dispositivo usado para preparar amostras (por ex., Centrífuga de amostras de sangue). Um **Measurement Device Type** é um tipo de dispositivo utilizado na medição propriamente dita, i.e., o ato de medir (p.ex., Balança). **Sampling Device**, **Sample Preparation Device** e **Measurement Device** são instâncias, respectivamente, dos conceitos citados anteriormente.

3.3.2. Subontologia *Measurement-related Resources*

A Figura 3.12 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Measurement-related Resources*.

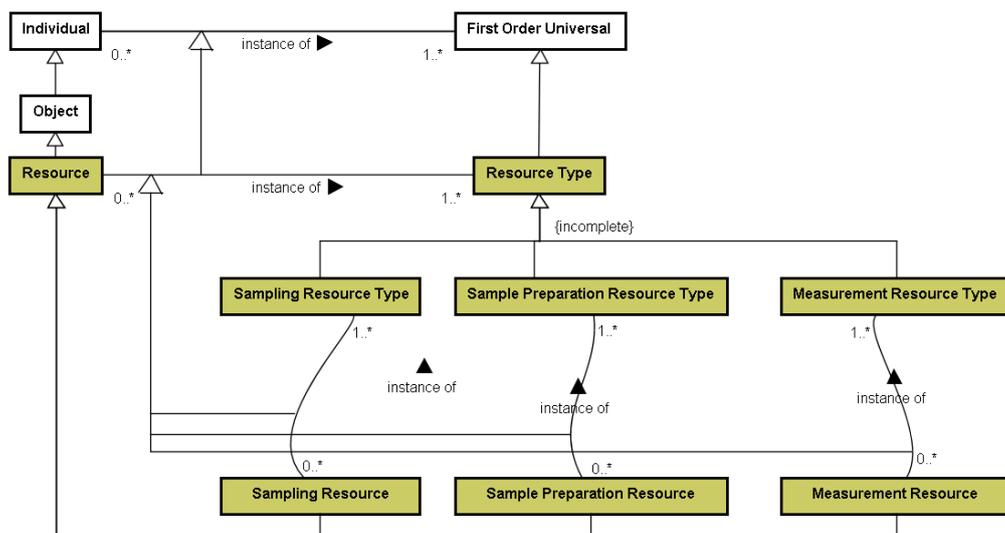


Figura 3.12 - Subontologia *Measurement-related Resources*.

Resources são insumos, materiais fundamentais para o desenvolvimento ou para a produção de algo, que são consumidos durante o processo e também são classificados como *Object* em UFO. Um **Resource** é instância de um **Resource Type**, cuja classificação em UFO é de um *First Order Universal*. De maneira análoga a dispositivos, recursos são classificados de acordo com as atividades em que são usados: **Sampling Resource**, **Sample Preparation Resource** e **Measurement Resource**. Esses recursos são instâncias,

respectivamente, de **Sampling Resource Type**, **Sample Preparation Resource Type** e **Measurement Resource Type**. Como um exemplo, considere que para medir a quantidade de plaquetas em uma amostra de sangue seja necessário preparar a amostra utilizando um anticoagulante do tipo EDTA, que é um **Sample Preparation Resource Type**. O anticoagulante EDTA disponível no laboratório que é usado para preparar uma amostra de sangue particular é um **Sample Preparation Resource**.

3.3.3. Subontologia *Measurement-related Procedures*

A Figura 3.13 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Measurement-related Procedures*.

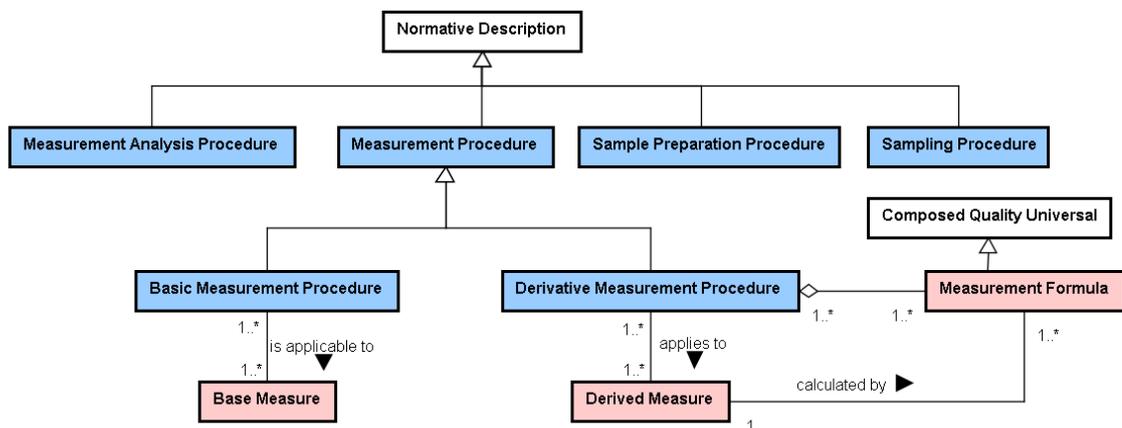


Figura 3.13 - Subontologia *Measurement-related Procedures*.

Procedimentos são diretrizes, normas e condutas bem definidas para realizar uma ação. Dessa forma, procedimentos se caracterizam como *Normative Descriptions* em UFO. De acordo com as ações às quais se relacionam, no âmbito do processo de medição tem-se os seguintes procedimentos: **Sampling Procedure**, **Sample Preparation Procedure**, **Measurement Procedure** e **Measurement Analysis Procedure**. Um **Measurement Procedure** que é aplicável para medir uma **Base Measure** é dito **Basic Measurement Procedure**. Por outro lado, um **Measurement Procedure** que é aplicável para medir uma **Derived Measure** é chamado de **Derivative Measurement Procedure** e inclui **Measurement Formulas** que quantificam as relações entre as medidas usadas para obtenção da medida derivada. Um **Measurement Procedure** aplicável a uma medida base é chamado **Basic Measurement Procedure**.

Vale notar que os conceitos **Measurement Procedure**, **Basic Measurement Procedure**, **Derivative Measurement Procedure** e **Measurement Analysis Procedure** pertenciam à subontologia *Measure* na versão anterior de COM (BARCELLOS et al., 2014).

A Figura 3.14 apresenta um exemplo de **Sampling Procedure**. Refere-se ao procedimento para retirada de uma amostra de sangue venoso de um paciente para a realização de um hemograma conforme descrito em (ANDRIOLO *et al.*, 2010), baseado no *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI).

1. Conferir a identificação do paciente.
2. Conferir o material a ser usado no paciente.
3. Informar ao paciente sobre o procedimento.
4. Higienizar as mãos em lavatório com água e sabão ou por meio de fricção com soluções alcóolicas a 70% (álcool etílico líquido ou gel), pois possuem maior eficácia germicida in vitro; posteriormente, calçar luvas de procedimento.
5. Posicionar corretamente o braço do paciente, inclinándolo para baixo, na altura do ombro.
6. Se o torniquete for usado para seleção preliminar da veia, pedir para que o paciente abra e feche a mão. Afrouxar o torniquete e esperar cerca de 2 minutos para usá-lo novamente.
7. Fazer a antisepsia do local da punção com álcool etílico a 70% (em gaze ou algodão), em movimento circular do centro para a periferia. Pode-se também usar álcool etílico em gel 70%, álcool isopropílico 70% ou álcool etílico iodado 10%.
8. Garrotear o braço do paciente por não mais de 1 minuto (idealmente até 30 segundos). Isso evita hemoconcentração e falsos resultados nos parâmetros hematológicos.
9. Retirar embalagens, rosquear a agulha no adaptador (coleta a vácuo) ou acoplar seringa/agulha.
10. Fazer a punção (agulha com ângulo de 30°) com o bisel voltado para cima. Se necessário, para melhor visualizar a veia, esticar a pele com a outra mão, sem tocar o local onde foi feita a antisepsia.
11. Caso haja outros exames além do hemograma, inserir tubo a tubo na sequência recomendada a seguir pelo CLSI (item Sequência de coleta para tubos plásticos de coleta de sangue). Caso a coleta seja feita com agulha/seringa, aspirar lentamente o sangue para o interior da seringa e também seguir o preenchimento dos tubos, conforme a sequência do CLSI.
12. Retirar o garrote do braço do paciente.
13. Transferir o sangue tubo a tubo na sequência recomendada (sistema seringa/agulha).
14. Para auxiliar a oclusão do local da venopunção, usar curativos ou adesivos hipoalergênicos.
15. Os tubos devidamente identificados (ideal que se faça na frente do paciente) devem ser enviados ao setor analítico do laboratório, sempre que possível acompanhados do pedido médico e no menor tempo possível.

Figura 3.14 - Procedimento de Coleta de Amostra de Sangue Venoso.

3.3.4. Subontologia *Measurement Process Planning*

Esta subontologia aborda a parte do modelo estrutural de OTM que está diretamente relacionado à atividade *Plan the Measurement Process* representada no modelo comportamental (vide Figura 3.1). Ela estende a subontologia *Measurement Planning* definida em (BARCELLOS, 2014) e apresentada no Capítulo 2, acrescentando a ela conceitos que tratam do planejamento das atividades do processo de medição.

Conforme apresentado no Capítulo 2, um **Measurement Planning Item** conecta um **Measurement Goal**, uma **Information Need** e uma **Measure**. No âmbito do planejamento de cada uma das atividades do processo de medição, informações sobre o procedimento a ser adotado e tipos de dispositivos (ou dispositivos) e tipos de recursos (ou recursos) devem ser especificadas em um **Measurement Planning Item** e foram, assim, adicionadas ao modelo conceitual. A atividade *Plan the Measurement Process* do modelo comportamental é representada no modelo estrutural pelo conceito **Measurement Process Planning**, que consiste no ato (*Event*) de realizar o planejamento do processo da medição, produzindo **Measurement Planning Items**. Este conceito substitui o conceito *Measurement Planning* originalmente definido em COM (BARCELLOS *et al.*, 2014). A Figura 3.15

apresenta o modelo conceitual que trata do planejamento do processo de medição. Vale destacar que conceitos e relações apresentados na Figura 2.8 do Capítulo 2 também estão presentes na Subontologia *Measurement Process Planning* mas não estão representados na Figura 3.15 para não aumentar a poluição visual.

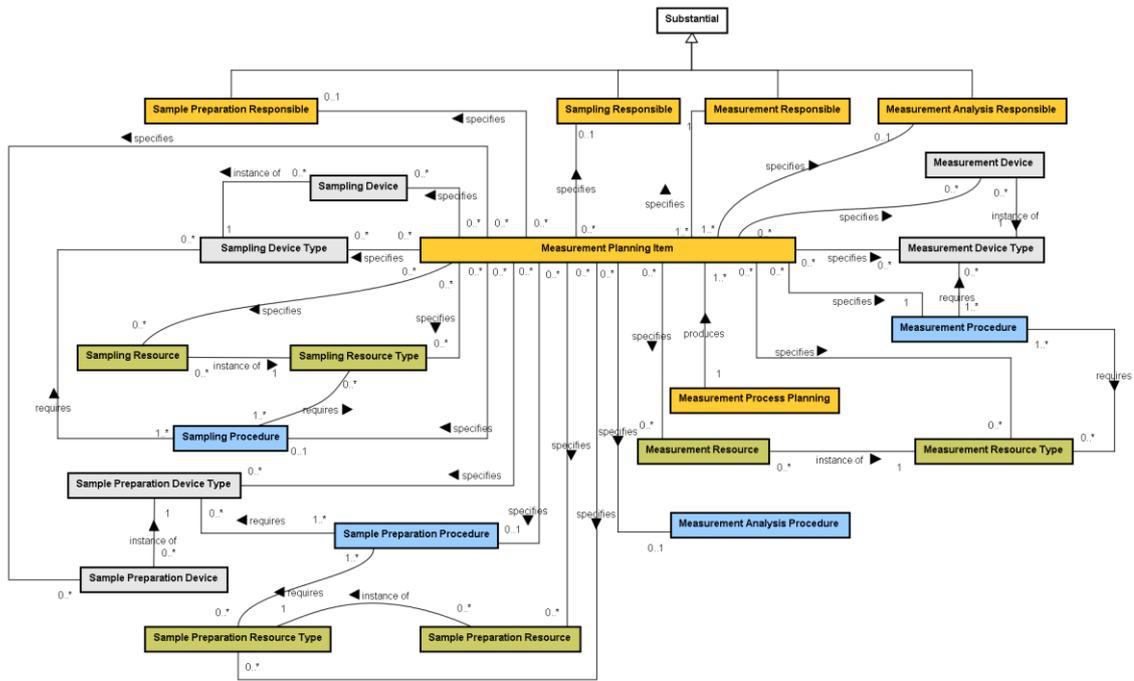


Figura 3.15 - Subontologia *Measurement Process Planning*.

Um **Measurement Planning Item** aborda o planejamento de atividades de amostragem, preparação da amostra, medição e análise de medição, especificando o responsável pela atividade (**Sampling Responsible**, **Sample Preparation Responsible**, **Measurement Responsible** e **Measurement Analysis Responsible**), o procedimento a ser adotado (**Sampling Procedure**, **Sample Preparation Procedure**, **Measurement Procedure** e **Measurement Analysis Procedure**), os tipos de recursos ou recursos necessários (**Sampling Resource Types** ou **Sampling Resources**, **Sampling Preparation Resource Types** ou **Sampling Preparation Resources**, **Measurement Resource Types** ou **Measurement Resources**) e os tipos de dispositivos ou dispositivos a ser usados (**Sampling Device Types** ou **Sampling Devices**, **Sampling Preparation Device Types** ou **Sampling Preparation Devices** e **Measurement Device Types** ou **Measurement Devices**).

Nota-se, que o padrão de informações de planejamento existente no modelo comportamental também pode ser percebido no modelo estrutural. Ou seja, no planejamento de uma atividade devem ser fornecidas informações sobre o responsável por

informações de planejamento para guiar a execução das atividades. O resultado de uma **Sampling** é uma **Sample**, que pode ser **Simple Sample** (p.ex., uma amostra de pele) ou **Complex Sample** (p.ex., um conjunto de várias amostras de pele). Uma **Sample** representa uma **Sample Represented Measurable Entity** que, como o próprio nome sugere, é a **Measurable Entity** representada pela amostra e que, dessa forma, pode ser caracterizada a partir de medições da amostra. Por exemplo, uma amostra de sangue de João representa João, uma vez que medindo-se propriedades da amostra de sangue é possível caracterizar João. Uma **Sampling** é realizada por um **Sampling Performer** adotando um **Sample Procedure**, utilizando **Sampling Devices** e **Sampling Resources**.

Idealmente, o procedimento adotado, dispositivos e recursos utilizados devem ser consistentes com os elementos definidos no **Measurement Planning Item** usado como base para realizar a amostragem. Por exemplo, se o **Measurement Planning Item** considerado especifica um dispositivo do tipo Tubo para coleta de sangue H2, idealmente a amostragem deve ser feita usando um dispositivo desse tipo.

Uma **Sample Preparation** prepara uma **Sample**, resultando em uma **Prepared Sample**. Uma **Sample Preparation** é realizada por um **Sample Preparation Performer** adotando um **Sample Preparation Procedure**, utilizando **Sample Preparation Devices** e **Sample Preparation Resources**.

Assim como é possível perceber um padrão relacionado ao planejamento das atividades, também há um padrão na representação dos conceitos relacionados à execução das atividades do processo de medição. Cada atividade é executada por um **Performer**, adota um **Procedure**, utiliza **Devices** e consome **Resources**. Além disso, idealmente, esses elementos devem estar em consonância com os respectivos definidos no planejamento da atividade. Em relação a **Responsible** e **Performer**, o primeiro é definido no planejamento e designa um papel, pessoa ou organização responsável pela realização da atividade. O segundo, por sua vez, diz respeito à pessoa ou organização que efetivamente executou a atividade. Isso vale para as atividades apresentadas nesta subontologia e também para as demais atividades, que serão tratadas nas próximas subontologias.

3.3.6. Subontologia *Measurement*

Esta subontologia aborda aspectos relacionados à realização medição, ou seja, envolve o ato de medir. Ela representa o modelo estrutural referente à atividade **Perform Measurement** do modelo comportamental de OTM (vide Figura 3.1). A Figura 3.17 apresenta o modelo conceitual da subontologia *Measurement*.

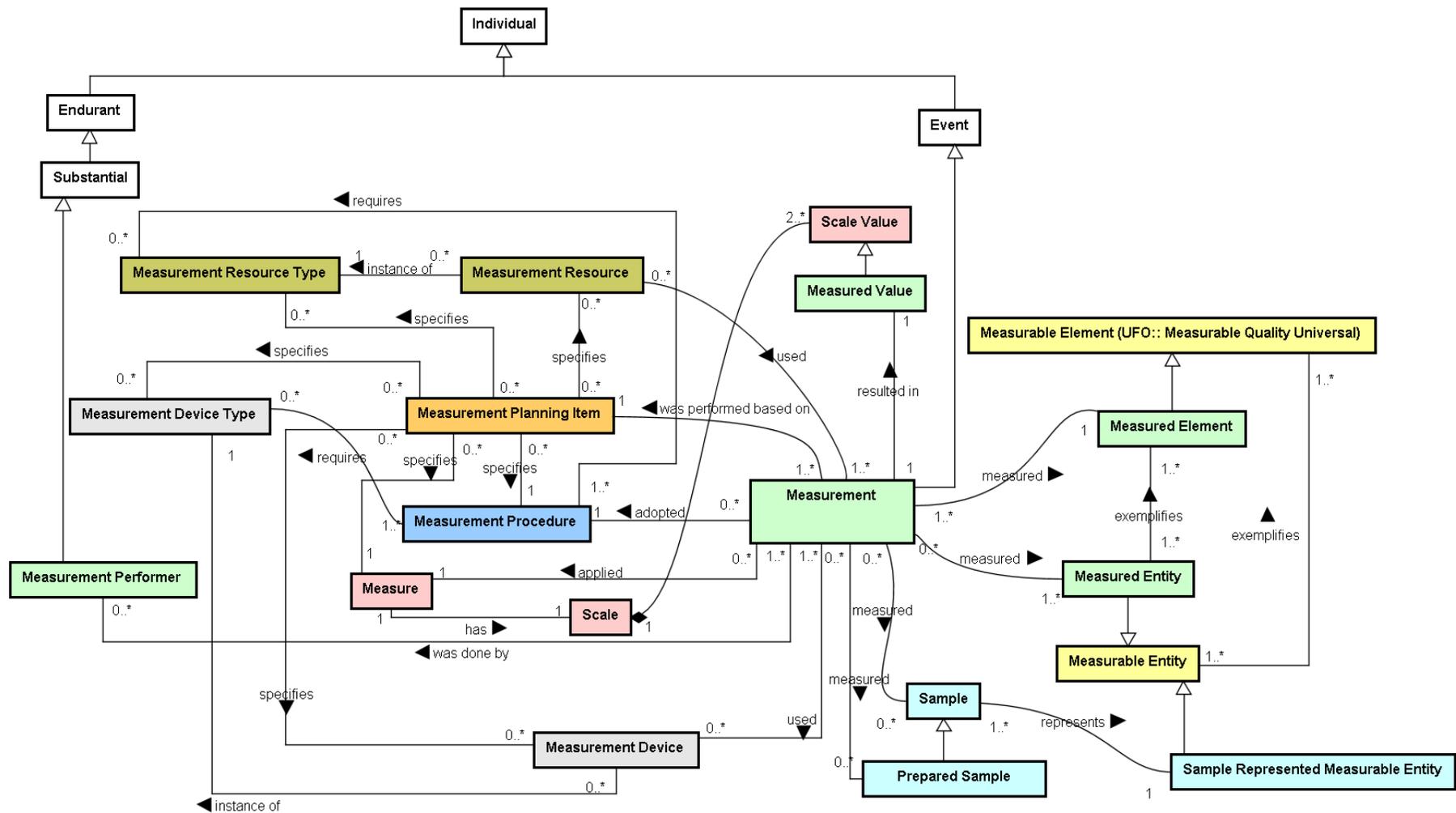


Figura 3.17 - Modelo conceitual da subontologia *Measurement*.

A atividade *Perform Measurement* do modelo comportamental de OTM é representada no modelo estrutural pelo conceito **Measurement**, que é um *Event* em UFO. Uma **Measurement** é uma ação, realizada com base em um **Measurement Planning Item**, que mede um **Measured Element** de uma **Measured Entity**, aplicando-se uma **Measure** para obter um **Measured Value**. Uma **Measurement** é realizada por um **Measurement Performer** adotando um **Measurement Procedure** e pode utilizar **Measurement Devices** e **Measurement Resources**. Por exemplo, o médico de João tendo medido o elemento mensurável peso da entidade mensurável João aplicando a medida peso em quilos, usando um procedimento de medição de peso em balança digital, o dispositivo balança digital de seu consultório e produzindo o valor medido 75 kg.

