

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

Gabriel Martins Miranda

**Representação de Capacidades
Organizacionais em Frameworks de Defesa:
Uma Abordagem Baseada em
Análise Ontológica**

VITÓRIA
2016

Gabriel Martins Miranda

**Representação de Capacidades
Organizacionais em Frameworks de Defesa:
Uma Abordagem Baseada em
Análise Ontológica**

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): João Paulo Andrade Almeida

VITÓRIA
2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

M672r Miranda, Gabriel Martins, 1992-
Representação de capacidades organizacionais em
frameworks de defesa : uma abordagem baseada em análise
ontológica / Gabriel Martins Miranda. – 2016.
80 f. : il.

Orientador: João Paulo Andrade Almeida.
Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade
Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Arquitetura corporativa. 2. Framework (Programa de
computador). 3. Ontologia – Análise. 4. Ontologia fundamental
Unificada (UFO). 5. Metamodelagem. I. Almeida, João Paulo
Andrade. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Tecnológico. III. Título.

CDU: 004



“Representação de Capacidades Organizacionais em Frameworks de Defesa: Uma Abordagem Baseada em Análise Ontológica”

Gabriel Martins Miranda

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Informática.

Aprovada em 27 de setembro de 2016 por:


Prof. Dr. João Paulo Andrade Almeida - PPGI/UFES


Prof.^a Dr.^a Renata Silva Souza Guizzardi - PPGI/UFES


Prof. Dr. Maurício Barcellos Almeida - UFMG

O julgamento dessa dissertação foi realizado com a participação por meio de videoconferência do **membro externo** o Prof. Dr. Maurício Barcellos Almeida seguindo as normas prescritas na portaria normativa no. 1/2016. Desse modo, a assinatura do membro externo é representada neste documento pela respectiva assinatura do presidente da comissão julgadora, o Prof. Dr. João Paulo Andrade Almeida.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória-ES, 27 de setembro de 2016.



Confere com original
Aline Oliveira Amaral
Aline Oliveira Amaral
Secretária
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
Mestrado/Doutorado - CT/UFES
Siapc 1165000

Dedico esta dissertação à minha família e à minha noiva, Patricia, que sempre me apoiaram, incentivaram e vivenciaram cada momento dessa etapa importante da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar, fortalecer e guiar em toda essa jornada.

Agradeço aos meus pais, João e Vera, e ao meu irmão, João Paulo, por todo apoio e incentivo para concluir essa etapa da minha vida.

Agradeço à Patricia, minha amada noiva e companheira, por todo amor, compreensão e apoio dado diariamente.

Agradeço ao meu professor orientador João Paulo, e ao meu professor coorientador Carlos, por toda orientação e dedicação. Vocês foram fundamentais na realização deste trabalho. Obrigado pela paciência e por me incentivarem a melhorar cada vez mais.

Agradeço aos membros da banca de defesa do mestrado, a professora Renata e o professor Maurício, por cederem seu tempo participando da defesa e contribuindo para a melhoria deste trabalho.

Agradeço ao Archimedes, Cássio, Fabiano, Freddy, Laylla, Lucas B. e Victor por compartilharem comigo experiências, ricas discussões e trabalhos acadêmicos que tanto contribuíram para a concretização deste trabalho.

Agradeço aos colegas e professores do NEMO, por me ajudarem em tantos momentos e por todo apoio e incentivo.

Agradeço a todos meus familiares e amigos, principalmente os amigos do IFES, que se mantiveram presentes nessa jornada.

Agradeço a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo financiamento da minha pesquisa (processo de nº 66610397/14).

Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma forma com este trabalho.

RESUMO

A importância de capacidades organizacionais no domínio da defesa levou à sua inclusão em diversos frameworks de Arquitetura Corporativa para este domínio, incluindo DoDAF, MODAF e NAF. Esses frameworks incluem conceitos e construtos de linguagem especializados para representar as capacidades de uma organização. Apesar do suporte provido por tais frameworks na representação de capacidades organizacionais, é necessário que a noção de capacidade organizacional seja tratada com uma conceituação precisa. Sem tal precisão, problemas de modelagem e de comunicação emergem na linguagem. Deste modo, torna-se propício investigar a conceituação e construtos de linguagem desses frameworks com a finalidade de verificar se existem possíveis lacunas na representação de capacidades organizacionais. E, assim, este trabalho se propõe a realizar uma análise ontológica em três frameworks para o domínio da defesa (DoDAF, MODAF e NAF). Em nossa análise, adotamos uma conceituação para capacidades organizacionais baseada na noção de disposições, presente na ontologia de fundamentação UFO. Utilizando UFO é possível compreender os construtos das linguagens dos frameworks de defesa e revelar problemas de expressividade e clareza na representação de capacidades organizacionais por esses frameworks de defesas. Esses problemas formam um ponto de partida para propormos uma revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa, alterando as nomenclaturas incorretas e incluindo novos conceitos, relações e distinções necessárias no meta-modelo revisado, visando adicionar certa expressividade e clareza à linguagem, na representação de capacidades organizacionais. Essa revisão permitirá equipar os frameworks de defesa com suporte adequado para modelagem de capacidades organizacionais, garantindo a precisão, clareza e expressividade dos conceitos de suas linguagens.

Palavras-chave: Arquitetura Corporativa de TI, Capacidades Organizacionais, Frameworks de Defesa, Análise Ontológica.

ABSTRACT

The importance of capabilities in defense domain led to its inclusion in a number of Enterprise Architecture frameworks for this domain, including DoDAF, MODAF and NAF. These frameworks include a number of concepts and language constructs to describe capabilities in an organization. Despite the support for the representation of capabilities in these frameworks, the notion of capabilities requires a precise conceptualization. A lack of this precision may lead to modeling and communication problems. Thus, this paper presents an ontological analysis of capability-related concepts in these defense frameworks (DoDAF, MODAF and NAF), revealing issues in the underlying conceptualization and in the use of the capability concept. In this analysis, we adopt an ontological account for capabilities based on the notion of dispositions, derived from UFO. UFO helps to understand the constructs of defense frameworks and reveals issues about expressiveness and clarity in representation of capabilities. These issues form a start point to propose a review of the meta-models of defense frameworks, changing naming conventions of some concepts and including new concepts, relations and distinctions necessary in the reviewed meta-model. Thus, improving the expressiveness and clarity of the language, to represent capabilities. This review allows equip the defense frameworks with appropriate support for representation of capabilities, ensuring the precision, clarity and expressiveness of its language concepts.

Keywords: Enterprise Architecture, Capabilities, Defense Frameworks, Ontological Analysis

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Taxonomia de Indivíduos em UFO	28
Figura 2: Fragmento de UFO sobre Endurantes	28
Figura 3: Conceitos de UFO no Quadrado de Aristóteles	29
Figura 4: Propriedades da relação de inerência dos momentos (adaptada de ALBUQUERQUE, (2013))	29
Figura 5: Conceito de disposição na Taxonomia de Indivíduos em UFO	30
Figura 6: Questões levantadas pela análise ontológica (adaptada de (MOODY, 2009)).....	33
Figura 7: Fragmento da CV do DoDAF	37
Figura 8: Exemplos de Executor, Executor Particular, Recurso e Recurso Particular	38
Figura 9: Exemplos sobre a relação Capacidade do Executor e a relação de <i>powertype</i> no DoDAF.....	38
Figura 10: Fragmento do meta-modelo compartilhado entre MODAF e NAF	40
Figura 11: Exemplos sobre a relação de <i>powertype</i> entre conceitos do MODAF e NAF	41
Figura 12: Exemplo do cenário SAR em UPDM.....	42
Figura 13: Conceitos relevantes na ontologia do IDEAS.....	45
Figura 14: Esquemas ilustrativos de um objeto segundo a visão clássica 4D (IDEAS) e dividido em visões estática e dinâmica (UFO) (ZAMBORLINI, 2011)	47
Figura 15: Exemplo da ontologia do IDEAS	47
Figura 16: Fragmento do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhado com a ontologia do IDEAS.....	48
Figura 17: Exemplo do cenário SAR em UPDM (idem Figura 12, seção 3.4)	49
Figura 18: Fragmento do cenário SAR com alteração na nomenclatura.....	50
Figura 19: Categorias de UFO em correspondência com a ontologia do IDEAS	51
Figura 20: Exemplo da representação de propriedades de entidades na ontologia do IDEAS	53
Figura 21: Exemplo da representação de propriedades de entidades em UFO.....	54
Figura 22: Fragmento do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados	57
Figura 23: Fragmento do meta-modelo revisado sobre a taxonomia de tipos de indivíduos	58
Figura 24: Fragmento de UFO x Fragmento do Meta-Modelo Revisado.....	59
Figura 25: Exemplo do critério de aplicação do conceito Propriedade	60

Figura 26: Exemplo de representação de propriedades de uma capacidade no cenário SAR	61
Figura 27: Fragmento do meta-modelo revisado sobre a taxionomia de indivíduos.....	62
Figura 28: Meta-modelo revisado	63
Figura 29: Exemplo do cenário SAR em UPDM (idem Figura 12, seção 3.4)	63
Figura 30: Exemplo de representação das capacidades de uma entidade no cenário do SAR	64
Figura 31: Exemplo de representação das propriedades de uma capacidade no cenário do SAR.....	65
Figura 32: Exemplo de representação de “coisas capazes” no cenário do SAR.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Categorias de UFO em correspondência com a ontologia do IDEAS.....	52
Tabela 2: Questões identificadas por meio do mapeamento realizado.....	56

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTO	14
1.2 MOTIVAÇÃO.....	16
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	17
1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	19
CAPÍTULO 2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1 ARQUITETURA CORPORATIVA DE TI	21
2.2 CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS.....	24
2.3 ONTOLOGIA DE FUNDAMENTAÇÃO.....	24
2.4 ABORDAGEM DE ANÁLISE ONTOLÓGICA.....	31
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	33
CAPÍTULO 3 FRAMEWORKS DE DEFESA PARA MODELAGEM E ESTRUTURAÇÃO DE ARQUITETURAS CORPORATIVAS DE TI.....	34
3.1 FRAMEWORKS DE DEFESA.....	34
3.2 DoDAF	34
3.3 MODAF AND NAF	38
3.4 UPDM.....	41
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
CAPÍTULO 4 ANÁLISE ONTOLÓGICA.....	44
4.1 ONTOLOGIA DO IDEAS	44
4.2 PERDURANTISMO X ENDURANTISMO	45
4.3 ALINHAMENTO ENTRE DoDAF, MODAF, NAF E IDEAS.....	48
4.4 UMA <i>FOUR-CATEGORY ONTOLOGY</i> PARA O AUXÍLIO NA REPRESENTAÇÃO DE CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS NOS FRAMEWORKS DE DEFESA	50
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
CAPÍTULO 5 UMA REVISÃO DO CONCEITO DE CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS NOS FRAMEWORKS DE DEFESA	57
5.1 REVISÃO DO META-MODELO	57
5.2 APLICANDO O META-MODELO REVISADO NO CENÁRIO DE BUSCA E RESGATE (SAR).....	63

5.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	66
CAPÍTULO 6 TRABALHOS RELACIONADOS.....		67
6.1	CAPACIDADES ORGANIZACIONAIS.....	67
6.2	ANÁLISE ONTOLÓGICA	68
6.3	BFO.....	69
CAPÍTULO 7 CONCLUSÃO		72
7.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
7.2.	TRABALHOS FUTUROS	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75

Introdução

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

1.1 Contexto

O gerenciamento de organizações envolve um alto nível de complexidade, uma vez que uma organização agrega diversos domínios de conhecimento. Cada um desses domínios pode ser influenciado por fatores de qualidade potencialmente conflitantes que afetam o desempenho geral de uma organização. Com o propósito de permitir o balanceamento e/ou priorização desses fatores, surgiu a disciplina de Arquiteturas Corporativas de TI (*Enterprise Architecture*). Nessa disciplina são utilizadas descrições arquiteturais (ou modelos), que tornam possível realizar de maneira mais eficaz e menos onerosa o alinhamento entre tecnologia da informação e os processos, serviços, atores, entre outros componentes do negócio pertencentes a uma organização (SANTOS JR., 2009).

A necessidade de se entender e de gerenciar a evolução de organizações complexas e seus sistemas de informação tem ocasionado o surgimento de diversos frameworks para modelagem e estruturação das Arquiteturas Corporativas de TI nas últimas décadas, como por exemplo o Zachman Framework (ZACHMAN, 1987), TOGAF em conjunto com a linguagem ArchiMate (TOGAF, 2008; LANKHORST, 2009; THE OPEN GROUP, 2016), DoDAF (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010), MODAF (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013), NAF (NATO 2013), RM-ODP ISO (ISO, 2008) e ARIS (SCHEER, 2000). Esses frameworks abordam os diversos domínios de uma organização e estabelecem relações entre esses domínios, propiciando uma estratégia coesa de representação dos vários aspectos de uma organização.

Um dos aspectos que tem recebido atenção recentemente é o aspecto de capacidades organizacionais (ULRICH; LAKE, 1991; GRANT, 1991; KAGUT; ZANDER, 1992; DAY, 1994; TEECE *et al.*, 1997; HELFAT, 2003; IACOB; QUARTEL, 2012; PAPAZOGLU, 2014 e AZEVEDO *et al.*, 2015), que pode ser definida amplamente como “o poder [*power*] de gerar um efeito ou resultado desejado” (AZEVEDO *et al.*, 2015). A noção de capacidades organizacionais vem sendo utilizada pelas organizações no planejamento da reconfiguração de suas operações, permitindo que se

preparem para rápidas mudanças no ambiente (e.g. constantes mudanças nos mercados, competições, tecnologias e regulamentos) (KAGUT; ZANDER, 1992), com o benefício de não se depararem, desnecessariamente, com toda a estrutura organizacional (ZDRAVKOVIC *et al.*, 2013; DANESH; YU, 2014 e AZEVEDO *et al.*, 2015). No campo da gestão de organizações, teorias baseadas em capacidades organizacionais se concentram em “adaptar, integrar, e reconfigurar habilidades organizacionais, recursos e competências funcionais, internas e externas, de acordo com a mudança do ambiente” (TEECE; PISANO, 1994).

Assim como no domínio organizacional, a importância do emprego de capacidades organizacionais no domínio da defesa também vem sendo reconhecida na literatura e prática (DRYER *et al.*, 2007; UK MINISTRY OF DEFENCE, 2009; USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010 e NATO, 2013). Teorias baseadas em capacidades organizacionais têm sido comumente empregadas para identificar capacidades existentes e necessárias, para auxiliar no suporte a melhoria de capacidades, para permitir a aquisição de novas capacidades e para facilitar o portfólio da gestão de entidades governamentais (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2009; USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010 e NATO, 2013).

A importância da noção de capacidades organizacionais acarretou em sua inclusão em diversas abordagens de Arquitetura Corporativa de TI para o domínio da defesa, tal como, DoDAF (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010), MODAF (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2009) e NAF (NATO, 2013). Esses frameworks abrangem uma série de conceitos e construtos de linguagem para descrever capacidades organizacionais e para descrever as relações entre capacidades e estratégias, bem como, entre capacidades e operações.

Apesar do suporte dos frameworks de Arquiteturas Corporativas de TI para a representação de capacidades organizacionais, é necessário que esse elemento seja tratado com uma conceituação precisa. Sem tal precisão, a definição rigorosa da semântica dos elementos de modelagem propostos é problemática, e problemas de modelagem e de comunicação emergem (AZEVEDO *et al.*, 2015). Em particular, as definições para o conceito de capacidade e os construtos relacionados a capacidades, providos por esses frameworks permanecem obscuros e definições conflitantes surgem sobre o conceito. E assim, quando vários modeladores compartilham um modelo sem uma semântica clara, pode advir uma falsa concordância (*False Agreement*) (GUARINO, 1998) entre os modeladores, ou seja, cada modelador pode ter uma interpretação diferente sobre o mesmo

modelo e esses modeladores não têm consciência de que tal conflito está acontecendo. Neste caso, os modelos de Arquitetura Corporativa de TI se inviabilizam como ferramentas para comunicação entre *stakeholders*, e como ferramentas nos processos de tomada de decisão.

Desde o final da década de 80, tem crescido o interesse no uso de ontologias, em particular as ontologias de fundamentação, como uma forma de evitar o problema de *false agreement* por meio de definições semânticas claras. Uma ontologia de fundamentação define um sistema de categorias formais independentes de domínio e bem fundamentadas filosoficamente, que pode ser utilizado para articular modelos específicos de domínio sobre a realidade. Segundo Guizzardi (2005), Santos Jr. *et al.* (2013) e Azevedo *et al.* (2015), evidências empíricas sustentam a hipótese de que os elementos de uma linguagem de modelagem conceitual devem refletir em categorias e relações definidas em uma ontologia de fundamentação subjacente a essa linguagem. De acordo com Guizzardi *et al.* (2011), tal hipótese pode ser explicada através da seguinte argumentação: (i) modelos conceituais são artefatos produzidos com o objetivo de representar uma determinada porção da realidade segundo uma determinada conceituação; (ii) ontologias de fundamentação descrevem as categorias que são usadas para a construção dessas conceituações.

1.2 Motivação

Seguindo esta argumentação, ontologias de fundamentação têm sido utilizadas em análises ontológicas de linguagens para identificar deficiências de linguagens e definir formas de evitar essas deficiências ontológicas (SANTOS JR. *et al.*, 2013). Em particular, a fim de analisar as linguagens de frameworks de modelagem de Arquiteturas Corporativas de TI, nos últimos anos, foram relatados diversos trabalhos que aplicaram abordagens de análise ontológica nessas linguagens, como por exemplo, aqueles de Green e Rosemann (2000), Guizzardi *et al.* (2008), Guizzardi e Wagner (2008), Santos Jr. *et al.* (2013), Almeida e Guizzardi (2012), Ruy *et al.* (2014) e Azevedo *et al.* (2015). Estes trabalhos identificaram, não apenas problemas de clareza e precisão em linguagens de modelagem, mas também problemas de expressividade, quando as linguagens não cobrem adequadamente algum aspecto do fenômeno organizacional sendo modelado.

Com exceção do trabalho desenvolvido por Azevedo *et al.* (2015), nenhum desses trabalhos foca na aplicação de abordagens de análise ontológica em linguagens que deem suporte à modelagem de capacidades organizacionais. De fato, em Azevedo *et al.* (2015), os autores se concentraram na análise de uma extensão do framework ArchiMate voltada para

representação de capacidades organizacionais. Diferentemente daquele trabalho, o foco do presente trabalho está em frameworks com noções e primitivas, já consolidadas na linguagem, relacionadas à modelagem de capacidades organizacionais, e com mecanismos para representação de capacidades organizacionais diferentes dos aplicados na extensão de ArchiMate. Estes frameworks têm suporte a noção de capacidades que ainda não foram sujeitas à análise ontológica.

Os frameworks analisados neste trabalho são utilizados por grandes nações (e.g., Estados Unidos da América, Grã-Bretanha, França, Canadá, Bélgica, entre outros), principalmente no domínio de defesa (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2009; USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010 e NATO, 2013). Considerando sua relevância prática, problemas de precisão, clareza e/ou expressividade nos modelos criados com esses frameworks podem eventualmente afetar o uso desses modelos, incluindo a tomada de decisão com base nos modelos, podendo eventualmente dificultar ações de defesa. Isto justifica a análise de possíveis deficiências nas linguagens dos frameworks de defesa selecionados.

1.3 Objetivos da Pesquisa

Este trabalho tem como objetivo geral **prover melhorias nos frameworks de defesa, no suporte à modelagem de capacidades organizacionais, garantindo a precisão, clareza e expressividade dos conceitos de suas linguagens**. Esse objetivo geral pode ser detalhado nos seguintes objetivos específicos:

- (i) Investigar a conceituação e construtos de linguagem dos frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI com foco nos conceitos relacionados à representação de capacidades organizacionais;
- (ii) Realizar uma análise ontológica que permita analisar os frameworks de defesa e identificar possíveis deficiências na representação de capacidades organizacionais;
- (iii) Revisar o suporte para representação de capacidades organizacionais com base nas deficiências identificadas em *ii*, visando garantir clareza e expressividade na representação.

1.4 Método de Pesquisa

Este trabalho foi conduzido de acordo com os seguintes passos:

- i) *Revisão da Literatura:* neste passo, ocorreu a aquisição de conhecimento sobre os temas relacionados ao trabalho, a saber: ontologias de fundamentação (incluindo ontologias específicas, como UFO e IDEAS), capacidades organizacionais (incluindo a noção de *powers* e *dispositions*), análise ontológica, Arquitetura Corporativa de TI, frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI (DoDAF, MODAF e NAF). Para adquirir tais conhecimentos, foi realizada uma revisão informal da literatura, tendo sido lidos artigos, livros, dissertações e teses relevantes ao trabalho. Não houve restrições quanto ao uso de mecanismos de busca nem ao formato das publicações, bastando o material ter reconhecimento científico.
- ii) *Investigação das linguagens selecionadas:* neste passo, ocorreu a aquisição de conhecimento com relação aos meta-modelos¹ dos frameworks de defesa (DODAF, 2011; UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013 e NATO, 2013), bem como a fundamentação subjacente a eles, a ontologia do IDEAS (IDEAS, 2012).
- iii) *Aplicação da abordagem de análise ontológica:* neste passo, uma abordagem de análise ontológica foi aplicada com o objetivo de compreender os construtos das linguagens investigadas no passo anterior e revelar possíveis deficiências nessas linguagens.
- iv) *Proposta de revisão do suporte à representação de capacidades nos frameworks:* neste passo, foram analisados os resultados gerados pela análise ontológica do passo anterior e com base em tais resultados, foram propostas alterações no meta-modelo dos frameworks alinhado com a ontologia do IDEAS.
- v) *Escrita da Dissertação:* os resultados obtidos durante a execução dos passos anteriores foram documentados nesta dissertação.

