



Universidade de Brasília (UnB)

Faculdade de Ciência da Informação (FCI)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PPGCINF)

Dissertação de Mestrado

PEDRO JUNQUEIRA VILELA

**Metodologia de Análise de Artefatos: usando a Ciência do Design para  
aperfeiçoar metodologias para desenvolver ontologias.**

Brasília-DF  
2019

PEDRO JUNQUEIRA VILELA

**Metodologia de Análise de Artefatos: usando a Ciência do Design para aperfeiçoar metodologias para desenvolver ontologias.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Faculdade de Ciência da Informação da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Informação

**Linha de pesquisa:** Organização da Informação

**Orientador:** Prof. Dr. Cláudio Gottschalg-Duque



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Título:** "Metodologia de Análise de Artefatos: usando a Ciência do Design para aperfeiçoar metodologias para desenvolver ontologias"

**Autor (a):** Pedro Junqueira Vilela

**Área de concentração:** Gestão da informação

**Linha de pesquisa:** Organização da informação

Dissertação submetida à Comissão Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Informação da Faculdade em Ciência da Informação da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre** em Ciência da Informação.

Dissertação aprovada em: 27 fevereiro 2019.

---

**Prof. Dr. Cláudio Gottshalg-Duque**  
Presidente (UnB/PPGCINF)

---

**Prof. Dr. Daniel Mendes Barbosa**  
Membro Externo (UFV)

---

**Prof. Dr. Fernando William Cruz**  
Membro Interno (UnB/PPGCINF)

---

**Prof. Dr. André Porto Ancona Lopez**  
Suplente - (UnB/PPGCINF)

JP372m Junqueira Vilela, Pedro  
Metodologia de Análise de Artefatos: usando a Ciência do Design para aperfeiçoar metodologias para desenvolver ontologias / Pedro Junqueira Vilela; orientador Cláudio Gottschalg-Duque. -- Brasília, 2019.  
186 p.

Dissertação (Mestrado - Mestrado em Ciência da Informação) -- Universidade de Brasília, 2019.

1. Ontologias. 2. Sistemas de organização do conhecimento. 3. Design Science. 4. Metodologias. I. Gottschalg-Duque, Cláudio, orient. II. Título.

## **Agradecimentos**

Este trabalho não seria possível sem a ajuda de algumas pessoas. Agradeço ao chefe e amigo Paulo Marques, pela compreensão e flexibilidade nos momentos mais críticos. Agradeço ao professor, orientador e amigo Cláudio Duque, pela disponibilidade e parceria, e aos professores Daniel Mendes e Fernando Cruz, pelas valiosas contribuições a este trabalho. Agradeço também ao professor Michael Barzelay pelas contribuições laterais sobre as ideias de design.

## Resumo

**Resumo:** Fundamentada na Ciência da Informação, mais especificamente na Organização do Conhecimento, essa pesquisa usou teorias da Ciência do Design para investigar o processo de desenvolvimento de ontologias, por meio da criação e aplicação de uma Metodologia de Análise de Artefatos (MAA). A MAA foi aplicada em três diferentes metodologias de desenvolvimento de ontologias e, por meio de análises individuais e comparativas, foram geradas quinze recomendações para aumentar o rigor e a efetividade desses artefatos. Além da validação da MMA, outras contribuições relevantes da pesquisa são a desambiguação do termo ontologia, a construção de tipologias para classificar as ontologias e o fortalecimento do design como paradigma de pesquisa em diferentes campos.

**Palavras-chave:** ontologias; sistemas de organização do conhecimento; design science; metodologias.

## **Abstract**

**Abstract:** *Based on Information Science, more specifically in the Knowledge Organization discipline, this research used Design Science theories to investigate the process of ontology development, through the creation and application of an Artifact Analysis Methodology (AAM). The AAM was applied in three different ontology development methodologies, and through individual and comparative analyzes, fifteen recommendations were generated to increase the effectiveness of these artifacts. Besides validating the AAM, other relevant research contributions were the disambiguation of the term ontology, the construction of typologies to support ontologies classification, and the strengthening of the design as a paradigm of research in different fields.*