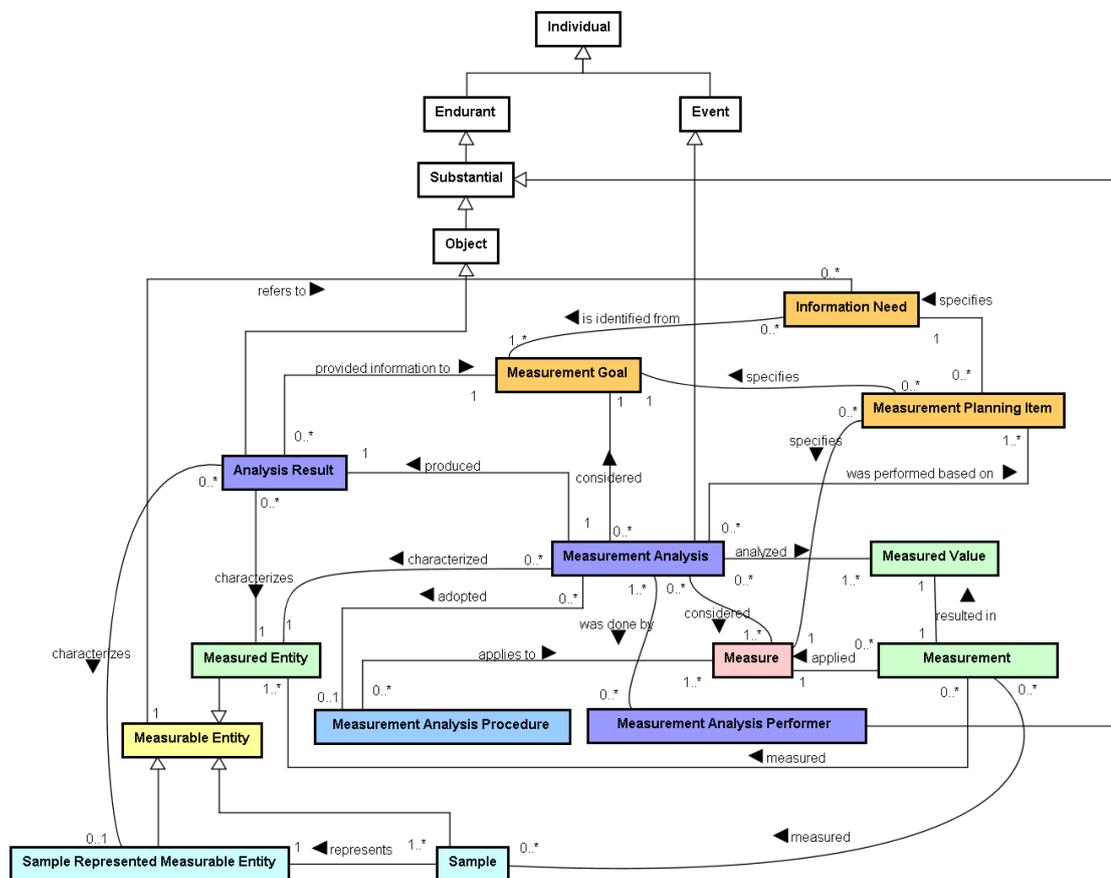
Quando a medição é feita em uma amostra, a entidade mensurável medida em uma **Measurement** é uma **Sample** ou uma **Prepared Sample**. Nesses casos, tem-se a medição de mais de uma entidade mensurável em uma mesma medição: a **Sample** ou a **Prepared Sample** e a **Sample Represented Measurable Entity** que é representada pela amostra. Por exemplo, se uma medição mediu uma amostra de sangue de João, essa medição mediu tanto a amostra, quanto João, que poderá ser caracterizado a partir do valor medido na medição realizada.

3.3.7. Subontologia *Measurement Analysis*

Esta subontologia aborda aspectos relacionados à realização da análise medição e, assim, representa o modelo estrutural referente à atividade *Perform Measurement Analysis* do modelo comportamental de OTM (vide Figura 3.1). A Figura 3.18 apresenta a subontologia *Measurement Analysis*.

Measurement Analysis é uma ação que visa analisar **Measured Values** que foram coletados para **Measures** a fim de se chegar a uma conclusão em um **Analysis Result** para caracterizar uma **Measured Entity**. Uma vez que pode considerar vários valores medidos e várias medidas, é realizada com base em vários **Measurement Planning Items**. É realizada por um **Measurement Analysis Performer** considerando um **Measurement Goal**. Quando os valores medidos analisados em uma análise são referentes a medições de amostras (**Sample**), a entidade caracterizada pelo resultado da análise é uma **Sample Represented Measurable Entity**. Por exemplo, o médico de João, com o objetivo de avaliar a evolução do colesterol de João nos últimos 12 meses, analisa os valores 170, 190 e 210 medidos quadrimestralmente para a medida colesterol total em mg/dl a partir de amostras de sangue de João e conclui que houve um aumento gradativo do valor do colesterol total, houve também um aumento do risco de ocorrência de problemas cardiovasculares em João. Dessa

forma, os valores encontrados estão caracterizando João, que é a entidade representada pelas amostras que foram medidas.



3.18. Modelo conceitual da subontologia *Measurement Analysis*.

A Tabela 3.1 resume as relações entre as subontologias do modelo estrutural de OTM (Figura 3.10) e as atividades do seu modelo comportamental geral (Figura 3.1), indicando em quais atividades do modelo comportamental conceitos das subontologias do modelo estrutural são usadas.

Tabela 3.1 – Relação entre modelos comportamental e estrutural de OTM

Subontologia	Atividades de OTM
Measurable Entities	Todas
Measure	Todas
Measurement-related Procedures	Todas
Measurement-related Devices	Plan the Measurement Process; Perform Sampling; Perform Sample Preparation; Perform Measurement

Tabela 3.1 – Relação entre modelos comportamental e estrutural de OTM (continuação)

Subontologia	Atividades de OTM
Measurement-related Resources	Plan the Measurement Process; Perform Sampling; Perform Sample Preparation; Perform Measurement
Measurement Process Planning	Todas
Sampling and Sample Preparation	Perform Sampling; Perform Sample Preparation; Perform Measurement
Measurement	Perform Measurement; Analyze Measured Values
Measurement Analysis	Analyze Measured Values

3.4 Avaliação da Ontologia

Para avaliar a Ontologia de Tarefa de Medição, ela foi utilizada para descrever um cenário do mundo real presente no domínio de testes de laboratoriais.

O caso trata de uma situação na qual um médico requisitou um exame sanguíneo do Colesterol HDL de Ricardo e usou os resultados do exame para tomar decisões acerca de sua saúde. A seguir, é descrito como o processo de medição se seguiu nesse caso, de acordo com OTM. No texto, ***negrito itálico*** é utilizado para destacar as ***atividades*** do processo de medição e *itálico* é utilizado para identificar *executores* das atividades. Após a descrição, são apresentados os objetos (e.g., instâncias de conceitos) envolvidos no processo.

O médico de Ricardo tinha o objetivo de “verificar as condições cardiológicas de Ricardo” e, para isso, ele precisava saber, além de outras coisas, o nível do colesterol HDL de Ricardo. Baseado nesse objetivo e necessidade de informação, o médico requisitou um exame para medir o colesterol de alta densidade (HDL) em mg/dL utilizando o método Enzimático Bicromático, o qual define o procedimento para coletar, analisar, medir e analisar os dados presentes na amostra de acordo com valores de referência. Assim sendo, o médico de Ricardo (*Measurement Process Planner*) executou a atividade ***Plan Measurement Process***. Após a consulta médica, Ricardo foi ao Laboratório A e um técnico em enfermagem, o *Sampling Performer*, realizou a atividade ***Perform Sampling*** coletando a amostra de sangue de Ricardo utilizando o procedimento previamente estabelecido. Para coletar a amostra de sangue de Ricardo, o técnico utilizou álcool para assepsia do braço e seringa para pressionar o braço e impulsionar o sangue. Então, o técnico biomédico (*Sample Preparation Performer*), realizou a atividade ***Prepare Sample*** adotando o procedimento definido para retirar o soro sanguíneo da amostra de sangue. Para isso, ele utilizou tubos de ensaio com anticoagulantes do tipo EDTA e uma centrífuga para realizar a separação do soro e do plasma presente dentro do tubo de ensaio. Em seguida, outro técnico biomédico, no papel de *Measurement Performer*, executou ***Perform Measurement*** coletando dados acerca do colesterol HDL de

Ricardo do soro sanguíneo, também de acordo com o procedimento de medição previamente estabelecido. Ricardo mostrou os resultados do exame para seu médico, que obteve as informações sobre os níveis de colesterol HDL e, no papel de *Measurement Analysis Performer*, analisou o valor medido comparando-o com valores de referência (ou seja, realizou a atividade *Analyze Measurement*) e, no papel de *Report Analysis Results Performer*, realizou a atividade *Report Analysis Results*, informando Ricardo sobre a conclusão a que chegou a partir do resultado do exame e tomou decisões acerca da saúde do paciente. A Figura 3.14 mostra um fragmento do exame de colesterol do paciente Ricardo. A Tabela 3.2 apresenta a instanciação do fragmento do modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição utilizado no cenário apresentado. Atividades relacionadas à medição e os executores não são mostrados na tabela pois foram indicados previamente no texto.

COLESTEROL HDL		51 mg/dL	
ENZIMÁTICO BICROMÁTICO			
VALORES DESEJÁVEIS OU RECOMENDADOS (mg/dL)			
	DESEJÁVEL	ACEITÁVEL	NÃO RECOMENDADO
ADULTOS :	> 55	35 - 55	< 35
2 A 19 ANOS:	DESEJÁVEL MAIOR OU IGUAL A 45.0		

Figura 3.14. Fragmento do Exame de Colesterol HDL de Ricardo.

Tabela 3.2. Instanciação dos conceitos da Ontologia de Tarefa de Medição

Conceitos da Ontologia de Tarefa de Medição	Instâncias do Cenário de Teste de Laboratório
<i>Measurement Goal</i>	Verificar as condições cardiológicas de Ricardo
<i>Information Need</i>	Qual o nível do colesterol HDL de Ricardo?
<i>Measurable Entity Type</i>	Pessoa; Sangue
<i>Measurable Entity</i>	Ricardo; Soro Sanguíneo
<i>Measurable Element</i>	Colesterol HDL
<i>Measure</i>	Colesterol HDL em mg/dL
<i>Scale</i>	Escala composta por números inteiros positivos
<i>Scale Value</i>	Números inteiros positivos, dentro do intervalo de valores possíveis para colesterol HDL
<i>Sampling / Sample Preparation / Measurement / Analysis Procedures</i>	Método Enzimático Bicromático
<i>Measurement Planning Item</i>	Combinação da informação presente nos conceitos anteriores
<i>Sample</i>	Amostra de Sangue de Ricardo
<i>Sampling Resource</i>	Álcool usado para assepsia do braço
<i>Sampling Device</i>	Seringa usada para impulsionar o sangue
<i>Prepared Sample</i>	Amostra do Soro Sanguíneo de Ricardo
<i>Sample Preparation Resource</i>	Tubo de ensaio com anticoagulante EDTA usado para preparar a amostra de sangue
<i>Sample Preparation Device</i>	Centrífuga usada para preparar a amostra de sangue
<i>Sample Represented Measurable Entity</i>	Ricardo
<i>Measured Value</i>	51 mg/dL
<i>Measured Entity</i>	Ricardo; Soro Sanguíneo de Ricardo após a medição

Tabela 3.2. Instanciação dos conceitos da Ontologia de Tarefa de Medição (continuação)

Conceitos da Ontologia de Tarefa de Medição	Instâncias do Cenário de Teste de Laboratório
<i>Sampling Responsible; Sample Preparation Responsible; Measurement Responsible</i>	Laboratório A
<i>Analysis Result</i>	Aceitável
<i>Measurement Analysis Responsible</i>	Médico de Ricardo

3.5 Comparação com Trabalhos Correlatos

Nesta seção são feitas algumas discussões e comparações entre OTM e as ontologias de medição apresentadas no Capítulo 2.

A *TOVE Measurement Ontology* (TMO) apresentada por Kim *et al.* (2007) é uma ontologia de núcleo de medição para aplicações na Web Semântica. Existe certa equivalência entre os termos utilizados em TMO e OTM (e.g., medida e elemento mensurável), mesmo que diferentes termos sejam usados em alguns casos. Entretanto, TMO não lida com conceitos tratados por OTM como, por exemplo, objetivo de medição, escala, procedimentos entre outros. Além disso, TMO não explora algumas relações entre conceitos. Por exemplo, não existe relação entre medida e atributo medido (equivalente a *Measurable Element* em OTM). TMO também não trata de aspectos tidos como centrais nesse trabalho, como o planejamento de medição.

A coleção de ontologias QUDT³ apresenta uma arquitetura unificada para a representação conceitual de quantidades, tipos de quantidade, unidades, dimensões e tipos de dados, que estão no centro de pesquisas científicas e de engenharia. Além disso, implementa padrões internacionais e, portanto, fornece a base para a interoperabilidade de sistemas. Apesar de QUDT se preocupar em oferecer um vocabulário processável por máquina, sem ambiguidades e sem ser em um domínio específico, apresentando alguns conceitos presentes OTM (e.g., *thing measured* e *measured value*), ela não trata o processo de medição e a parte estrutural está focada em unidades e unidades de medida. Além disso, também não trata amostragem ou análise dos resultados da medição.

Outro trabalho citado no Capítulo 2, é a *Software Measurement Ontology* (SMO) proposta por García *et al.* (2006). Essa ontologia foca em prover uma conceituação que seja compartilhada e única acerca de medição de software, considerando diferentes fontes. Embora dedicada a medição de software, SMO apresenta vários conceitos em comum com OTM, tais como *Information Need*, *Measure*, *Measurement Method*, *Measurement Result* e *Measurable Concept*, que são respectivamente representados em OTM por *Information Need*, *Measure*, *Measurement Procedure*, *Measured Value* e *Measurable Element*. Apesar de existir semelhanças entre

³ <http://qudt.org>

conceitos das duas ontologias, há também diferenças. Assim como TOVE (KIM *et al.*, 2007), SMO também não aborda o planejamento de medição. Tampouco trata amostragem ou preparação da amostra, uma vez que essas atividades não são comuns no contexto da medição de software.

Em relação à ISO 19156 (2011), que define um esquema conceitual para observações e medições no contexto ambiental, assim como OTM, a norma define conceitos relacionados a amostragem como *Sampling Method* (*Sampling Procedure* em OTM), *Sampled Feature* (*Sample* em OTM) e *Sampling Time*. Mesmo que o último conceito não é explicitamente mencionado nos modelos de OTM, o mesmo é coberto pela ontologia pois *Sampling* é um evento em UFO, dessa forma, traz em si informação acerca de quando o evento foi realizado. Entretanto, embora a ISO 19156 trate de aspectos de amostragem, ela não lida com outros aspectos de medição (e.g., planejamento do processo de medição, dispositivos e recursos) e até mesmo com alguns aspectos relacionados à amostragem (e.g., preparação da amostra, recursos e dispositivos envolvidos) presentes em OTM. Além disso, assim como SMO (GARCÍA *et al.*, 2006), ela é para um domínio específico.

Quanto à SSN (*Semantic Sensor Network Ontology*), que trata de sensores e suas medições, apesar de usar nomenclatura distinta, há vários conceitos em comum entre SSN e OTM. Em SSN, por exemplo, *Sensors* realizam uma *Observation*, utilizando um *Procedure*, de uma *Feature of Interest* que possui uma *Property*. Tal atividade é análoga a um *Measurement Performer* realizando um *Measurement*, utilizando um *Measurement Procedure*, para medir uma *Measurable Entity* (ou *Measurable Entity Type*) que possui um *Measurable Element*. Uma *Observation* em SSN gera um *Result*, que equivale a *Measured Value* em OTM. Outra semelhança presente entre as ontologias se apresenta na atividade *Sampling*. Em SSN o nome do evento se mantém o mesmo e, além disso, também traz os conceitos *Sampler*, *Procedure* e *Sample*, respectivamente *Sample Performer*, *Sample Procedure* e *Sample* em OTM. Contudo, apesar de trazer conceitos relacionados à amostragem, SSN não trata de aspectos relacionados à preparação de amostras, como OTM faz. Existem semelhanças e diferenças no modo como SSN e OTM lidam com dispositivos. Em SSN, dispositivos são chamados de *Actuators* e realizam ações de *Actuation*. Tais ações também possuem um *Feature of Interest* e geram um *Result*. Tal definição faz sentido no contexto de sensores, uma vez que o domínio representado trata de ações que devem ser realizadas mediante alguma condição ser satisfeita. Por exemplo, na atividade de um dispositivo fechar automaticamente uma janela quando a temperatura medida for inferior à 20 °C, a ação de fechar a janela é a *Actuation* e o dispositivo a realiza é o *Actuator*. Existe também aqui a noção de *Procedure*, que é a regra, plano ou especificação que define as condições que são gatilho para o *Actuator*. No exemplo, a detecção da queda da temperatura. Em OTM, *Performers* também podem ser dispositivos uma vez que são

classificados em *UFO* como *Substantial*. Entretanto, em OTM não existe *Actuations*, uma vez que tal conceito é considerado fora do escopo de medição. Dessa forma, no exemplo apresentado, seria possível representar em OTM apenas o aparelho *Sensor* de SSN e a medição da temperatura.

O trabalho de O'Brien *et al.* (2018), realizado no contexto de Variáveis Essenciais da Biodiversidade (VEB), utiliza algumas ontologias genéricas tais como a *Extensible Observation Ontology* (OBOE) (Schildhauer *et al.* 2016), que trata de conceitos como *Entities-of-interest*, *Characteristics*, *Units*, *Protocols*, *Context* e *Measurement*, e SOSA (uma das ontologias de SSN) (COMPTOM, *et al.* 2012) como *Sensors*, *Observation*, *Sampling* e *Actuators*. Apesar de haver interseção com a parte estrutural de OTM em alguns conceitos como *Sampling*, *Measurement* e *Entities-of-interest*, a proposta carece de conceitos ou atividades que remetam ao processo de medição e também não existe preocupação com conceitos relativos ao planejamento da medição. A proposta de O'Brien *et al.* (2018) tem como propósito retirar a ambiguidade das VEB's através da adição de estereótipos de ontologias (ou seja, anotando semanticamente as VEB's usando conceitos da ontologia), sua abrangência é mais limitada do que a de OTM.

Uma característica comum a todos os trabalhos citados é que nenhum deles se preocupa em representar o processo de medição como um todo. De fato, nota-se uma tendência de os trabalhos tratarem o ato da medição em si, ou seja, a coleta dos dados. Dessa forma, eles não proveem uma visão dos aspectos comportamentais do processo de medição e, mesmo no âmbito dos aspectos estruturais, aspectos relacionados a algumas atividades não são consideradas (particularmente planejamento da medição e análise). Atividades de planejamento da medição, por exemplo, são especificamente relevantes pois é nelas que são definidos os objetivos, necessidades de informação e as medidas usadas no decorrer do processo de medição. Essas informações são importantes para se entender os dados coletados (por que foram coletados). Por outro lado, representar a análise de medição permite verificar se necessidades de informação que levaram à análise dos dados foram atendidas. Além disso, a maioria dos trabalhos encontrados foca em domínios específicos.

Até o momento de elaboração deste texto, os únicos trabalhos descrevendo ontologias de tarefa relacionadas à medição encontrados na literatura foram (FRAUCHES, 2014), que propôs a ontologia que foi estendida neste trabalho, e (BARCELLOS e FALBO, 2013), que descreve uma ontologia de tarefa para o processo de medição de software e que, como comentado no Capítulo 2, foi o trabalho precursor da ontologia de medição proposta em FRAUCHES, 2014). Embora não se tenha feito uma busca sistemática, foram realizadas diversas buscas em bibliotecas digitais.

Comparando-se a ontologia de tarefa de medição de software (SMTO) proposta em (BARCELLOS e FALBO, 2013) com OTM, é possível notar várias similaridades, incluindo-

se os conceitos *Measurable Entity*, *Measurable Element*, *Measurement* e *Measurement Procedure*, entre outros. Também pode-se notar similaridades no modelo comportamental, como as atividades *Plan Measurement* e *Perform Measurement*. De fato, isso era esperado, pois uma vez que STMO descreve o processo de medição de software, ela também apresenta conceitos relacionados à medição que são comuns a diversos domínios (i.e., o núcleo de medição que está presente nos diferentes domínios). Esses conceitos e atividades estão presentes na versão de OTM proposta por Frauches (2014) e, assim, também na versão estendida de OTM proposta neste trabalho. Como diferenças, destaca-se que SMTO trata alguns aspectos pertinentes apenas ao domínio de software, o que inclui conceitos como *Operational Definition of Measure* e a atividade *Establish Operational Definition of Measure*. Considerando-se que amostragem não é relevante no contexto de medição de software, SMTO não inclui atividades relacionadas a ela. Embora SMTO seja anterior a TMO (FRAUCHES 2014), ela pode ser vista como uma especialização desta para o domínio de medição de software da versão. A versão de TMO proposta neste trabalho pode ser utilizada para melhorar STMO, uma vez que em STMO o processo de medição é apresentado de forma predominantemente linear e não trata análise de medição através de várias análises de dados, o que passou a ser tratado na versão de TMO aqui proposta e é relevante no contexto de medição de software.