A abordagem de análise ontológica utilizada no passo *iii* envolveu o mapeamento entre, de um lado, os construtos das linguagens adotadas para representar arquiteturas corporativas em um determinado framework e, de outro lado, os conceitos de uma ontologia de referência. Uma ontologia de referência visa representar explicitamente uma conceituação de uma porção da realidade (GUIZZARDI, 2005). Por isto, de acordo com Weber (1997), deve haver uma correspondência entre os conceitos de uma ontologia de referência e os elementos de uma linguagem de modelagem. Esta correspondência visa garantir que a linguagem de modelagem seja alinhada à conceituação capturada na

¹ Meta-modelo é definido como uma ferramenta de especificação de sintaxes abstratas de linguagens de modelagem.

ontologia de referência. Conforme apresentado em Weber (1997), Guizzardi (2005), Santos Jr. *et al.* (2013) e Azevedo *et al.* (2015), caso essa correspondência não seja obtida, vários problemas semânticos ocorrem, mais especificamente: excesso de construto, sobrecarga de construto, redundância de construto e deficiência de construto.

Nos últimos anos, o uso de análises ontológicas tem se tornado comum para avaliar abordagens de modelagem. Recker *et al.* (2010) apresenta resultados de um estudo com 528 modeladores que mostrou que “usuários de gramáticas de modelagem conceitual percebem deficiências ontológicas na gramática e essas deficiências notadas são associadas negativamente com a usabilidade e facilidade do uso dessas gramáticas”. A análise ontológica permite identificar problemas nas linguagens e definir formas de evitar essas deficiências ontológicas.

Para realizar a correspondência entre os elementos da modelagem e a conceituação ontológica, optou-se, neste trabalho, por adotar como ontologia de referência a UFO (Unified Foundational Ontology). A UFO é uma ontologia de fundamentação que captura categorias ontológicas gerais e independentes de domínio, como objetos, eventos, propriedades, relações, etc. A escolha da UFO foi sustentada pelos casos de sucesso em sua adoção na realização de análises ontológicas em outras linguagens (ALMEIDA; GUIZZARDI, 2012; SANTOS JR. *et al.*, 2013; RUY *et al.*, 2014 e AZEVEDO *et al.*, 2015), e principalmente por ela apresentar um sistema de conceitos bem fundamentado, que reúne resultados de outras ontologias de fundamentação, tal como GFO (GANGEMI *et al.*, 2002), DOLCE (HERRE, 2010) e OntoClean (GUARINO; WELTY, 2002). Em particular, UFO apresenta um tratamento de disposições (*dispositions*) e suas relações com outros elementos, que nos permite explicar devidamente muitas das questões que são pertinentes para os propósitos deste trabalho.

1.5 Organização da Dissertação

Neste capítulo inicial, foram apresentados o contexto de aplicação, motivações, objetivos e método de pesquisa. Além desta introdução, este texto é composto pelos seguintes capítulos:

- **Capítulo 2 (Referencial Teórico):** apresenta o referencial teórico (Arquitetura Corporativa de TI, Capacidades Organizacionais e Ontologia de Fundamentação) necessário para a aquisição dos conhecimentos utilizados nos capítulos subsequentes.

- **Capítulo 3 (Frameworks de Defesa para Modelagem e Estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI):** apresenta os frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI, realizando uma introdução de tais frameworks e apresentando seus meta-modelos e conceitos de linguagem.
- **Capítulo 4 (Análise Ontológica):** apresenta a análise ontológica realizada no meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados com a ontologia do IDEAS, a fim de revelar deficiências nas linguagens.
- **Capítulo 5 (Revisão do Conceito de Capacidade Organizacional nos Frameworks de Defesa):** apresenta possíveis melhorias nas linguagens dos frameworks de defesa com base na análise ontológica realizada no capítulo anterior.
- **Capítulo 6 (Trabalhos Relacionados):** discute trabalhos relacionados em três grupos: (i) capacidades organizacionais empregas na modelagem de Arquiteturas Corporativas de TI; (ii) análises ontológicas em frameworks de arquiteturas corporativas; e (iii) como uma ontologia de fundamentação alternativa poderia ser relevante para este trabalho.
- **Capítulo 7 (Conclusão):** apresenta as considerações finais do trabalho e define propostas de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Referencial Teórico

Neste capítulo é apresentado o referencial teórico necessário para a aquisição dos conhecimentos utilizados nos capítulos subsequentes. Para isso, o capítulo encontra-se assim organizado: a Seção 2.1 trata da disciplina de Arquitetura Corporativa de TI e dos frameworks para modelagem e estruturação dessas arquiteturas; a Seção 2.2 apresenta o conceito de Capacidades Organizacionais, que tem sido objeto de representação desses frameworks; a Seção 2.3 introduz ontologias de fundamentação, e apresenta a que será empregada neste trabalho (UFO) para a conceituação de capacidades organizacionais; a Seção 2.4 apresenta a abordagem ontológica utilizada para avaliar as linguagens dos frameworks de defesa DoDAF, MODAF e NAF; a Seção 2.5 apresenta as considerações finais do capítulo.

2.1 Arquitetura Corporativa de TI

Uma definição ampla de Arquitetura Corporativa de TI é apresentada por Lankhorst (2009, p. 3): “Arquitetura Corporativa de TI consiste em um conjunto completo e coerente de princípios, métodos e modelos que são utilizados no projeto e implementação de uma estrutura organizacional, processos de negócios, sistemas de informação ou infraestrutura”.

Segundo Lankhorst (2009), organizações precisam de Arquiteturas Corporativas de TI como um instrumento para operacionalização de políticas e estratégias corporativas. Além disso, de acordo com Cardoso (2009), as arquiteturas corporativas de TI auxiliam a organização provendo uma base comum para as operações diárias da mesma, o que é útil para determinar as necessidades e prioridades nas mudanças realizadas na organização, bem como para determinar como a organização pode se beneficiar das mudanças tecnológicas do ambiente.

Arquiteturas Corporativas de TI são um poderoso mecanismo para gerenciar a complexidade das organizações (ROSS; WEILL; ROBERTSON, 2006 e LANKHORST, 2009). O primeiro passo para tirar vantagem do uso de alguma abordagem arquitetural é a documentação dos aspectos chaves da organização. Nesse contexto, linguagens de modelagem são empregadas com o objetivo de capturar a essência e as evoluções da organização e dos sistemas de informação presentes nela, para tornar assim, a organização mais flexível e mais adaptativa a evoluções, minimizando os riscos, auxiliando no gerenciamento dos diversos domínios do conhecimento presentes na organização, dando suporte ao processo de tomada de decisão e melhorando a comunicação entre os *stakeholders* (CARDOSO, 2009 e SANTOS JR., 2009).

O uso de Arquiteturas Corporativas de TI torna o alinhamento entre tecnologia da informação e os processos, serviços, atores, entre outros componentes do negócio pertencentes à organização mais eficaz e menos oneroso. É fundamental observar que existem alguns problemas que atrapalham o entendimento da organização, tal como: tamanho e complexidade das organizações, dos seus processos, dos seus sistemas de informação, de suas infraestruturas de TI; existem constantes mudanças nos negócios e nas tecnologias; dificuldade na gestão das informações; etc.

O conceito de Arquitetura Corporativa de TI é de tal importância acadêmica e governamental que diversos trabalhos acadêmicos e governamentais estão presentes na literatura. Com a necessidade de entender e gerenciar a evolução de organizações complexas e seus sistemas de informação, grande parte destes trabalhos se concentra no desenvolvimento de frameworks para modelagem e estruturação de arquiteturas corporativas, incluindo o framework Zachman (ZACHMAN, 1987), TOGAF em conjunto com a linguagem ArchiMate (TOGAF, 2008; LANKHORST, 2009 e THE OPEN GROUP, 2016), DoDAF (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010), MODAF (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013), NAF (NATO, 2013), RM-ODP (ISO, 2008), e ARIS (SCHEER, 2000).

Por meio do uso de um framework de modelagem é possível documentar os conceitos do negócio, das aplicações, de infraestrutura e outros conceitos relacionados aos mesmos que sejam relevantes, além de perspectivas e aspectos desejáveis para atender o(s) *stakeholder(s)* no desenvolvimento de um projeto de software (LANKHORST, 2009).

A utilização de um framework de arquitetura corporativa possibilita não somente a estruturação do conhecimento do domínio organizacional de forma sistemática, mas também visa prover ferramentas para análise de desempenho organizacional, análise de impactos e também prover um meio de realizar o alinhamento entre a estrutura organizacional e a arquitetura de TI.

Os frameworks que se destacam, no âmbito da modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI, são:

- i. **ARIS** (Architecture of Integrated Information Systems), desenvolvido pelas pesquisas acadêmicas do professor A.W.Scheer (SCHEER, 2000);
- ii. **DoDAF** (Department of Defense Architecture Framework), desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA (DoD) para garantir uma base comum para as definições arquiteturais sobre os processos, serviços

- militares e agências de segurança (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010);
- iii. **MODAF** (Ministry of Defence Architecture Framework), desenvolvido pelo Ministério da Defesa britânico (MOD) para auxiliar no planejamento da defesa e no gerenciamento de mudanças em atividades (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013);
 - iv. **NAF** (North Atlantic Treaty Organization Architecture Framework), desenvolvido pela OTAN para prover um padrão para o desenvolvimento de Arquiteturas Corporativas de TI (NATO, 2013);
 - v. **RM-ODP** (Reference Model for Open Distributed Processing), desenvolvido pela ISO com a finalidade de ser uma ferramenta consistente para gerenciar o desenvolvimento e interoperabilidade de sistemas distribuídos (ISO, 2008);
 - vi. **TOGAF** (The Open Group Architecture Framework), desenvolvido pelo The Open Group (TOGAF, 2008) e combinado com a linguagem de modelagem corporativa **ArchiMate** (THE OPEN GROUP, 2016 e LANKHORST, 2009), que por sua vez foi desenvolvida por um consórcio composto dos seguintes membros: Telematica Instituut, Ordina, Radboud University Nijmegen, o Leiden Institute for Advanced Computer Science (LIACS) e o Centre for Mathematics and Computer Science (CWI) (ARCHIMATE CONSORTIUM, 2016). A linguagem ArchiMate complementa TOGAF, fornecendo um conjunto independente de conceitos, que auxiliam na criação de modelos consistentes e integrados (THE OPEN GROUP, 2016); e
 - vii. O framework de **Zachman**, desenvolvido por John Zachman em 1987 (ZACHMAN, 1987) e posteriormente estendido em 1992 (SOWA; ZACHMAN, 1992).

A maioria desses frameworks considera uma organização como um sistema cujos elementos incluem: (i) atividades organizacionais estruturadas em processos de negócios e serviços, (ii) sistemas de informação dando suporte a atividades organizacionais, (iii) infraestruturas de tecnologias de informação (TI), e (iv) estruturas organizacionais (revelando atores organizacionais, papéis e unidades organizacionais) (SANTOS JR. *et al*, 2013). Alguns desses frameworks (como DoDAF, MODAF e NAF) incluem também o conceito de capacidades, que será tratado na próxima seção.

2.2 Capacidades Organizacionais

Quando falamos de capacidades (*capabilities*), várias definições surgem. Não é incomum esse termo ser intercalado com outros, tais como, capacidades de negócio (*business capabilities*), capacidades tecnológicas ou de TI (*technological/IT capabilities*) e capacidades organizacionais (*organizational capabilities*). Isso significa que diferentes autores usam o mesmo termo para descrever coisas diferentes ou enfatizar diferentes aspectos, o que pode gerar confusão entre os usuários de notações que adotem esses termos (PAPAZOGLU, 2014).

Assim como a terminologia utilizada para o conceito de capacidade, diversos autores na literatura, de áreas como filosofia, administração e ciência da computação, apresentam definições variadas sobre esse termo (ULRICH; LAKE, 1991; GRANT, 1991; DAY, 1994; TEECE *et al.*, 1997; HELFAT, 2003 e PAPAZOGLU, 2014).

Não obstante o conceito de capacidades ser abordado em diversos trabalhos da área de Arquiteturas Organizacionais de TI (ULRICH; LAKE, 1991; GRANT, 1991; DAY, 1994; TEECE *et al.*, 1997; BHARADWAJ, 2000; HELFAT, 2003; IACOB *et al.*, 2012; PAPAZOGLU, 2014 e AZEVEDO *et al.*, 2015), ele ainda não possui precisão em sua representação, por apresentar definições divergentes. Portanto, torna-se necessária a utilização de uma base teórica para justificar a representação de capacidades organizacionais.

Em linhas gerais, seguiremos a orientação de Azevedo *et al.* (2015), que definem uma capacidade organizacional como o “poder [*power*] de gerar um efeito ou resultado desejado”, e pode caracterizar tanto organizações quanto recursos e indivíduos nas organizações. Sob esta perspectiva, capacidades podem ser usadas tanto para conceituar poderes simples, como o poder do copo de armazenar o café, quanto para conceituar poderes complexos, como, por exemplo a capacidade de uma nação de defender sua costa marítima de ataques inimigos, envolvendo diversos recursos e atividades.

Neste trabalho, utilizamos uma ontologia de fundamentação para cumprir o papel de base teórica de conceituação de capacidades, lançando mão do conceito de disposição, que será discutido na seção subsequente no escopo da ontologia de fundamentação UFO.

2.3 Ontologia de Fundamentação

Uma ontologia de fundamentação define um sistema de categorias formais bem fundamentadas filosoficamente e independentes de domínio, que pode ser utilizado para articular modelos específicos de domínios sobre a realidade. Ela descreve conceitos como

espaço, tempo, objeto, eventos, ações e outros conceitos que são independentes de um problema ou domínio em particular (GUARINO, 1998).

Dentre as ontologias de fundamentação existentes (e.g., GFO, DOLCE, OntoClean e BFO), nós optamos por utilizar a UFO como base teórica para justificar a representação de capacidades organizacionais, uma vez que ela apresenta um sistema de conceitos bem fundamentado e permite representar capacidades organizacionais por meio do conceito de disposições. Deste modo, a fim de compreender como UFO será utilizada neste trabalho, primeiramente, precisamos introduzi-la, de maneira a apresentar seus conceitos e distinções.

UFO começou como uma unificação de GFO (Generalized Formalized Ontology) e da ontologia de alto nível sobre universais fundamentais, chamada OntoClean (GUARINO; WELTY, 2002). Contudo, de acordo com Guizzardi (2005), existe um número de problemas com relação ao objetivo específico do desenvolvimento de ontologias de fundamentação para linguagens de modelagem conceituais gerais que não são cobertas de maneira satisfatória pelas ontologias de fundamentação tal como GFO (GANGEMI et al., 2002), DOLCE (HERRE, 2010) ou OntoClean (GUARINO; WELTY, 2002). Por essa razão, UFO tem sido desenvolvida com base em várias teorias das áreas de Ontologias Formais, Lógica Filosófica, Filosofia da Linguagem, Linguística e Psicologia Cognitiva (GUIZZARDI et al., 2008). Ela é um produto de um longo programa de pesquisas, originalmente proposto por Guizzardi *et al.* (2002), e vem sendo discutida e aprimorada em diversos outros trabalhos, tal como Guizzardi (2005), Guizzardi *et al.* (2008), Guizzardi *et al.* (2013), e Guizzardi e Wagner (2013).

Atualmente a UFO está estruturada em três partes (GUIZZARDI et al., 2008):

- UFO-A: Composta por entidades estruturais que compreendem os conceitos centrais da UFO, tal como universais (*universals*), indivíduos (*individuals*), endurantes (*endurants*), perdurantes (*perdurants*), substanciais (*substantials*) e momentos (*moments*).
- UFO-B: É uma ontologia de eventos, e suas entidades são baseadas nas entidades de UFO-A, exemplos incluem eventos (*events*), situação (*situation*), participação (*participation*) e relação de intervalo de tempo (*time interval relation*).
- UFO-C: Composta por entidades sociais da realidade, baseada nas entidades estruturais (UFO-A) e nos eventos (UFO-B), tal como objetivo (*goal*), ação (*action*), agente (*agent*) e intenção (*intention*).

Nas próximas subseções algumas categorias relevantes de UFO-A, bem como as distinções realizadas na ontologia de fundamentação, serão detalhados, uma vez que são elementos chave para este trabalho. O conteúdo apresentado nessas subseções foi elaborado com base nos seguintes trabalhos: Guizzardi (2005), Guizzardi *et al.* (2008), Guizzardi *et al.* (2013), e Guizzardi e Wagner (2013). De modo a melhorar a legibilidade as referências a estes trabalhos específicos serão omitidas.

2.3.1 Indivíduos x Universais

Uma distinção fundamental em UFO é entre categorias de Indivíduos e Universais; esses são representados na modelagem conceitual por construtos de tipos (*types*) (classes, classificadores) e suas instâncias, respectivamente. Indivíduos (também conhecidos como particulares ou instâncias) são entidades que existem em uma realidade, possuindo uma única identidade e podendo instanciar um ou mais universais. Eles podem manifestar várias características que permitem sua classificação por universais. Exemplos de indivíduos, incluem uma pessoa, um carro, uma maçã e um avião. Universais por sua vez podem ser entendidos como padrões de características que são recorrentes em um certo número de indivíduos, i.e., eles capturam os aspectos gerais dos indivíduos, por exemplo, “João” e “Maria” são indivíduos que instanciam os universais “Homem” e “Mulher” respectivamente.

UFO inclui uma taxonomia de tipos de indivíduos e uma taxonomia de tipos de universais. A distinção mais alto nível na taxonomia de indivíduos é entre Endurantes e Eventos. Endurantes são indivíduos que persistem no tempo, enquanto mantém sua identidade, de maneira que se dizemos que em uma circunstância $c1$ um endurante e possui uma propriedade $p1$ e em uma circunstância $c2$ possui uma propriedade $p2$ (possivelmente incompatível com $p1$), e é o mesmo endurante em cada uma das situações. Exemplos incluem entidades persistentes físicas e sociais do dia-a-dia, tal como uma pessoa, uma bola, uma pedra, um estudante e uma universidade. Eventos, por outro lado, são indivíduos que acontecem no tempo, no sentido que eles se prolongam no tempo e acumulam partes temporais, como por exemplo, um beijo, uma festa de aniversário, um encontro, uma conferência ou uma execução específica de um processo de negócio. Por fim, a taxonomia de endurantes são posteriormente classificados em Substanciais e Momentos, e essa distinção é apresentada na seção seguinte.

2.3.2 Substanciais x Momentos

Substanciais (usualmente referidos no senso comum pelo termo “objeto”) são entidades que existem por elas mesmas e não são dependentes existencialmente de nenhum outro indivíduo. Exemplos de substanciais incluem entidades comuns do dia-a-dia, tal como uma pessoa, um cachorro, uma casa, um carro e a Universidade Federal do Espírito Santo. Diferente de substanciais, momentos (também chamado de “*trope*”, “propriedade individualizada” ou “propriedade particular”) são existencialmente dependentes de outros indivíduos (seus portadores) e podem apenas existir nesses indivíduos, e se o indivíduo deixar de existir, todos os momentos relacionados também deixam de existir (e.g., uma carga elétrica pode apenas existir em algum condutor, uma ligação covalente pode apenas existir se seus átomos estão conectados, uma dor de cabeça pode apenas existir se uma pessoa existe), i.e., é dito que um momento m é **dependente existencialmente** de um indivíduo i se, e somente se, para m existir sempre é necessário que o i também exista. A dependência existencial é uma relação modalmente constante, isto é, se m for dependente de i essa relação existe entre estes dois elementos (m e i) específicos em todos os mundos possíveis em que m existe (SANTOS JR., 2009). Deste modo, momentos são definidos como entidades que são inerentes a seus portadores (indivíduos), onde os portadores podem ser outros momentos (e.g., a intensidade de uma dor de cabeça ou a tonalidade de uma cor).

Substanciais são classificados, segundo sua estrutura mereológica, como Coletivos (*Collective Individual*), cujas instâncias possuem uma estrutura uniforme, Complexos Funcionais (*Functional Complex*), cujas instâncias possuem uma estrutura heterogênea e complexa, e Quantidades (*Quantity Individual*), que se refere a porções de matéria bem definidas. Enquanto, os momentos são classificados como Momentos Intrínsecos (*Intrinsic Moments*), quando são existencialmente dependentes de um único endurante, ou Momentos Relacionais (*Relators*), cuja dependência se estende a todos os endurantes que conectam. Momentos Intrínsecos são ainda classificado mais uma vez entre Qualidade (*Quality*) e Modo (*Mode*). A diferença entre esses últimos é que uma qualidade está associada a alguma Estrutura de Qualidade (*Quality Structure*), que fornece a ele uma dimensão e um espaço de valores bem definidos, como a altura de um indivíduo medida em centímetros, por exemplo. Modos, como um pensamento ou uma dor de cabeça, não são diretamente mensuráveis. Estas classificações da taxonomia de Indivíduos estão presentes na Figura 1 (adaptado de (GUIZZARDI, 2005)).

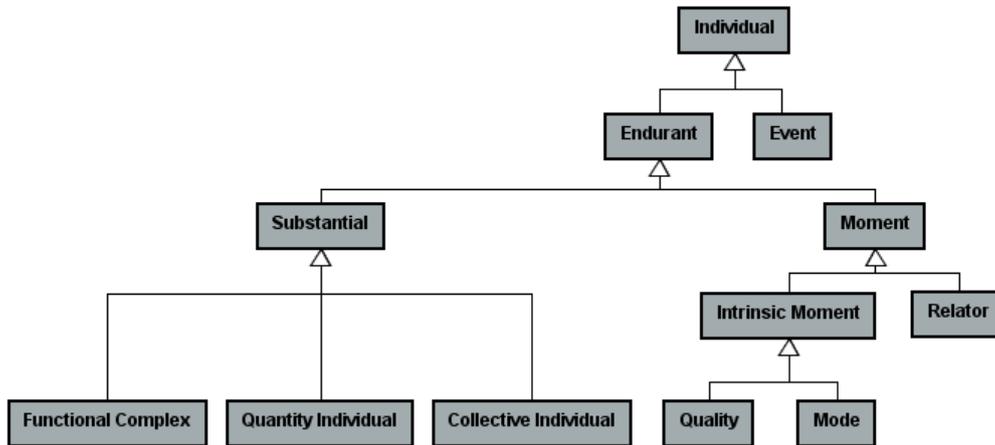


Figura 1: Taxonomia de Indivíduos em UFO

As distinções entre momentos e substanciais na taxonomia de tipos de indivíduos discutidas aqui refletem na taxonomia de universais. Assim, instâncias de Universal de Momento (*Moment Universal*) (como por exemplo, Peso) são instanciadas por momentos específicos (e.g., o peso da Estátua da Liberdade é uma instância de Peso) e instâncias de Universal Substancial (*Substantial Universal*) (como por exemplo, Pessoa e Estátua) são substanciais (e.g., João e Estátua da Liberdade). Figura 2 apresenta um fragmento de UFO como um diagrama de classes UML, focando nessas distinções chaves.