**Keywords:** *ontologies; systems of knowledge organization; design science; methodologies.*

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Conceitos de ontologia em sistemas de informação.....	26
<b>Figura 2.</b> Escada ou espectros semânticos dos SOC.....	32
<b>Figura 3.</b> Processo de planejamento na <i>Design Science</i> .....	65
<b>Figura 4.</b> Domínios do conhecimento da <i>Design Science</i> .....	75
<b>Figura 5.</b> Componentes da teoria de design em Sistemas de Informação.....	78
<b>Figura 6.</b> Framework para pesquisa em design.....	82
<b>Figura 7.</b> Os 3 ciclos do design.....	85
<b>Figura 8.</b> Os 4 ciclos do design.....	87
<b>Figura 9.</b> Modelo de avaliação Aptidão-Utilidade.....	88
<b>Figura 10.</b> Avaliação <i>ex-ante</i> versus <i>ex-post</i> na <i>Design Science</i> .....	97
<b>Figura 11.</b> Interrelações entre tipos de teoria.....	102
<b>Figura 12.</b> Tipos de contribuição da DSR.....	106
<b>Figura 13.</b> Os papéis do conhecimento na DSR.....	107
<b>Figura 14.</b> Framework de contribuição de conhecimento da DSR.....	108
<b>Figura 15.</b> Componentes da DSR.....	115
<b>Figura 16.</b> Campos de conhecimento do referencial teórico da pesquisa.....	119
<b>Figura 17.</b> Etapas e atividades da pesquisa.....	121
<b>Figura 18.</b> Espaços e componentes de um projeto de design.....	124
<b>Figura 19.</b> Processo de análise de artefatos.....	131
<b>Figura 20.</b> Representação do processo de desenvolvimento de ontologias.....	146

## Lista de Quadros

<b>Quadro 1.</b> Ontologias na Filosofia, na CC e na CI .....	28
<b>Quadro 2.</b> Tipologia e critérios para classificação de ontologias .....	46
<b>Quadro 3.</b> Visão geral das abordagens de avaliação de ontologias .....	49
<b>Quadro 4.</b> Estratégias e métodos de avaliação na DSR.....	116
<b>Quadro 5.</b> Espaço do problema.....	125
<b>Quadro 6.</b> Espaço da solução .....	127
<b>Quadro 7.</b> Espaço do conhecimento .....	128
<b>Quadro 8.</b> Espaço da implementação .....	129
<b>Quadro 9.</b> Espaço da avaliação .....	131
<b>Quadro 10.</b> Comparação das amostras de metodologias de desenvolvimento de ontologias.....	138
<b>Quadro 11.</b> Espaço do problema - <i>Ontology 101</i> .....	139
<b>Quadro 12.</b> Espaço da solução - <i>Ontology 101</i> .....	140
<b>Quadro 13.</b> Espaço do conhecimento - <i>Ontology 101</i> .....	142
<b>Quadro 14.</b> Espaço da implementação - <i>Ontology 101</i> .....	143
<b>Quadro 15.</b> Espaço da avaliação - <i>Ontology 101</i> .....	143
<b>Quadro 16.</b> Espaço do problema - Processo de desenvolvimento de ontologias.....	144
<b>Quadro 17.</b> Espaço da solução - Processo de desenvolvimento de ontologias .....	145
<b>Quadro 18.</b> Espaço do conhecimento - Processo de desenvolvimento de ontologias .....	147
<b>Quadro 19.</b> Espaço da implementação - Processo de desenvolvimento de ontologias .....	148
<b>Quadro 20.</b> Espaço da avaliação - Processo de desenvolvimento de ontologias.....	149
<b>Quadro 21.</b> Espaço do problema´ - Modelo de referência para reunir e modelar informações .....	150
<b>Quadro 22.</b> Espaço da solução´ - Modelo de referência para reunir e modelar informações.....	151
<b>Quadro 23.</b> Espaço do conhecimento´ - Modelo de referência para reunir e modelar informações....	156
<b>Quadro 24.</b> Espaço da implementação´ - Modelo de referência para reunir e modelar informações..	157
<b>Quadro 25.</b> Espaço da avaliação´ - Modelo de referência para reunir e modelar informações .....	157
<b>Quadro 26.</b> Análise comparativa - Espaço do problema.....	159
<b>Quadro 27.</b> Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do problema.....	160
<b>Quadro 28.</b> Análise comparativa - Espaço da solução .....	161
<b>Quadro 29.</b> Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da solução .....	162
<b>Quadro 30.</b> Análise comparativa - Espaço do conhecimento .....	162
<b>Quadro 31.</b> Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do conhecimento .....	163
<b>Quadro 32.</b> Análise comparativa - Espaço da implementação .....	164
<b>Quadro 33.</b> Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da implementação .....	165
<b>Quadro 34.</b> Análise comparativa - Espaço da avaliação.....	165
<b>Quadro 35.</b> Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da avaliação .....	166