3.6 Considerações Finais do Capítulo

Este capítulo apresentou a Ontologia de Tarefa de Medição proposta neste trabalho, que consiste em um modelo comportamental, que descreve o processo de medição, suas atividades e subatividades, entradas, saídas e atores; e um modelo estrutural, que descreve as entidades envolvidas no processo de medição. Após a apresentação da ontologia, foi feita uma instanciação do modelo, a fim de mostrar a capacidade da ontologia de representar situações do mundo real.

O modelo estrutural da ontologia é uma ontologia de núcleo e, dessa forma, passível de reuso para representar o conhecimento estrutural acerca de medição em diferentes domínios. Uma forma de potencializar o reuso de uma ontologia de núcleo é representá-la por meio de uma Linguagem de Padrões Ontológicos (FALBO et al., 2013). Dessa forma, o próximo capítulo aborda a organização do modelo estrutural de OTM na forma de uma Linguagem de Padrões Ontológicos e seu uso no desenvolvimento de uma ontologia para o domínio de medição de qualidade de água e de uma ontologia para exames e testes laboratoriais.

Capítulo 4

Measurement Ontology Pattern Language

Este capítulo apresenta a Linguagem de Padrões Ontológicos M-OPL. A Seção 4.1 apresenta uma breve introdução ao capítulo. A Seção 4.2 é dedicada ao modelo processo de M-OPL, que representa a organização do modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição em padrões e o processo que deve ser seguido para aplicá-los. Nessa seção também são apresentados alguns dos padrões de M-OPL. A Seção 4.3 apresenta uma ferramenta desenvolvida para apoiar o uso de M-OPL. A Seção 4.4 trata de um estudo realizado para avaliar o uso de M-OPL no desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos (Qualidade da Água e Testes Laboratoriais). Por fim, a Seção 4.5 apresenta as considerações finais do capítulo.

4.1 Introdução

Conforme discutido anteriormente, a Ontologia de Tarefa de Medição fornece conhecimento comportamental e estrutural acerca de medição, independente de domínio. Dessa forma, o modelo estrutural da ontologia representa, por si só, uma ontologia de núcleo acerca de medição e, desta forma, pode ser reutilizado no desenvolvimento de ontologias de medição em diversos domínios de aplicação. Entretanto, o reuso pode ser complexo e trabalhoso, uma vez que a ontologia de núcleo é grande, sendo composta por vários conceitos distribuídos em várias subontologias.

Uma das dificuldades pode ser identificar quais porções do modelo estrutural da ontologia são relevantes no desenvolvimento de uma ontologia para um domínio em particular. Por exemplo, para o domínio medição de software, provavelmente não seria necessário reutilizar conceitos relacionados à amostragem ou preparação da amostra. Além disso, dependendo do objetivo da ontologia sendo desenvolvida, pode não ser necessário tratar outras informações, tais como recursos utilizados na medição. Nesses contextos, o engenheiro de ontologias deveria identificar na ontologia de núcleo os fragmentos correspondentes a esses aspectos e descartá-los da reutilização.

Uma forma de auxiliar o engenheiro de ontologias na seleção dos fragmentos do modelo que são úteis ao desenvolvimento de uma ontologia em particular é organizar o modelo estrutural da ontologia de núcleo em uma Linguagem de Padrões Ontológicos que, de acordo com os problemas a serem modelados, guia o engenheiro de ontologias na aplicação dos padrões necessários para resolvê-los, contribuindo para a produtividade no desenvolvimento da ontologia e para a qualidade do modelo da ontologia resultante (RUY et al., 2015).

Em (BARCELLOS et al., 2014) foi proposta a primeira versão da *Measurement Ontology Pattern Language* (M-OPL), considerando o modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição proposta em (FRAUCHES, 2014). Uma vez que essa ontologia de tarefa foi estendida neste trabalho, faz-se também necessário estender M-OPL, para que ela contemple os novos conceitos abordados pela Ontologia de Tarefa de Medição aqui proposta e apoie o desenvolvimento de ontologias de domínio que precisam desses conceitos. Assim sendo, neste trabalho, M-OPL foi estendida. As mudanças realizadas nos modelos comportamentais e estruturais da Ontologia de Tarefa de Medição foram refletidas nos padrões de M-OPL e em seu modelo de processo. Por exemplo, na versão de M-OPL proposta em (BARCELLOS et al., 2014) não havia padrões relacionados à amostragem ou preparação da amostra, uma vez que tais atividades não eram tratadas na versão da Ontologia de Tarefa de Medição proposta em (FRAUCHES, 2014). Esses padrões foram adicionados na versão de M-OPL proposta neste trabalho.

O processo de criação de M-OPL se iniciou com a modularização da linguagem de padrões em grupos de padrões. O modelo comportamental da ontologia foi de grande apoio à modularização, uma vez que, inicialmente, foi possível agrupar os padrões da OPL considerando as atividades do modelo comportamental. Além disso, o modelo comportamental auxiliou na criação dos fluxos entre os padrões. Por exemplo, uma vez que o modelo comportamental de OTM indica que há situações em que é possível não realizar atividades relacionadas a amostragem, o modelo de processo de M-OPL também inclui fluxos que permitem não usar padrões relacionados às referidas atividades. Em seguida, analisando-se os fluxos entre as atividades do modelo comportamental de OTM, os grupos de padrões foram refinados considerando-se diferentes possíveis situações de aplicação dos padrões no desenvolvimento de ontologias específicas. Por exemplo, embora em um processo de medição seja necessário realizar o planejamento antes de executar a medição (vide Figura 3.1), é possível que um engenheiro de ontologias precise desenvolver uma ontologia que aborde apenas a execução da medição, sem tratar conceitos relacionados ao planejamento (por exemplo, uma ontologia sobre medição de petróleo extraído em poços na qual seja necessário representar apenas medições já realizadas). Assim, essas possibilidades foram incorporadas aos fluxos que guiam o engenheiro de ontologias na seleção dos padrões de M-OPL. A versão de M-OPL proposta neste trabalho é apresentada na próxima seção.

4.2 M-OPL

M-OPL é representada utilizando-se a linguagem de modelagem OPL-ML (*Ontology Pattern Language Modeling Language*), proposta por Quirino *et al.* (2017). A linguagem de

padrões é organizada em doze grupos de padrões e, como a modularização foi baseada nas atividades do processo de medição, seu modelo de processo possui semelhanças com o modelo comportamental geral da Ontologia de Tarefa de Medição.

A Figura 4.1 apresenta o modelo de processo de M-OPL no formato “caixa-preta”, no qual os padrões contidos nos grupos não são visíveis. Seguindo o padrão de nomenclatura adotado neste trabalho, nomes dos grupos de padrões e dos padrões são apresentados na língua inglesa. Na Figura 4.1 (e nas demais figuras que apresentam M-OPL), grupos de padrões são representados por grupos de ação de aplicação de padrões (os retângulos rotulados arredondados e com o símbolo  no canto). Nós iniciais (círculos sólidos) são utilizados para representar pontos de entrada na OPL, i.e., pontos que indicam padrões que podem ser aplicados primeiro, sem a execução anterior de outras ações de aplicação de padrões. Nós de decisão (representados por diamantes) são usados para representar caminhos alternativos. Dessa forma, se o engenheiro de ontologias seguir o caminho até um nó de decisão, a partir daí ele deve seguir uma e somente uma das saídas do nó. Controles de fluxo (linhas com setas) representam as sequências de caminhos que o engenheiro de ontologias pode seguir na OPL. Nós de bifurcação (*Fork Nodes*) são aqueles em que os caminhos de saída representam caminhos paralelos opcionais, ou seja, é possível seguir quaisquer caminhos de saída. Nós de Junção (*Join Nodes*) são aqueles em que os fluxos de entrada representam dependência múltipla, indicando que para seguir o caminho de saída, é necessário, antes, seguir todos os caminhos de entrada do nó. Pontos de fim (círculos sólidos circundados) são utilizados para indicar onde processo de aplicação dos padrões pode ser terminado. Cores diferentes são usadas para identificar ações de aplicação de padrões de diferentes grupos. A linguagem de padrões tem apenas um ponto de entrada (EP1). Assim, para desenvolver uma ontologia, o primeiro grupo de padrões a ser utilizado é ***Measurable Entities Patterns***, que apresenta padrões para a representação de entidades que serão medidas, seus tipos e elementos que podem ser medidos. Em seguida, para representar medidas usadas para quantificar os elementos das entidades mensuráveis, devem ser usados padrões do grupo ***Measures Patterns*** e para representar escalas e unidades de medida para as medidas, o engenheiro de ontologias deve utilizar padrões do grupo ***Measurement Scales & Units Patterns***. Caso seja necessário abordar aspectos do planejamento do processo de medição, que envolvem, entre outros, a definição de objetivos, necessidades de informação, medidas e procedimentos a serem adotados nas medições e análises, o engenheiro de ontologias deve seguir para o grupo de padrões ***Measurement Process Planning Patterns***.

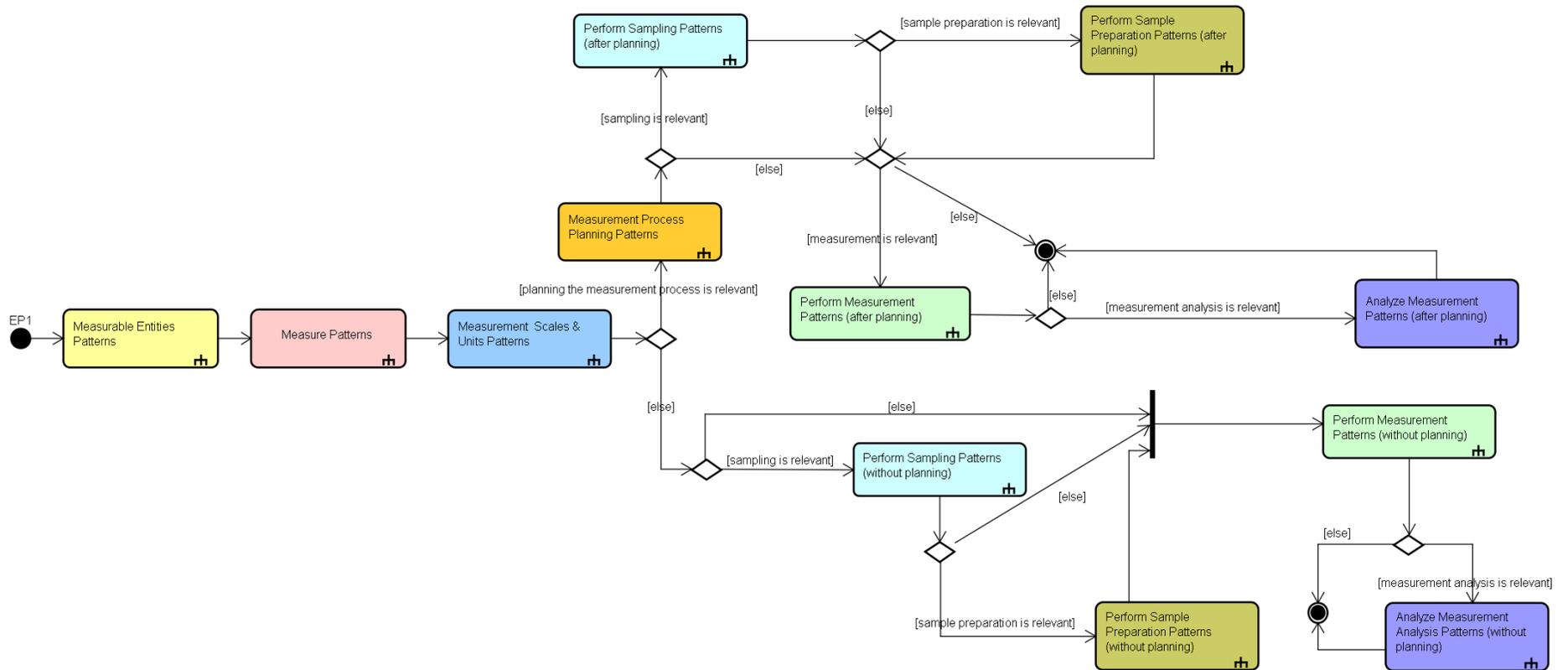


Figura 4.1 - Modelo de processo de M-OPL – formato caixa-preta.

Uma vez representado o planejamento o processo de medição, o engenheiro de ontologias pode seguir para padrões relacionados à execução das atividades de amostragem (*Perform Sampling (after planning) Patterns*), preparação da amostra (*Perform Sample Preparation (after planning) Patterns*), medição (*Perform Measurement (after planning) Patterns*) e análise da medição (*Analyze Measurement (after planning) Patterns*), de acordo com o escopo da ontologia sendo desenvolvida.

Vale reiterar que em M-OPL é possível utilizar padrões relacionados a amostragem, preparação de amostra, medição e análise sem que seja necessário ter utilizado padrões relacionados ao planejamento da medição. No entanto, na Ontologia de Tarefa de Medição, a atividade referente ao planejamento da medição é obrigatória e, dessa forma, nos modelos de COM (modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição), para cada atividade posterior ao planejamento (i.e., amostragem, preparação de amostra, medição e análise) há uma relação “*was performed based on*” com *Measurement Planning Item* (principal resultado da atividade de planejamento) com cardinalidade mínima 1, indicando que a atividade é realizada com base no que foi planejado para ela. Ou seja, sempre se considera que houve planejamento. Isso se dá, pois, a Ontologia de Tarefa de Medição representa a conceituação do processo de medição como um todo e, nesse contexto, de uma forma ou de outra, sempre há planejamento (ainda que apenas mental). Por outro lado, M-OPL considera apenas aspectos estruturais e, para favorecer o reúso, dá maior flexibilidade para que seja possível representar esse conhecimento em situações onde apenas uma parte do processo de medição seja necessária (por exemplo, caso seja relevante tratar apenas medições que já foram feitas, seriam utilizados apenas padrões relacionados a *Perform Measurement*).

Assim, retornando à Figura 4.1, caso não seja necessário abordar aspectos do planejamento do processo de medição, depois de utilizar padrões do grupo *Measurement Scales & Units Patterns*, o engenheiro de ontologias pode seguir, de acordo com o escopo da ontologia sendo desenvolvida, direto para padrões relacionados à execução das atividades de amostragem (*Perform Sampling (without planning) Patterns*), preparação da amostra (*Perform Sample Preparation (without planning) Patterns*), medição (*Perform Measurement (without planning) Patterns*) e análise da medição (*Analyze Measurement (without planning) Patterns*) que não consideram planejamento anterior à realização dessas atividades.

A principal diferença entre os grupos de padrões que consideram a realização do planejamento do processo de medição (identificados com “*after planning*”) e os que não consideram (identificados com “*without planning*”) é que, no primeiro caso, nos padrões do

grupo há o conceito **Measurement Planning Item**, que relaciona diversos outros conceitos e representa a informação definida no planejamento do processo de medição

O engenheiro de ontologias pode encerrar o fluxo para a seleção dos grupos de padrões a ser utilizados tão logo suas necessidades sejam atendidas. Por exemplo, caso o engenheiro de ontologias esteja desenvolvendo uma ontologia para representar apenas aspectos relacionados a medições realizadas, ele inicia o fluxo em EP1 e, seguindo os fluxos, seleciona os grupos **Measurable Entities Patterns**, **Measures Patterns**, **Measurement Scales & Units Patterns** e **Perform Measurement (without planning) Pattern**, encerrando o processo de seleção após a seleção deste último grupo.

Conforme dito anteriormente, na Figura 4.1 os grupos de padrões são representados no formato caixa-preta, onde não é possível visualizar os padrões contidos em cada grupo. A Tabela 4.1 apresenta os padrões contidos em cada um dos grupos de padrões de M-OPL e uma breve descrição para cada um deles. Na tabela, grupos de padrões “*after planning*” e “*without planning*” relacionados a uma mesma atividade são apresentados juntos. Quando o nome do padrão listado não contém “*after planning*” ou “*without planning*”, significa que ele está em ambos os grupos. Dentro de cada grupo, os padrões são listados em ordem alfabética.

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL

Padrão	Breve descrição
Grupo: <i>Measurable Entities Patterns</i>	
<i>MeasurableElementTypes</i>	Representa os tipos de elementos mensuráveis, que se distinguem entre elementos que podem ser medidos diretamente e os que são medidos indiretamente.

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL (continuação)

Padrão	Breve descrição
<i>MeasurableEntities</i>	Representa entidades mensuráveis, seus tipos e como eles podem ser caracterizados por elementos mensuráveis.
Grupo: <i>Measures Patterns</i>	
<i>CorrelatedMeasure</i>	Representa medidas correlatas, por meio da relação entre diferentes medidas.
<i>Measure</i>	Representa medidas, que são utilizadas para caracterizar tipos de entidades mensuráveis e quantificar elementos mensuráveis.
<i>MeasureTypes</i>	Representa tipos diferentes de medidas (base e derivada) e os elementos mensuráveis por eles quantificados.
Grupo: <i>Measurement Scales & Units Patterns</i>	
<i>MeasureUnit</i>	Representa as unidades de medida em que uma medidas é são expressas.
<i>MeasureUnit&Scale</i>	Representa escalas de medidas, seus valores e seu particionamento de acordo com unidades de medida.
<i>Scale</i>	Representa escalas de medidas e seus valores.
<i>ScaleTypes</i>	Representa tipos de escalas, sendo eles ordinal, racional ou intervalar.

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL (continuação)

Padrão	Breve descrição
Grupo: <i>Measurement Planning Process Patterns</i>	
<i>Indicator</i>	Representa medidas que são diretamente utilizadas para monitorar o alcance a objetivos de medição.
<i>InformationNeed</i>	Representa necessidades de informação derivadas de objetivos de medição e que são atendidas por medidas.
<i>MeasurementAnalysisProcedurePlanning</i>	Representa o planejamento do procedimento em uma atividade de análise da medição.
<i>MeasurementAnalysisResponsiblePlanning</i>	Representa o planejamento do responsável em uma atividade de análise da medição.
<i>MeasurementDevicePlanning</i>	Representa o planejamento dos dispositivos a serem utilizados em uma atividade de medição.
<i>MeasurementDeviceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de dispositivos a serem utilizados em uma atividade de medição.
<i>MeasurementGoal</i>	Representa como objetivos de medição e sua classificação em objetivos simples ou complexos.
<i>MeasurementPlanningItem</i>	Representa os itens definidos no planejamento do processo de medição, os quais incluem as atividades planejadas (amostragem, preparação da amostra, medição e análise), recursos, dispositivos, procedimentos e responsáveis envolvidos, bem como as medidas que serão utilizadas, necessidades de informação a ser atendidas e objetivos de medição a ser alcançados.
<i>MeasurementProcedurePlanning</i>	Representa o planejamento do tipo de procedimento a ser utilizado em uma atividade de medição.
<i>MeasurementResourcePlanning</i>	Representa o planejamento dos recursos e seus tipos a serem utilizados em uma atividade de medição.
<i>MeasurementResourceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de recursos a serem utilizados em uma atividade de medição.
<i>MeasurementResponsiblePlanning</i>	Representa o planejamento do responsável pela atividade de medição.
<i>SamplePreparationDevicePlanning</i>	Representa o planejamento dos dispositivos e seus tipos a serem utilizados em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplePreparationDeviceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de dispositivos a serem utilizados em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplePreparationProcedurePlanning</i>	Representa o planejamento do procedimento a ser utilizado em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplePreparationResourcePlanning</i>	Representa o planejamento dos recursos e seus tipos a serem utilizados em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplePreparationResourceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de recursos a serem utilizados em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplePreparationResponsiblePlanning</i>	Representa o planejamento do responsável em uma atividade de preparação da amostra.
<i>SamplingDevicePlanning</i>	Representa o planejamento dos dispositivos e seus tipos a serem utilizados em uma atividade de amostragem.
<i>SamplingDeviceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de dispositivos a serem utilizados em uma atividade de amostragem.
<i>SamplingProcedurePlanning</i>	Representa o planejamento do procedimento a ser utilizado em uma atividade de amostragem.
<i>SamplingResourcePlanning</i>	Representa o planejamento dos recursos e seus tipos a serem utilizados em uma atividade de amostragem.
<i>SamplingResourceTypePlanning</i>	Representa o planejamento dos tipos de recursos a serem utilizados em uma atividade de amostragem.