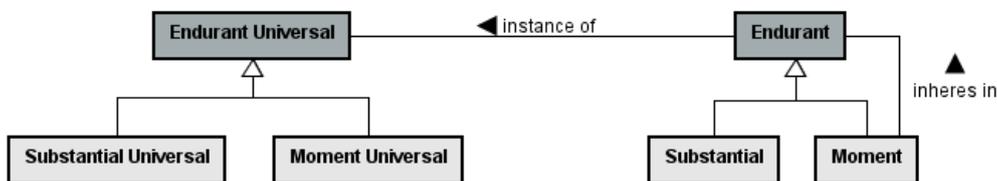


Figura 2: Fragmento de UFO sobre Endurantes

A ideia de uma ontologia centrada em quatro categorias, destacadas na Figura 2, vem originalmente do segundo capítulo de *Categorias* de Aristóteles, e tem sido denominada na literatura como **Ontologia de Quatro Categorias** (*Four-Category Ontology*) (LOWE, 2006). Tal sistema reconhece duas distinções categóricas fundamentais (indivíduos vs. universais e substanciais vs. momentos), que se cruzam para formar quatro categorias ontológicas fundamentais: universais substanciais, substanciais particulares (ou simplesmente substanciais), universais de momento, e momentos particulares (ou simplesmente momentos). A Figura 3 ilustra os quatro conceitos principais da ontologia, formando o assim chamado **Quadrado de Aristóteles** (*Aristotelian Square*).

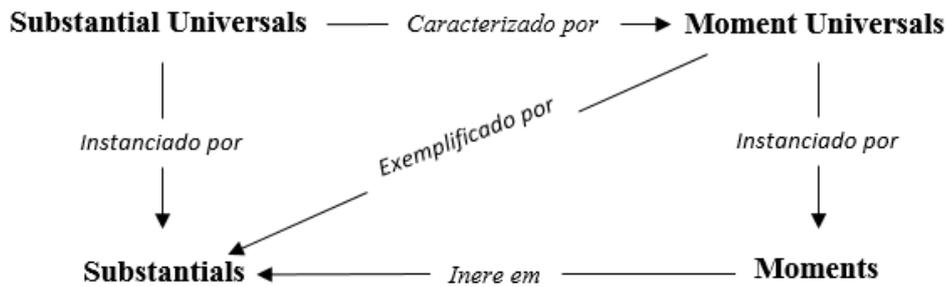


Figura 3: Conceitos de UFO no Quadrado de Aristóteles

No Quadrado de Aristóteles, universais substanciais são caracterizados por universais de momento, e.g. maçãs sendo coloridas. A relação de caracterização (*characterization*) segue o seguinte raciocínio: Um universal U é caracterizado por um universal de momento M se, e somente se, cada instância de U exemplifica M. Substanciais exemplificam universais de momento que são inerentes a eles, e.g. um tom vermelho específico de uma maçã. A relação de exemplificação (*exemplification*) segue o seguinte raciocínio: Um indivíduo x exemplifica um universal de momento U se, e somente se, existe um momento y, instância de U, que inere em x.

A relação de inerência entre momentos e substanciais é um tipo de relação de dependência existencial, significando que para o elemento inerente existir, o portador necessariamente precisa existir e quando o portador cessa de existir, todos os momentos relacionados com ele também cessam de existir. Essa relação é o principal critério para diferenciar substanciais (objetos) e momentos (aspectos) considerando a perspectiva de Aristóteles. Além disso, a relação de inerência é **irreflexiva, assimétrica e intransitiva** (ALBUQUERQUE, 2013). Ela é uma relação irreflexiva por que um elemento não pode inerir nele mesmo. A assimetria estabelece que para um elemento X inerir em um elemento Y, o elemento Y não pode manter uma relação de inerência anterior para com X. E por último, a propriedade de intransitividade estabelece que se um elemento X é inerente a um elemento Y que é inerente a um elemento Z, não é certo que X é (diretamente) inerente a Z. Essas propriedades são ilustradas na Figura 4:

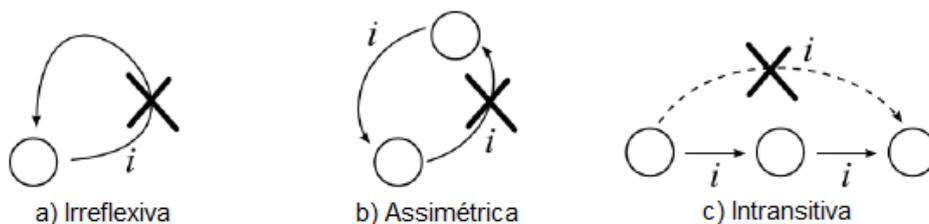


Figura 4: Propriedades da relação de inerência dos momentos (adaptada de ALBUQUERQUE, (2013))

2.3.3 Disposições

Em nosso trabalho, utilizaremos o conceito de capacidades organizacionais baseado na noção de disposições (*dispositions*), derivada de UFO (GUIZZARDI, 2005; GUIZZARDI et al., 2013 e GUIZZARDI; WAGNER, 2013). Como apresentado em Choi e Fara (2012), muitos termos têm sido usados para descrever disposições: ‘força’, ‘dunamis’ (termo de Aristóteles), ‘habilidade’, ‘potência’, ‘capacidade’, ‘propensão’, ‘potencial’, ‘tendência’, ‘competência’ e muitos mais. Em UFO, o termo disposição (e.g., a fragilidade do vidro, a disposição de um ímã para atrair um material metálico) é fortemente fundamentada na noção de *powers* (MOLNAR; MUMFORD, 2003) e representam “propriedades [momentos] que podem ser manifestados em situações particulares com a ocorrência de certos eventos de disparo, e que também podem falhar em ser manifestadas” (GUIZZARDI; WAGNER, 2013). Por exemplo, a disposição do ímã **m** para atrair materiais metálicos. O objeto **m** possui a disposição mesmo sem que ela seja manifestada, como por exemplo, no caso do ímã nunca estar perto de nenhum material metálico. No entanto, **m** pode certamente ser dito como possuidor de uma propriedade intrínseca (mesmo essencial, neste caso), que ele compartilha com outros ímãs. Seguindo o mesmo raciocínio, um material metálico específico também possui a disposição de ser atraído por ímãs. Dada a situação onde **m** fica próximo a um objeto metálico (a uma certa distância e com uma certa massa), as disposições das duas entidades (objeto metálico e ímã) podem ser manifestadas através da ocorrência de um evento complexo, o movimento do objeto em direção ao ímã. A Figura 5 apresenta o conceito disposição ancorado à taxonomia de indivíduos em UFO.

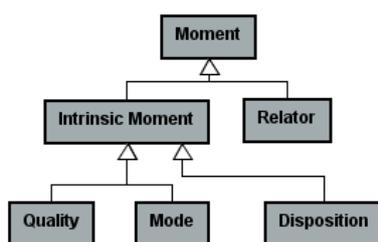


Figura 5: Conceito de disposição na Taxonomia de Indivíduos em UFO

Considerando que UFO trata disposições como momentos, e que UFO é uma Ontologia de Quatro Categorias, podemos observar que UFO admite as seguintes categorias ontológicas relacionadas a disposições: universais de disposição, disposições particulares, universais substanciais (que podem ser caracterizados por universais de

disposição) e substanciais particulares (que podem ser portadores de disposições particulares).

De acordo com Azevedo et al. (2015), a interpretação de capacidades organizacionais, baseada no conceito de disposição de UFO, se refere ao poder (inerente a algo) de gerar um efeito ou resultado desejado através da manifestação de eventos. Além disso, essa noção permite a uma organização, modelar as capacidades que ela consegue “socialmente executar”. Isto é aplicável para uma variedade de casos que usam delegação, como por exemplo, casos em que uma organização pode contratar uma companhia diferente com a finalidade de atender um efeito ou resultado desejado, e assim, a organização original (contratante) é dita como possuidora da capacidade de trazer esse resultado desejado (neste caso porque ela tem uma capacidade para delegar a capacidade de trazer o resultado desejado (BRINGUENTE; FALBO; GUIZZARDI, 2010 e R. GUIZZARDI; GUIZZARDI, 2011)).

2.4 Abordagem de análise ontológica

A abordagem de análise ontológica utilizada neste trabalho envolve o mapeamento entre, de um lado, os construtos das linguagens dos frameworks de defesa (DoDAF, MODAF e NAF) para representação de arquiteturas corporativas e, de outro lado, os conceitos da ontologia de fundamentação, centrada em quatro categorias principais, a UFO.

De acordo com Weber (1997) a correspondência entre os conceitos na ontologia e os elementos de uma linguagem de modelagem deve ser um para um. Seguindo este princípio, e conforme apresentado em Guizzardi (2005), Santos Jr. *et al.* (2013) e Azevedo *et al.* (2015), os seguintes problemas na linguagem podem ser identificados quando a correspondência não pode ser obtida (ilustradas na Figura 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, adaptada de (MOODY, 2009)):

- Excesso de construto: ocorre quando a notação de um construto não corresponde a nenhum conceito ontológico. Uma vez que não é definido um mapeamento entre a sintaxe e a teoria ontológica para o construto excedente, seu significado se torna duvidoso, e conseqüentemente, prejudica-se a clareza da especificação. De acordo com Wand e Weber (1990), usuários de uma linguagem de modelagem precisam ser capazes de realizar, de maneira clara, a ligação entre um construto da modelagem e sua interpretação em relação aos conceitos de domínio. Caso contrário, eles não serão capazes de articular precisamente o sentido desejado para as especificações

geradas através do uso da linguagem. Portanto, uma linguagem de modelagem não deve conter construtos excedentes e cada instância de seus construtos de modelagem precisam representar um elemento no domínio.

- Sobrecarga de construto: ocorre quando a notação de um único construto pode representar múltiplos conceitos ontológicos. Sobrecarga de construto é considerada como uma propriedade indesejada na linguagem de modelagem, uma vez que ela causa ambiguidade e com isso, prejudica a clareza da especificação. Quando existe uma sobrecarga de construto, os usuários da linguagem de modelagem precisam possuir conhecimento adicional que não está contido no modelo para entender os fenômenos que estão sendo representados.
- Redundância de construto: ocorre quando múltiplos elementos de modelagem podem ser usados para representar um único conceito ontológico. Em Wand e Weber (1990), os autores explicam que a redundância de construto “adiciona uma complexidade desnecessária à linguagem” e que “a menos que os usuários tenham um conhecimento profundo sobre a gramática, eles podem se confundir devido ao construto redundante. Eles podem assumir, por exemplo, que o construto representa, de alguma forma, outro tipo de fenômeno”. Portanto, a redundância de construto pode também ser considerada uma dificuldade na clareza da representação.
- Deficiência de Construto: ocorre quando não existe um construto na linguagem de modelagem que corresponde a um conceito ontológico específico. A deficiência de construto acarreta na falta de expressividade, ou seja, existe um fenômeno em um determinado domínio (de acordo com conceituação do domínio) que não pode ser representado pela linguagem. Como alternativa para contornar o problema, os usuários da linguagem podem escolher sobrecarregar um construto existente, deste modo, prejudicando a clareza.

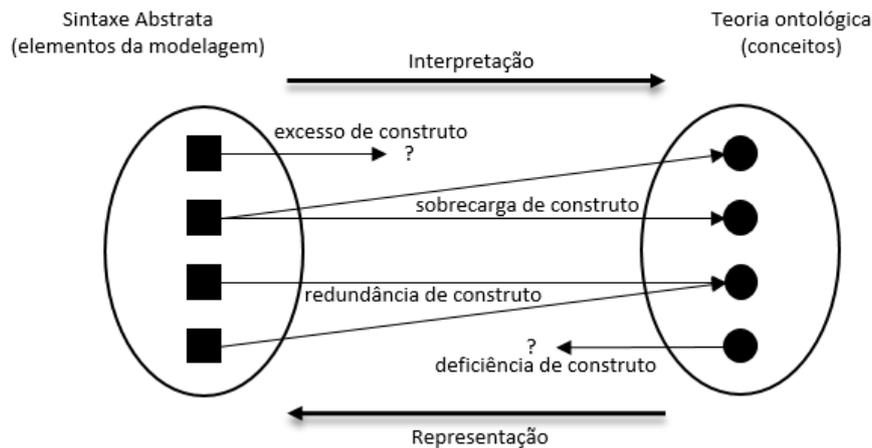


Figura 6: Questões levantadas pela análise ontológica (adaptada de (MOODY, 2009))

Por fim, mediante o mapeamento proposto nessa abordagem de análise ontológica torna-se possível identificar não apenas problemas de clareza e precisão nas linguagens dos frameworks de defesa, mas também problemas de expressividade, quando essas linguagens não cobrem adequadamente algum aspecto do fenômeno organizacional sendo modelado.

2.5 Considerações Finais

Para introduzir assuntos importantes ao entendimento deste trabalho, este capítulo abordou conteúdos relacionados a arquiteturas corporativas de TI, a capacidades organizacionais e aos conceitos e distinções de UFO.

No que se refere aos requisitos necessários para a realização da análise ontológica que será relatada no capítulo 4, foram abordados aspectos relacionados a UFO com ênfase nas categorias ontológicas básicas. A UFO foi escolhida como a ontologia de fundamentação para avaliar as linguagens de modelagem de Arquiteturas Corporativas de TI, uma vez que ela é constituída de um sistema de conceitos bem fundamentados que reúne características úteis de outras ontologias de fundamentação (e.g., DOLCE, GFO). Ademais UFO apresenta uma base teórica sobre disposições que nos permite explicar a representação de capacidades organizacionais, como já empregado por Azevedo *et al.* (2015) para a extensão de ArchiMate para capacidades.

No próximo capítulo são apresentados os frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI que serão analisados posteriormente. Será dada ênfase ao suporte de capacidades organizacionais nesses frameworks.

Capítulo 3

Frameworks de Defesa para Modelagem e Estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI

Neste capítulo são apresentados os frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI. Para isso, o capítulo encontra-se assim organizado: a Seção 3.1 introduz o capítulo, apresentando os frameworks de defesa de forma geral; a Seção 3.2 apresenta o framework DoDAF; a Seção 3.3 apresenta os frameworks MODAF e NAF conjuntamente devido as suas similaridades; a Seção 3.4 apresenta um perfil UML (UPDM) usado para representação de modelos em conformidade com os frameworks de defesa apresentados; a Seção 3.5 apresenta as considerações finais do capítulo.

3.1 Frameworks de Defesa

Dentre os dos frameworks apresentados na seção 2.4, que atendem a diversos domínios organizacionais, existem também frameworks que são desenvolvidos com propósitos específicos de atender a um determinado domínio. Este é o caso dos frameworks para modelagem e estruturação de arquiteturas corporativas de TI que auxiliam nações com suas defesas. Estes frameworks vêm se tornando uma ferramenta importante para o planejamento e desenvolvimento de programas militares através de iniciativas de órgãos governamentais, tal como, o Departamento de Defesa dos EUA, o Ministério da Defesa Britânico e a OTAN. Esses órgãos de defesa desenvolveram seus próprios frameworks de Arquitetura Corporativa de TI: DoDAF (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010), MODAF (UK MINISTRY OF DEFENSE, 2013) e o NAF (NATO, 2013), respectivamente.

Nas próximas seções, nós discutiremos fragmentos do meta-modelo de cada um dos frameworks de defesa, visando apresentar os principais conceitos e relações desses frameworks, que são essenciais para compreensão deste trabalho. Nós também realizaremos algumas correspondências entre as linguagens dos frameworks para entender como cada framework representa determinada conceituação.

3.2 DoDAF

DoDAF é um framework e modelo conceitual abrangente que permite o desenvolvimento de descrições arquiteturais para o Departamento de Defesa dos EUA (DoD). Ele foi inicialmente desenvolvido pelo DoD para garantir uma base comum para as definições arquiteturais sobre os processos, serviços militares e agências de segurança. Essas descrições arquiteturais desenvolvidas facilitam o gerenciamento na tomada de

decisões do DoD, em todos os níveis, de forma mais eficaz por meio da organização e compartilhamento de informações entre os departamentos, as áreas de capacidades compartilhada (JCAs), as missões, os componentes e os escopos dos programas. Apesar de DoDAF ser claramente orientando a sistemas militares, ele possui ampla aplicabilidade em descrições arquiteturais que são mais gerais (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010 e CARDOSO *et al.*, 2010).

O framework DoDAF é composto por 8 pontos de vista (*viewpoints*): Ponto de Vista das Capacidades (*Capability Viewpoint*), Ponto de Vista dos Dados e Informações (*Data and Information Viewpoint*), Ponto de Vista Operacional (*Operational Viewpoint*), Ponto de Vista do Projeto (*Project Viewpoint*), Ponto de Vista dos Serviços (*Service Viewpoint*), Ponto de Vista de Padrões (*Standards Viewpoint*) e Ponto de Vista Geral (*All Viewpoint*), que compreende os aspectos da arquitetura de maneira geral, relacionando todos os pontos de vista, como por exemplo os aspectos que se relacionam com os objetivos da organização. O ponto de vista que possui os conceitos abordados neste trabalho é o Ponto de Vista das Capacidades (CV).

Em 2009, DoDAF introduziu a CV em sua versão 2.0. Esse ponto de vista foi uma extensão do meta-modelo que inclui, principalmente, o conceito de capacidade (*capability*) (DRYER *et al.*, 2007), que são fornecidas por “sistemas de sistemas”, e que compreendem qualquer combinação de “doutrina, organização, treinamento, material, liderança e educação, pessoal e de instalações” (conjunto este que é identificado em inglês pela sigla *DOTMLPF*). Esse ponto de vista foi criado para abordar as preocupações dos gestores do portfólio de capacidades. Em particular, os modelos desse ponto de vista descrevem a taxonomia dos conceitos relacionados ao aspecto de capacidades. Esse ponto de vista foi motivado pela necessidade do DoD de visualizar as capacidades em evolução, de sincronizar os incrementos das capacidades e de capturar o relacionamento entre projetos interdependentes e capacidades. Além disso, outra justificativa para a CV é sua crescente importância para o DoD em programas de transformação (e.g. intercâmbios globais - GEX, iniciativas de aquisição de defesa - DAI).

DoDAF descreve diversos modelos (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010 e DODAF, 2011) para a CV com a intenção de prover suporte a vários processos de decisão dentro do DoD, a saber:

- Visão (*Vision* - CV-1): aborda as preocupações da organização, associadas à sua visão geral, para com os esforços de transformação da mesma e, assim,

definindo o contexto estratégico para um grupo de capacidades, que apoiam tais transformações.

- Taxonomia da Capacidade (*Capability Taxonomy* - CV-2): captura as taxonomias do conceito de capacidade. Este modelo apresenta uma hierarquia de capacidades. Essas capacidades podem ser apresentadas no contexto de uma linha do tempo, i.e., essa linha do tempo pode mostrar as capacidades necessárias para outras capacidades atuais e futuras.
- Faseamento da Capacidade (*Capability Phasing* - CV-3): este modelo representa o planejamento realizado para alcançar uma capacidade em diferentes pontos do tempo ou durante específicos períodos de tempo.
- Dependências da Capacidade (*Capability Dependencies* - CV-4): descreve as dependências entre capacidades planejadas e a definição de agrupamentos lógicos de capacidades.
- Mapeamento de Capacidade para o Desenvolvimento Organizacional (*Capability to Organizational Development Mapping* - CV-5): descreve o cumprimento dos requisitos de uma capacidade, mostrando a implantação dessa capacidade planejada e relacionado tais requisitos atendidos a fases específicas da capacidade.
- Mapeamento de Capacidade para Atividades Operacionais (*Capability to Operational Activities Mapping* - CV-6): um mapeamento entre as capacidades necessárias e as atividades operacionais que essas capacidades suportam.
- Mapeamento de Capacidades para Serviços (*Capability to Services Mapping* - CV-7): um mapeamento entre as capacidades e os serviços que essas capacidades possibilitam.

O principal conceito no meta-modelo CV é o conceito de Capacidade, que é definida como “a habilidade para alcançar um efeito desejado sob padrões e condições específicos (performance) através da combinação de formas e meios (atividades e recursos) para realizar uma série de atividades” (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010). Note que Capacidade no meta-modelo de DoDAF é um tipo (*type*) de segunda ordem (tipo de tipos), e assim suas instâncias são tipos.

Capacidades nos modelos de DoDAF podem se relacionar com Executor (*Performer*), Atividade (*Activity*) e Recurso (*Resource*), e podem estar associadas com Efeitos Desejados (*Desired Effects*). A Figura 7 (adaptada de (DODAF, 2011)) apresenta um fragmento da CV, abrangendo o conceito de Capacidade (que é o conceito central nesse

“instância” ou, também chamadas, “entidades de mundo real”, e as demais são entidades em nível de “indivíduo”) discutidos aqui sobre os conceitos Executor, Executor Particular, Recurso e Recurso Particular (o uso de dependências marcadas com o *stereotype* `<<typeInstance>>` representam relações de instanciação entre os exemplos e os conceitos da linguagem), em um modelo de classes UML. (As mesmas convenções são utilizadas ao longo desse trabalho.)