## **Lista de Siglas**

CC – Ciência da Computação

CI – Ciência da Informação

DR – Design Research

DS – Design Science

DSR – Design Science Research

IA – Inteligência Artificial

ISDR – Information Systems Design Research

MAA – Metodologia de Análise de Artefatos

OC – Organização do Conhecimento

RI – Recuperação da Informação

SI – Sistemas de Informação

SOC – Sistemas de Organização do Conhecimento

SI – Sistemas de Informação

# Sumário

<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>5</b>
<b>RESUMO</b>	<b>6</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE QUADROS</b>	<b>9</b>
<b>LISTA DE SIGLAS</b>	<b>10</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
Nota sobre os termos usados nesta dissertação	14
1.1. Problema	16
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo geral	17
1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3. Justificativa	17
1.3.1. Relevância para o estudo e desenvolvimento das ontologias	18
1.3.2. Relevância para a Design Science Research	18
1.3.3. Relevância para Sistemas de Informação	19
1.3.4. Relevância para a Ciência da Informação	19
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>21</b>
2.1. Ontologias	21
2.1.1. Origem das ontologias	22
2.1.1.1. Ontologias na Filosofia	22
2.1.1.2. Ontologias em Sistemas de Informação	24
2.1.2. Ontologias na Ciência da Informação	27
2.1.2.1. Ontologias como Sistemas de Organização do Conhecimento	29
2.1.2.2. Outras visões sobre as ontologias na Ciência da Informação	37
2.1.2.3. Características das ontologias	41
2.1.2.4. Tipos de ontologias	42
2.1.3. Desenvolvimento de ontologias	47
2.1.3.1. Componentes do processo de desenvolvimento ontologias	47
2.1.3.2. Princípios para criar ontologias	51
2.1.3.3. Etapas para desenvolver ontologias	53
2.1.4. Síntese	57
2.2. <i>Design Science</i>	59
2.2.1. O design como prática, disciplina e campo de aplicação	60
2.2.1.1. De prática a campo de aplicação	60
2.2.1.2. O design como processo	64
2.2.2. O papel do conhecimento no design	67
2.2.2.1. Conhecimento prático	68
2.2.2.2. Conhecimento teórico	69
2.2.3 Design Science Research: o design em Sistemas de Informação	76
2.2.2.3. Joseph G. Walls, George R. Widmeyer e Omar A. El-Sawy	77
2.2.2.4. Salvatore T. March	80

2.2.2.5. Alan R. Hevner	83
2.2.2.6. John R. Venable	93
2.2.2.7. Shirley Gregor	100
2.2.3. O design no desenvolvimento de métodos de pesquisa	110
2.2.3.1. Objetivos e avaliação de métodos de pesquisa	111
2.2.3.2. Etapas do design de métodos de pesquisa	113
2.2.4. Síntese	114
<b>3. DESENVOLVIMENTO</b>	<b>117</b>
3.1. Metodologia	117
3.1.1. Referencial epistemológico	117
3.1.2. Referencial teórico-conceitual	118
3.1.3. Tipo e métodos de pesquisa	119
3.1.4. Critérios para seleção da amostra	120
3.1.5. Etapas e atividades	121
3.2. Criação da Metodologia de Análise de Artefatos	122
3.2.1. Propósito	122
3.2.2. Objetivos	122
3.2.3. Contexto e justificativa	123
3.2.4. Componentes da MAA	123
3.2.5. Construto da análise de artefatos	123
3.2.6. Modelo de análise de artefatos	123
3.2.7. Processo de análise de artefatos	131
3.3. Aplicação da Metodologia de Análise de Artefatos	133
3.3.1. Análise do contexto do problema	133
3.3.2. Propósito da aplicação	134
3.3.3. Hipóteses testáveis	134
3.3.4. Objetivos da aplicação	134
3.3.5. Seleção da amostra	134
3.3.6. Critérios de análise	136
3.3.7. Análise 1: Guia <i>Ontology 101</i>	139
3.3.8. Análise 2: Processo de desenvolvimento de ontologias	144
3.3.9. Análise 3: Modelo de referência na DSR para reunir e modelar informações	149
3.3.10. Comparação dos resultados	158
3.3.11. Recomendações para aperfeiçoar as metodologias	166
<b>4. CONCLUSÃO</b>	<b>171</b>
4.1. Alcance dos objetivos de pesquisa	171
4.2. Consistência interna da pesquisa	173
4.3. Limitações da pesquisa	174
4.4. Contribuições da pesquisa	175
4.5. Recomendações para trabalhos futuros	177
4.6. Considerações finais	178
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>179</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Além de intensificar o fenômeno da explosão informacional (BUSH, 1945), o avanço tecnológico tem possibilitado avanços importantes nos processos de busca e recuperação da informação (SOUSA; ARAÚJO JÚNIOR, 2013). Nesse contexto, as ontologias vêm ganhando popularidade em diferentes áreas para organizar, entender e gerenciar informações e conhecimento (DING; FOO, 2002a).