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL (continuação)

Padrão	Breve descrição
<i>SamplingResponsiblePlanning</i>	Representa o planejamento do responsável pela amostragem.
Grupos: <i>Perform Sampling (after Planning) Patterns</i> e <i>Perform Sampling (without Planning) Patterns</i>	
<i>IndicateSamplingDevices (after Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma amostragem e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplingDevices (without Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma amostragem.
<i>IndicateSamplingDeviceTypes (after Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma amostragem e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplingDeviceTypes (without Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma amostragem.
<i>IndicateSamplingPerformer</i>	Representa o executor de uma atividade de amostragem.
<i>IndicateSamplingResources (after Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma amostragem e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplingResources (without Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma amostragem.
<i>IndicateSamplingResourceTypes (after Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma amostragem e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplingResourceTypes (without Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma amostragem.
<i>SampleType</i>	Representa como amostras podem ser classificadas em amostras simples ou amostras compostas.
<i>Sampling (after Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma amostragem, identificando, de acordo com o item do planejamento realizado para ela, indicando-se o procedimento adotado e a amostra resultante.
<i>Sampling (without Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma amostragem, identificando o procedimento adotado e a amostra resultante.
Grupos: <i>Perform Sample Preparation (after Planning) Patterns</i> e <i>Perform Sample Preparation (without Planning) Patterns</i>	
<i>DesignateSamplePreparationPerformer</i>	Representa o executor de uma atividade de preparação da amostra.
<i>IndicateSamplePreparationDevice (after Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma preparação de amostra e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplePreparationDevice (without Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma preparação de amostra.
<i>IndicateSamplePreparationDeviceTypes (after Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma preparação de amostra e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplePreparationDeviceTypes (without Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma preparação da amostra.
<i>IndicateSamplePreparationResource (after Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma preparação de amostra e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL (continuação)

Padrão	Breve descrição
<i>IndicateSamplePreparationResource (without Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma preparação de amostra.
<i>IndicateSamplePreparationResourceTypes (after Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma preparação de amostra e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateSamplePreparationResourceTypes (without Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma preparação da amostra.
<i>SamplePreparationProcedure (after Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma atividade de preparação da amostra de acordo com planejamento realizado para ela e seguindo-se um determinado procedimento. Esse procedimento transforma uma amostra em uma ou várias amostras preparadas.
<i>SamplePreparationProcedure (without Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma atividade de preparação da amostra seguindo um determinado procedimento. Esse procedimento transforma uma amostra em uma ou várias amostras preparadas.
<i>Perform Measurement (after Planning) Patterns e Perform Measurement (without Planning) Patterns</i>	
<i>DesignateMeasurementPerformer</i>	Representa o executor de uma atividade de medição.
<i>IndicateMeasurementDevice (after Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma medição e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateMeasurementDeviceTypes (after Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma medição e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateMeasurementDevice (without Planning)</i>	Representa os dispositivos utilizados em uma atividade de medição.
<i>IndicateMeasurementDeviceTypes (without Planning)</i>	Representa os dispositivos e seus respectivos tipos utilizados em uma atividade de medição.
<i>IndicateMeasurementResource (after Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma medição e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateMeasurementResourceTypes (after Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma medição e sua relação com o planejamento realizado para a atividade.
<i>IndicateMeasurementResource (without Planning)</i>	Representa os recursos utilizados em uma atividade de medição.
<i>IndicateMeasurementResourceTypes (without Planning)</i>	Representa os recursos e seus respectivos tipos utilizados em uma atividade de medição.
<i>PerformMeasurement (after Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma medição, de acordo com planejamento realizado para ela, adotando-se um procedimento de medição e obtendo valores medidos.
<i>PerformMeasurement (without Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma medição, adotando-se um procedimento de medição e obtendo valores medidos.
Grupos : <i>Analyze Measurement (after Planning) Patterns e Analyze Measurement (without Planning) Patterns</i>	

Tabela 4.1 – Padrões de M-OPL (continuação)

Padrão	Breve descrição
<i>DesignateMeasurementAnalysisPerformer</i>	Representa o executor de uma atividade de análise de medição.
<i>PerformMeasurementAnalysis (after Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma análise de medição, de acordo com planejamento realizado para ela, adotando-se um procedimento de análise de medição, considerando-se medidas e objetivos de medição, e produzindo-se resultados para caracterizar uma entidade mensurável.
<i>PerformMeasurementAnalysis (without Planning)</i>	Representa a ação de realizar uma análise de medição, adotando-se um procedimento de análise de medição, considerando-se medidas e objetivos de medição, e produzindo-se resultados para caracterizar uma entidade mensurável.

Cada padrão de M-OPL possui uma descrição detalhada que inclui as seguintes informações:

- **Nome:** fornece o nome do padrão.
- **Propósito:** descreve o propósito do padrão.
- **Rationale:** descreve o *rationale* subjacente ao padrão.
- **Questões de competência:** descreve as questões de competência que o padrão visa responder.
- **Modelo Conceitual:** apresenta um diagrama representando os conceitos, propriedades e relacionamentos que estão presentes no padrão.
- **Axiomatização:** apresenta os axiomas relacionados ao modelo conceitual do padrão.

Como exemplos, nos quadros 1 e 2 a seguir são apresentadas as descrições dos padrões *SamplePreparationDevicePlanning* e *Sampling (without planning)*.

Nome: *Sample Preparation Device Planining*

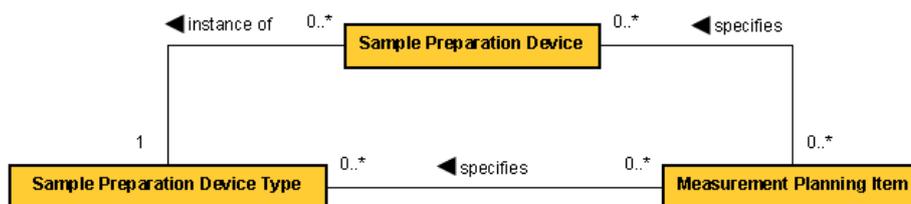
Propósito: Representar os dispositivos planejados para uso na preparação de amostras e os tipos desses dispositivos.

Rationale: No contexto do planejamento do processo de medição, quando se trata do planejamento de atividades de preparação de amostras, um **Measurement Planning Item** pode especificar **Sample Preparation Devices** a ser utilizados na preparação de amostras, os quais são instâncias de **Sample Preparation Device Type**.

Questões de competência:

- Quais dispositivos se planeja utilizar na preparação de amostras?
- Quais os tipos dos dispositivos planejados para se utilizar na preparação de amostras?

Modelo Conceitual:



Um *Measurement Planning Item* define um plano que deve ser seguido para a realização das atividades do processo de medição. Nesse plano pode ser especificado, entre outros, os dispositivos (*Sample Preparation Device*) – por exemplo, um dado tubo de ensaio para preparação de amostras de sangue – ou tipos de dispositivos (*Sample Preparation Device Type*) – por exemplo, um dado tipo de tubo de ensaio para preparação de amostras de sangue – que deverão ser usados na preparação de amostra. *Sample Preparation Devices* são instâncias de *Sample Preparation Device Type*.

Axiomatização:

$$A1: \forall mpi: MeasurementPlanningItem, spd: SamplePreparationDevice, \\ spd_t: SamplePreparationDeviceType \\ specifies(mpi, spd) \rightarrow \exists spd_t (specifies(mpi, spd_t) \wedge (instanceOf(spd, spd_t)))$$

Quadro 1 – Descrição do padrão *SamplePreparationDevicePlanning*

Nome: *Sampling*(without planning)

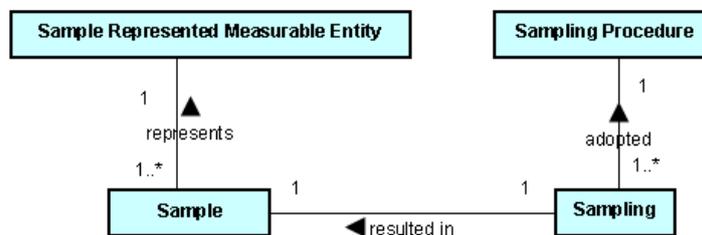
Propósito: representar a execução de atividades de amostragem, sem considerar planejamento prévio, indicando o procedimento de amostragem adotado e a amostra resultante.

Rationale: Uma **Sampling** é uma ação que foi realizada adotando-se um **Sampling Procedure** e que produziu uma **Sample**, a qual representa uma **Sample Represented Measurable Entity**.

Questões de competência:

- Qual procedimento de amostragem foi adotado em uma amostragem?
- Qual é a amostra resultante de uma amostragem?
- Qual entidade mensurável uma amostra representa?

Modelo Conceitual:



Uma *Sampling* é uma atividade de amostragem que adota um *Sampling Procedure* para a sua realização. A atividade tem como resultado uma *Sample*, que é uma amostra que representa uma *Sample Represented Measurable Entity* a qual pode ser caracterizada a partir de medições da amostra. Por exemplo, uma amostra de sangue de João representa João, uma vez que medindo-se propriedades da amostra de sangue é possível caracterizar João.

Axiomatização: -

Quadro 2 – Descrição do padrão *Sampling* (without Planning)

A seguir, o modelo de processo apresentado na Figura 4.1 é detalhado utilizando-se o formato caixa-branca, no qual é possível visualizar os padrões contidos nos grupos de padrões. Uma vez que o modelo de processo detalhado é extenso, para melhor visualização, ele será dividido em várias figuras, nas quais serão utilizadas de forma combinada as representações caixa-branca e caixa-preta. A Figura 4.2 apresenta o modelo de processo de M-OPL detalhando-se os padrões contidos nos grupos *Measurable Entities Patterns*, *Measures Patterns*, *Measurement Scales & Units Patterns*.

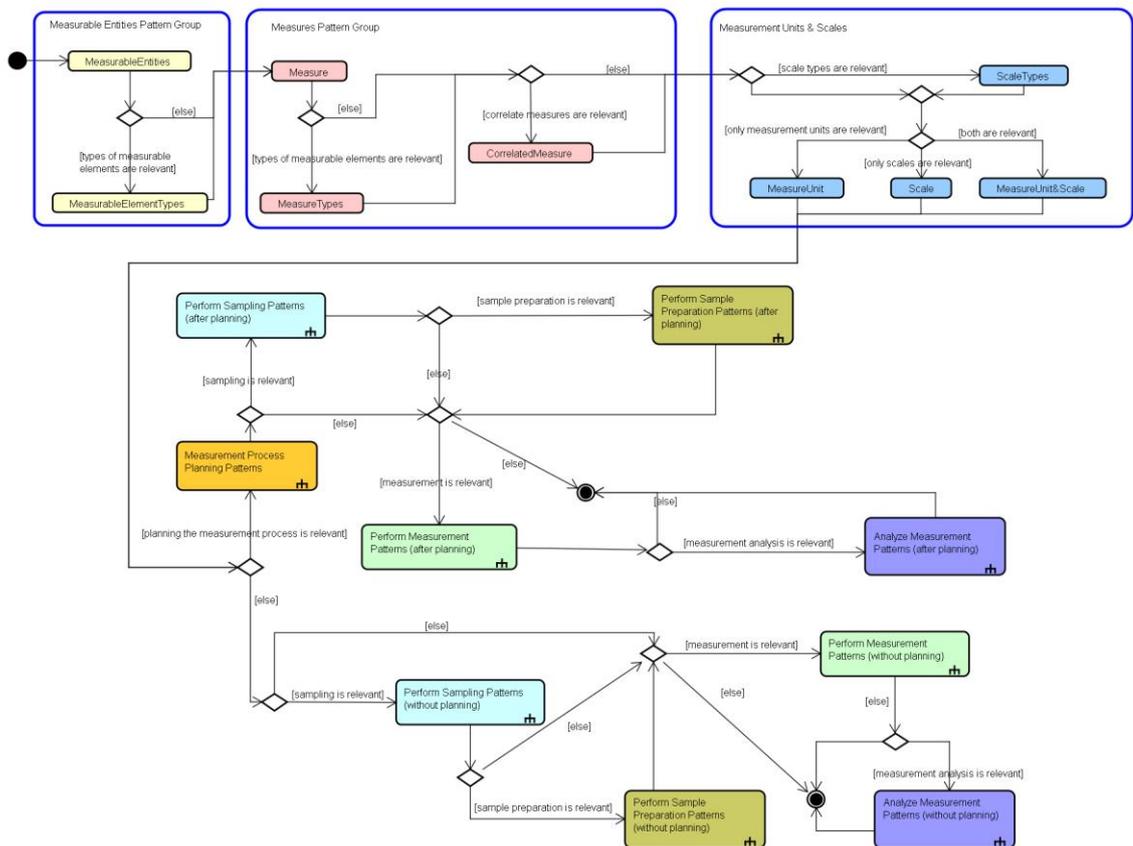


Figura 4.2 - Modelo conceitual de M-OPL com os grupos de padrões *Measurable Entities*, *Measures* e *Measurement Units & Scales* em formato caixa-branca.

O primeiro padrão a ser selecionado é *MeasurableEntities*, que representa as entidades que podem ser mensuradas, seus tipos e elementos que as caracterizam. Em seguida, caso seja relevante representar os diferentes tipos de elementos mensuráveis, o engenheiro de ontologias deve utilizar o padrão *Measurable Element Types*.

Após a aplicação de padrões do grupo *Measurable Entities Patterns*, o engenheiro de ontologias segue para o grupo *Measures Patterns*. O primeiro padrão desse grupo é *Measure*, que deve ser aplicado para representar medidas e suas relações com as entidades e suas propriedades que podem ser medidas. Caso seja necessário representar diferentes tipos de medidas, o engenheiro de ontologias deve aplicar o padrão *MeasureTypes* (que só pode ser aplicado se o padrão *Measurable Element Types* do grupo anterior tiver sido aplicado antes). Em seguida, caso o engenheiro de ontologias deseje representar medidas correlatas, ele deve aplicar o padrão *CorrelatedMeasure*.

O próximo grupo de padrões do processo é *Measurement Scales & Units Patterns*. Caso o engenheiro de ontologias precise representar tipos de escala, ele deve selecionar o padrão *ScaleTypes*. O próximo passo do engenheiro de ontologias é decidir se representar unidades de medida e escalas para as medidas é relevante. O padrão *MeasureUnit* deve ser

selecionado quando apenas unidades de medida forem relevantes ao domínio sendo representado. *Scale* deve ser selecionado quando apenas escalas são relevantes. Por fim, *MeasureUnit&Scale* deve ser selecionado quando ambas, unidades de medida e escalas, são relevantes para a ontologia sendo desenvolvida.

A Figura 4.3 apresenta o modelo de processo de M-OPL detalhando-se os padrões contidos nos grupos *Measurement Process Planning Patterns* e *Perform Sampling Patterns (after planning)*. O grupo *Measurement Process Planning Patterns* é composto por padrões e também por outros grupos de padrões (*MPI-Sampling Planning*, *MPI-Sample Preparation Planning* e *MPI-Measurement Planning*). Por questões de simplificação e melhor visualização, desses grupos, na Figura 4.3 é apresentado em detalhes apenas *MPI-Sampling Planning*. Os demais grupos (*MPI-Sample Preparation Planning* e *MPI-Measurement Planning*) são estruturados de forma análoga. Considerando-se, ainda, que a estrutura dos padrões dos grupos referentes a atividades realizadas “*after planning*” e as respectivas “*without planning*” são muito semelhantes (na maioria dos casos difere em apenas no uso de um padrão), será apresentado em detalhes apenas o fluxo do modelo de processo de considera a realização do planejamento do processo de medição. Para representar aspectos do planejamento de medição, o engenheiro de ontologias deve usar padrões do grupo *Measurement Process Planning Patterns*. O primeiro padrão que deve ser usado nesse grupo é *MeasurementGoal*, para representar os objetivos de medição. Em seguida, o engenheiro de ontologias deve usar o padrão *InformationNeed* para representar as necessidades de informação derivadas dos objetivos de medição e que deverão ser atendidas pelas medidas que serão utilizadas. Para representar as medidas que serão usadas para atender as necessidades de informação e apoiar o monitoramento do alcance aos objetivos de medição, o engenheiro de ontologias deve usar o padrão *MeasurementPlanningItem*. Em seguida, se a representação de indicadores for relevante, o engenheiro de ontologias deve, então, selecionar o padrão *Indicator*, que representa explicitamente o papel desempenhado por medidas quando estas são utilizadas diretamente para monitorar o alcance de objetivos de medição.

Caso amostragem seja relevante para a ontologia sendo desenvolvida, o engenheiro de ontologias deverá seguir para o grupo de padrões *MPI-SamplePlanning*, que descreve o planejamento da amostragem. Para representar o planejamento do responsável pela amostragem, o engenheiro de ontologias deve selecionar o padrão *SamplingPlanningResponsible*. Caso o planejamento envolva definir os tipos de recursos a ser utilizados na amostragem, o engenheiro de ontologias deve selecionar o padrão *SamplingPlanningResourceType*.

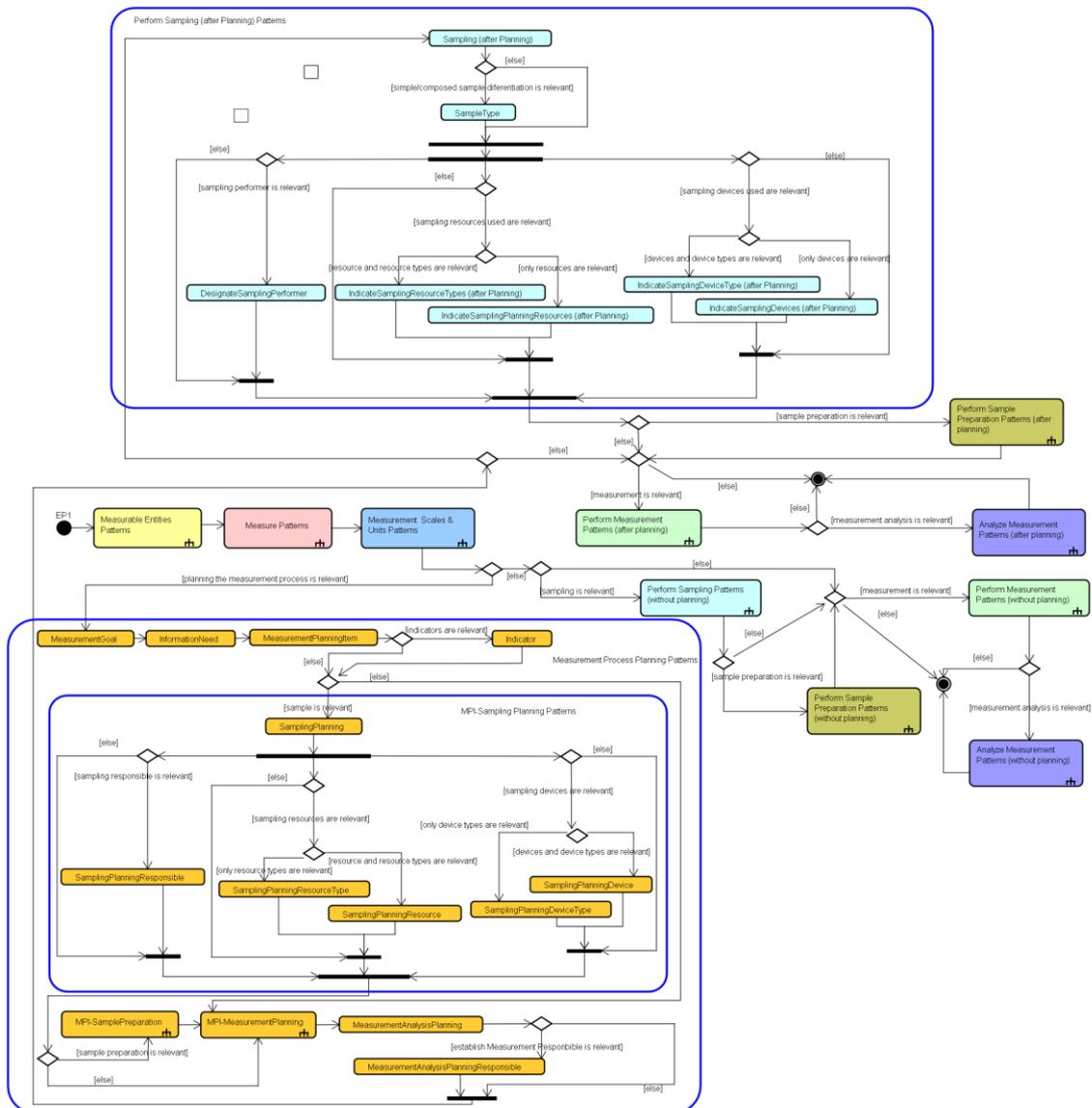


Figura 4.3 - Modelo conceitual de M-OPL com os grupos *Measurement Process Planning Patterns* e *Perform Sampling (after planning) Patterns* em formato caixa-branca.