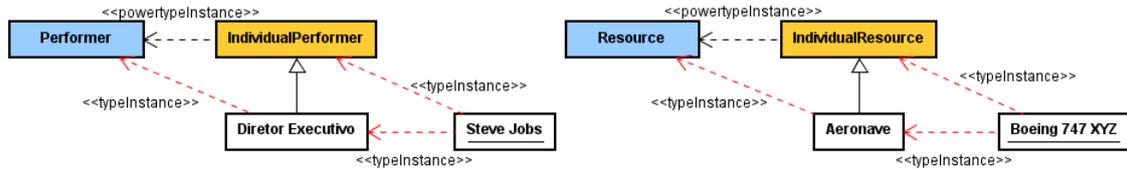


Figura 8: Exemplos de Executor, Executor Particular, Recurso e Recurso Particular

Uma especialização de Capacidade (um tipo, como por exemplo, “Capaz de Pilotar Aeronave”) pode estar relacionada com instâncias de Executor (e.g., “Piloto de Aeronave”) por intermédio da relação Capacidade do Executor (*capabilityOfPerformer*) (reificada como uma classe no meta-modelo). Essa relação representa uma especialização entre os dois tipos. Em outras palavras, uma instância de Executor pode especializar uma instância de Capacidade, i.e., neste exemplo, um “Piloto de Aeronave” é uma especialização de “Capaz de Pilotar Aeronave”. Além disso, o meta-modelo também inclui a noção de Tipo de Capacidade (*CapabilityType*), que é o *powertype* de Capacidade (instâncias de Tipo de Capacidade são, desta forma, especializações de Capacidade), i.e., neste exemplo, “Capaz de Pilotar” é uma instância de Tipo de Capacidade e uma especialização de Capacidade. A Figura 9 apresenta um exemplo sobre a relação Capacidade do Executor entre Capacidade e Executor e a relação de *powertype* entre Tipo de Capacidade e Capacidade.

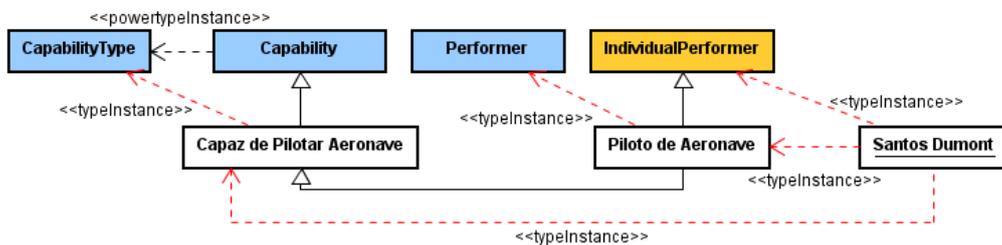


Figura 9: Exemplos sobre a relação Capacidade do Executor e a relação de *powertype* no DoDAF

3.3 MODAF and NAF

O framework MODAF foi desenvolvido pelo Ministério da Defesa Britânico (MOD) para auxiliar no planejamento da defesa e no gerenciamento de mudanças em atividades (CARDOSO *et al.*, 2010 e UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013). Esse suporte

é feito “permitindo a captura e apresentação de informações de forma rigorosa e coerente, auxiliando o entendimento de questões complexas”. MODAF foi desenvolvido baseado na versão 1.0 do DoDAF e apresenta similaridades com ele. O framework é dividido em 7 pontos de vista (que ainda são compostos por outras visões):

- Ponto de Vista Estratégico (*Strategic Viewpoint – StV*): define os efeitos e resultados esperados do negócio, e quais capacidades são necessárias para alcançá-los;
- Ponto de Vista Operacional (*Operational Viewpoint – OV*): define os processos, informações e entidades necessárias para atender aos requisitos de uma capacidade.
- Ponto de Vista Orientado a Serviços (*Service Oriented Viewpoint – SOV*): descreve os serviços necessários para auxiliar os processos descritos nas visões do Ponto de Vista Operacional.
- Ponto de Vista do Sistema (*System Viewpoint – SV*): descreve a implementação física do Ponto de Vista Operacional e do Ponto de Vista Orientado a Serviços, ou seja, descreve os recursos que realizam as capacidades.
- Ponto de Vista de Aquisição (*Acquisition Viewpoint – AcV*): descreve os detalhes programáticos, incluindo as dependências e linhas do tempo dos projetos de uma organização.
- Ponto de Vista de Padrões Técnicos (*Technical Standards Viewpoint – TV*): define os padrões, regras, políticas e guias que são aplicados em aspectos da arquitetura da organização.
- Ponto de Vista de Todas as Visões (*All Views Viewpoint – AV*): provê uma descrição e glossário do conteúdo da arquitetura da organização.

O ponto de vista mais importante para o foco deste trabalho é o Ponto de Vista Estratégico, que é composto pelas seguintes visões: Visão da Organização (*Enterprise Vision – StV1*), Taxonomia de Capacidade (*Capability Taxonomy – StV2*), Faseamento de Capacidade (*Capability Phasing – StV3*), Dependências de Capacidade (*Capability Dependencies – StV4*), Mapeamento de Capacidade para Implantação Organizacional (*Capability to Organization Deployment Mapping – StV5*) e Mapeamento de Atividade Operacional para Capacidade (*Operational Activity to Capability Mapping – StV6*). Esse ponto de vista auxilia no processo de análise e otimização das entregas de capacidades militares na prática, baseado nas intenções estratégicas do MOD. Um dos conceitos centrais desse ponto de vista é o de

Capacidade (*Capability*), que é definido como “uma especificação de alto nível das habilidades da organização². Uma capacidade é uma classificação de alguma habilidade – e pode ser especificada independentemente da organização ser atualmente capaz de alcançá-la” (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013).

Uma vez que MODAF compartilha um meta-modelo com o NAF (NATO, 2013), (desenvolvido pela OTAN), esses dois frameworks serão apresentados conjuntamente. NAF também apresenta uma definição sobre o conceito de Capacidade: “a habilidade³ de um ou mais recursos para atender a um tipo de efeito ou cursos de ações específicos” (NATO, 2013). Um fragmento do meta-modelo compartilhado entre esses frameworks é apresentado na Figura 10 (adaptada de (NATO, 2013 e UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013)), abrangendo o conceito de Capacidade (que é o conceito central nesse fragmento) e outros conceitos e relações associados a ele. Esses conceitos apresentados no fragmento representam os mais relevantes para esse trabalho, uma vez que serão o foco da análise realizada no capítulo 4.

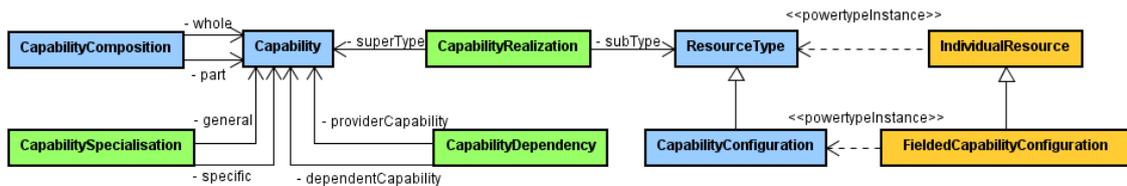


Figura 10: Fragmento do meta-modelo compartilhado entre MODAF e NAF

Diferentemente de DoDAF, tanto MODAF quanto NAF apresentam relações entre capacidades, incluindo Especialização de Capacidade (*CapabilitySpecialisation*), Dependência de Capacidade (*CapabilityDependency*) e Composição de Capacidade (*CapabilityComposition*). Além disso, MODAF e NAF incluem a noção de Configuração de Capacidade (*CapabilityConfiguration*), que é uma especialização de Tipo de Recurso (*ResourceType*) e é definido como “uma estrutura composta representando recursos físicos e humanos (e suas interações) que quando são reunidos proveem uma ou mais capacidades”. Tanto o conceito de Configuração de Capacidade do MODAF e NAF, quanto o conceito de Executor de DoDAF são entidades que proveem capacidades, enquanto o construto de MODAF e NAF é mais expressivo, uma vez que ele pode capturar uma estrutura arbitrária de elementos que interagem para prover uma capacidade. A noção de Tipo de Recurso em

² *enterprise abilities* no original em inglês

³ Em NAF, o termo Capacidade é disposicional, i.e., recursos podem possuir capacidades mesmo se ele nunca manifestarem tais capacidades.

MODAF corresponde diretamente à noção de Recurso em DoDAF, apesar da diferença na nomenclatura (a nomenclatura de MODAF parece mais adequada por esclarecer que instâncias de Tipo de Recurso são tipos de recursos). Assim como em DoDAF, a relação de *powertype* também é representada em MODAF e NAF, na Figura 10 ela está presente entre Tipo de Recurso e Recurso Particular (*IndividualResource*), e entre Configuração de Capacidade e Configuração de Capacidade em Campo (*FieldedCapabilityConfiguration*). A relação de *powertype* indica que instâncias de Tipo de Recurso e Configuração de Capacidade são especializações de Recurso Particular e Configuração de Capacidade em Campo respectivamente. A Figura 11 apresenta exemplos sobre as relações de *powertype* entre esses conceitos, em um diagrama de classes UML. O elemento “Rifle” é uma instância de Tipo de Recurso e especialização de Recurso Particular, enquanto o elemento “Unidade de Busca e Resgate” é uma instância de Configuração de Capacidade e especialização de Configuração de Capacidade em Campo.

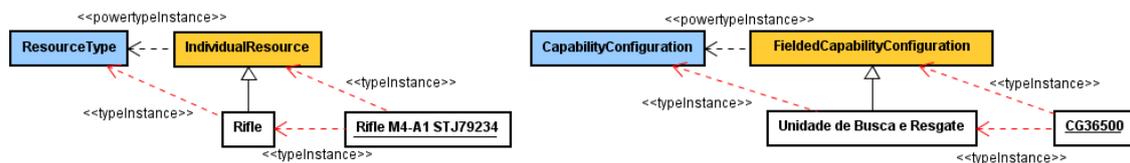


Figura 11: Exemplos sobre a relação de *powertype* entre conceitos do MODAF e NAF

3.4 UPDM

A fim de implementar frameworks de arquitetura corporativa de forma eficaz, tanto as linguagens e padrões de modelagem quanto as ferramentas que os implementam são necessárias. Em um esforço para desenvolver uma linguagem de modelagem comum para implementação do framework DoDAF, a OMG definiu um padrão UML para representação de DoDAF e MODAF (consequentemente NAF também é representado, visto que MODAF e NAF compartilham características do meta-modelo), chamado de *UML Profile for DoDAF/MODAF* (UPDM) (OMG, 2013).

UPDM visa permitir o uso de UML por modeladores para expressar modelos seguindo os frameworks DoDAF e MODAF (e consequentemente o NAF, por compartilhar o meta-modelo com MODAF) e organizá-los em uma série de pontos de vista específicos que visam atender as necessidades dos *stakeholders*. UPDM auxilia no estabelecimento de uma base comum para o desenvolvimento de modelos DoDAF, MODAF e NAF, melhorando a interoperabilidade de ferramentas, a comunicação entre os *stakeholders* e reduzindo os impactos de aprendizagem ocasionado por diferentes implementações e semânticas das ferramentas (OMG, 2013 e CARDOSO, 2009). A

especificação UPDM apresenta uma sintaxe abstrata e concreta, provendo um padrão de modelagem que suporta tanto DoDAF, MODAF e NAF.

De modo a exemplificar o uso de noções relacionadas ao conceito de capacidades (*capabilities*) nos frameworks de defesa (DoDAF, MODAF e NAF), nós adotamos UPDM. A Figura 12 (adaptada de (OMG, 2013)) apresenta um exemplo de um cenário chamado “Busca e Resgate” (*Search and Rescue - SAR*). Os conceitos Capacidade, Configuração de Capacidade (*CapabilityConfiguration*) e Recurso (*Resource*) são representadas como classes marcadas com os *stereotypes* <<Capability>>, <<CapabilityConfiguration>> e <<Resource>> respectivamente. O modelo foi replicado sem alterações, apenas com a tradução dos termos originais.

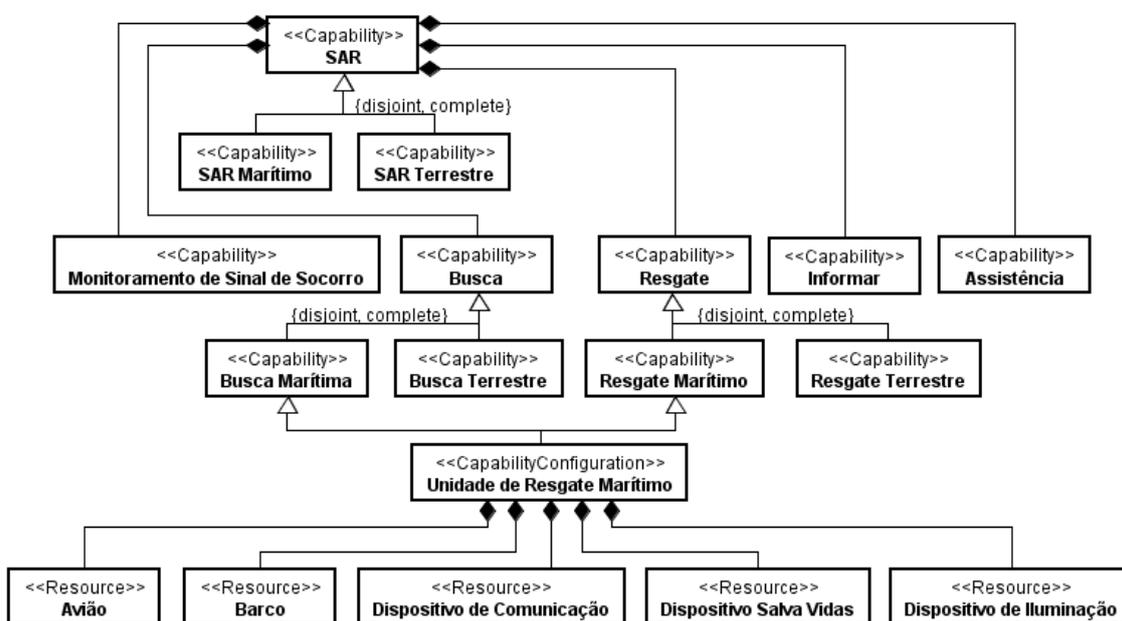


Figura 12: Exemplo do cenário SAR em UPDM

Como apresentado na Figura 12, a relação entre “SAR Marítimo” e “SAR” e entre o “SAR terrestre” e “SAR” é uma especialização (*specialization*). Além disso, as capacidades “Monitoramento de Sinal de Socorro”, “Busca”, “Resgate”, “Informar” e “Assistência” compõem a capacidade “SAR” e suas capacidades folhas na hierarquia, através da relação de composição. A Configuração de Capacidade “Unidade de Resgate Marítimo” provê as capacidades “Busca Marítima” e “Resgate Marítimo” (representado através da especialização).

3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os frameworks de defesa DoDAF, MODAF e NAF que são utilizados no domínio de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas

Corporativas de TI. Foram apresentados os meta-modelos e as definições dos conceitos, com foco principal no conceito de capacidade e em suas relações.

Ademais, assimilações e comparações foram feitas entre DoDAF, MODAF e NAF, com a finalidade de realizar um alinhamento preliminar de alguns aspectos dos frameworks. Foi também apresentado um perfil UML (UPDM) para representação dos frameworks de defesa de forma unificada.

Por fim, observou-se que nos meta-modelos e nas definições, existem representações diferentes para o conceito de capacidade, podendo obscurecer tal conceituação. Contudo, ainda é necessário analisar de forma mais profunda essas linguagens e a fundamentação que elas seguem (a ontologia do IDEAS). Deste modo, com a finalidade de realizar tal análise sobre as linguagens dos frameworks de defesa, o próximo capítulo introduz a fundamentação utilizada pelas linguagens e apresenta o alinhamento entre as linguagens dos frameworks e a fundamentação do IDEAS, para assim, com base em um meta-modelo geral realizar a análise ontológica e identificar gaps nas linguagens.

Capítulo 4

Análise Ontológica

Este capítulo apresenta a análise ontológica dos meta-modelos dos frameworks de defesa, apresentados no Capítulo 3, com enfoque no conceito de capacidade e suas relações. Para isso, o capítulo encontra-se assim organizado: a Seção 4.1 apresenta a ontologia subjacente aos frameworks de defesa - ontologia do IDEAS, que é a fundamentação necessária para interpretar os meta-modelos dos frameworks; a Seção 4.2 contrasta a visão perdurantista (que é seguida pela ontologia do IDEAS) e a visão endurantista (que é seguida pela UFO); a Seção 4.3 revela como os frameworks de defesa são alinhados à ontologia do IDEAS; a Seção 4.4 faz uma análise das deficiências existentes, usando como base o contraste entre a visão perdurantista do IDEAS com a visão endurantista da UFO e mostra como uma four-category ontology pode auxiliar na identificação de tais deficiências; e a Seção 4.5 apresenta as considerações finais do capítulo.

4.1 Ontologia do IDEAS

O grupo IDEAS (International Defence Enterprise Architecture Specification) desenvolveu uma ontologia formal para facilitar a interoperabilidade e compartilhamento de modelos de arquiteturas corporativas no domínio de defesa. O objetivo do grupo é auxiliar o desenvolvimento de um formato de dados intercambiável para arquiteturas corporativas no domínio de defesa, com o propósito de permitir um compartilhamento transparente entre nações parceiras, independente da ferramenta de modelagem ou repositório que a nação utiliza (IDEAS, 2012). A ontologia IDEAS foi desenvolvida para ser usada como fundamentação pelos frameworks de defesa DoDAF, MODAF e NAF no desenvolvimento de seus respectivos meta-modelos.

Nesta seção, nós focaremos principalmente na noção de IDEAS sobre Propriedade (*Property*), que posteriormente foi especializada por vários frameworks para explicar o conceito de Capacidades (*Capabilities*) (IDEAS, 2012). Em IDEAS, instâncias de Propriedades são tipos “cujos membros exibem traços e características em comum” (IDEAS, 2012). Propriedade especializa a noção de Tipo de Indivíduo (*IndividualType*), que é um *powertype* de Indivíduo (*Individual*). Assim, instâncias de instâncias de Propriedade são indivíduos com uma extensão espaço-temporal que “exibem traços e características em comum”. O tipo “Pessoa Adulta” seria um exemplo de uma instância de Propriedade, e pessoas específicas (e.g., “Obama” e “Ângela Merkel”) seriam exemplos de instância de “Pessoa Adulta”.

O conceito de Propriedade também é especializado em: (i) Propriedade Disposicional (*DispositionalProperty*), que é definida como “uma Propriedade cujos membros são Indivíduos capazes de manifestar uma Propriedade Categórica [*CategoricalProperty*] sobre

certas condições”, e (ii) Propriedade Categórica, que é definido como “uma Propriedade que é sempre exibida por suas instâncias [Indivíduos] ”. A Figura 13 ilustra um fragmento de IDEAS, com os conceitos relevantes para os nossos propósitos.

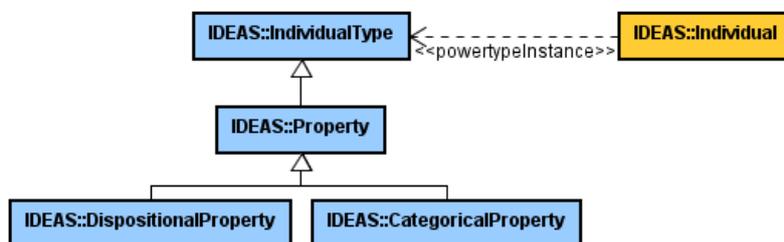


Figura 13: Conceitos relevantes na ontologia do IDEAS

Devido a suas relações históricas com a metodologia BORO (**B**usiness **O**bjects **R**eference **O**ntology) (IDEAS, 2012), a ontologia do IDEAS é perdurantista (ou 4D), i.e., possui uma visão em que as mudanças nos elementos são explicadas através de partes temporais sucessivas. Ao contrário da visão perdurantista da ontologia do IDEAS, UFO é uma ontologia endurantista (ou 3D). A fim de entender a diferença na forma de interpretação dos elementos da ontologia do IDEAS e da UFO, a próxima seção concentra-se em uma discussão mais profunda sobre as visões perdurantista e endurantista.

4.2 Perdurantismo x Endurantismo

Na literatura filosófica, existem duas visões clássicas que refletem diferentes modos de classificar entidades com respeito à sua relação com o tempo. Elas são chamadas de Endurantismo (visão seguida por UFO) e Perdurantismo (visão seguida pela ontologia do IDEAS) (GUIZZARDI, 2005).

De acordo com Varzi (2003), a primeira teoria afirma que “coisas como pessoas, pedras e mesas são continuantes tridimensionais que literalmente persistem através do tempo a despeito das mudanças qualitativas que eles podem sofrer”. Endurantes (ou continuantes) são objetos que persistem no tempo, enquanto mantem sua identidade, de maneira que se dizemos que em uma circunstância **c1** um endurante **e** possui uma propriedade **p1** e em uma circunstância **c2** possui uma propriedade **p2** (possivelmente incompatível com **p1**), **e** é o mesmo endurante em cada uma das situações. Por exemplo, na visão 3D, “João” em um estágio **e1** de sua vida representa o mesmo “João” em outro estágio **e2**, i.e., “João” muda qualitativamente preservando a sua identidade, exibindo em certo instante do tempo diferentes propriedades, neste caso “João” em sua fase de criança é o mesmo “João” em sua fase de adulto e em sua fase de idoso. Outros exemplos incluem

entidades persistentes físicas e sociais do dia-a-dia, tal como pessoas, bolas, pedras, estudantes e universidades.

Ao contrário da posição endurantista, a visão perdurantista elimina a distinção entre continuantes e perdurantes argumentando que “objetos ordinários tais como pessoas, pedras ou mesas não são continuantes, eles são perdurantes” (VARZI, 2003). Em conformidade com essa visão apresentada por Varzi (2003), esses objetos têm tanto partes espaciais quanto temporais, e dizer que tais “objetos persistem no tempo é dizer que eles têm diferentes partes que existem em diferentes tempos”. Em outras palavras, perdurantes (ou processos) possuem partes temporais que se desdobram no tempo, e assim, não podem mudar genuinamente, i.e., se um perdurante p tem a propriedade x no tempo $t1$ e uma outra propriedade y (possivelmente contraditória a x) no tempo $t2$, então existem $tp1$ e $tp2$ como partes temporais de p tais que: (i) $tp1$ acontece em $t1$ e tem a propriedade x e (ii) $tp2$ acontece em $t2$ e tem a propriedade y . Por exemplo, na visão 4D, “João” em um estágio de sua vida representa apenas uma parte de “João” e não a sua totalidade, i.e., “João” é composto de todas suas partes que se desdobram no tempo (e.g., as fases de “João” como uma criança, como um adulto e como um idoso são partes temporais de “João”). Outros exemplos de perdurantes incluem uma festa de aniversário, uma execução específica de um processo de negócio, um jogo de futebol e a Segunda Guerra Mundial. (GUIZZARDI, 2005 e ZAMBORLINI, 2011).

De forma sintetizada, na primeira visão algumas entidades (os objetos) são vistas como continuantes 3D e na segunda visão todas as entidades (inclusive aquelas comumente associadas à noção informal de objeto) são vistas como perdurantes 4D com diferentes partes temporais ao longo do tempo.

Na Figura 14, o exemplo ilustrado do lado esquerdo, representa a visão clássica 4D (utilizada pelo IDEAS), em que uma entidade possui uma quarta dimensão temporal. Nesse exemplo, um indivíduo é apresentado como sendo estendido em uma quarta dimensão temporal, compondo uma entidade 4D, cujas fatias são visões instantâneas durante sua vida (também ditas suas partes ou fatia temporais). Por outro lado, o mesmo exemplo é ilustrado do lado direito da Figura 14, de forma a evidenciar que na visão endurantista existe no caso de objetos (e endurantes em geral) um conceito individual, representado pelo indivíduo “João”. Esse indivíduo muda qualitativamente preservando a sua identidade, exibindo em certo instante do tempo diferentes propriedades. Não há neste caso a noção de parte temporal para endurantes.

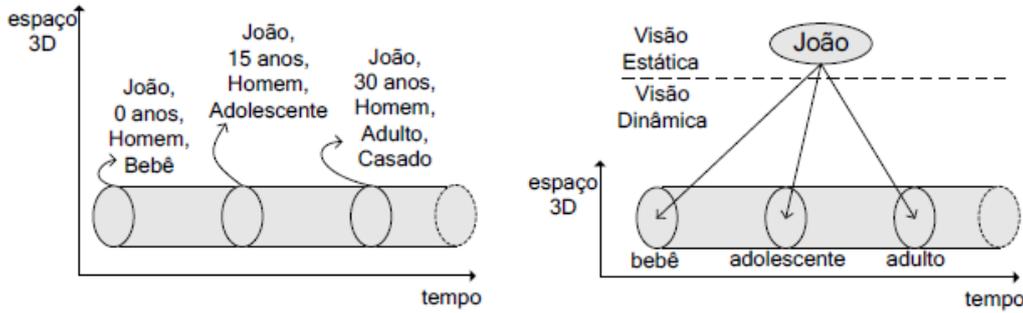


Figura 14: Esquemas ilustrativos de um objeto segundo a visão clássica 4D (IDEAS) e dividido em visões estática e dinâmica (UFO) (ZAMBORLINI, 2011)

Por fim, como IDEAS segue a visão perdurantista, devido as suas relações históricas com a metodologia BORO, quando objetos nessa ontologia sofrem mudanças qualitativas, novas partes temporais desses objetos são criadas, e essas partes temporais instanciam tipos diferentes (i.e., cada parte temporal pode instanciar uma Propriedade diferente). Por exemplo, considere que nós queremos explicar o fato que João emagrece 10Kg após uma dieta dura. De acordo com IDEAS, os seguintes Tipos de Indivíduos devem ser admitidos neste cenário: “Pesando 80kg”, “Pesando 70kg” (instâncias de Propriedade) e “Pessoa”. “João” deveria, desta forma, ser considerado a soma da parte temporal (Pt1) “João pesando 80kg” (que instancia tanto “Pessoa” e “Pesando 80kg”) e a parte temporal (Pt2) subsequente “João pesando 70kg” (que instancia tanto “Pessoa” e “Pesando 70kg”). A Figura 15 ilustra como esse exemplo de “João emagrecer 10Kg após uma dieta dura” seria instanciado em um modelo de classes UML especializando e instanciando classes de IDEAS.

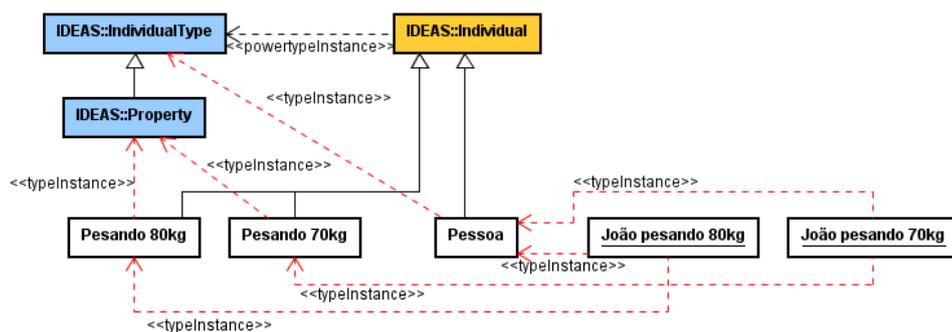


Figura 15: Exemplo da ontologia do IDEAS

Note que, cada novo valor admissível para a propriedade de “João” exige a definição de um universal diferente, para conceituar também os casos em que “João” emagreça mais 5kg, seria necessário conceber um novo universal chamado “Pesando 65kg” para representar a nova parte temporal (Pt3) de “João” (que instancia tanto “Pessoa” e

“Pesando 65kg”). Essa necessidade de numerosos (e, algumas vezes, infinitos) universais para cada valor admissível de uma propriedade pode resultar em uma representação menos parcimoniosa.

4.3 Alinhamento entre DoDAF, MODAF, NAF e IDEAS

A Figura 16 apresenta o relacionamento entre os conceitos do IDEAS e o conceito de Capacidade (*Capability*) dos frameworks de defesa supracitados. Foi mantida aqui a nomenclatura de MODAF para Tipo de Recurso (*ResourceType*) (que equivale a noção de Recurso – *Resource* em DoDAF), e incluímos o conceito Configuração de Capacidade (*CapabilityConfiguration*) de MODAF e de NAF ao invés do conceito Executor (*Performer*) de DoDAF, uma vez que Configuração de Capacidade é uma noção mais geral do que Executor.

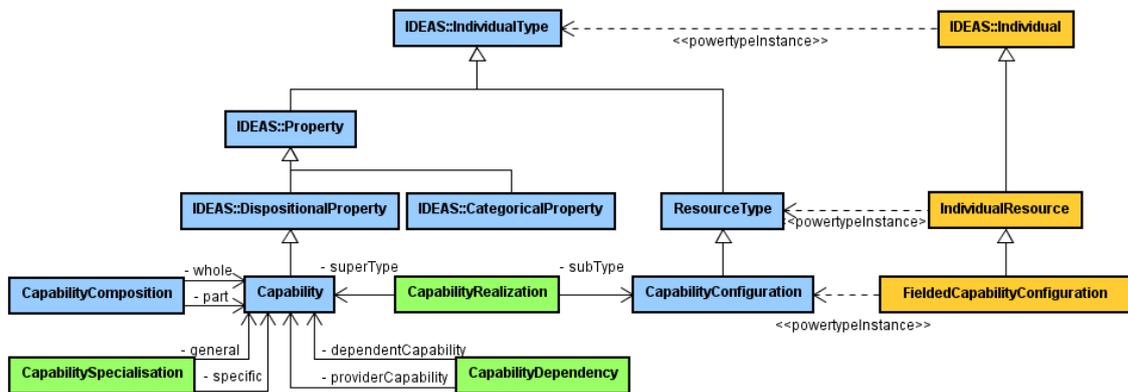


Figura 16: Fragmento do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhado com a ontologia do IDEAS

Note que todos os conceitos dos frameworks especializam conceitos mais gerais do IDEAS. O conceito Capacidade é uma especialização de Propriedade Disposicional (*DispositionalProperty*) da ontologia do IDEAS. Como instâncias de Propriedades (*Properties*) são tipos (de primeira ordem), esta escolha de alinhamento faz também com que instâncias de Capacidade sejam tipos (de primeira ordem). As instâncias de uma instância de Capacidade são indivíduos capazes de manifestar certas Propriedades Categóricas (*CategoricalProperties*) sobre certas condições. Em outras palavras, uma instância de Capacidade de fato representa um ‘tipo de entidade capaz’.

Este tratamento de Capacidade parece estar em desacordo com nossa intuição quando lemos as definições que são providas nas especificações dos frameworks:

- DoDAF: “a **habilidade** para alcançar um efeito desejado sob padrões e condições específicos (performance) através da combinação de formas e meios (atividades e recursos) para realizar uma série de atividades” (USA DEPARTMENT OF DEFENSE, 2010).
- MODAF: “uma especificação de alto nível das habilidades da organização. Uma capacidade é uma classificação de alguma **habilidade** – e pode ser especificada independentemente da organização ser atualmente capaz de alcançá-la” (UK MINISTRY OF DEFENCE, 2013).
- NAF: “a **habilidade** de um ou mais recursos para atender a um tipo de efeito ou cursos de ações específicos” (NATO, 2013).

O texto nas definições não se refere a tipos de objetos que são capazes de algo, mas ao invés disso, define Capacidade em termos gerais como alguma “habilidade”. Isso parece afetar também a nomenclatura usada pelos modeladores para descrever capacidades nos modelos produzidos. Consideremos o exemplo apresentado na Figura 17 (disponível na seção 3.4 e sendo rerepresentada nesta seção), que foi derivado da especificação oficial de UPDM.

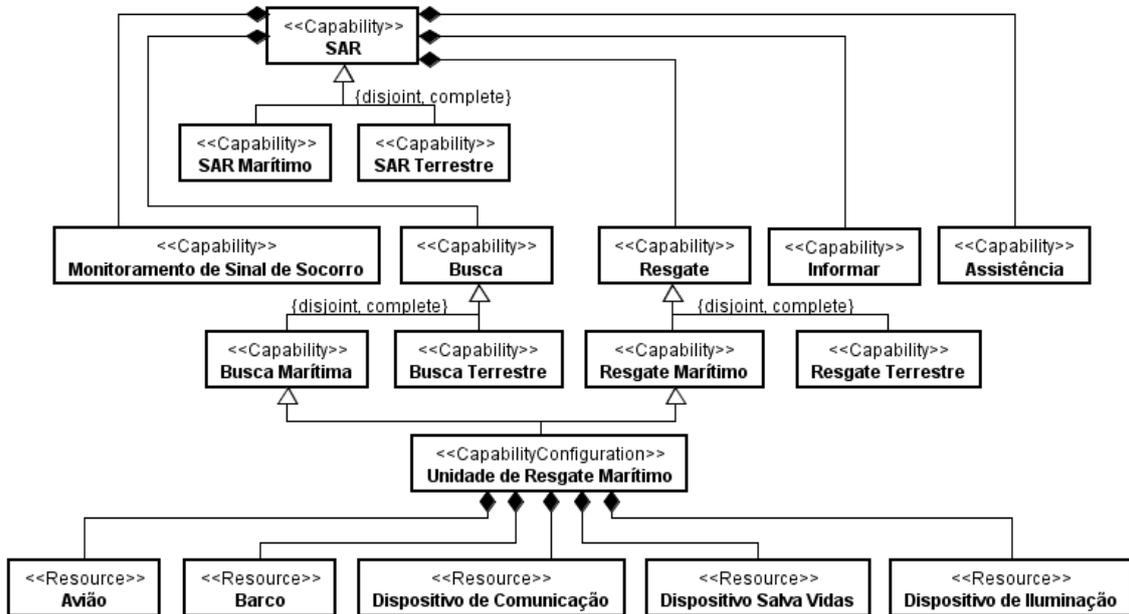


Figura 17: Exemplo do cenário SAR em UPDM (idem Figura 12, seção 3.4)

O modelo representa instâncias de Capacidade chamadas: “Busca”, “Busca Marítima”, “Resgate”, “Resgate Marítimo”, etc. O modelo também inclui uma instância de Configuração de Capacidade (ou seja, um Tipo de Recurso) chamada “Unidade de Resgate

Marítimo”, que especializa “Busca Marítima” e “Resgate Marítimo”. Instâncias específicas de “Unidade de Resgate Marítimo” (dita como unidade de regate marítimo X) são conseqüentemente também instâncias de “Busca”, “Busca Marítima”, “Resgate” e “Resgate Marítimo”. Intuitivamente, de acordo com a especificação dos frameworks, nomes mais adequados para os elementos da Capacidade poderiam ser “Capaz de Busca”, “Capaz de Busca Marítima”, “Capaz de Resgate” e “Capaz de Resgate Marítimo”, conforme ilustrado pela Figura 18.

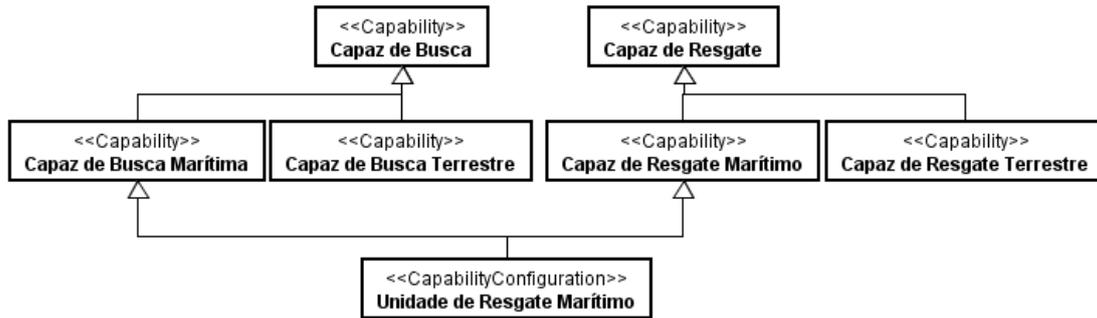


Figura 18: Fragmento do cenário SAR com alteração na nomenclatura

Em contraste com a Figura 17, na Figura 18 é possível notar de forma mais explícita que instâncias específicas de “Unidade de Resgate Marítimo” (dita como unidade de regate marítimo X) são capazes de realizar buscas e resgates marítimos, uma vez que “Unidade de Resgate Marítimo” é uma especialização de “Capaz de Busca Marítima” e “Capaz de Resgate Marítimo”. Com essa alteração na nomenclatura, fica nítido no modelo que “Unidade de Resgate Marítimo” é um tipo de “coisa capaz”, e assim, estando de acordo com a definição de Propriedade, que é o conceito no qual Capacidade se ancora.

4.4 Uma *Four-Category Ontology* para o auxílio na representação de capacidades organizacionais nos frameworks de defesa

O cenário descrito na seção 4.3, à primeira vista, parece revelar um mero problema de nomenclatura. Entretanto, uma análise mais detalhada da semântica dos construtos que são empregados neste cenário revela que nesses frameworks não existe suporte para representar o que nós usualmente referimos como uma capacidade (representam-se apenas tipos de “coisas capazes”). Nesta seção, nós utilizaremos a abordagem proposta na seção anterior (4.4) para discutir como uma ontologia centrada em quatro categorias (*four-category ontology*), tal como UFO, pode dar apoio a esta análise semântica ao conceituar capacidades como endurantes por si só, inerentes em coisas capazes.

Diferentemente de IDEAS, UFO reifica momentos e distingue universais substanciais de universais de momento. Como nós discutimos no capítulo 2, UFO inclui a noção de disposição, que pode ser usada como uma base para a conceituação de capacidades. Capacidades podem ser consideradas disposições (momentos) que inerem em substanciais que são capazes. Por exemplo, a fim de explicar o fato de que um avião específico é capaz de voar, UFO admitiria a existência de um avião (um substancial) e de uma capacidade do avião de voar (uma disposição específica que é inerente a um avião). UFO também distingue universais substanciais (cujas instâncias são aviões, eventualmente capazes de voar) e universais de momento (cujas instâncias são capacidades específicas de voar, que podem inerir em aviões). Assim, o modelador pode representar as propriedades da capacidade de voar de um avião específico, tal como altitude e velocidade máxima.

A Figura 19 ilustra as quatro categorias principais de UFO e suas correspondências com os conceitos da ontologia do IDEAS.

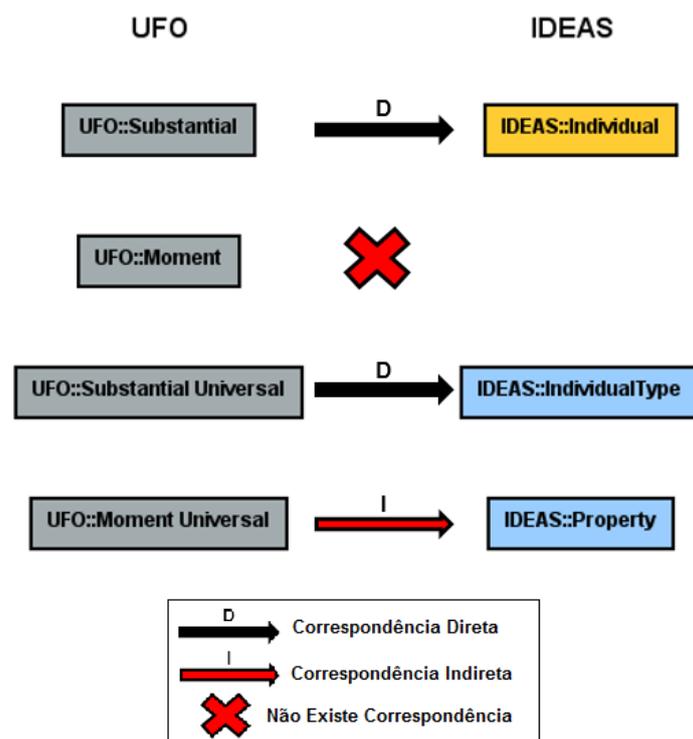


Figura 19: Categorias de UFO em correspondência com a ontologia do IDEAS

A Tabela 1 descreve as correspondências entre os conceitos de UFO e os conceitos da ontologia do IDEAS, presentes no mapeamento ilustrado pela Figura 19.

Tabela 1: Categorias de UFO em correspondência com a ontologia do IDEAS

UFO	IDEAS
<u>Substancial</u>	Corresponde ao conceito <u>Indivíduo</u> .
<u>Momento</u>	Não há correspondência.
<u>Universal Substancial</u>	Corresponde ao conceito <u>Tipo de Indivíduo</u> .
<u>Universal de Momento</u>	Não há correspondência direta, contudo, existe uma correspondência indireta, uma vez que o conceito <u>Propriedade</u> poderia ser utilizado como um <u>Universal Substancial</u> (e.g., “Capaz de Voar”) cujas instâncias possuem uma “propriedade” comum.

Note na Tabela 1, que IDEAS não faz uma distinção explícita entre Universais Substanciais e Universais de Momento, uma vez que para representar um Universal de Momento eles utilizam o conceito de Propriedade como um “tipo de Substancial” cujas instâncias possuem uma “propriedade” comum, entretanto, essa “propriedade” comum não é explicitamente representada em IDEAS. Assim, não podemos determinar alguns aspectos dessas propriedades, tal como, propriedades de uma capacidade (e.g., velocidade máxima como uma propriedade de uma capacidade de voar) e quando essas propriedades sofrem mudanças qualitativas (e.g., mudança da velocidade máxima). De fato, em IDEAS, uma mudança em uma capacidade apenas pode ser modelada por meio de uma variação de partes temporadas da “coisa capaz”. Cada parte temporal instancia um determinado universal diferente (e.g., “Capaz de Voar com Velocidade Máxima de 800Km/h”, “Capaz de Voar com Velocidade Máxima de 900Km/h”, etc.) de um mesmo determinado universal (“Capaz de Voar”). Deste modo, tornam-se necessários numerosos (e, às vezes, infinitos) universais, para cada valor admissível associado com um determinado universal (i.e., um tipo de coisa capaz).

A Figura 20 exemplifica como seriam representadas as propriedades de uma entidade e as propriedades das capacidades de uma entidade, de acordo com a visão perdurantista da ontologia do IDEAS. Observando a figura, apenas com o objeto “Caça de Matrícula FAB A-29B55953” (instância de “Capaz de Voar” e “Caça”) não é possível determinar explicitamente as propriedades que são inerentes nesse objeto. Deste modo, para representar tais propriedades, tornam-se necessárias especializações de “Capaz de Voar”, como por exemplo, “Capaz de Voar com Velocidade de 800 Km/h”. Entretanto, quando consideramos que o objeto “Caça de Matrícula FAB A-29B55953” possa sofrer mudanças qualitativas que alteram sua performance de voo, como por exemplo, a cada

novo período de tempo sua velocidade máxima aumente em 100 Km/h em relação a sua velocidade máxima anterior; neste caso esse espectro de novos valores admissíveis associados ao caça são representados por outros universais (“Capaz de Voar com Velocidade de 800 Km/h”, “Capaz de Voar com Velocidade de 900 Km/h” e assim sucessivamente), e as instâncias (e.g., “Caça FAB A-29B5953 Capaz de Voar com Velocidade de 800 Km/h” e Caça FAB A-29B5953 Capaz de Voar com Velocidade de 900 Km/h”) desses universais específicos constituem as partes temporais (representado pela relação de dependência *TemporalWholePart*) de “Caça de Matrícula FAB A-29B5953”. Essa representação de múltiplos universais torna a representação menos parcimoniosa (conforme apresentado na Figura 20).