Caso além dos tipos de recursos, os recursos propriamente ditos também devam ser definidos no planejamento, o engenheiro de ontologias deve selecionar o padrão *SamplingPlanningResource*. De maneira análoga, caso o planejamento envolva definir apenas os tipos de dispositivos a ser utilizados na amostragem, o engenheiro de ontologias deve selecionar o padrão *SamplingPlanningDeviceType*. Se definir os dispositivos e seus tipos for relevante no planejamento da amostragem, o engenheiro de ontologias deve selecionar o padrão *SamplingPlanningDevice*.

Em seguida, caso seja necessário tratar do planejamento de preparação de amostras, o engenheiro de ontologias deve seguir para o grupo de padrões seguinte ***MPI-SamplePreparation***, que possui estrutura análoga à do grupo ***MPI-SamplePlanning***.

Finalizada a seleção de padrões relacionados ao planejamento da amostragem e preparação da amostra, ou caso o planejamento dessas atividades não seja relevante (i.e., não é relevante representar amostragem ou preparação de amostras na ontologia sendo desenvolvida), o engenheiro de ontologias deve seguir para o grupo de padrões ***MPI-MeasurementPlanning***, que trata do planejamento da medição em si.

Os últimos padrões que tratam do planejamento do processo de medição dizem respeito ao planejamento da análise de medição. Para representar os procedimentos que devem ser adotados na análise, o engenheiro deve selecionar o padrão *MeasurementAnalysisPlanning*. Caso seja relevante representar no planejamento o responsável pela análise de medição, o engenheiro de ontologias deve usar o padrão *MeasurementAnalysisPlanningResponsible*.

Uma vez representado o planejamento do processo de medição, caso representar a realização de amostragens seja relevante para a ontologia sendo desenvolvida, o engenheiro de ontologias deve seguir para o grupo de padrões ***Perform Sampling (after planning) Patterns***. O primeiro padrão a ser utilizado pelo engenheiro de ontologias é *Sampling (after planning)*, que representa a ação de amostragem, o procedimento adotado para realizá-la e a amostra resultante, bem como o item de planejamento considerado para a realização da amostragem. Caso seja relevante diferenciar amostras simples de amostras compostas, o engenheiro de ontologias deve seguir para o uso do padrão *SampleType*. Na sequência, caso o engenheiro de ontologias deseje representar o executor da amostragem, ele deve usar o padrão *DesignateSamplingPerformer*. Para representar os tipos de recursos utilizados, deve ser usado o padrão *IndicateSamplingResourceType*. Caso além dos tipos de recursos usados na amostragem seja necessário representar os recursos propriamente ditos, deve ser usado o padrão *IndicateSamplingResourceType*. De maneira análoga, para tratar tipos de dispositivos e dispositivos adotados na amostragem, devem ser selecionados os padrões *IndicateSamplingDeviceType* ou *IndicateSamplingDevice*.

A Figura 4.4 apresenta o modelo de processo de M-OPL detalhando-se os padrões contidos nos grupos ***Perform Sample Preparation (after planning) Patterns***, ***Perform Measurement (after planning) Patterns*** e ***Analyze Measurement (after planning) Patterns***.

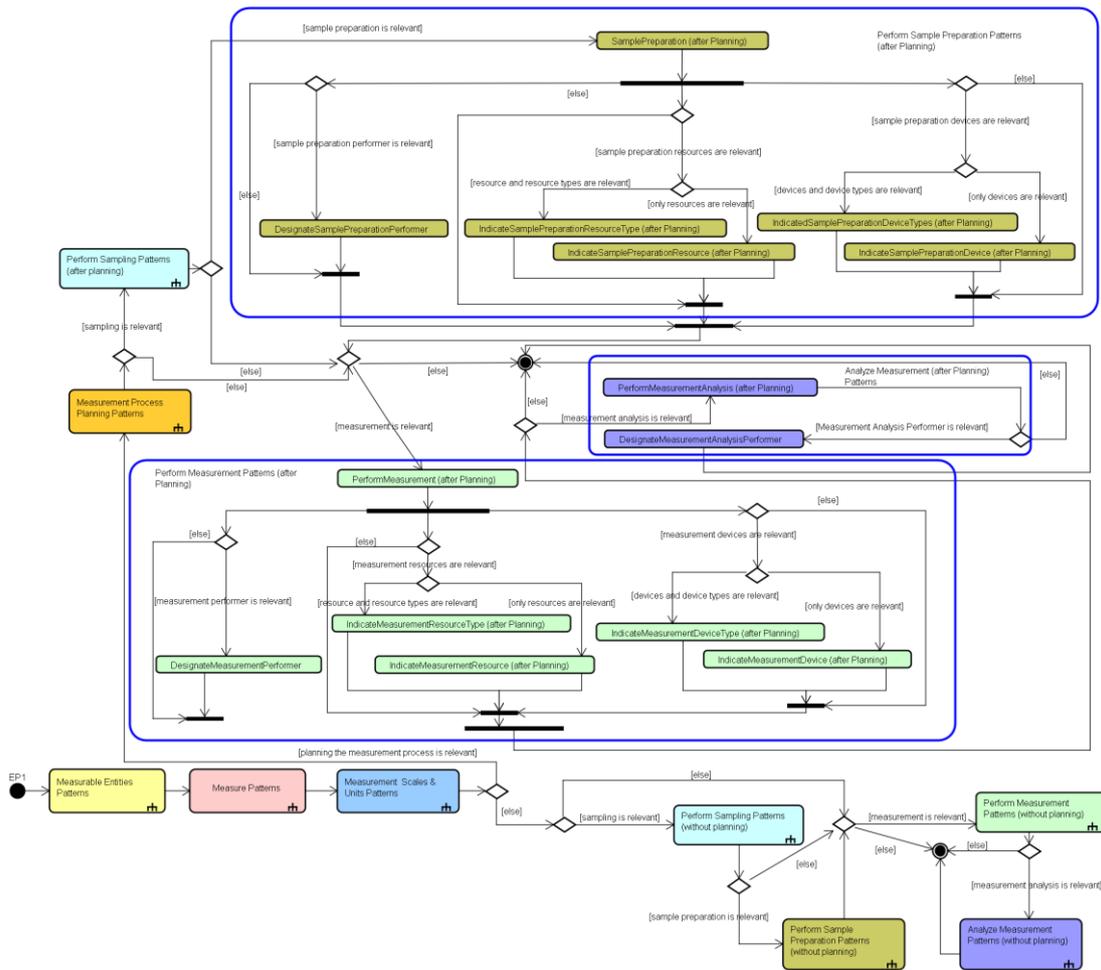


Figura 4.4 - Modelo conceitual de M-OPL com grupos *Perform Sample Preparation (after planning)*, *Perform Measurement (after planning)* e *Analyze Measurements (after planning) Patterns* em formato caixa-branca.

Após representar aspectos relacionados à realização de amostragem, caso representar preparação da amostra seja relevante para a ontologia sendo desenvolvida, o engenheiro de ontologias deve seguir para o grupo ***Perform Sample Preparation (after planning) Patterns***. O primeiro padrão do grupo é *SamplePreparation (after planning)*, que representa a ação de preparação da amostra, o procedimento adotado para realizá-la e a amostra preparada resultante, bem como o item de planejamento considerado para a realização da preparação da amostra. Para representação do executor da preparação de amostra, os recursos ou tipos de recursos utilizados e os dispositivos ou tipos de dispositivos utilizados, devem ser seguidos fluxos análogos aos definidos para o tratamento desses itens no âmbito da amostragem, devendo ser usados, de acordo com o escopo da ontologia sendo desenvolvida, os padrões *DesignateSamplingPreparationPerformer*, *IndicateSamplingPreparationResourceType*, *IndicateSamplingPreparationResource*, *IndicateSamplingPreparationDeviceType* e *IndicateSamplingPreparationDevice*.

Depois da representação da preparação da amostra (ou da amostragem, caso a preparação não seja relevante, ou do planejamento do processo de medição, caso amostragem não seja relevante) o engenheiro de ontologias pode representar aspectos relacionados à execução da medição utilizando-se padrões do grupo de padrões ***Perform Measurement (after planning) Patterns***. Como pode-se perceber na Figura 4.4, a estrutura dos fluxos e padrões desse grupo é análoga à do grupo ***Perform Sample Preparation (after planning) Patterns***, então a seleção dos padrões também se dá de forma análoga.

Finalmente, após representar aspectos da execução da medição, o engenheiro de ontologias pode seguir para último grupo de padrões, ***Analyze Measurement (after planning) Patterns***, caso representar a análise de valores medidos seja relevante na ontologia em desenvolvimento. O engenheiro de ontologias deve aplicar o padrão *PerformMeasurementAnalysis* para representar a ação de análise da medição e os resultados obtidos com a análise. Caso seja necessário representar o executor da análise de medição, o engenheiro de ontologias deve aplicar o padrão *DesignateMeasurementAnalysisPerformer*.

É importante notar que em M-OPL há situações em que se percebe a existência de padrões variantes, que são padrões que resolvem o mesmo problema de maneira diferente e são mutualmente exclusivos (QUIRINO *et al.*, 2017). Por exemplo, para modelar a atividade de medição, o engenheiro de ontologias aplica exclusivamente o padrão *PerformMeasurement (after planning)* ou o padrão *PerformMeasurement (without planning)*. Cada um desses padrões trata o problema de modelagem da atividade de medição, mas de formas diferentes. OPL-ML (QUIRINO *et al.*, 2017) prevê uma representação visual específica para situações envolvendo padrões variantes, como ilustra a Figura 4.5.

Dentro de cada região delimitada por linhas pontilhadas vermelhas encontram-se padrões variantes, significando que o engenheiro de ontologias deve escolher apenas um deles para aplicar. Embora essa representação seja prevista em OPL-ML, optou-se por não utilizá-la, pois a complexidade do modelo de processo da linguagem seria aumentada e dificultaria tornar explícita a sequência de padrões a ser utilizados. Por exemplo, na Figura 4.5, caso o engenheiro de ontologias selecione no primeiro grupo de padrões variantes o padrão *Perform Measurement (after Planning)*, ele deveria ser guiado a usar apenas padrões “*after planning*” nos próximos grupos de padrões variantes, o que levaria à necessidade de representação de muitos fluxos e condicionais no fluxo do processo para lidar com padrões e grupos, tornando o processo mais complexo. Assim, por questões de simplificação, decidiu-se por representar a exclusividade de aplicação de padrões variantes utilizando-se fluxos e nós de condição, sem representar os grupos de padrões variantes em si.

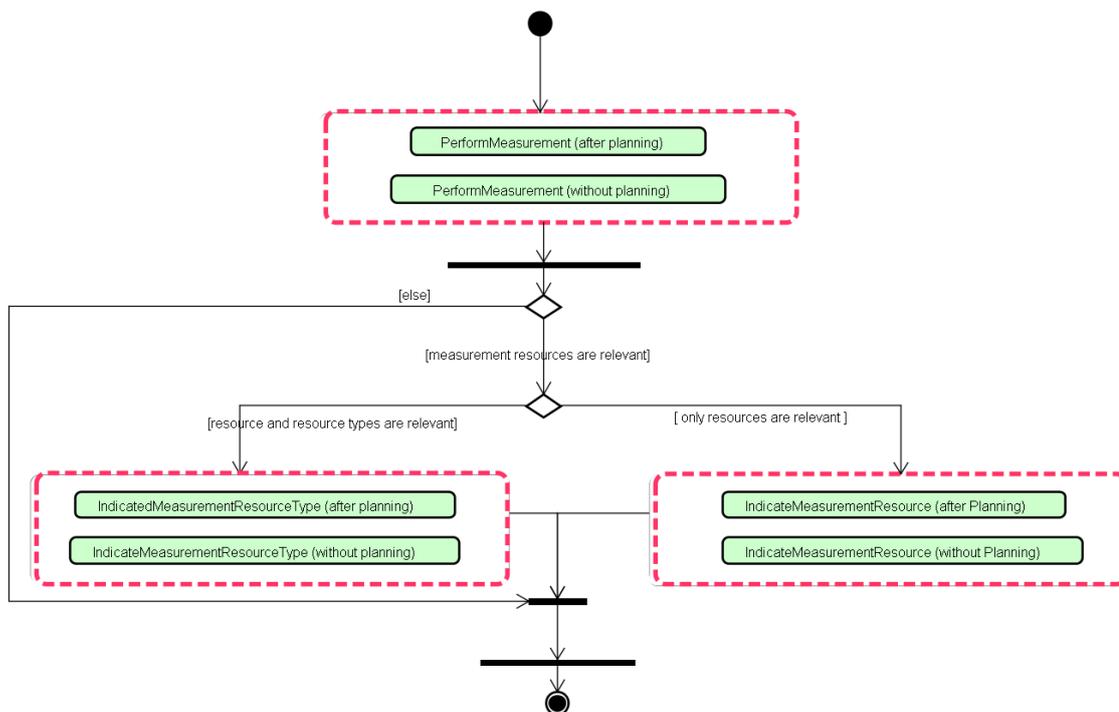


Figura 4.5 - Modelo conceitual de M-OPL do grupo de padrões *Perform Measurement* com utilização do

4.3 Uma Ferramenta de apoio ao uso de M-OPL

Considerando-se que M-OPL é extensa e usá-la com base apenas em seu documento de especificação poderia ser trabalhoso, decidiu-se desenvolver uma ferramenta para facilitar seu uso. A ferramenta é chamada *M-OPL Tool* de apoio foi construída utilizando-se a biblioteca de classes gráficas *WindowsForms*⁴, que faz parte do *.NET Framework Versão 4.6.1*⁵. A linguagem de programação utilizada foi *C#*⁶ e utilizou-se a IDE (*Integrated Development Environment*) *Visual Studio*⁷. Após a compilação do código, é gerado um arquivo executável que pode ser aberto em qualquer versão do sistema operacional *Windows* (7, 8 ou 10) sem necessidade prévia de instalação de qualquer componente.

A ferramenta apresenta o modelo de processo e M-OPL, no qual o engenheiro de ontologias pode navegar, ver informações sobre cada padrão e selecionar aqueles que ele deseja aplicar no desenvolvimento de sua ontologia (respeitando-se as restrições de seleção de padrões impostas pelos fluxos do modelo de processo).

A Figura 4.6 mostra a tela inicial de *M-OPL Tool*, na qual o modelo de processo de M-OPL (apresentado na Figura 4.1) é exibido para o usuário. Não foram utilizadas cores no modelo de processo de M-OPL exibido na ferramenta, pois as cores identificadas na Figura

⁴ <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/desktop/winforms/?view=netdesktop-5.0>

⁵ <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=49982>

⁶ <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/>

⁷ <https://visualstudio.microsoft.com/pt-br/>

4.1 foram usadas para indicar os padrões selecionados para aplicação no desenvolvimento da ontologia.

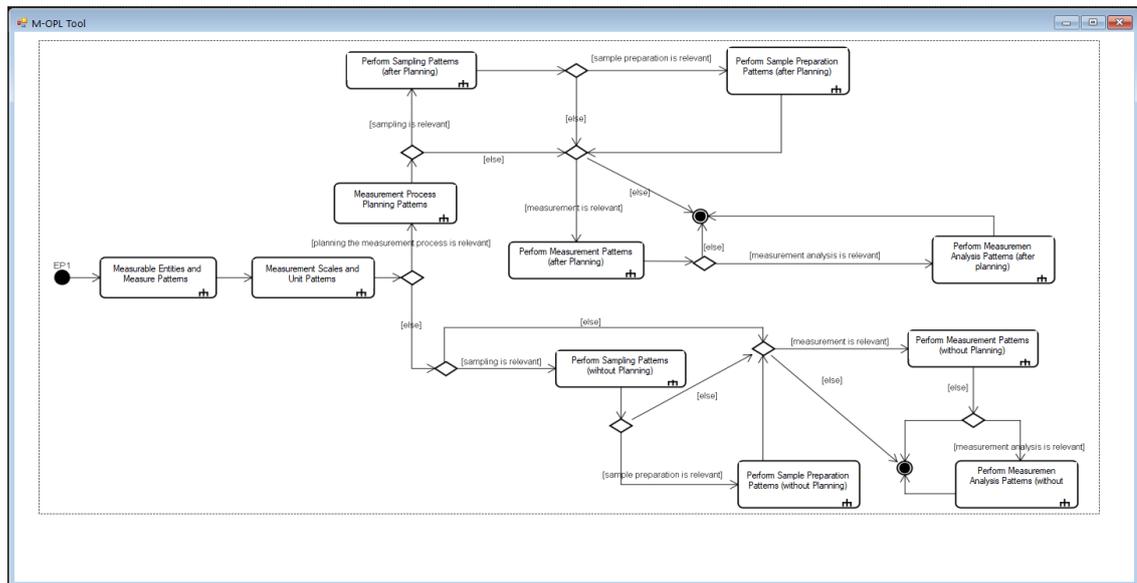


Figura 4.6 - Tela inicial de *M-OPL Tool*.

Quando o usuário clica em um grupo de padrões, seu detalhamento no formato caixa-branca é apresentado para o usuário. Por exemplo, na Figura 4.7 é apresentado o detalhamento do grupo de padrões *MPI*. Por motivos de limitação na tecnologia utilizada, atualmente, só é possível visualizar um grupo de padrões no formato caixa branca de cada vez. Por isso, os dois primeiros grupos de padrões (*Measurable Entities e Measure Patterns*) foram unidos em um só grupo (*Measurable Entities and Measure Patterns*) na ferramenta, pois, como a seleção de um dos padrões do primeiro grupo afeta diretamente quais padrões poderão ser usados no segundo, seria indesejável que o usuário não visualizasse os fluxos que indicam essa restrição. Unindo os dois grupos em um, o engenheiro de ontologias consegue visualizar todos os padrões e fluxos entre eles, permitindo que ele siga o fluxo de forma mais consciente das implicações de se aplicar cada padrão. Seguindo os fluxos dentro de cada grupo de padrões, o usuário pode selecionar aqueles que ele deseja utilizar no desenvolvimento da sua ontologia. Os padrões selecionados mudam de cor, para que o usuário tenha uma melhor visualização. A Figura 4.8 apresenta, como exemplo, a seleção dos padrões *ScaleTypes* e *Scale*.

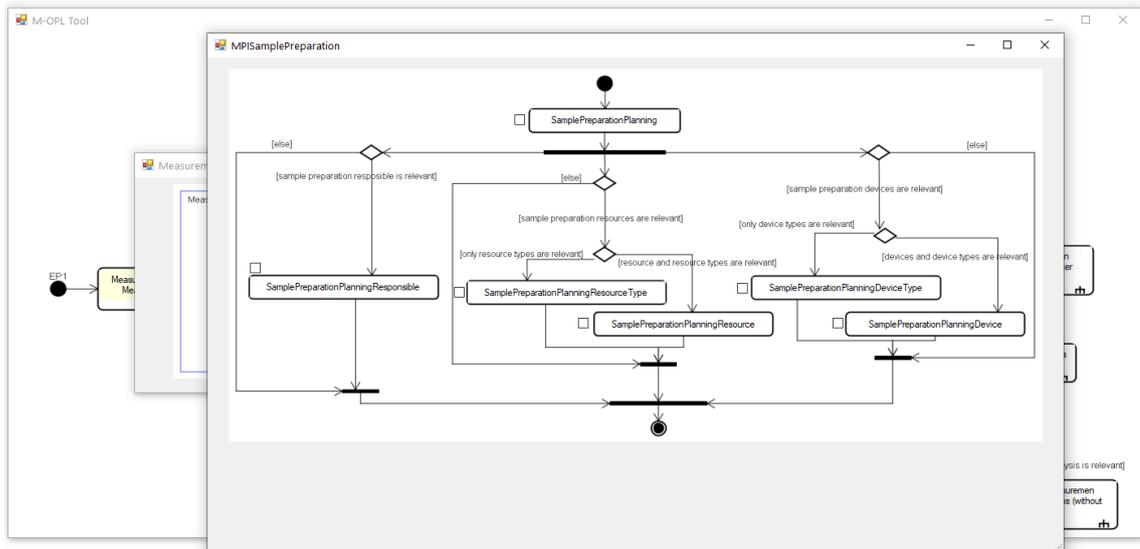


Figura 4.7 - Tela de M-OPL Tool mostrando o detalhamento do subgrupo *MPI-SamplePreparation*.

Cabe reforçar que a seleção de um padrão só é permitida se o usuário tiver seguido adequadamente o fluxo do modelo de processo. Por exemplo, para aplicar os padrões selecionados na Figura 4.8, o usuário deve ter aplicado antes padrões relacionados a entidades mensuráveis e medidas.

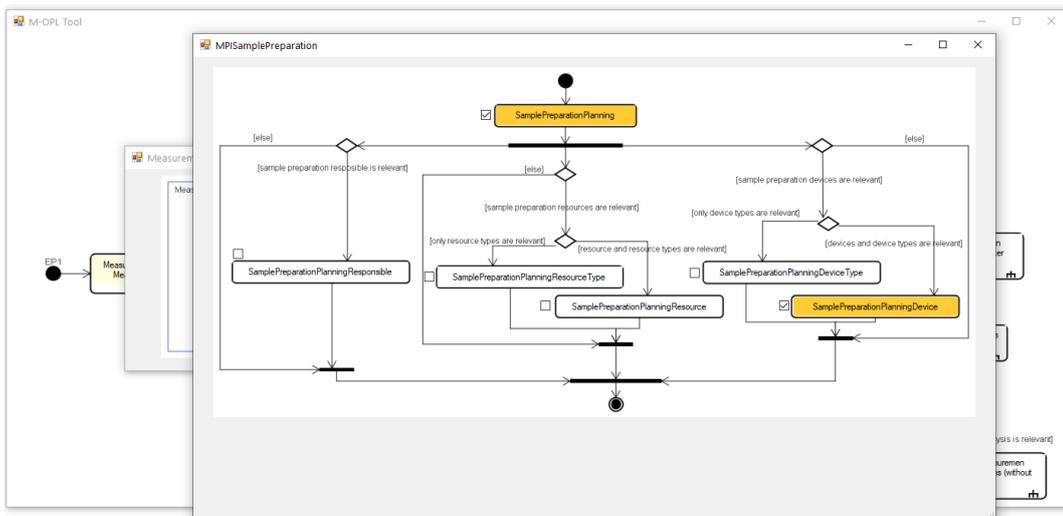


Figura 4.8 - Tela de M-OPL Tool indicando a seleção de padrões pelo usuário.

Ao clicar em um padrão, o engenheiro de ontologias pode visualizar sua descrição detalhada, o que o auxiliará a entender melhor o padrão e decidir pela sua aplicação ou não. A Figura 4.9 apresenta, como exemplo, as informações relacionadas ao padrão *SamplePreparationDevicePlanning*.

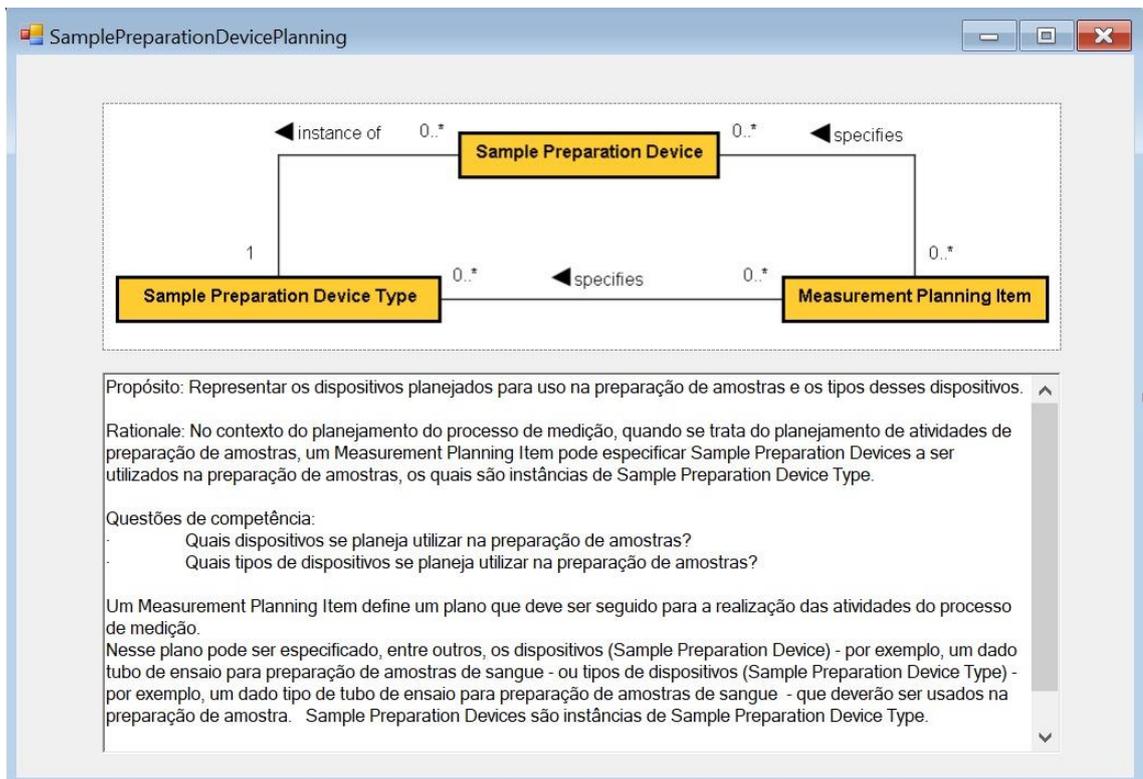


Figura 4.9 – Tela de *M-OPL Tool* mostrando descrição do padrão *SamplePreparationDevicePlanning*.

Após selecionar o engenheiro de ontologias selecionar os padrões que necessita em cada grupo, a ferramenta colore os grupos usados, para mostrar ao engenheiro de ontologias o fluxo por ele, conforme ilustra a Figura 4.10.

Quando o engenheiro de ontologias finaliza a seleção dos padrões, ele clica no símbolo ● (nó final) e a ferramenta gera um arquivo texto contendo o nome dos padrões selecionados, o qual é utilizado para a elaboração do modelo conceitual integrando os modelos conceituais de todos os padrões selecionados.

Idealmente, a ferramenta deveria gerar automaticamente o modelo integrado com todos os padrões selecionados. No entanto, por limitações de tempo, no momento da conclusão deste trabalho, ela apenas gera um arquivo texto indicando os padrões selecionados. Esse arquivo é, então, utilizado, para selecionar em um arquivo Astah⁸ contendo os modelos conceituais de todos os padrões de M-OPL, aqueles que devem ser integrados e realizar a integração.

⁸ <https://astah.net/>

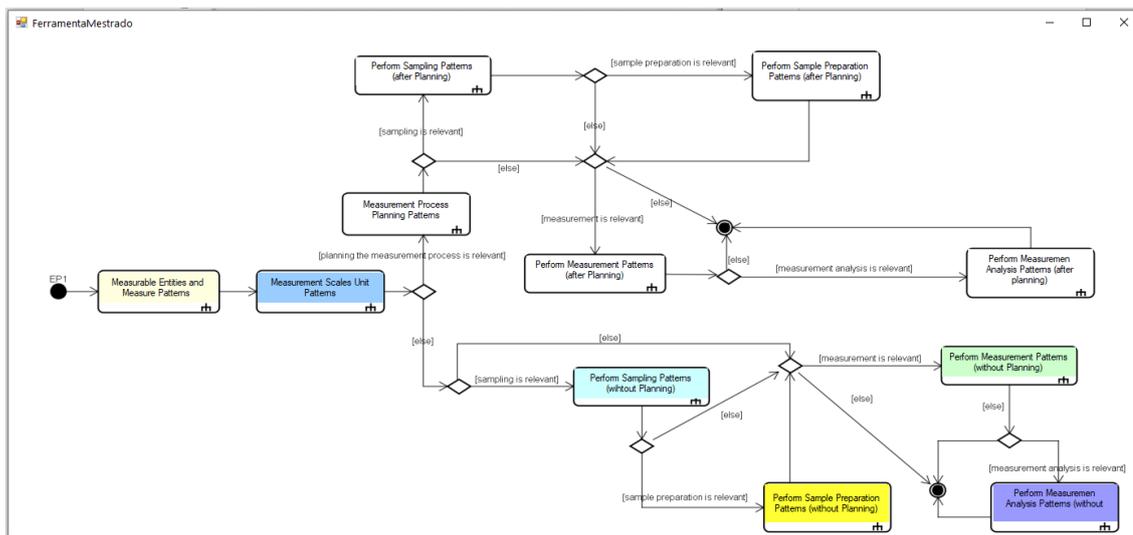


Figura 4.10 - Tela M-OPL Tool mostrando grupos de padrões selecionados pelo usuário.

4.4 Avaliação de M-OPL

Visando à avaliação de M-OPL e, conseqüentemente, do conhecimento estrutural provido na Ontologia de Tarefa de Medição, foi conduzido um estudo envolvendo dois casos de aplicação de M-OPL. Com esse estudo, buscou-se encontrar indícios que permitam avaliar e aprimorar M-OPL e a conceituação nela representada.

4.4.1 Planejamento do Estudo

O **objetivo** do estudo foi avaliar se a linguagem de padrões M-OPL, desenvolvida no contexto deste trabalho, é viável de ser utilizada para apoiar o desenvolvimento de ontologias de medição em domínios específicos e se seu uso auxilia o engenheiro de ontologias no desenvolvimento dessas ontologias. Utilizando-se a abordagem GQM (BASILI, V. R., ROMBACH, H. D., CALDIERA, G., 1994), esse objetivo é assim formalizado: *analisar M-OPL, com o propósito de avaliar seu uso no desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos, com respeito à viabilidade de uso e utilidade, sob o ponto de vista de engenheiros de ontologias, no contexto de desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos.*

A instrumentação utilizada no estudo consistiu de três de formulários: um termo de consentimento para a realização do estudo, que visa resguardar os direitos do participante quanto ao estudo e seus resultados; um formulário para caracterizar o perfil do participante,

que visa obter informações acerca do conhecimento do participante sobre o desenvolvimento de ontologias e linguagens de padrões; e um formulário para a avaliação de M-OPL, que permite que o participante registre suas percepções acerca de M-OPL. Além dos três formulários, foi disponibilizada para o participante a especificação de M-OPL, que consistiu em uma versão resumida da descrição apresentada neste capítulo e a ferramenta *M-OPL Tool*.

O **procedimento** de condução do estudo consistiu em três partes. Na primeira, a autor deste trabalho fez uma breve apresentação de M-OPL para os participantes. Além disso, também foi apresentada a ferramenta de apoio ao uso de M-OPL, a fim de que os participantes se familiarizassem com a linguagem de padrões e com a ferramenta e fossem capazes de utilizá-las sozinhos. Na segunda parte, cada participante utilizou a ferramenta de apoio ao uso de M-OPL para desenvolver uma ontologia de medição acerca de um domínio em particular. Como mencionado anteriormente, após utilizar a ferramenta, é gerado um arquivo com uma lista de todos os padrões que o participante selecionou para aplicar no desenvolvimento de sua ontologia. Cada participante enviou esta lista para o autor deste trabalho, que criou o modelo integrado contendo todos os padrões selecionados pelo participante e enviou para o participante em um intervalo máximo de seis horas. De posse do respectivo modelo, cada participante continuou o desenvolvimento da sua ontologia (por exemplo, incluindo novos conceitos).

Na terceira parte do estudo, foi realizada a avaliação de M-OPL pelos participantes, através do uso de um formulário de feedback contendo questões sobre M-OPL e a experiência de uso pelo participante. Para cada questão foi solicitado aos participantes justificarem sua resposta. No final do formulário foi incluída uma questão para que os participantes registrassem de forma livre comentários e sugestões que julgassem pertinentes e que não foram cobertos nas demais questões. A Figura 4.11 apresenta o formulário de feedback utilizado. Os participantes do estudo foram dois engenheiros de ontologias, ambos mestres em Informática. Eles declararam ter experiência alta no desenvolvimento de ontologias (mais de 3 anos de experiência). Um dos participantes (aqui chamado de P1) declarou ter conhecimento médio sobre medição (i.e., fez alguma disciplina ou treinamento no tema com duração mínima de 4 horas ou trabalhou com o tema em Iniciação Científica, Projeto de Graduação ou projeto de pesquisa), enquanto o outro (aqui identificado como P2) declarou ter conhecimento alto no tema (i.e., é especialista no assunto, tem alguma certificação na área ou trabalhou com o tema como tópico central de pesquisa de mestrado ou doutorado).

Questões acerca do uso de M-OPL

Prezado participante, responda as questões abaixo de acordo com a sua percepção acerca de M-OPL. É importante ressaltar que o objeto de avaliação desse estudo é M-OPL em si (ou seja, o conjunto de padrões organizados em um processo que orienta a seleção dos padrões de acordo com o escopo da ontologia a ser desenvolvida). A ferramenta de apoio utilizada é apenas um meio para facilitar o uso de M-OPL e não é o objeto de avaliação desse estudo.

1. De maneira geral, o uso de M-OPL auxiliou no desenvolvimento da ontologia de medição?

Auxiliou muito Auxiliou Neutro Auxiliou pouco Não auxiliou

Justifique:

2. O uso de M-OPL contribuiu para a qualidade da ontologia resultante?

Contribuiu muito Contribuiu Neutro Contribuiu pouco Não Contribuiu

Justifique:

3. O uso de M-OPL contribuiu para a produtividade do processo de desenvolvimento da ontologia?

Contribuiu muito Contribuiu Neutro Contribuiu pouco Não Contribuiu

Justifique:

4. Quão difícil você achou entender e utilizar M-OPL?

Muito difícil Difícil Neutro Fácil Muito Fácil

Justifique:

5. Você encontrou dificuldades para entender ou utilizar M-OPL?

Sim Não

Se sim, as dificuldades encontradas dizem respeito à M-OPL ou a ferramenta de apoio a seu uso?

M-OPL Ferramenta Ambas

Informe as dificuldades encontradas:

6. Você considera que seguir os fluxos de M-OPL auxiliou na identificação dos fragmentos da ontologia que podiam ser reusados no desenvolvimento da sua ontologia?

Sim Parcialmente Não

Justifique:

7. Considerando sua experiência geral com o uso de M-OPL, você considera viável seu uso para apoiar o desenvolvimento de ontologias de medição para domínio específico?

Sim Parcialmente Não

8. Comparando com suas experiências anteriores no desenvolvimento de ontologias, quais as vantagens e desvantagens você percebeu ao utilizar M-OPL?

Vantagens:

Desvantagens:

9. Registre sugestões, críticas ou comentários em geral que você considera pertinentes e que podem ajudar a melhorar e evoluir M-OPL e sua ferramenta de apoio.

Figura 4.11- Formulário de avaliação de M-OPL.

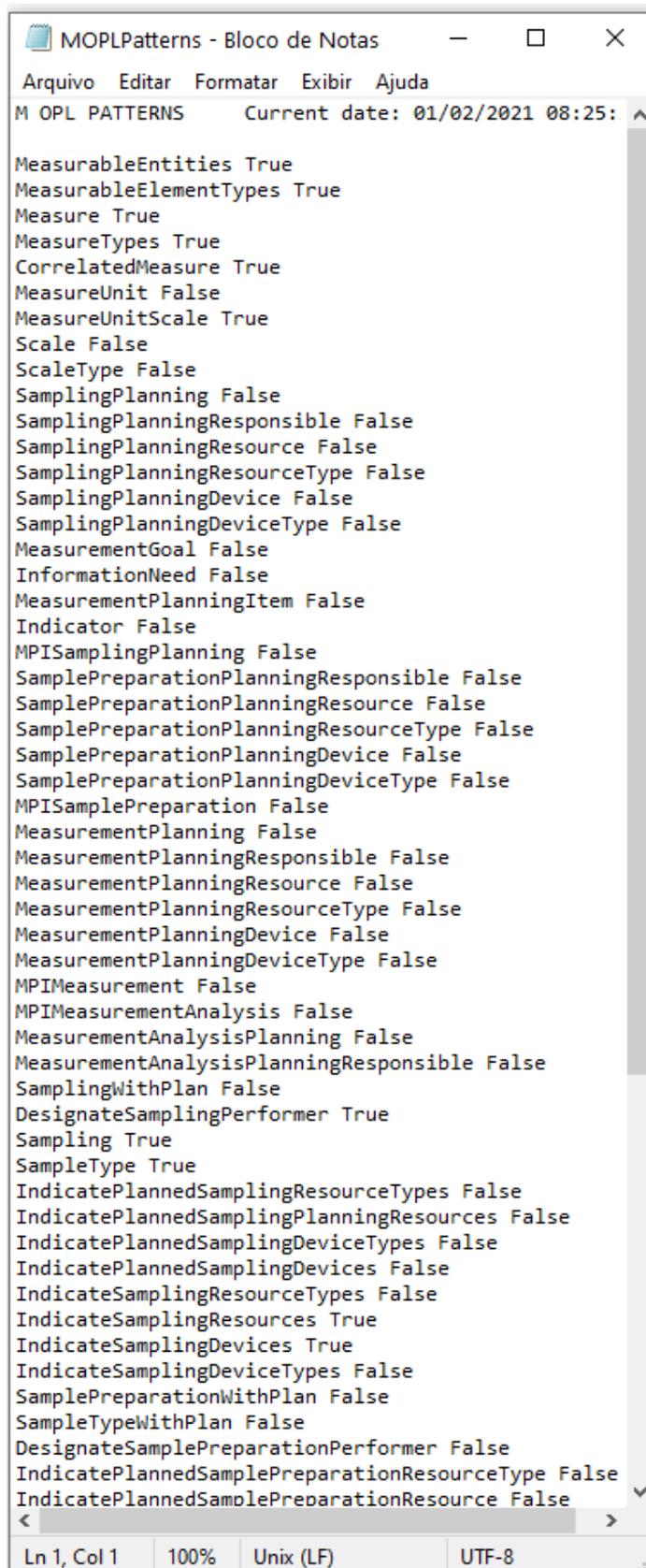
Em relação a linguagens de padrões ontológicos, o participante P1 classificou a sua experiência como média (entre 1 e 3 anos de experiência), enquanto o participante P2 a classificou como baixa (menos que 1 ano de experiência).

4.4.2 Execução do Estudo

Seguindo o procedimento planejado para a realização do estudo, primeiramente, foram lidos os termos do Formulário de Consentimento para o participante, foi feita uma breve explicação sobre a pesquisa realizada neste trabalho de mestrado e foi apresentado o propósito da avaliação. Os formulários de Consentimento e de Perfil foram disponibilizados aos participantes e, em seguida, foi realizada uma breve apresentação para explicar *M-OPL* e *M-OPL Tool*, a qual foi disponibilizada para os participantes. Cada participante usou o seu próprio computador para desenvolver a ontologia e para realizar a avaliação e o fez de maneira independente, ou seja, sem interferência do autor deste trabalho. Cada participante ficou livre para desenvolver a ontologia de acordo com sua disponibilidade.

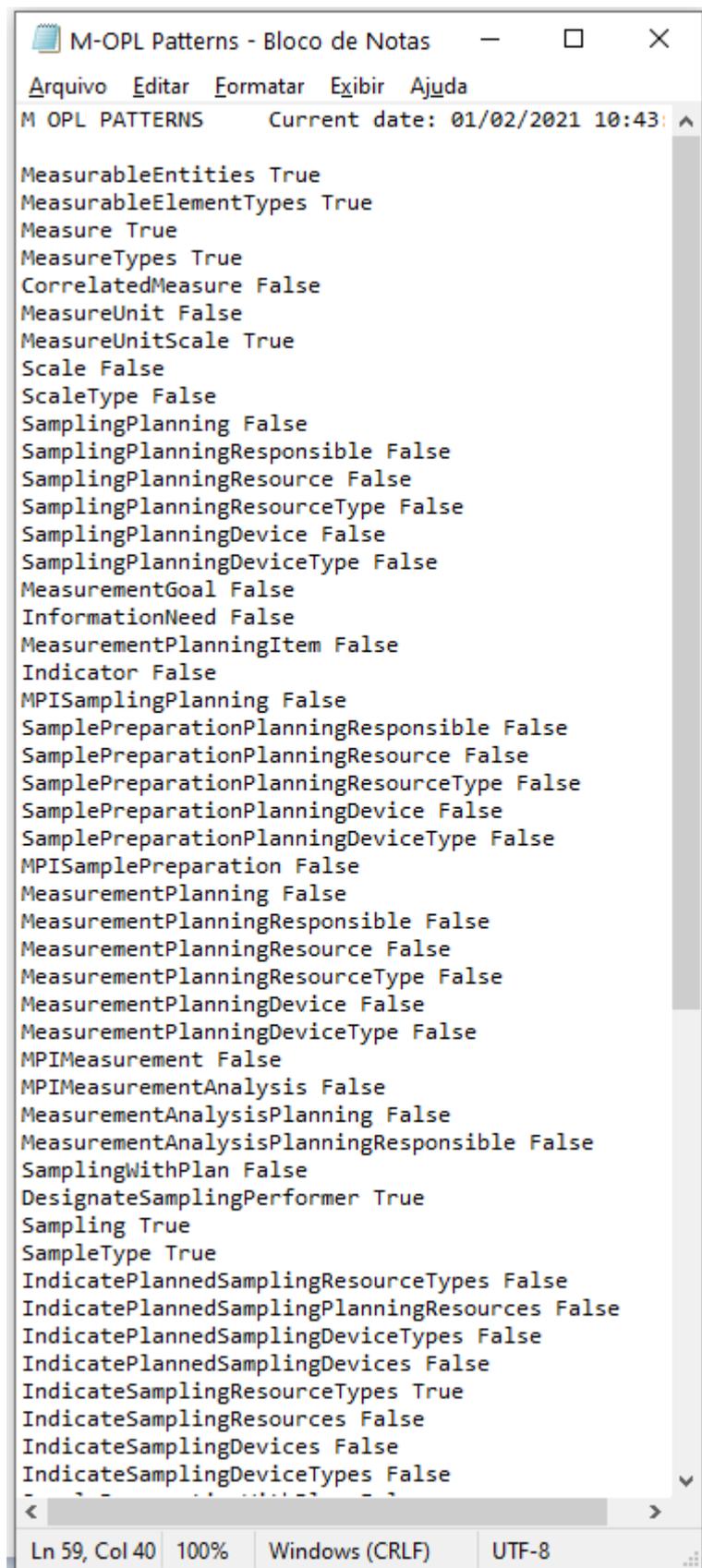
O participante P1 desenvolveu uma ontologia para o domínio Qualidade da Água. Esse participante já tinha desenvolvido uma ontologia para esse domínio no contexto de um projeto de pesquisa. Dessa forma, tinha bom conhecimento do domínio e do escopo da ontologia a ser desenvolvida. P2 desenvolveu uma ontologia para o domínio de exames clínicos laboratoriais, considerando necessidades de um projeto no qual o participante atuava no momento da realização do estudo. Assim, esse participante também tinha bom conhecimento do domínio e do escopo da ontologia a ser desenvolvida.