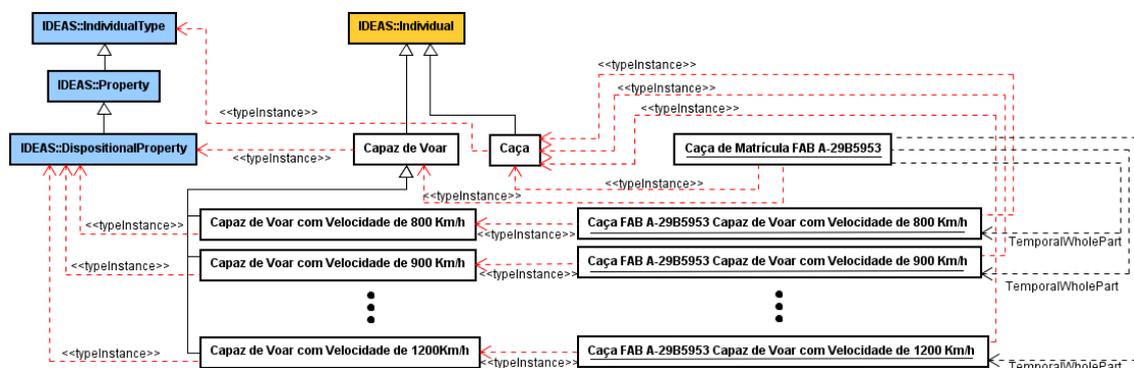


Figura 20: Exemplo da representação de propriedades de entidades na ontologia do IDEAS

Em contrapartida, a Figura 21 apresenta o mesmo exemplo, agora de acordo com a visão endurantista de UFO (o uso de dependências marcadas com o *iof* representam relações de instanciação entre os exemplos e os conceitos da linguagem). Note que neste caso, o objeto “Caça de Matrícula FAB A-29B5953” (instância do Substancial “Caça”) é portador da “Capacidade de Voar Caça FAB A-29B5953” (instância da Disposição “Capacidade de Voar”), e isso é representada explicitamente no modelo através da relação de caracterização (representada pelo *stereotype* <<characterization>>) entre o “Caça” e “Capacidade de Voar” que reflete na relação de dependência *inheres in* entre “Caça de Matrícula FAB A-29B5953” e “Capacidade de Voar Caça FAB A-29B5953”, indicando que o segundo inere no primeiro. Além disso, a relação de caracterização entre “Capacidade de Voar” e “Velocidade Máxima” (uma Qualidade) indica que a capacidade de voar possui uma propriedade que a caracteriza, i.e., é possível representar explicitamente no modelo as propriedades de uma capacidade. Essa relação de caracterização entre “Capacidade de Voar” e “Velocidade Máxima” reflete na relação de dependência *inheres in* entre “Capacidade de Voar Caça FAB A-29B5953” e “Velocidade da Capacidade Caça

necessário ter conhecimento das propriedades do caça (incluído as propriedades de seus recursos), que é um dos benefícios da reificação do conceito de capacidade. Essa reificação também permite a representação de relações entre uma capacidade (como uma disposição) e seus, assim chamados, “parceiros de ativação mútua” (MOLNAR; MUMFORD, 2003). Por exemplo, torna-se possível representar condições para uma capacidade ser ativada. Ou, alternativamente, pode-se explicar por que na presença de disposições diferentes, uma capacidade pode ser manifestada de diferentes formas.

4.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou uma das principais contribuições deste trabalho: a identificação de gaps nas linguagens dos frameworks de defesa em relação ao conceito de capacidade, através de uma análise ontológica, utilizando como base a ontologia de quatro categorias UFO para realizar o contraste com a ontologia do IDEAS. Além disso, também foram abordadas as seguintes informações neste capítulo: a ontologia do IDEAS, que é a fundamentação necessária para interpretar os meta-modelos dos frameworks; as diferenças entre perdurantismo (visão da ontologia do IDEAS) e endurantismo (visão de UFO); e o alinhamento dos frameworks de defesa com a ontologia do IDEAS.

Esse último, nos permitiu interpretar os meta-modelos dos frameworks de defesa e levantar certas questões iniciais (em relação as nomenclaturas utilizadas nos exemplos e as definições apresentadas, pelos frameworks) em relação aos conceitos representados nos frameworks, principalmente o de Capacidade. Contudo, somente após realizar o contraste entre a ontologia do IDEAS e a UFO, foi possível levantar questões de falta de clareza (levando a nomenclaturas obscuras) e expressividade por não representarem capacidades como propriedades que inerem em outras entidades. A Tabela 2 apresenta as questões identificadas mediante o mapeamento realizado na seção 4.4.

Tabela 2: Questões identificadas por meio do mapeamento realizado

Questão	Causa	Consequência
Q1 - <u>Deficiência de Construto</u>	Não existe um construto para representar capacidades explicitamente.	Torna a linguagem menos expressiva, uma vez que não representa todos fenômenos de um determinado domínio.
Q2 - <u>Deficiência de Construto</u>	Não existe um construto para representar propriedades de uma capacidade explicitamente.	
Q3 - <u>Sobrecarga de Construto</u>	O construto <u>Propriedade</u> , é usado tanto para denotar <u>Universais Substanciais</u> quanto <u>Universais Substanciais</u> que são caracterizados por um <u>Universal de Momento</u> .	Prejudica a clareza da linguagem, e leva a terminologia inadequada nos modelos (vide seção 4.3.)

Ademais, observou-se que no IDEAS, uma mudança em uma capacidade apenas pode ser modelada por meio de uma variação de partes temporadas da “coisa capaz”, tornando necessário a representação de numerosos universais no modelo, para cada valor admissível associado com um determinado universal (i.e., um tipo de coisa capaz) e, assim, resultando em uma representação menos parcimoniosa.

A importância de UFO nessa análise está na reificação do conceito de capacidades como endurantes. Essa reificação permite representar explicitamente capacidades como propriedades que inerem em outras entidades e também representar as propriedades das capacidades.

Por fim, com base nos resultados apresentados na análise ontológica, uma revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados com a ontologia do IDEAS torna-se propícia, de maneira a apresentar um meta-modelo bem fundamentado das linguagens com a revisão de conceitos existentes e adição de novos conceitos necessários. Este é o objeto do capítulo seguinte.

Capítulo 5

Uma Revisão do Conceito de Capacidades Organizacionais nos Frameworks de Defesa

Este capítulo apresenta a revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados com a ontologia do IDEAS, com base nas deficiências identificadas pela análise ontológica realizada no Capítulo 4. Para isso, o capítulo encontra-se assim organizado: a Seção 5.1 trata dos principais pontos de revisão do meta-modelo dos frameworks, apresentando os conceitos e relações revisados ou adicionados no novo meta-modelo; a Seção 5.2 apresenta exemplos da aplicação do meta-modelo revisado no cenário SAR; a Seção 5.3 apresenta as considerações finais do capítulo.

5.1 Revisão do meta-modelo

Neste capítulo são propostas melhorias nas linguagens dos frameworks de defesa com base na análise ontológica realizada no capítulo 4, levando a um meta-modelo revisado das linguagens dos frameworks de defesa. Nesse processo, tentamos preservar as interpretações e relações originais sempre que possível, resolvendo problemas semânticos específicos. Dentre as alterações propostas no meta-modelo revisado, estão a mudança da nomenclatura de alguns conceitos para nomenclaturas mais adequadas e a inclusão de novos conceitos e relações com a finalidade de adicionar certa expressividade na linguagem. A Figura 22 apresenta o meta-modelo dos principais conceitos e relações da ontologia do IDEAS (identificados pelo prefixo “IDEAS::”) alinhados com os principais conceitos e relações dos frameworks de defesa, formando o ponto de partida para a revisão.

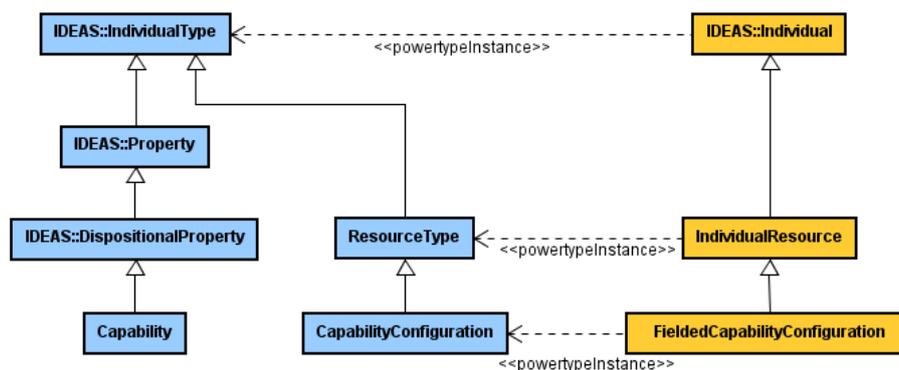


Figura 22: Fragmento do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados

Um dos pontos de revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa se concentra em alterar a taxonomia de Tipos de Indivíduos (*IndividualType*) no meta-modelo e adequá-la à representação das quatro categorias principais de UFO (Substancial, Momento, Universal

Substancial, Universal de Momento). A Figura 23 apresenta um fragmento do meta-modelo revisado, que mantém a convenção de cores para os conceitos originais presentes na ontologia do IDEAS e nos frameworks de defesa, e utiliza as classes em cinza claro para representar os conceitos adicionados ao meta-modelo. (As figuras subsequentes seguem a mesma convenção.)

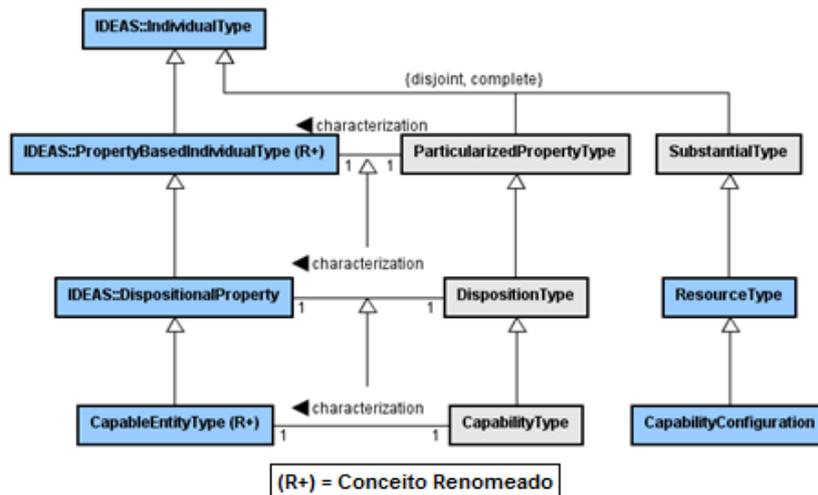


Figura 23: Fragmento do meta-modelo revisado sobre a taxonomia de tipos de indivíduos

A fim de refinar as distinções de uma ontologia centrada em quatro categorias (*four-category ontology*) no meta-modelo inicial foi adicionado um *generalization set* contendo uma hierarquia para representar Universais Substanciais e outra para representar Universais de Momento. A primeira, cujos elementos são Tipo de Substancial (*SubstantialType*), Tipo de Recurso (*ResourceType*) e Configuração de Capacidades (*CapabilityConfiguration*), e a segunda, cujos elementos são Tipo de Propriedade Particularizada (*ParticularizedPropertyType*), Tipo de Disposição (*DispositionType*) e Tipo de Capacidade (*CapabilityType*). Deste modo, adicionamos expressividade ao modelo, uma vez que Tipo de Indivíduo agora pode ser especializado em um Tipo de Propriedade Particularizada, que representa uma propriedade de uma entidade (e.g., “Capacidade de voar”, “Velocidade”, “Peso”), ou em um Tipo de Substancial (e.g., “Avião”, “Pessoa”, “Universidade”). A Figura 24 apresenta um comparativo entre um fragmento de UFO e um fragmento do meta-modelo revisado, com a finalidade de mostrar a correspondência existente entre as categorias de UFO e o meta-modelo revisado. Foi utilizada uma nomenclatura que se assemelha à original em IDEAS.

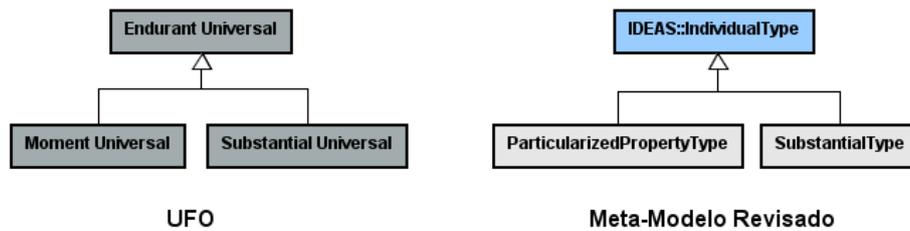


Figura 24: Fragmento de UFO x Fragmento do Meta-Modelo Revisado

Conforme observado na Figura 24, as seguintes correspondências podem ser identificadas: Universais de Endurantes (*Endurant Universal*) correspondem a Tipos de Indivíduos, Universais de Momento correspondem a Tipos de Propriedades Particularizadas e Universais Substanciais correspondem a Tipos de Substanciais. Vale ressaltar que apesar de fazermos essas correspondências dos conceitos do meta-modelo revisado com conceitos endurantes de UFO, a natureza perdurantista do meta-modelo revisado se mantém, i.e., todos os elementos representados nesse meta-modelo revisado são perdurantes.

Diferentemente do *generalization set* revisado para fazer a distinção entre Tipos de Propriedades Particularizadas e Tipos Substanciais, o *generalization set* de Tipos de Indivíduos Baseados em Propriedades (*PropertyBasedIndividualType*) foi mantido, salvo pela renomeação dos conceitos originais (representada na Figura 23 pelo símbolo R+) Propriedade (*Property*) que agora é nomeado como Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade, e Capacidade (*Capability*) que agora é nomeado como Tipo de Entidade Capaz (*CapableEntityType*), nomes estes mais fiéis à conceituação de indivíduos com propriedades. Instâncias de Propriedade (*Property*), Propriedade Disposicional (*DispositionalProperty*) e Tipo de Entidade Capaz (*CapableEntityType*) são caracterizadas por instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada (*ParticularizedPropertyType*), de modo que, uma instância de uma instância de Tipo de Propriedade Particularizada inere em uma instância de uma instância de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade. Por exemplo, uma instância de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade chamada “Capaz de Voar” é caracterizada por uma instância de Tipo de Propriedade Particularizada “Capacidade de Voar”, i.e., entidades capazes de voar (e.g., Pássaros, Aviões) são caracterizados por sua capacidade de voar. Para cada entidade capaz de voar, existe uma capacidade de voar que inere nela.

A Figura 25 apresenta um exemplo de aplicação do conceito Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade, onde “Capaz de Voar” (instância de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade) é caracterizado por uma “Capacidade de Voar” (instância de Tipo de

Propriedade Particularizada) por meio da relação de caracterização (representada pelo *stereotype* <<characterization>>), enquanto a instância de “Capacidade de Voar” (“Capacidade de Voar Caça FAB A-29B5953”) inere na instância de “Capaz de Voar” (“Caça FAB A-29B5953”) por meio da relação de dependência *inheres in*. Mais especificamente, a figura revela que “Capaz de Voar” é uma instância de Tipo de Entidade Capaz (*CapableEntityType*), e “Capacidade de Voar” é uma instância de Tipo de Capacidade (*CapabilityType*).

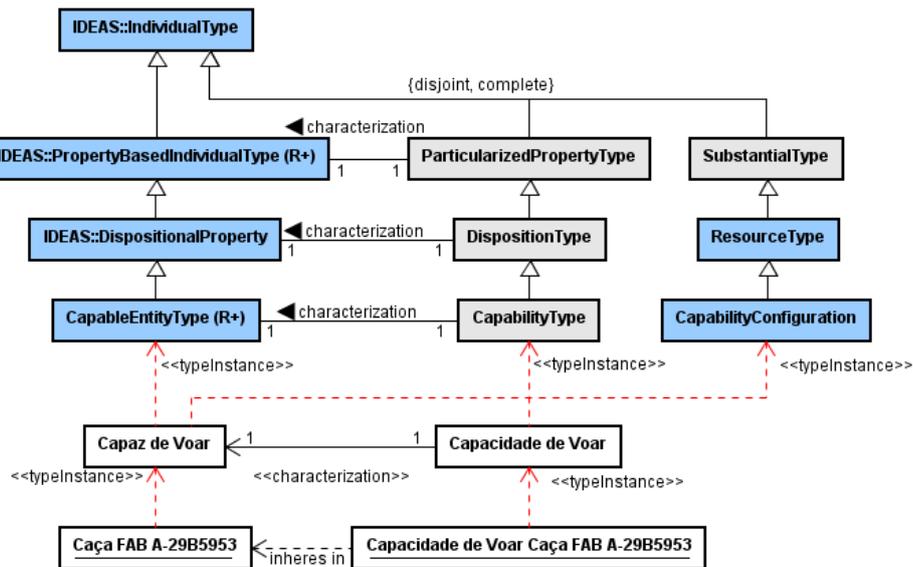


Figura 25: Exemplo do critério de aplicação do conceito Propriedade

Na taxonomia refinada de tipos indivíduos introduzida na Figura 23 há dois *generalization sets* ortogonais: assim existem instâncias de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade que também são instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada, do mesmo modo que existem instâncias de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade que também são instâncias de Tipo Substancial. Essa ortogonalidade permite que, tanto instâncias de Tipo Substancial (e.g., “Avião”) sejam caracterizadas por instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada (e.g., “Capacidade de voar”), quanto instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada (e.g., “Capacidade de voar”) sejam caracterizadas por outras instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada (e.g., “Velocidade Máxima). Ademais, essa ortogonalidade entre os *generalization sets* torna o meta-modelo mais claro, uma vez que nesse meta-modelo revisado os conceitos do *generalization set* de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade, que eram sobrecarregados para representar tanto Universais Substanciais quanto Universais de Momento, agora são ou instâncias de Tipo Substancial ou instâncias de Tipo de Propriedade Particularizada, ou seja, existe uma hierarquia de conceitos

específica para representar cada elemento que era sobrecarregado no *generalization set* de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade, eliminando assim a ambiguidade dos conceitos dessa *generalization set*.

Na Figura 25, a instância de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade (mais especificamente instância de CapableEntityType) “Capaz de Voar” também é instância de Tipo Substancial (mais especificamente instância de Configuração de Capacidade) e é caracterizada por uma “Capacidade de Voar” (instância de Tipo de Propriedade Particularizada). Em contrapartida, a Figura 26 apresenta um exemplo em que uma instância de Tipo de Indivíduo Baseado em Propriedade denominada “Capacidade de Voar”, que também é uma instância de Tipo de Propriedade Particularizada, e é caracterizada por outra instância de Tipo de Propriedade Particularizada denominada “Velocidade Máxima”, por meio da relação de caracterização. Correspondendo a essa relação de caracterização entre “Capacidade de Voar” e “Velocidade Máxima”, existe uma relação de inerência entre “Velocidade da Capacidade Caça FAB A-29B5953” (instância de “Velocidade Máxima”) e “Capacidade de Voar Caça FAB A-29B5953” (instância de “Capacidade de Voar”). Mais especificamente, a figura revela que “Capacidade de Voar” é uma instância de Tipo de Capacidade (*CapabilityType*) e também uma instância de Tipo de Entidade Capaz (*CapableEntityType*).

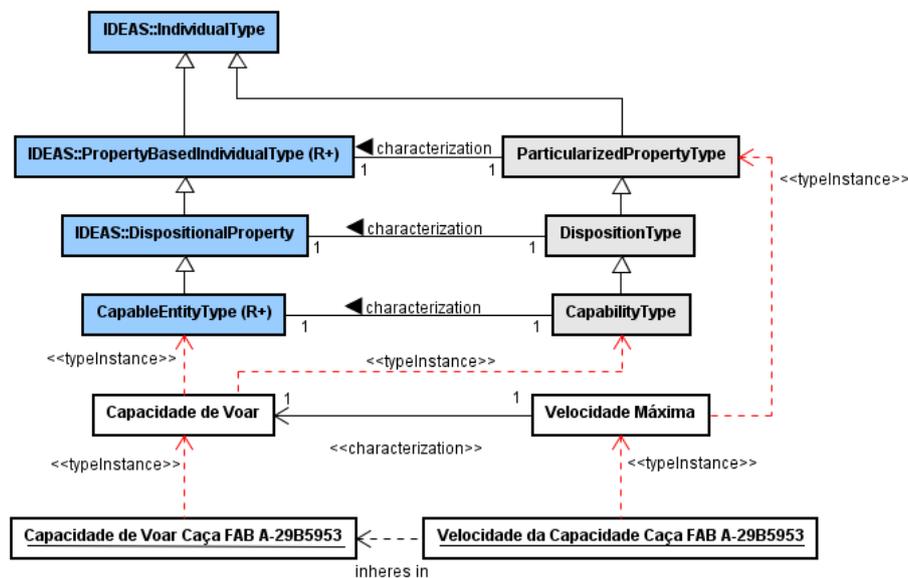


Figura 26: Exemplo de representação de propriedades de uma capacidade no cenário SAR

Conforme observado nas Figuras 24 e 25, o meta-modelo revisado permite representar tanto as propriedades (particularizadas) de uma entidade, quanto propriedades dessas propriedades, de forma explícita no modelo.

A distinção entre Tipos de Propriedades Particularizadas e Tipos Substanciais é refletida em uma taxonomia refinada de indivíduos, conforme ilustrado na Figura 27.

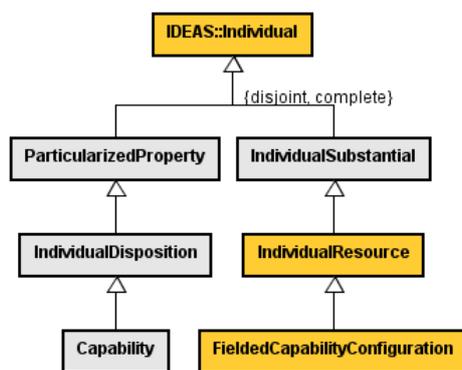


Figura 27: Fragmento do meta-modelo revisado sobre a taxionomia de indivíduos

Um Indivíduo (*Individual*) pode ser classificado em Propriedade Particularizada (*ParticularizedProperty*) ou Substancial (*IndividualSubstantial*). Uma Propriedade Particularizada (*ParticularizedProperty*) pode ser classificada em Disposição (*IndividualDisposition*) ou, mais especificamente, em Capacidade (*Capability*). Um Substancial (*IndividualSubstantial*) pode ser classificado em Recurso (*IndividualResource*) ou, mais especificamente, em Configuração de Capacidade em Campo (*FieldedCapabilityConfiguration*). Vale ressaltar que o conceito Capacidade representado no meta-modelo dos frameworks de defesa (apresentado na Figura 22) não é o mesmo conceito do meta-modelo revisado (apresentado na Figura 27), o conceito original de Capacidade foi renomeado para Tipo de Entidade Capaz e o conceito de Capacidade foi adicionado, refletindo a opção de reificar este tipo de entidade.