Após utilizarem *M-OPL Tool*, os participantes enviaram para o autor deste trabalho os arquivos gerados pela ferramenta identificando os padrões selecionados. A Figura 4.12 apresenta o arquivo gerado após a seleção dos padrões por P1. A Figura 4.13 apresenta o arquivo gerado por P2. Nas figuras é possível identificar os padrões que cada participante usou. Em ambos os casos, os participantes estavam interessados em desenvolver ontologias para uso em integração de dados já coletados. Assim, como pode-se observar nas figuras 4.12 e 4.13, nenhum dos participantes utilizou padrões relacionados ao planejamento do processo de medição.



```
MOPLPatterns - Bloco de Notas
Arquivo Editar Formatar Exibir Ajuda
M OPL PATTERNS Current date: 01/02/2021 08:25:
MeasurableEntities True
MeasurableElementTypes True
Measure True
MeasureTypes True
CorrelatedMeasure True
MeasureUnit False
MeasureUnitScale True
Scale False
ScaleType False
SamplingPlanning False
SamplingPlanningResponsible False
SamplingPlanningResource False
SamplingPlanningResourceType False
SamplingPlanningDevice False
SamplingPlanningDeviceType False
MeasurementGoal False
InformationNeed False
MeasurementPlanningItem False
Indicator False
MPISamplingPlanning False
SamplePreparationPlanningResponsible False
SamplePreparationPlanningResource False
SamplePreparationPlanningResourceType False
SamplePreparationPlanningDevice False
SamplePreparationPlanningDeviceType False
MPISamplePreparation False
MeasurementPlanning False
MeasurementPlanningResponsible False
MeasurementPlanningResource False
MeasurementPlanningResourceType False
MeasurementPlanningDevice False
MeasurementPlanningDeviceType False
MPIMeasurement False
MPIMeasurementAnalysis False
MeasurementAnalysisPlanning False
MeasurementAnalysisPlanningResponsible False
SamplingWithPlan False
DesignateSamplingPerformer True
Sampling True
SampleType True
IndicatePlannedSamplingResourceTypes False
IndicatePlannedSamplingPlanningResources False
IndicatePlannedSamplingDeviceTypes False
IndicatePlannedSamplingDevices False
IndicateSamplingResourceTypes False
IndicateSamplingResources True
IndicateSamplingDevices True
IndicateSamplingDeviceTypes False
SamplePreparationWithPlan False
SampleTypeWithPlan False
DesignateSamplePreparationPerformer False
IndicatePlannedSamplePreparationResourceType False
IndicatePlannedSamplePreparationResource False
Ln 1, Col 1 100% Unix (LF) UTF-8
```

Figura 4.12 - Arquivo gerado identificando os padrões utilizados por P1.



```
M OPL PATTERNS      Current date: 01/02/2021 10:43: ^
MeasurableEntities True
MeasurableElementTypes True
Measure True
MeasureTypes True
CorrelatedMeasure False
MeasureUnit False
MeasureUnitScale True
Scale False
ScaleType False
SamplingPlanning False
SamplingPlanningResponsible False
SamplingPlanningResource False
SamplingPlanningResourceType False
SamplingPlanningDevice False
SamplingPlanningDeviceType False
MeasurementGoal False
InformationNeed False
MeasurementPlanningItem False
Indicator False
MPISamplingPlanning False
SamplePreparationPlanningResponsible False
SamplePreparationPlanningResource False
SamplePreparationPlanningResourceType False
SamplePreparationPlanningDevice False
SamplePreparationPlanningDeviceType False
MPISamplePreparation False
MeasurementPlanning False
MeasurementPlanningResponsible False
MeasurementPlanningResource False
MeasurementPlanningResourceType False
MeasurementPlanningDevice False
MeasurementPlanningDeviceType False
MPIMeasurement False
MPIMeasurementAnalysis False
MeasurementAnalysisPlanning False
MeasurementAnalysisPlanningResponsible False
SamplingWithPlan False
DesignateSamplingPerformer True
Sampling True
SampleType True
IndicatePlannedSamplingResourceTypes False
IndicatePlannedSamplingPlanningResources False
IndicatePlannedSamplingDeviceTypes False
IndicatePlannedSamplingDevices False
IndicateSamplingResourceTypes True
IndicateSamplingResources False
IndicateSamplingDevices False
IndicateSamplingDeviceTypes False
```

Ln 59, Col 40 | 100% | Windows (CRLF) | UTF-8

Figura 4.13 - Arquivo gerado com os padrões utilizados pelo participante P2.

O autor, então, gerou um arquivo no Astah contendo o modelo conceitual integrando todos os padrões selecionados por cada participante e enviou para os participantes gerarem suas ontologias a partir do modelo enviado. A Figura 4.14 apresenta um fragmento da ontologia gerada por P2. No fragmento é possível identificar conceitos oriundos dos padrões reutilizados e também novos conceitos (representados em branco) e relacionamentos (representados em linhas vermelhas) inseridos pelo participante para tratar as particularidades do domínio de testes clínicos laboratoriais. As diferentes cores usadas nos conceitos reutilizados indicam os grupos de padrões de origem. Na figura, é possível identificar fragmentos dos padrões *MeasurableEntities* (em amarelo), *Measure* (em rosa), *MeasureUnit&Scale* (em azul), *PerformMeasurement* (without planning) e *PerformMeasurementAnalysis* (without planning) (em roxo).

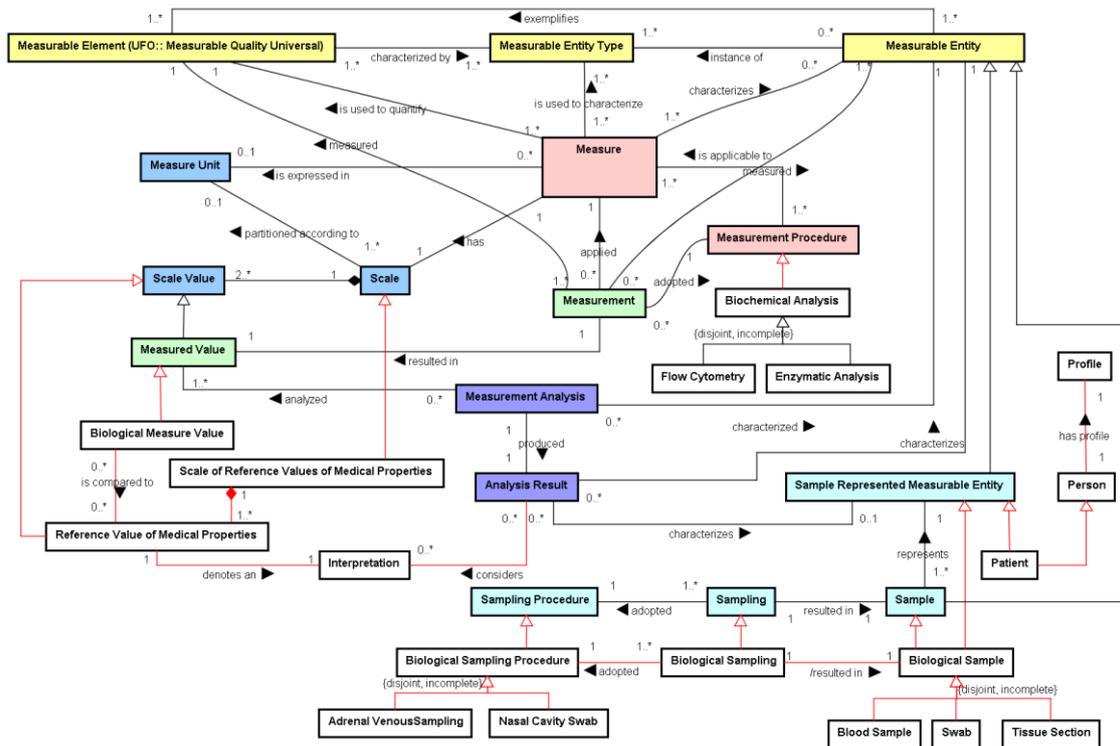


Figura 4.14 - Fragmento da ontologia de domínio desenvolvida por P2.

Após o desenvolvimento da ontologia, o formulário de feedback foi disponibilizado e, após respondido pelos participantes, o autor conduziu uma breve entrevista para validar os dados.

4.4.3 Análise dos Resultados

As respostas e comentários feitos pelos participantes foram analisados e os resultados da análise são sumarizados a seguir, juntamente com alguns dos comentários feitos pelos participantes.

Em relação ao auxílio de M-OPL no desenvolvimento das ontologias, ambos os participantes indicaram que M-OPL **auxiliou muito** no desenvolvimento, pois a ontologia foi desenvolvida diretamente a partir dos padrões selecionados. Nas palavras de um dos participantes: *“A linguagem permite o reúso da ontologia já desenvolvida, facilitando ao engenheiro as decisões sobre escopo e também oferecendo os padrões a serem usados sem que esses precisem ser modelados”*.

Sobre a contribuição de M-OPL para a produtividade do processo de desenvolvimento das ontologias, ambos os participantes disseram que M-OPL **contribuiu muito**. O participante P2 comentou que houve *“um ganho de tempo substancial”*. Já o participante P1 comentou: *“O uso de M-OPL contribuiu para a produtividade do processo de desenvolvimento de ontologias, pois a ontologia é construída a partir dos padrões selecionados, não sendo necessário pensar sobre como modelar cada entidade do domínio”*. Acerca da qualidade da ontologia resultante ambos os participantes disseram que M-OPL **contribuiu** para o desenvolvimento das suas respectivas ontologias. O participante P1 comentou que *“a utilização de M-OPL favoreceu a qualidade pois é facilmente identificável quais conceitos deveriam estar presentes na ontologia”*.

Ambos os participantes consideraram que seguir os fluxos de M-OPL **auxiliou** na identificação dos fragmentos de ontologia a ser reusados no desenvolvimento de suas respectivas ontologias.

No que diz respeito a dificuldades de utilização de M-OPL, ambos os participantes apontaram não terem encontrado nenhuma dificuldade para entender ou utilizar M-OPL nem sua ferramenta de apoio. Um dos participantes indicou que o entendimento e utilização da linguagem de padrões foi **fácil**, enquanto o outro participante declarou ter sido **muito fácil**. Ambos justificaram suas respostas no fato de que os padrões estão bem descritos e que, como eles possuem certa familiaridade com o domínio de medição, foi fácil entendê-los e identificar quais seriam necessários.

Por fim, ambos os participantes consideraram o uso de M-OPL **viável** para apoiar o desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos. Como vantagens do uso de M-OPL, foram apontados a *“facilidade para identificar fragmentos da ontologia a serem reusados e agilidade na construção da ontologia”* e *“o reúso de forma guiada pelos padrões”*. Ambos os participantes citaram que não perceberam desvantagens na utilização de M-OPL.

Em resumo, considerando as respostas dos participantes relacionadas às questões 4, 6 e 7 do formulário de feedback (vide Figura 4.5), o uso de M-OPL foi considerado viável. Considerando-se as respostas relacionadas às demais questões, M-OPL foi considerada útil.

Além dos resultados obtidos a partir do feedback dos participantes, deve-se, também, considerar as ontologias resultantes. Por exemplo, observando-se o fragmento apresentado na Figura 4.14, é possível perceber que o uso de M-OPL realmente forneceu os conceitos centrais sobre medição para a ontologia e, a partir deles, o engenheiro de ontologias especializou conceitos específicos para o domínio de interesse. Dessa forma, foi possível ao engenheiro de ontologias reutilizar conhecimento já consolidado nos padrões e focar nas particularidades do domínio. Além disso, selecionados os aspectos centrais a ser tratados (a partir da seleção dos padrões), os conceitos centrais providos pelos padrões serviram como referência para indicar para o engenheiro de ontologias sobre quais aspectos deveria refletir e complementar a ontologia se necessário. Por exemplo, considerando o fragmento apresentado na Figura 4.14, o uso do padrão relacionado à análise de medição forneceu ao engenheiro de ontologias o conhecimento básico de que é necessário tratar o ato de analisar as medições e produzir o resultado nessa análise. No âmbito do domínio tratado, o engenheiro de ontologias complementou a ontologia detalhando e tornando explícito que o resultado da análise deve levar em consideração a interpretação que considera valores de referência de propriedades médicas. Por exemplo, o valor de referência >126 para glicose em mg/dL, tem a interpretação “Critério diagnóstico para Diabetes Mellitus” associada a ele e, dessa forma, deve ser considerada no resultado de uma análise de medição que analisou a medida glicose em mg/dL.

4.4.4 Ameaças à Validade

Ao se realizar um estudo é preciso levar em consideração as ameaças à sua validade. Essas ameaças devem ser tratadas na medida do possível e devem ser consideradas juntamente com os resultados obtidos no estudo. A seguir são apresentadas as ameaças relacionadas a este estudo, seguindo-se a classificação proposta (RUNESON et al., 2012).

Validade de Constructo: a validade de construto se refere aos constructos usados no estudo e sua influência sobre os resultados. Para esta categoria a principal ameaça identificada diz respeito à possibilidade de entendimento equivocado da linguagem de padrões devido às limitações em sua especificação e à sua complexidade. Para minimizar esta ameaça, antes de o participante utilizar M-OPL, a linguagem de padrões e a ferramenta foram apresentadas e foi fornecida uma breve especificação textual da linguagem de padrões aos participantes. Outra ameaça diz respeito à elaboração do modelo conceitual resultante da integração dos

padrões selecionados. Como já explicado, esse modelo foi produzido pelo autor do trabalho com base na lista de padrões selecionados pelos participantes. Dessa forma, ele não produzido pelos próprios participantes a partir da lista de padrões selecionados e modelo conceitual de cada padrão, nem automaticamente pela ferramenta, enquanto os participantes selecionavam os padrões a serem aplicados. Para minimizar essa ameaça no que tange à limitação da geração automática do modelo pela ferramenta, o autor disponibilizou o modelo integrado para cada participante em até seis horas após a seleção dos padrões pelo participante. Dessa forma, o participante pode avaliar o modelo conceitual integrado e prosseguir com a elaboração da ontologia, sem que houvesse um grande intervalo de tempo entre as ações de selecionar os padrões, visualizar o modelo integrado resultante e concluir o desenvolvimento da ontologia.

Validade Interna: a validade interna do estudo está relacionada aos tratamentos adotados e seu impacto sobre os resultados. Em outras palavras, está relacionada ao viés existente no estudo. Uma vez que o participante desenvolveu a ontologia utilizando M-OPL sem a interferência do autor, o viés foi minimizado. Porém, há, ainda, uma ameaça que diz respeito à limitação de tempo disponibilizado para o participante para desenvolver a ontologia. Os participantes colaboraram voluntariamente no estudo, no entanto, o tempo disponibilizado para eles desenvolverem a ontologia foi limitado, devido à necessidade de conclusão desta dissertação. Além disso, os participantes estavam envolvidos em várias outras atividades, o que pode ter restringido o tempo de dedicação ao estudo. Assim, deve-se considerar que é possível que com maior disponibilidade de tempo, poderia haver diferença nos resultados produzidos. Finalmente, o fato de que nenhum dos participantes utilizou todos os padrões de M-OPL também pode ser considerado uma ameaça, pois não foi possível avaliar o uso de todos os padrões. Particularmente, nenhum dos participantes usou padrões relacionados a planejamento.

Validade Externa: a validade externa do estudo está relacionada à capacidade de obter os mesmos resultados com outros participantes. Ou seja, diz respeito à capacidade de generalização dos resultados. A principal ameaça nesta categoria está no fato de que M-OPL foi utilizada por apenas dois engenheiros de ontologias, com perfis similares. Além de terem experiência com o desenvolvimento de ontologias, ambos os participantes têm bom background em modelagem conceitual, o que pode ter facilitado o entendimento e uso de M-OPL. Outra ameaça está no fato de que os participantes já tinham desenvolvido ontologias para os domínios considerados por eles no estudo e, dessa forma, eram familiares aos domínios e até mesmo às necessidades que a ontologia a ser desenvolvida deveria atender. Com isso, é possível que algumas dificuldades não percebidas pelos participantes emergjam

em uma situação em que a ontologia a ser desenvolvida seja referente a um domínio menos conhecido pelo engenheiro de ontologias ou quando engenheiros de ontologias menos experientes usarem M-OPL. Por fim, os resultados obtidos no estudo são baseados na opinião dos participantes e, dessa forma, são subjetivos e têm o viés dos participantes.

Validade de Confiabilidade: a validade de confiabilidade diz respeito à extensão em que os dados coletados e análises realizadas no estudo dependem do pesquisador que o conduziu. O autor deste trabalho conduziu as análises dos dados fornecidos pelos participantes nos formulários e na especificação da ontologia produzida. Assim, a interpretação realizada é dependente do autor. No entanto, considerando-se que o estudo envolveu apenas dois participantes e que as respostas por eles dadas foram muito claras, possivelmente os resultados obtidos seriam similares mesmo se outro pesquisador analisasse os dados providos pelos participantes. No entanto, não se exclui a ameaça de haver diferentes interpretações e, conseqüentemente, diferentes resultados.

Assim, conclui-se que os resultados obtidos no estudo fornecem evidências iniciais sobre M-OPL e que outros estudos, envolvendo mais participantes, com perfis mais diversificados e com o desenvolvimento de ontologias para outros domínios (incluindo também aspectos relacionados a planejamento), são necessários para uma melhor avaliação o obtenção de resultados mais conclusivos.

4.5 Considerações Finais do Capítulo

Neste capítulo foi apresentada a *Measurement Ontology Pattern Language* (M-OPL). M-OPL é uma extensão da versão apresentada em (BARCELLOS *et al.*, 2004), que considerou o modelo estrutural da Ontologia de Tarefa de Medição proposta por Frauches (2014). A nova versão da ontologia foi proposta para que ela contemplasse o novo escopo de OTM tratado neste trabalho.

Também foi apresentado um estudo que avaliou o uso de M-OPL por dois engenheiros de ontologias, com o objetivo de avaliar se o uso de M-OPL é útil e viável. Os resultados do estudo indicaram a viabilidade de uso e a utilidade de M-OPL. Os participantes ressaltaram a facilidade de reuso, identificação de padrões úteis e simplicidade de uso da ferramenta. O estudo serviu como avaliação inicial da linguagem de padrões e mostrou evidências preliminares de viabilidade de uso e utilidade de M-OPL. No entanto, novos estudos são necessários.

O próximo capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, destaca suas principais contribuições e indica algumas perspectivas de trabalhos futuros.

Capítulo 5

Considerações Finais e Perspectivas Futuras

Neste capítulo são realizadas as considerações finais deste trabalho, sendo apresentadas suas principais contribuições e perspectivas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento da pesquisa.

5.1 Considerações Finais

Nos últimos anos, vem ocorrendo um grande avanço na tecnologia em torno de medições. As ciências sociais, políticas, econômicas e comportamentais vêm observando um aumento constante na adoção de técnicas quantitativas. O tamanho e a complexidade da sociedade atual proveem problemas difíceis de planejamento e controle e tais atividades requerem dados oriundos de medição. No entanto, apesar do reconhecimento geral da importância de medição, o progresso em suas técnicas e a disseminação de sua aplicação prática, há uma negligência generalizada de seus problemas fundamentais (FINKELSTEIN, 2014).