Ademais, os elementos da taxonomia de Tipos de Indivíduos se relacionam com os elementos da taxonomia de Indivíduos em um padrão *powertype* (instâncias de Tipos de Indivíduos são, desta forma, especializações de Indivíduos), e esse padrão é refletido entre os elementos das taxonomias. Isto pode ser observado na Figura 28, que apresenta uma visão geral do meta-modelo revisado, incluindo todos os conceitos e relações discutidos nesta seção.

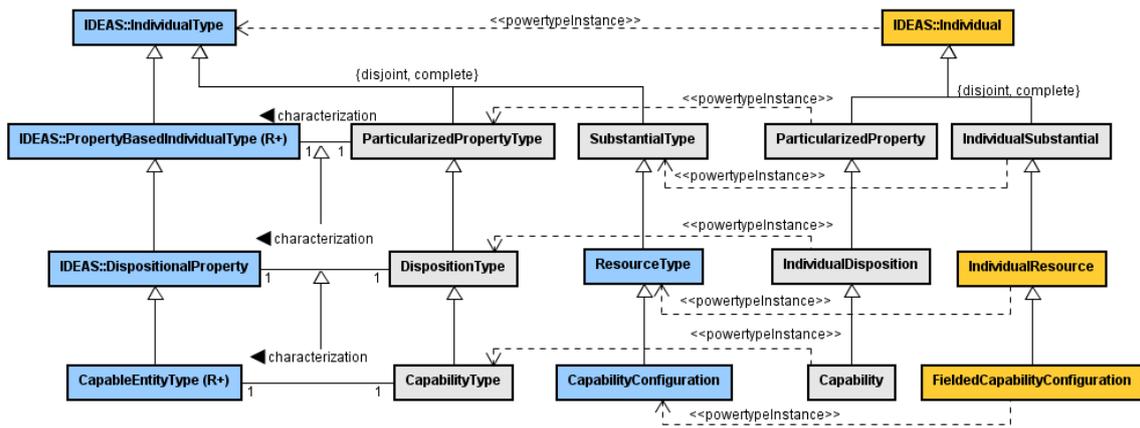


Figura 28: Meta-modelo revisado

5.2 Aplicando o meta-modelo revisado no cenário de Busca e Resgate (SAR)

A fim de exemplificar as mudanças que a revisão do meta-modelo trouxe, nós utilizaremos alguns dos elementos do cenário apresentado na seção 3.4, o cenário “Busca e Resgate” (Search and Rescue - SAR), ilustrado pela Figura 29 (essa figura ainda apresenta as convenções originais de UPDM, assim como a terminologia original).

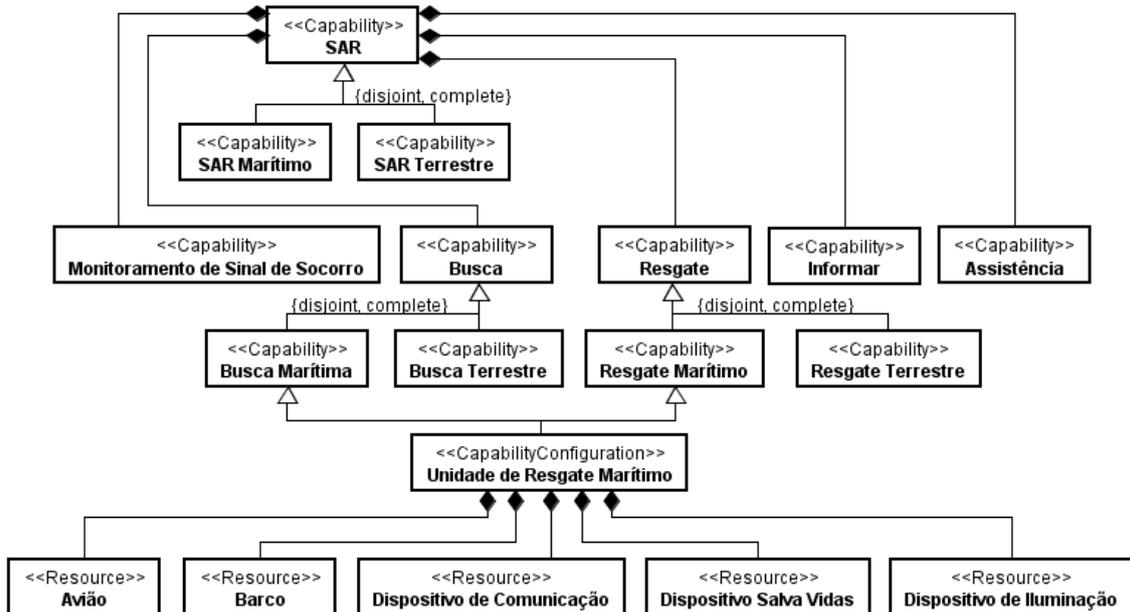


Figura 29: Exemplo do cenário SAR em UPDM (idem Figura 12, seção 3.4)

Dentre as principais mudanças realizadas no meta-modelo, a principal foi a reificação do conceito de Capacidade. Por meio dessa reificação, agora torna-se possível representar explicitamente as capacidades inerentes em uma entidade e as propriedades inerentes em capacidades. A Figura 30 apresenta um exemplo de representação das capacidades de uma entidade no cenário do SAR. As seguintes convenções foram aplicadas:

as instâncias dos conceitos Tipo de Capacidade (*CapabilityType*), Configuração de Capacidade (*CapabilityConfiguration*), Tipo de Propriedade Particularizada (*ParticularizedPropertyType*), Tipo de Substancial (*SubstantialType*) e Tipo de Recurso (*ResourceType*) são representadas como classes marcadas com os *stereotypes* <<Capability>>, <<CapabilityConfiguration>>, <<ParticularizedProperty>>, <<Substantial>> e <<Resource>> respectivamente.

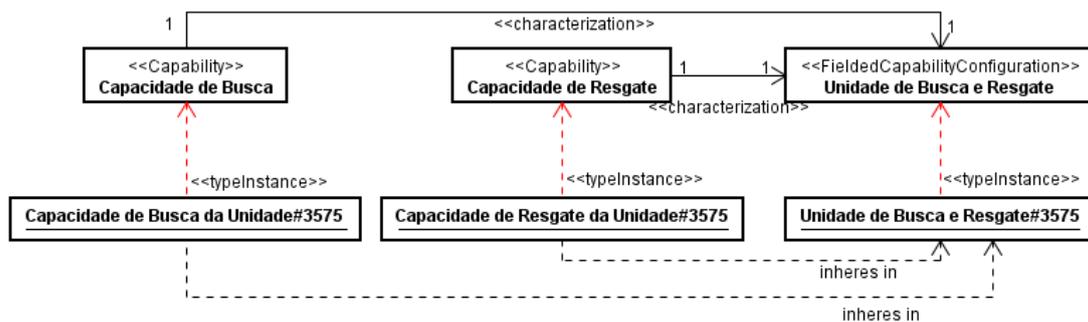


Figura 30: Exemplo de representação das capacidades de uma entidade no cenário do SAR

Neste exemplo, a instância de Configuração de Capacidade “Unidade de Busca e Resgate” é caracterizada pelas instâncias de Tipo de Capacidade “Capacidade de Busca” e “Capacidade de Resgate” por meio da relação de caracterização (representado pelo *stereotype* <<characterization>>). Correspondendo a essas relações de caracterização, as relações de dependência *inheres in* entre “Capacidade de Busca da Unidade#3575” (instância de “Capacidade de Busca”) e “Unidade de Busca e Resgate#3575” (instância de “Unidade de Busca e Resgate”) e entre “Capacidade de Resgate da Unidade#3575” (instância de “Capacidade de Resgate”) e “Unidade de Busca e Resgate#3575”, indicam que as capacidades inerem na unidade de busca e resgate.

A Figura 31 apresenta um exemplo de representação de propriedades das capacidades de uma entidade no cenário do SAR. Neste exemplo, a instância de Tipo de Recurso “Avião” e a instância de Tipo de Recurso “Barco” são caracterizadas pela instância de Tipo de Capacidade “Capacidade de Carregar Pessoas”, e a “Capacidade de Carregar Pessoas” é caracterizada pela instância de Tipo de Propriedade Particularizada “Suporte Máximo”. Essas relações de caracterização correspondem as relações de dependência *inheres in* entre “Suporte da Capacidade de Carga Bell 430#12” e “Capacidade de Carga Bell 430#12”, entre “Suporte da Capacidade de Carga CG#12” e “Capacidade de Carga CG#12”, entre “Capacidade de Carga Bell 430#12” e “Bell 430#12” e entre “Capacidade de Carga CG#12” e “CG#12”. Sintetizando esse exemplo, existem aviões e barcos que são

caracterizados por suas capacidades de carregar pessoas e essas capacidades são caracterizadas pelo suporte máximo de pessoas.

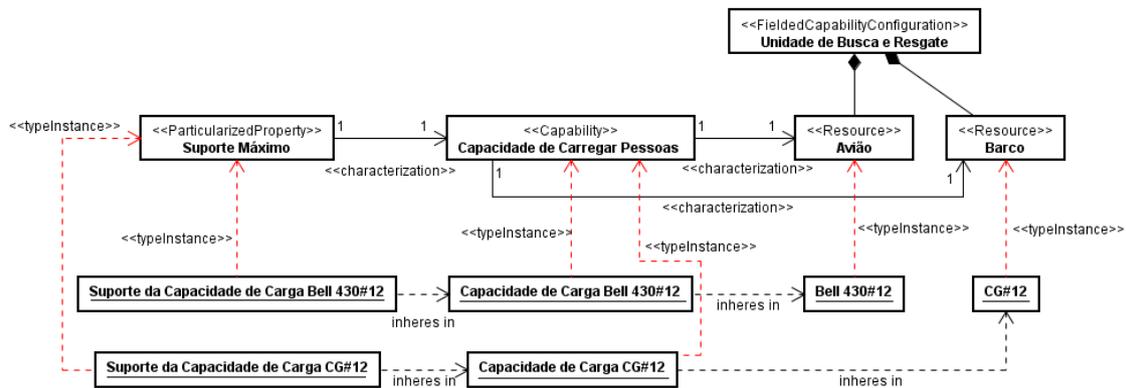


Figura 31: Exemplo de representação das propriedades de uma capacidade no cenário do SAR

Por fim, a Figura 32 apresenta um exemplo de representação de “coisas capazes”, que é o padrão adotado na fundamentação original, e que o meta-modelo revisado também permite representar. Neste exemplo, a instância de Configuração de Capacidade “Unidade de Busca e Resgate” é uma especialização tanto da instância de Tipo de Substancial “Capaz de Busca” quanto da outra instância de Tipo de Substancial, “Capaz de Resgate”. Além disso, “Capaz de Busca” é caracterizado pela instância de Tipo de Capacidade “Capacidade de Busca” e “Capaz de Resgate” é caracterizado pela instância de Tipo de Capacidade “Capacidade de Resgate”. Correspondendo a essas relações de caracterização, as relações de dependência *inheres in* entre “Capacidade de Busca da Unidade#3575” (instância de “Capacidade de Busca”) e “Unidade de Busca e Resgate#3575” (instância de “Unidade de Busca e Resgate”) e entre “Capacidade de Resgate da Unidade#3575” (instância de “Capacidade de Resgate”) e “Unidade de Busca e Resgate#3575”, indicam que as capacidades inerem na unidade de busca e resgate. Essa relação de inerência direta entre as capacidades e a unidade de busca e resgate é permitida, uma vez que as relações de caracterização entre as capacidades e os substanciais são refletidas para a unidade de busca e resgate por meio da relação de especialização entre a unidade de busca e resgate e os substanciais.

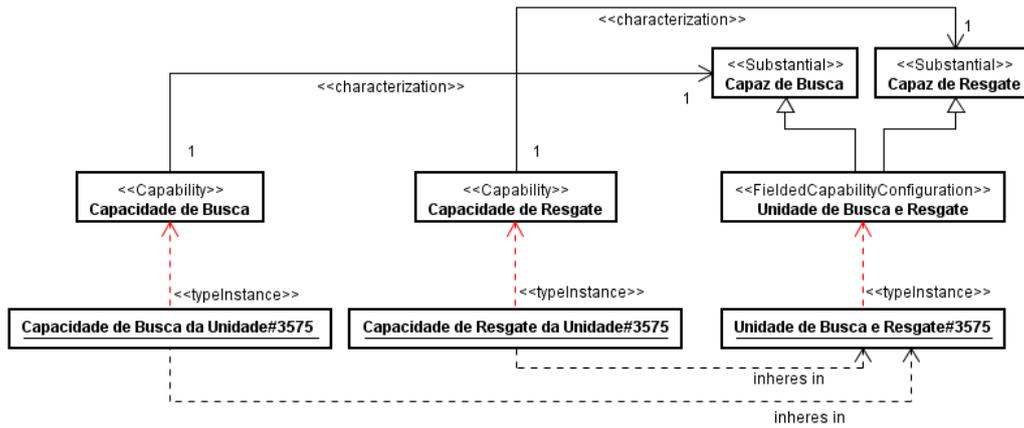


Figura 32: Exemplo de representação de “coisas capazes” no cenário do SAR

5.3 Considerações Finais

Este capítulo apresentou a revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa alinhados a ontologia do IDEAS, apontando os conceitos e relações revisados ou adicionados no novo meta-modelo. Além disso, foram apresentados exemplos de aplicação do meta-modelo revisado no cenário apresentado na seção 3.4, o cenário “Busca e Resgate” (Search and Rescue - SAR).

Para essa revisão, utilizamos a UFO para reificar o conceito de capacidade nos frameworks de defesa, que agora reflete melhor a terminologia encontrada nos próprios padrões, uma vez que no texto não tratam de capacidades como tipos de indivíduos, em contraste com a fundamentação original que trata. Além disso, a representação explícita das capacidades no modelo, em separado dos elementos que elas inerem, permite observar possíveis reconfigurações que podem ser realizadas em recursos enquanto mantendo ou melhorando uma capacidade específica, e.g., supondo que queremos melhorar a performance de voo de um caça, e que o motor é um dos recursos que o caracteriza como um objeto capaz de voar em alta velocidade, é possível melhorar a performance do caça alterando esse recurso e mantendo a integridade com os outros recursos (e.g., asas, leme).

Por fim, o objetivo da revisão do meta-modelo não foi substituir a fundamentação subjacente aos frameworks de defesa, e sim, melhorar a expressividade e clareza dos conceitos nos meta-modelos existentes. Assim, apesar dos benefícios da reificação do conceito de capacidade, que permite representar explicitamente as capacidades de uma entidade e representar as propriedades de uma capacidade, para caracterizar mudanças qualitativas de elementos no modelo, ainda é necessário utilizar múltiplos universais, uma vez que a natureza perdurantista do meta-modelo foi mantida.

Capítulo 6

Trabalhos relacionados

Este capítulo discute trabalhos relacionados em três grupos: a Seção 6.1 apresenta trabalhos relacionados em que o conceito de capacidades organizacionais também é utilizado para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI; a Seção 6.2 trata de trabalhos que também relatam análises ontológicas em frameworks de arquiteturas corporativas (não se atendo especificamente a capacidades); e a Seção 6.3 discute brevemente como uma ontologia de fundamentação alternativa poderia ser relevante para este trabalho.

6.1 Capacidades Organizacionais

Uma série de abordagens tratam o tema de capacidades organizacionais em arquiteturas corporativas de TI.

Em Barroero et al. (2010), TOGAF foi estendido para dar apoio à conceituação de capacidades que um Componente de Negócio (*Business Component*) pode executar. Um Componente de Negócio é uma unidade de negócio que engloba uma série de atividades, apoiadas por recursos incluindo pessoas, processos e tecnologia. A abordagem usa capacidades organizacionais como “uma estrutura conceitual idealizada que descreve o que um Componente de Negócio pode fazer para criar valor para clientes”. A proposta não detalha como uma capacidade pode ser modelada, o que é consistente com a estratégia de padronização em que TOGAF se concentra em aspectos metodológicos enquanto aspectos linguísticos são deferidos para a linguagem ArchiMate.

Neste sentido, Papazoglou (2014) descreve uma metodologia baseada em capacidades organizacionais que pode ser usada em colaboração com TOGAF e modelada em ArchiMate. Neste trabalho o autor propõe uma extensão do framework ArchiMate com a finalidade de permitir o Planejamento Baseado em Capacidade (*Capability-Based Planning - CBP*). O conceito de capacidade (baseado nas definições de (ULRICH; LAKE, 1991; GRANT, 1991; DAY, 1994; TEECE *et al.*, 1997; HELFAT, 2003 e IACOB; QUARTEL, 2012)) e outros conceitos relacionados (incremento de capacidade – *capability increment*, dimensão de capacidade – *capability dimension* e recurso – *resource*) são propostos para ampliar a cobertura do meta-modelo original do ArchiMate.

Nesta mesma linha de trabalho, e com base em Iacob e Quartel (2012) e Papazoglou (2014), Aldea *et al.* (2015) também propõe uma metodologia para Planejamento Baseado em Capacidade, investigando como esta metodologia pode ser aplicada no

framework ArchiMate e também propõe uma extensão para o meta-modelo desse framework. O conjunto de trabalhos sobre capacidades em ArchiMate levou à uma extensão para ArchiMate, chamada *Business Strategy and Valuation Concepts* (BSVC).

Por fim, em cada uma dessas abordagens, que tratam arquiteturas corporativas de TI, os autores apresentam bases teóricas variadas em relação à representação de capacidades organizacionais. A partir de tais abordagens, foi possível definir qual a representação para o conceito de capacidade organizacional seria adotada neste trabalho, para justificar as alterações na conceituação da noção de Capacidade, realizadas nas linguagens dos frameworks de defesa.

6.2 Análise Ontológica

Azevedo *et al.* (2015) realizaram uma análise dos conceitos propostos na *Business Strategy and Valuation Concepts* (BSVC). E, por meio desta análise, os autores identificaram deficiências na conceituação original proposta para as noções de recurso (*resource*), capacidade (*capability*) e competência (*competence*), tal como:

- Deficiência de relações entre elementos no meta-modelo. Por exemplo, o meta-modelo não inclui a relação entre capacidades e elementos estruturais (*structure elements*), tornando impossível expressar na linguagem que elementos estruturais possuem capacidades;
- Deficiência de conceitos no meta-modelo. Por exemplo, a falta do conceito de *capability bundle* para representar uma conjunção arbitrária de elementos que pode ser utilizada para habilitar uma capacidade específica;
- Conceitos e relações ambíguos. Por exemplo, a relação de atribuição (*assignment to*) entre recursos e capacidades pode indicar tanto que um recurso tem uma capacidade para realizar um processo ou que uma capacidade é adquirida após a realização de um processo.

Com base nas deficiências identificadas, foram apresentadas soluções (e.g., adição de novos conceitos e relações, revisão de terminologia e semântica dos conceitos e relações existentes e remoção de conceitos e relações desnecessárias ou incorretas) em modelos bem fundamentados visando supri-las. Posteriormente aos trabalhos de Iacob e Quartel (2012) e Azevedo *et al.* (2015), os conceitos de capacidade e recurso foram incorporados ao framework ArchiMate, na versão 3.0, em uma nova camada, chamada Camada Estratégica

(*Strategy Layer*) (THE OPEN GROUP, 2016). As diferenças entre o trabalho de Azevedo *et al.* (2015) e este trabalho relacionam-se sobretudo à diferença de framework e linguagem avaliados (ArchiMate vs. frameworks de defesa). Adicionalmente, no caso das extensões de ArchiMate, não havia uma ontologia de fundamentação subjacente como no caso dos frameworks de defesa. Assim, no caso de Azevedo *et al.* (2015), foi realizada diretamente uma avaliação e revisão de elementos linguísticos.

Ademais, sem o foco em capacidades organizacionais, nos últimos anos, várias abordagens de modelagem corporativa vêm sendo submetidas a análises ontológicas. Em Santos Jr. *et al.* (2013), os autores definiram a semântica dos conceitos e das relações do framework ARIS em termos de UFO. Problemas relacionados ao ARIS foram expostos e possíveis soluções para esses problemas foram propostas através de alterações nos meta-modelos do framework. Almeida e Guizzardi (2012) discutem a linguagem de negócios RM-ODP, realizando uma análise ontológica, também em termos de UFO, para clarificar as definições relacionadas aos conceitos de papéis (*roles*) e objetivos (*goals*). A análise auxiliou os autores a identificarem certas ambiguidades na especificação do RM-ODP e permitiu eles proporem recomendações bem fundamentadas para clarificar e identificar possíveis alterações do padrão. Por último, em Green e Rosemann (2000), os autores apresentam uma análise de cinco visões (processo, dados, função, organização e saída) do framework ARIS, baseada no modelo de representação da teoria *Bunge-Wand-Weber* (BWW).

Por fim, em cada um desses trabalhos, os autores adotaram abordagens de análise ontológica para avaliar linguagens de modelagem corporativa e essas abordagens foram ferramentas importantes na identificação de deficiências nas linguagens e na definição de formas de evitar e/ou corrigir tais deficiências ontológicas. Neste trabalho, nós adotamos uma abordagem de análise ontologia, motivada por Guizzardi (2005), com base nos casos de sucesso em sua adoção em diversos trabalhos na literatura, tal como, Almeida e Guizzardi (2012), Santos Jr. *et al.* (2013) e Azevedo *et al.* (2015).

6.3 BFO

Assim como UFO, BFO (Basic Formal Ontology) também apresenta o termo disposições (*dispositions*), que é definida como uma “propriedade causal que está ligada a uma realização, i.e., para um comportamento específico, o indivíduo que tem a disposição vai demonstra-la em determinadas circunstâncias ou em resposta a um determinado

estímulo”. (ARP; SMITH; SPEAR, 2015). Disposições são consideradas como um tipo de “entidade realizável”, que por sua vez é uma subclasse de “continuante dependente” (ou qualidade). Assim existem duas relações que são, em qualquer caso, necessárias para uma disposição: como um continuante dependente é necessário que exista um continuante independente a qual ele suporta (esta parte se assemelha com a relação de dependência existencial entre momentos e substanciais); e como uma “entidade realizável” aponta para uma realização (um processo que será realizado) dada as condições apropriadas.

Contudo, a noção de disposições de BFO não é tão abrangente como a noção de disposições de UFO, uma vez que a noção de BFO considera apenas relações intrínsecas entre disposição e outras entidades. Em função disso, a interpretação, baseada na noção de UFO, em que uma organização pode modelar as capacidades que ela pode “realizar socialmente”, através de relações extrínsecas (AZEVEDO *et al.*, 2015), não é permitida na noção de disposições de BFO. Esta interpretação de UFO é aplicável para uma variedade de casos que usam delegação. Por exemplo, casos em que uma organização pode contratar uma empresa diferente para trazer algum efeito ou resultado desejado e desta forma, a organização contratante é dito como detentora da capacidade de trazer tal efeito ou resultado desejado, (neste caso por que ela tem a capacidade de delegar essa capacidade de trazer algum efeito ou resultado desejado). Assim, “se A tem um meta-compromisso (*meta-commitment*) de B para executar S, então A (socialmente) pode realizar S. Um objeto (*object*) pode ter disposições (capacidades) que surgem de suas partes (ou de uma rede de relações de delegação)” (BRINGUENTE; FALBO; GUIZZARDI, 2010 e R. GUIZZARDI; GUIZZARDI, 2011).

Sendo assim, por não representar as relações extrínsecas, a noção de disposições de BFO não poderia ser utilizada como uma correspondência direta a noção de disposições de UFO, para conceituação de capacidades organizacionais. Contudo, a noção de “entidade realizável” de BFO poderia ser utilizada para tal correspondência com UFO, uma vez que é mais abrangente que a noção de disposições, abrangendo tanto ela quanto as noções de ‘função’ (*function*) e de ‘papel’ (*role*), estes dois últimos que podem ser utilizados para representar tais relações extrínsecas (ARP; SMITH; SPEAR, 2015).

Além disso, a noção de entidade realizável permite a BFO, suportar explicitamente a modelagem de mudanças nas próprias capacidades (e não apenas variações de partes temporais de coisas capazes). Diferente de UFO, contudo, em BFO qualquer mudança em uma capacidade é modelada como uma instanciação de um universal diferente para

representar a mesma capacidade alterada. Isso leva a desafios de modelagem que nós discutimos anteriormente (ou seja, mudanças qualitativas em entidades realizáveis em BFO teriam que ser modeladas como instanciação de diferentes universais ao longo do tempo).

BFO também incorpora as distinções de ontologias de quatro categorias, e é plausível sugerir que uma análise baseada em BFO poderia também revelar as deficiências nos frameworks de defesa. Note que, embora a noção de capacidades é mencionada na literatura de BFO como um tipo de entidade realizável (ARP; SMITH, 2008 e ARP; SMITH; SPEAR, 2015), uma caracterização explícita separada de capacidades não é fornecida.

Por fim, a escolha da UFO como base teórica para justificar a representação de capacidades organizacionais nos frameworks de defesa foi sustentada pelos casos de sucesso em sua adoção na realização de análises ontológicas em outras linguagens (ALMEIDA; GUIZZARDI, 2012; SANTOS JR. *et al.*, 2013; RUY *et al.*, 2014 e AZEVEDO *et al.*, 2015), e principalmente por ela apresentar um sistema de conceitos bem fundamentado. Entretanto, acreditamos que outra ontologia de fundamentação, como BFO, poderia ser utilizada para justificar tal representação, uma vez que ela também é uma ontologia centrada em quatro categorias principais (*four-category ontology*) e possui a noção de entidade realizável.

Capítulo 7

Conclusão

Neste capítulo são feitas as considerações finais deste trabalho (Seção 7.1), sendo apresentadas perspectivas de trabalhos futuros para continuidade e aprimoramento da pesquisa (Seção 7.2).

7.1. Considerações Finais

Neste trabalho, nós apresentamos uma análise ontológica dos conceitos relacionados a capacidades organizacionais nos três frameworks de Arquitetura Corporativa de TI para o domínio da defesa. Apesar desses frameworks de defesa serem consolidados e amplamente utilizados por grandes nações (e.g., Estados Unidos da América, Grã-Bretanha, França, Canadá, Bélgica, entre outros), a análise ontológica aplicada neste trabalho revelou inconsistências no meta-modelo dos frameworks com relação ao uso do conceito de capacidades, e mostrou que problemas como falta de clareza e expressividade dos conceitos desses frameworks podem se perpetuar para os modelos desenvolvidos pelas nações que utilizam tais ferramentas.

Para a aplicação da análise ontológica, nós empregamos uma ontologia de fundamentação abrangente, que incorpora conceitos para representação de objetos, propriedades e relações. O aspecto principal da nossa análise ontológica é a reificação de capacidades organizacionais (tratadas aqui como disposições em UFO), em contraste com a visão perdurantista empregada pela ontologia do IDEAS, em que capacidades são modelagem indiretamente através de tipos de entidades capazes.

A abordagem de análise ontológica utilizada neste trabalho envolveu o mapeamento entre, de um lado, os construtos das linguagens dos frameworks de defesa alinhados com a ontologia do IDEAS para representação de arquiteturas corporativas e, de outro lado, os conceitos da ontologia de fundamentação, centrada em quatro categorias principais, a UFO. Quando a correspondência não era obtida, certas deficiências emergiam.

Dentre as deficiências identificadas, explicitamos as seguintes: (i) as definições do conceito de Capacidade nos frameworks de defesa se tornam obscuras em contraste com a definição de Propriedade na ontologia do IDEAS; (ii) não existe um construto nos frameworks de defesa para representar capacidades organizacionais (propriedades que inerem em outras entidades) e nem as propriedades dessas capacidades de forma explícita. Isso torna a linguagem menos expressiva, uma vez que ela não abrange todos fenômenos

de um determinado domínio; (iii) existe uma sobrecarga no construto Propriedade, que aparenta ser uma tentativa de representar capacidades organizacionais indiretamente através de tipos de entidades capazes. Isso torna o conceito ambíguo e conseqüentemente, prejudica a clareza da linguagem; e, por último, (iv) mudanças qualitativas em entidades podem ser modeladas apenas por meio de uma variação de partes temporais da “coisa capaz” com a instanciação de numerosos (e, às vezes, infinitos) universais, o que consiste em uma representação menos parcimoniosa do que seria possível em uma visão endurantista.

Nós acreditamos que essas lacunas na representação do conceito de capacidades podem levar a problemas em identificar e expressar importantes conceitos de defesa, tal como, medidas da capacidade, melhoras da capacidade sobre o tempo e, especialmente, a reconfiguração dos recursos enquanto uma capacidade específica se mantém ou é melhorada.

Por fim, com base nas conceituações problemáticas identificadas, utilizamos uma ontologia de fundamentação para a revisão de tais conceitos das linguagens dos frameworks de modelagem em um novo meta-modelo revisado. Além da revisão dos conceitos existentes, foram propostos novos conceitos, para garantir uma melhor expressão de capacidades.

O objetivo geral deste trabalho foi detalhado em três objetivos específicos, que buscamos atingir da seguinte forma:

- (i) Para atingir o objetivo de “Investigar a conceituação e construtos de linguagem dos frameworks de defesa para modelagem e estruturação de Arquiteturas Corporativas de TI com foco nos conceitos relacionados à representação de capacidades organizacionais” nós discutimos fragmentos do meta-modelo de cada um dos frameworks de defesa, visando compreender a representação de capacidades organizacionais nesses frameworks. Além disso, nós também realizamos algumas correspondências entre as linguagens dos frameworks para entender como cada framework representa determinada conceituação.
- (ii) Para atingir o objetivo de “Realizar uma análise ontológica que permita analisar os frameworks de defesa e identificar possíveis lacunas na representação de capacidades organizacionais” nós aplicamos uma abordagem de análise ontológica, baseada em uma ontologia centrada em quatro categorias principais (*four-category ontology*), neste caso UFO, para

compreender os construtos das linguagens dos frameworks de defesa e revelar problemas de expressividade e clareza na representação de capacidades organizacionais.

- (iii) Para atingir o objetivo de “Revisar o suporte para representação de capacidades organizacionais com base nas deficiências identificadas, visando garantir clareza e expressividade na representação” nós realizamos uma revisão do meta-modelo dos frameworks de defesa (alinhado com a ontologia do IDEAS), alterando a nomenclatura de alguns conceitos para nomenclaturas mais adequadas, incluindo novos conceitos, relações e distinções no meta-modelo, a fim de adicionar certa expressividade e clareza a linguagem com relação a representação de capacidades organizacionais.

7.2. Trabalhos Futuros

Considerando a pesquisa aqui apresentada, há algumas perspectivas de trabalhos futuros. No âmbito da *pesquisa* pode-se destacar:

- (i) Aprofundar a investigação sobre as linguagens dos frameworks de defesa e sua fundamentação, a ontologia do IDEAS. Realizando uma análise ontológica mais ampla que abranja outros conceitos chaves da linguagem, além do conceito de capacidades.
- (ii) Investigar se distinções mais refinadas para conceitos que representam disposições, como por exemplo, o conceito disposição de UFO e o conceito “entidade realizável” de BFO, poderiam ser benéficas, diferenciando capacidades de outros tipos de disposições.
- (iii) Investigar se outras ontologias de fundamentação baseadas em quatro categorias principais (*four-category ontology*) poderiam ser utilizadas como fundamentação para a análise ontológica realizada neste trabalho e garantirem resultados satisfatórios.
- (iv) Na solução proposta no capítulo 5 foi realizada uma proposta conservadora, em que apenas foi introduzida a reificação de capacidades, enquanto a visão perdurantista é mantida. Uma possibilidade de trabalho futuro é a investigação do efeito de uma revisão mais radical, que abandone tal visão, nas linguagens dos frameworks de defesa.

Referências Bibliográficas

- ALBUQUERQUE, A. F. **Ontological Foundations for Conceptual Modeling Datatypes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Infomática) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória.
- ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G. **An ontological analysis of the notion of community in the RM-ODP enterprise language**. 2012. *Computer Standards & Interfaces*, 35(3), 257-268.
- ARCHIMATE CONSORTIUM. **Archimate Resource Tree**. 2016. Disponível em: <<http://www.archimate.nl/ART/>>, último acesso em 26/08/2016.
- ARP, R.; SMITH, B. **Realizable entities in basic formal ontology**. 2008. *Nature Proceedings*.
- ARP, R.; SMITH, B.; SPEAR, A.D. **Building ontologies with basic formal ontology**. 2015. Mit Press.
- AZEVEDO, C. L. B.; IACOB, M. E.; ALMEIDA, J. P. A., VAN SINDEREN, M.; PIRES, L. F.; GUIZZARDI, G. **Modeling Resources and Capabilities in Enterprise Architecture: A Well-Founded Ontology-Based Proposal for ArchiMate**. 2015. *Information Systems*.
- BARROERO, T.; MOTTA, G.; PIGNATELLI, G. **Business Capabilities Centric Enterprise Architecture**. 2010. In: *Enterprise Architecture, Integration and Interoperability*, 32–43. Springer.
- BHARADWAJ, A. S. **A resource-based perspective on information technology capability and firm performance: an empirical investigation**. 2000. *MIS quarterly*: 169-196.
- BRINGUENTE, A. C. O.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, G. **Using a foundational ontology for reengineering a software process ontology**. 2011. *Journal of Information and Data Management*, p.511.
- CARDOSO, E. C. S. **On the alignment between goal models and enterprise models with an ontological account**. 2009. 208 f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória: 2009.
- CARDOSO, E. C. S.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, R. S. S. **On the support for the**

- goal domain in enterprise modelling approaches.** 2010. 14th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops.
- CARVALHO, V. A.; ALMEIDA, J. P. A.; FONSECA, C. M.; GUIZZARDI, G. **Extending the foundations of ontology-based conceptual modeling with a multi-level theory.** 2015. International Conference on Conceptual Modeling. Springer.
- CHOI, S.; FARA, M. **Dispositions.** 2012. The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Spring 2012 Edition, Edward N. Zalta(ed.), Disponível em: <http://plato.stanford.edu/archives/spr2012/entries/dispositions>
- DANESH, M. H.; YU, E. **Modeling Enterprise Capabilities with i ***. 2014. p. 112–123.
- DAY, G. S. **The capabilities of market-driven organizations.** 1994. The Journal of Marketing: 37-52.
- DODAF. **DoDAF Model Diagrams.** 2011. Disponível em: <http://dodcio.defense.gov/Library/DoDArchitectureFramework.aspx><http://www.ideasgroup.org/dm2/>, último acesso em 26/08/2016.
- DRYER, D. A.; BOCK, T.; BROSCI, M.; BEACH, T. D. **DoDAF limitations and enhancements for the Capability Test Methodology.** 2007. In Proceedings of the 2007 spring simulation multiconference-Volume 3, pp. 170-176. Society for Computer Simulation International.
- GANGEMI, A.; GUARINO, N.; MASOLO, C.; OLTRAMARI, A.; SCHNEIDER, L. **Sweetening ontologies with DOLCE.** 2002. In: Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web, Lecture Notes in Computer Science, vol. 2473. p. 223–233.
- GRANT, R. M. **The resource-based theory of competitive advantage: implications for strategy formulation.** 1991. California management review 33.3: 114-135.
- GREEN, P.; ROSEMANN, M. **Integrated process modeling: an ontological evaluation.** 2000. Information systems 25.2 (2000): 73-87.
- GUARINO, N. **Formal Ontology and Information Systems.** 1998. Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems (FOIS), Trento, Italia. pag.3-15.

- GUARINO, N.; GUIZZARDI, G. **We Need to Discuss the Relationship: Revisiting Relationships as Modeling Constructs**. 2015. International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer International Publishing.
- GUARINO, N.; GUIZZARDI, G. **We Need to Discuss the Relationship: Revisiting Relationships as Modeling Constructs**. 2015. International Conference on Advanced Information Systems Engineering. Springer International Publishing.
- GUARINO, N.; WELTY, C. **Evaluating ontological decisions with OntoClean**. 2002. Communications of the ACM, p. 61–65.
- GUIZZARDI, G. **On ontology, ontologies, conceptualizations, modeling languages, and (meta) models**. 2007. Frontiers in artificial intelligence and applications, v. 155, p. 18.
- GUIZZARDI, G. **Ontological foundations for structural conceptual models**. 2005. PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands. CTIT Ph.D.-thesis series No. 05-74 ISBN 90-75176-81-3
- GUIZZARDI, G.; ALMEIDA, J.P.; GUIZZARDI, R.S.; BARCELLOS, M.P.; FALBO, R. **Ontologias de Fundamentação, Modelagem Conceitual e Interoperabilidade Semântica**. 2011.
- GUIZZARDI, G.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, R. S. S. **Grounding Software Domain Ontologies in the Unified Foundation al Ontology (UFO): The case of the ODE Software Process Ontology**. 2008. CIBSE.
- GUIZZARDI, G.; HERRE, H; WAGNER, G. **On the general ontological foundations of conceptual models**. 2002. In: Proceedings of the 21st International Conference on Conceptual Modeling, SpringerVerlag, Berlin. pp 65-78.
- GUIZZARDI, G.; WAGNER, G. **Dispositions and causal laws as the ontological foundation of transition rules in simulation models**. 2013. Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference: Simulation: Making Decisions in a Complex World.
- GUIZZARDI, G.; WAGNER, G. **What's in a relationship: an ontological analysis**. 2008. International Conference on Conceptual Modeling. Springer Berlin Heidelberg.
- GUIZZARDI, G; WAGNER, G.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, R. S.; ALMEIDA, J.P.A. **Towards Ontological Foundations for the Conceptual Modeling of Events**.

2013. In *Conceptual Modeling*, 327–341. Springer.
- GUIZZARDI, R. S.; GUIZZARDI, G. **Ontology-based transformation framework from TROPOS to AORML**. 2010. *Social modeling for requirements engineering*, 547-570.
- HEL FAT, C. E.; FINKELSTEIN, S.; MITCHELL, W.; PETERAF, M.; SINGH, H.; TEECE, D.; WINTER, S. G. **Dynamic capabilities: Understanding strategic change in organizations**. 2009. John Wiley & Sons.
- HERRE, H. **General Formal Ontology (GFO): a foundational ontology for conceptual modelling**. 2010. In: *Theory and applications of ontology: computer applications*. Springer Netherlands, p. 297-345.
- IACOB, M.E.; QUARTEL, D. A. C.; JONKERS, H. **Capturing Business Strategy and Value in Enterprise Architecture to Support Portfolio Valuation**. 2012. IEEE 16th International Enterprise Distributed Object Computing Conference, p. 11–20.
- IDEAS. **The IDEAS based MODEM Model**. 2012. Disponível em: <<http://www.ideasgroup.org/modem/>>, último acesso em 08/26/2016.
- ISO - International Organization for Standard. **ISO/IEC 19793:2008**. 2008. *Information technology — Open distributed processing — Use of UML for ODP*. Disponível em: <<http://www.iso.org/iso/home.html>>, último acesso em 26/08/2016.
- KOGUT, B.; ZANDER, U. **Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology**. 1992. *Organization science*, v. 3, n. 3, p. 383–397.
- LANKHORST, M. **Enterprise Architecture at Work**. 2009. 2ª ed. Germany, Berlin: Springer. 352 p. PMI, Project Management Institute. *The Guide to Project Management Body of Knowledge. PMBOK® Guide, 4th edition*. Project Management Institute, 2008.
- LOWE, E. J. **The four-category ontology: A metaphysical foundation for natural science**. 2006. Oxford University Press.
- MOLNAR, G. e STEPHEN M. **Powers: A study in metaphysics**. 2003. Oxford University Press on Demand.
- MOODY, D. **The “physics” of notations: toward a scientific basis for constructing visual notations in software engineering**. 2009. *Software Engineering*, IEEE

Transactions on, v. 35, n. 6, p. 756–779.

- NATO. **Proposed NAF v4 Meta-Model (MODEM)**. 2013. Disponível em: <<http://nafdocs.org/modem/>>, último acesso em 26/08/2016.
- OMG. **Unified Profile for DoDAF and MODAF (UPDM) v2.1**. 2013. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/UPDM/2.1/PDF/>>.
- PAPAZOGLU, A. **Capability-based planning with TOGAF® and ArchiMate®**. 2014. PhD thesis, University of Twente, Enschede, The Netherlands.
- RECKER, J.; INDULSKA, M.; ROSEMAN, M.; GREEN, P. **The ontological deficiencies of process modeling in practice**. 2010. European Journal of Information Systems, v. 19, n. 5, p. 501–525.
- ROSS, J. W.; WEILL P.; ROBERTSON D. **Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution**. 2006. Harvard Business Press.
- RUY, F. B.; FALBO, R. A.; BARCELLOS, M. P.; GUIZZARDI, G. **An Ontological Analysis of the ISO/IEC 24744 Metamodel**. 2014. In FOIS (pp. 330-343).
- SANTOS JR., P. S. **Uma abordagem de desenvolvimento baseada em modelos organizacionais de TI: da semântica ao desenvolvimento de sistemas**. 2009. 250f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória:2009.
- SANTOS JR., P. S.; ALMEIDA, J. P. A.; GUIZZARDI, G. **An Ontology-Based Semantic Foundation for Organizational Structure Modeling in the ARIS Method**. 2013. EDOCW (p. 272-282).
- SCHEER, A. **ARIS – Business Process Modelling**. 2000. Springer
- SOWA, J. F.; ZACHMAN, J. **Extending and formalizing the framework for information systems architecture**. 1992. IBM Systems Journal. vol. 31, 3.
- TEECE, D. J.; PISANO, G.; SHUEN, A. **Dynamic capabilities and strategic management**. 1997. Strategic management journal: 509-533.
- TEECE, D.; PISANO, G. **The dynamic capabilities of firms: An introduction”**. In: **Industrial and Corporate Change**. 1994. v. 3, p. 537–556.
- THE OPEN GROUP. **ArchiMate 3.0 Specification**. 2016. Technical Standard. The Open Group, UK. Disponível em: <<http://www.opengroup.org/subjectareas/>>

enterprise/archimate>

TOGAF, T. O. G. **The Open Group Architectural Framework**. 2008. TOGAF 8.1.1 'The Book'. Van Haren Publishing, 2007.

UK MINISTRY OF DEFENCE. **Creating Capability Architectures v1.0**. 2009. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/36727/20090217_CreatingCapabilityArchitectures_V1_0_U.pdf>, último acesso em 26/08/2016.

UK MINISTRY OF DEFENCE. **MOD Architecture Framework v1.20**. 2013. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/63980/20130117_MODAL_MODEM.pdf>, último acesso em 26/08/2016.

ULRICH, D.; LAKE, D. **Organizational capability: Creating competitive advantage**. 1991. The Executive 5.1: 77-92.

USA DEPARTMENT OF DEFENSE. **DoD Architecture Framework version 2.02**. 2010. Disponível em: <http://dodcio.defense.gov/Portals/0/Documents/DODAF/DoDAF_v2-02_web.pdf>, último acesso em 08/26/2016.

VARZI, A. C. Naming the stages. 2003. Dialectica 57.4: 387-412.

WAND, Y.; WEBER, R. **An ontological evaluation of systems analysis and design methods**. 1989. Information System Concepts: An In-Depth Analysis. Elsevier Science Publishers BV, North-Holland, v. 1989.

WAND, Y.; WEBER, R. **Mario Bunge's Ontology as a formal foundation for information systems concepts**. 1990. Studies on Mario Bunge's Treatise, Rodopi, Atlanta, p. 123-149.

ZACHMAN, J. **A Framework for Information Systems Architecture**. 1987. IBM Systems Journal, pp. 276-292.

ZAMBORLINI, V. C. **Estudo de Alternativas de Mapeamento de Ontologias da Linguagem OntoUML Para OWL: Abordagens Para Representação de Informação Temporal**. 2011. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo.

ZDRAVKOVIC, J.; STRIMA, J.; HENKEL, M.; GRABIS, J. **Modeling business capabilities and context dependent delivery by cloud services**. 2013. Advanced Information Systems Engineering.