Um desses problemas consiste na falta de conceituação comum acerca de conceitos básicos da medição, o que leva a conflitos semânticos que precisam ser tratados para que um entendimento comum e consistente seja alcançado (IZZA, 2009), favorecendo o compartilhamento de conhecimento e a interoperabilidade entre diferentes artefatos (e.g., sistemas, dados, documentos, etc.). Para isso, deve-se estabelecer uma conceituação comum e consensual que descreva o domínio de medição e que possa ser utilizada como referência para fins de comunicação, bem como interlíngua em soluções de interoperabilidade semântica (MUTHAIYAH; KERSCHBERG, 2008).

Ontologias se mostram úteis a resolver o problema de conflitos semânticos, pois agem como um pacto, um contrato entre diferentes partes para que seja possível diminuir ruídos na comunicação e alcançar a interoperabilidade semântica (GUIZZARDI, 2020). Nesse contexto, ontologias de tarefa são particularmente úteis para representar tantos aspectos estruturais quanto comportamentais do universo de discurso (MARTINS e FABO, 2008).

Dessa forma, este trabalho apresentou uma extensão da Ontologia de Tarefa de Medição (OTM) proposta em (FRAUCHES, 2014) e da *Core Ontology on Measurement* (COM) proposta em (BARCELLOS et al., 2014), a qual é, também, o modelo estrutural de OTM (FRAUCHES, 2014). Embora as duas ontologias apresentassem vários conceitos

importantes e centrais acerca de medição, elas não tratavam alguns aspectos também significativos, como aqueles relacionados ao uso de amostras para realizar a medição e ao uso de dispositivos (i.e., instrumentos necessários para realizar as atividades relacionadas à medição) e recursos (i.e., insumos necessários às atividades relacionadas à medição). Além disso, OTM tratava o processo de medição como um fluxo contínuo e único, do começo ao fim. Com a nova versão de OTM proposta neste trabalho, o escopo tratado foi ampliado e a flexibilidade de realização das atividades do processo de medição foi representada.

Conforme discutido anteriormente, o modelo estrutural de OTM (i.e., COM) representa, por si só, uma ontologia de núcleo de medição e, dessa forma, pode ser reutilizado no desenvolvimento de ontologias de medição em diversos domínios de aplicação. Entretanto, como COM é grande e complexa, composta de diversos conceitos e entidades distribuídas em diferentes subontologias, o seu reuso pode ser também complexo e custoso. Para favorecer reuso da conceituação estrutural sobre medição estendida neste trabalho, estendeu-se também a *Measurement Ontology Pattern Language* (M-OPL) proposta em (BARCELLOS, 2014), que organiza o modelo estrutural de OTM.

Para apoiar o uso de M-OPL, foi desenvolvida uma ferramenta e foi conduzido um estudo onde engenheiros de ontologias puderam criar ontologias para os domínios de medição da Qualidade da Água e de Testes Clínicos Laboratoriais selecionando em M-OPL os padrões necessários.

Conforme apresentado no capítulo de Introdução desta dissertação, o objetivo deste trabalho foi estabelecer uma conceituação de núcleo acerca de medição, tratando tanto aspectos estruturais como comportamentais. Esse objetivo foi detalhado em quatro objetivos específicos, sendo que todos foram alcançados neste trabalho, levando, assim, ao alcance do objetivo geral estabelecido. A Tabela 5.1 apresenta os objetivos específicos do trabalho e o principal resultado que serve como evidência do alcance a cada objetivo.

Tabela 1.1 – Objetivos específicos do trabalho.

Objetivos Específicos	Resultado
Desenvolver de uma ontologia de tarefa que descreva a conceituação central acerca do processo de medição, representando suas atividades e fluxos entre elas, bem como os objetos envolvidos na realização do processo	Ontologia de Tarefa de Medição – OTM (vide Capítulo 3)
Organizar o conhecimento estrutural provido pela ontologia na forma de uma LPO, para favorecer reuso no desenvolvimento de ontologias para medição em domínios específicos	<i>Measurement Ontology Pattern Language</i> – M-OPL (vide Capítulo 4)

Desenvolver apoio computacional para facilitar o uso do conhecimento estrutural representado na LPO no desenvolvimento de ontologias de medição para domínios específicos	<i>M-OPL Tool</i> (vide Capítulo 4)
Aplicar a LPO no desenvolvimento de ontologias para domínios de medição específicos, para avaliar sua utilidade e viabilidade de uso.	Estudo realizado com dois engenheiros de ontologias (vide Capítulo 4)

Entre as limitações deste trabalho pode-se destacar a sua avaliação. Apenas a conceituação referente ao modelo estrutural de OTM foi avaliada e a avaliação foi realizada por meio do uso de M-OPL em um estudo envolvendo apenas dois engenheiros de ontologias, com perfis similares. Dessa forma, os resultados da avaliação não podem ser considerados conclusivos, mas apenas indícios de que o uso da linguagem de padrões é viável e útil. Novos estudos serão necessários para se seja possível melhor avaliar a conceituação e aprimorar a linguagem de padrões ontológicos. Além disso, são necessários estudos envolvendo a aplicação do modelo comportamental de OTM.

5.2 Contribuições

As principais contribuições desta dissertação são:

- (i) A nova versão da Ontologia de Tarefa de Medição (OTM): OTM contribui para o estado da arte ao apresentar uma conceituação que trata tanto aspectos comportamentais quanto estruturais da medição, provendo diferentes visões sobre o processo de medição. Pesquisadores podem se basear nessa conceituação para melhor entender o domínio de medição, bem como para utilizar a conceituação como base para novas propostas para resolver problemas de compartilhamento de conhecimento e interoperabilidade semântica. OTM contribui para o estado da prática, pois profissionais podem usar OTM, particularmente seu modelo estrutural, para estruturar soluções de interoperabilidade semântica (e.g., para construir uma base de dados para integrar dados de diferentes sistemas).
- (ii) A linguagem de padrões ontológicos M-OPL: contribui particularmente para o estado da prática, uma vez que engenheiros de ontologias podem utilizar M-OPL para desenvolver ontologias de medição para domínios específicos. O desenvolvimento de M-OPL também contribui para o estado da arte, uma vez que durante o desenvolvimento da linguagem de padrões foram percebidas situações não previstas em OPL-ML (QUIRINO et al., 2017), como a possibilidade de não representação de padrões variantes. As percepções obtidas ao longo do

desenvolvimento de M-OPL serão compartilhadas com uma aluna de mestrado, cujo trabalho está relacionado à criação de LPOs.

- (iii) A ferramenta *M-OPL Tool*: a ferramenta pode ser utilizada para apoiar a criação de ontologias de medição para domínios específicos a partir do reuso de padrões extraídos do modelo estrutural de OTM. Também pode servir como ponto de partida para o desenvolvimento de uma ferramenta mais robusta.

5.3 Perspectivas Futuras

Considerando o estágio atual do trabalho aqui apresentado, algumas das perspectivas de trabalhos futuros são destacadas a seguir.

- (i) Desenvolver outras (sub)ontologias, reutilizando conceitos de COM, para tratar diferentes aspectos relacionados a medição como, por exemplo, erros e riscos. Em domínios em que a medição necessita de um maior rigor e precisão, a inclusão de conceitos relacionados a esses aspectos pode ser de grande valia para representar melhor a realidade da medição.
- (ii) Investigar possíveis intersecções que existem entre a área de medição e a área de processos intensivos em conhecimento. Alguns aspectos do processo de medição (por exemplo, estabelecimento de objetivos e análise das medições) podem ser caracterizados como intensivos em conhecimento, uma vez que envolvem o conhecimento tácito das pessoas, sendo, assim, difíceis de serem formalizados e transmitidos. Uma investigação sobre como conhecimento dessa natureza pode ser capturado e compartilhado pode ser útil na prática da medição.
- (iii) Especializar OTM para diversos domínios onde medição está presente, visando demonstrar que a ontologia de tarefa realmente compreende conceitos e atividades centrais aos domínios de aplicação.
- (iv) Realizar uma análise sobre os aspectos relacionados a observações no contexto da medição, os quais não são explicitamente tratados em OTM atualmente, e verificar a possibilidade de estender OTM para tratá-los.
- (v) Reavaliar o uso de padrões variantes em M-OPL, simplificando o modelo comportamental geral e verificar a possibilidade de combinação de padrões variantes com a estratégia atual de representação adotada.
- (vi) Criar o documento completo de especificação da linguagem de padrões M-OPL. Devido a restrições de tempo, neste trabalho não foi feita a descrição

completa de todos os padrões de M-OPL, sendo necessário concluir essas descrições, elaborar a especificação de M-OPL e torná-la disponível para uso por terceiros.

- (vii) Realização de novos estudos para melhor avaliar o uso de M-OPL no desenvolvimento de ontologias de medição para domínios de aplicação específicos;
- (viii) Realização de estudos envolvendo a aplicação do modelo comportamental de OTM, para avaliar sua aplicabilidade (e.g., para harmonização de diferentes normas que tratem medição, inclusive em domínios distintos).
- (ix) No âmbito da ferramenta *M-OPL Tool*, podem ser realizadas algumas melhorias para que a ferramenta possa apoiar de maneira mais eficaz e eficiente o uso de M-OPL para criar novas ontologias para domínios de aplicação específicos, tais como:
 - Avançar a ferramenta para permitir a geração automática de modelos conceituais integrados a partir de padrões ontológicos selecionados;
 - Realizar melhorias para permitir a visualização de mais de um grupo de padrões no formato caixa-branca ao mesmo tempo;
 - Implementar funcionalidades para importar, exportar e salvar padrões na ferramenta;
 - Melhorar aspectos relacionados à usabilidade (e.g., melhorar a interface);
 - Inclusão da ferramenta em um domínio da *Web*, para não ser necessário o compartilhamento do arquivo executável da mesma.

Referências Bibliográficas

- ACHARYA, A. S., PRAKASH, A., SAXENA, P., & NIGAM, A. (2013). Sampling: Why and how of it. *Indian Journal of Medical Specialties*, 4(2), 330-333.
- ALBUQUERQUE, A.; GUIZZARDI, G. An ontological foundation for conceptual modeling datatypes based on semantic reference spaces. In: *Research Challenges in Information Science (RCIS), 2013 IEEE Seventh International Conference on*. IEEE, 2013. p. 1-12.
- ALTMAN, D. G.; BLAND, J. M. Measurement in medicine: the analysis of method comparison studies. *The statistician*, v. 32, p. 307–317, 1983.
- BARCELLOS, M. P. Uma Estratégia para Medição de Software e Avaliação de Bases de Medidas para Controle Estatístico de Processos de Software em Organizações de Alta Maturidade. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.
- BARCELLOS, M. P.; FALBO, R. A software measurement task ontology. In: *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing*. 2013. p. 311-318.
- BARCELLOS, M. P.; FALBO, R. DE A.; ROCHA, A. R. A strategy for preparing software organizations for statistical process control. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v. 19, n. 4, p. 445–473, 2013.
- BARCELLOS, M P; FALBO, R. DE A.; FRAUCHES, V. Towards a Measurement Ontology Pattern Language. In: *ONTO. COM/ODISE@ FOIS*. 2014.
- BARCELLOS, M. P., FALBO, R., & ROCHA, A. R. (2010, September). Establishing a well-founded conceptualization about software measurement in high maturity levels. In *2010 Seventh International Conference on the Quality of Information and Communications Technology* (pp. 467-472). IEEE.
- BASIL, V. R., ROMBACH, H. D., CALDIERA, G. Goal Question Metric Paradigm, *Encyclopedia of Software Engineering*, 2 Volume Set, John Wiley & Sons, Inc, 1994.
- BECKER, P., PAPÁ, F., and OLSINA, L. (2015). Process ontology specification for enhancing the process compliance of a measurement and evaluation strategy. *CLEI Electronic Journal*, 18(1), 3-3.

- BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (2019) The International System of Units (SI). 9th edition:117-216 ISBN 978-92-822-2272-0.
- COMPTON, M. *et al.* The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group. *Journal of Web Semantics*, v. 17, p. 25-32, 2012.
- CRUZ, I. F., XIAO, H., "The Role of Ontologies in Data Integration," *Journal of Engineering Intelligent Systems*, 2005, vol. 13, p. 245-252.
- D'AQUIN, M., & GANGEMI, A. (2011). Is there beauty in ontologies?. *Applied Ontology*, 6(3), 165-175.
- DAWSON, B., and R. G. TRAPP. "Probability & related topics for making inferences about data. *Basic&Clinical Biostatistics*." (2001): 69-72.
- FALBO, R. DE A., BARCELLOS, M. P., NARDI, J. C., & GUIZZARDI, G. (2013, May). Organizing ontology design patterns as ontology pattern languages. In *Extended Semantic Web Conference* (pp. 61-75). Springer, Berlin, Heidelberg.
- DE CERQUEIRA, L. D. Uma Abordagem Baseada em Ontologias para Integração Semântica de Sistemas na Camada de Processos. 2016. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado, UFES–Universidade Federal do Espírito Santo.
- DETONI, A. *et al.* Exploring the Role of Enterprise Architecture Models in the Modularization of an Ontology Network: A Case in the Public Security Domain. In: 2017 IEEE 21st International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW). IEEE, 2017. p. 117-126.
- DEUTSCH, P. Models and Patterns. In: J. Greenfield; K. Short; S. Cook; S. Kent (Orgs.); *Software Factories: Assembling Applications with Patterns, Models, Frameworks, and Tools*, 2004. Indianapolis: John Wiley & Sons
- DUMKE, R., & EBERT, C. (2007). *Software measurement: Establish-extract-evaluate-execute*. Chapter 8.3 Measurements for Project Control.
- FALBO, R. DE A.; BARCELLOS, M. P.; NARDI, J. C.; GUIZZARDI, G. Organizing ontology design patterns as ontology pattern language. *Proceedings of the 10th Extended Semantic Web Conference - ESWC 2013-a*. 2013. Montpellier, France.
- FILIPE, Eduarda *et al.* *Vocabulário Internacional de Metrologia-Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)-1ª edição luso-brasileira, autorizada pelo BIPM*,

- da 3ª edição internacional do VIM-International Vocabulary of Metrology. Rio de Janeiro, 2012.
- FINKELSTEIN, L. (2014). Fundamental concepts of measurement. *ACTA IMEKO*, 3(1), 10-15.
- FLORAC, W. A.; CARLETON, A. D. Measuring the software process: statistical process control for software process improvement. Boston, USA: Addison Wesley, 1997.
- FRAUCHES, V. Uma Abordagem Baseada em Ontologias para Obtenção de Indicadores a partir de Dados Abertos. 2014. Tese de Doutorado. MSc. Dissertation, Department of Computer Science, Federal University of Espírito Santo, Vitória, ES, Brazil.
- FRIGERIO, A.; GIORDANI, A.; MARI, L. Outline of a general model of measurement. *Synthese*, v. 175, n. 2, p. 123–149, 2010.
- GANGEMI, A; PRESUTTI, V. Ontology design patterns. In: *Handbook on ontologies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 221-243.
- GARCÍA, F. *et al.* Towards a consistent terminology for software measurement. *Information and Software Technology*, v. 48, n. 8, p. 631-644, 2006.
- GRUBER, T. R., "The Role of Common Ontology in Achieving Sharable, Reusable Knowledge Bases," in *Principles of knowledge representation and reasoning: Proceedings of the Second International Conference*, 1991.
- GUARINO, N. (1997). Understanding, building and using ontologies. *International journal of human-computer studies*, 46(2-3), 293-310.
- GUARINO, N. *et al.* Formal ontology and information systems. In: *Proceedings of FOIS*. 1998. p. 81-97.
- GUARINO, N.; STAAB, S.; STUDER, R. *Handbook on Ontologies*. Second ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2009.
- GUIZZARDI, G. (2020). Ontology, ontologies and the “T” of FAIR. *Data Intelligence*, 2(1-2), 181-191.
- GUIZZARDI, G. *Ontological foundations for structural conceptual models*. CTTT, Centre for Telematics and Information Technology, 2005.

- HAFIZ, M.; ADAMCZYK, P.; JOHNSON, R. E. Growing a pattern language (for security). ACM international symposium on New ideas, new paradigms, and reflections on programming and software. p.139–158, 2012.
- HEVNER, A. R. A Three Cycle View of Design Science Research. Scandinavian Journal of Information Systems, p. 87–92, 2007.
- HEVNER, A. R. *et al.* Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.
- ISO/IEC:ISO/IEC15939(E) Software Engineering - Software Measurement Process. (2007)
- ISO 772:2011 Hydrometry — Vocabulary and symbols. (2011)
- ISO 9849:2017 Optics and optical instruments — Geodetic and surveying instruments — Vocabulary. (2017)
- KIM, H. M. *et al.* A measurement ontology generalizable for emerging domain applications on the semantic web. Journal of Database Management (JDM), v. 18, n. 1, p. 20-42, 2007.
- KITCHENHAM, B., JEFFERY, D. R., CONNAUGHTON, C., 2007, Misleading Metrics and Unsound Analyses, IEEE Software, v. 24, n. 2, pp. 73 - 78.
- LAORY, I.; HADJ ALI, N. B.; TRINH, T. N.; SMITH, I. F. C. Measurement system configuration for damage identification of continuously monitored structures. Journal of Bridge Engineering, v. 17, n. 6, p. 857–866, 2012.
- LAUDON, J. P., LAUDON, K. C., 2011, Sistemas de Informações Gerenciais, 9ª edição, Pearson Education.
- LJUNGBERG, A. Process measurement International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2002.
- MARETTO, C. X., BARCELLOS, M. P., 2013, Software Measurement Architectures: A Mapping Study, In: Proceedings of the 10th ESELAW: Experimental Software Engineering Latin American Workshop, Montevideo, pp. 20-33.
- MARSHALL, D.; JOHNELL, O.; WEDEL, H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. Bmj, v. 312, n. 7041, p. 1254–1259, 1996.

- MARTINS, A. F. ; FALBO, R. A. Models for Representing Task Ontologies. In: WONTO. 2008.
- MASOLO, C. *et al.* Dolce: a descriptive ontology for linguistic and cognitive engineering. WonderWeb Project, Deliverable D17 v2, v. 1, p. 75-105, 2003.
- MITRA, Somenath, ed. Sample preparation techniques in analytical chemistry. Vol. 237. John Wiley & Sons, 2004.
- MUTHAIYAH, S., & KERSCHBERG, L. (2008). A hybrid ontology mediation approach for the semantic web. *International Journal of E-Business Research (IJEER)*, 4(4), 79-91.
- NARDI, J. C., DE ALMEIDA FALBO, R., & ALMEIDA, J. P. A. (2013, March). A Panorama of the Semantic EAI Initiatives and the Adoption of Ontologies by these Initiatives. In *International IFIP Working Conference on Enterprise Interoperability* (pp. 198-211). Springer, Berlin, Heidelberg.
- O'BRIEN, M.; MILLER, R. J.; SCHILDHAUER, M. Measurement Ontologies: The Field of Dreams for Essential Biodiversity Variables. *AGUFM*, v. 2018, p. B41L-2896, 2018.
- OLSINA, L.; MARTIN, M. A. . Ontology for software metrics and indicators. *J. Web Eng.*, v. 2, n. 4, p. 262-281, 2004.
- OMG. Normative Document of UML 2.5. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/UML/2.5/PDF>>.
- PAPADIMITRIOU, D.; FÀBREGA, L.; VILÀ, P.; CAREGLIO, D.; DEMEESTER, P. Measurement-based Research: Methodology, Experiments, and Tools. *Computer Communication Review*, v. 42, n. 5, 2012.
- QUIRINO, G. K. S. Uma Notação Visual para Representação de Linguagens de Padrões Ontológicos. 2016 Dissertação de Mestrado, UFES—Universidade Federal do Espírito Santo.
- RUIZ, F., GENERO, M., GARCÍA, F., PIATIINI, M., & CALERO, C. (2003). A proposal of a software measurement ontology. In *Conference on Computer Science and Operational Research*, Buenos Aires, Argentina.
- RUNESON, P. *et al.* Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples. *Case Study Research in Software Engineering: Guidelines and Examples*, v. 6, n. 2, p. 105–110, 2012.

- RUY, F. B. *et al.* An ISO-based software process ontology pattern language and its application for harmonizing standards. *ACM SIGAPP Applied Computing Review*, v. 15, n. 2, p. 27-40, 2015.
- SANTOS, L., BARCELLOS, M., DE ALMEIDA FALBO, R., REGINATO, C. C., & CAMPOS, P. M. (2019). Measurement Task Ontology. In ONTOBRAS.
- SCHERP, Ansgar *et al.* Designing core ontologies. *Applied Ontology*, v. 6, n. 3, p. 177-221, 2011.
- SCHILDHAUER, M. *et al.*, 2016. OBOE: the Extensible Observation Ontology, version 1.2. KNB Data Repository. doi:10.5063/F1125R0F
- STAAB, S. e STUDER, R. (Ed.). *Handbook on ontologies*. Springer Science & Business Media, 2010.
- WACHE, Holger *et al.* Ontology-Based Integration of Information-A Survey of Existing Approaches. In: *Ois@ ijcai*. 2001.