Ontologias são “*especificações de uma conceituação*” (GRUBER, 1993, p. 3), “*artefatos de engenharia, constituídos por um vocabulário específico usado para descrever uma certa realidade, mais um conjunto de suposições explícitas sobre o significado pretendido das palavras*” (GUARINO, 1998, p. 2). Usadas para estruturar e compartilhar conhecimento (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999), as ontologias criam um entendimento comum sobre um domínio que comunicável entre pessoas e máquinas (DING; FOO, 2002b).

Com origem na Filosofia há pelo menos 2 mil anos, as ontologias desenvolveram-se fortemente a partir da segunda metade do século XX, com os avanços da Ciência da Computação (CC) e da Inteligência Artificial (IA). Na Ciência da Informação (CI), as ontologias são objeto de estudo da Organização do Conhecimento (OC), um campo que investiga a natureza e a qualidade dos processos e sistemas de organização do conhecimento usados por seres humanos e computadores para organizar documentos, representações de documentos e conceitos (HJØRLAND, 2008). A organização do conhecimento em Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC), como as ontologias, é um dos assuntos centrais da OC.

As características das ontologias variam de acordo com a metodologia de elaboração, a estrutura, o conteúdo, a forma e o contexto de aplicação. Seu desenvolvimento exige esforços de engenharia, disciplina e rigor, que incluem princípios e atividades de projeto, tecnologias de suporte e metodologias sistêmicas de desenvolvimento (GASEVIC; DJURIC; DEVEDZIC, 2006). Porém, na prática, os processos usados para desenvolver ontologias são morosos, propensos a erros e geram problemas de manutenção e atualização, influenciando qualidade das ontologias e os resultados esperados com seu uso (DING; FOO, 2002a). Uma das razões para isso é a ausência de rigor metodológico que caracteriza esses processos (OBRST et al., 2006; MAI, 2008; GUIMARÃES, 2015), além de questões relacionadas à falta de clareza conceitual do termo ontologia.

Nos últimos anos, profissionais e pesquisadores da área têm buscado alternativas para desenvolver ontologias de maneira cada vez mais eficiente e eficaz. É possível encontrar na literatura várias metodologias com técnicas, ferramentas e linguagens para construir, melhorar ou integrar ontologias (ALMEIDA; BAX, 2003), cada vez mais sofisticadas e completas (GUIMARÃES, 2015). Todavia, a diversidade dos métodos usados nos diferentes campos do conhecimento interessados nas ontologias dificulta estabelecer uma linguagem comum, que seja compartilhável entre desenvolvedores de softwares, engenheiros de ontologia e cientistas da informação.

A relevância das ontologias para resolver problemas relacionados à organização da informação, conjugadas à fragilidade das metodologias existentes, cria um campo fértil para aplicação de novas perspectivas epistemológicas, como a *Design Science* (DS). O termo *Design Science* surgiu na década de 1960 e foi popularizado por Herbert Simon em 1969, com a publicação do livro *As Ciências do Artificial*. Na obra, Simon definiu o design como o processo de “*definir cursos de ação para transformar situações existentes em situações preferidas*” (SIMON, 1997, p. 111). Por sua vez, a ciência do *design* seria “*um conjunto de doutrinas sólidas, analíticas, parcialmente formalizáveis, parcialmente empíricas e que podem ser ensinadas sobre o processo de design*” (SIMON, 1997, p. 113). Fundamentados na ideia de Simon, de que uma teoria geral do design explica ou prescreve o processo de design independentemente do domínio em que ele ocorre, pesquisadores expandiram o conhecimento de design em campos variados como a Arquitetura, a Medicina, a Administração e as Artes.

Na área de Sistemas de Informação (SI), com a massiva aplicação dos princípios e métodos de design para desenvolver sistemas de informação, o design assumiu o status de paradigma científico de pesquisa. Nesse campo, o termo evoluiu para um conceito ainda mais sofisticado, nomeado *Design Science Research* (DSR), que compreende um conjunto de teorias e técnicas que usam o design como método de investigação para produzir meta-artefatos inovadores: construtos, modelos, métodos e instanciações (MARCH; SMITH, 1995), além de melhores teorias de design. As teorias e métodos de design se distinguem dos métodos tradicionais, pois são orientados pela epistemologia da utilidade, e não pela epistemologia da verdade (IIVARI, 2007): enquanto a ciência natural está preocupada com “o que é”, a DSR preocupa-se com “o que deveria ser” (MOR; WINTERS, 2006).

Uma metodologia é um artefato intencional constituído por construtos, modelos e métodos, além de estruturas, ferramentas, técnicas, procedimentos e documentos, que descrevem como esses elementos devem ser usados nas etapas de um processo de busca por uma solução. Partindo dessa premissa, e considerando que a DSR é o referencial teórico mais adequado para estudar os artefatos criados intencionalmente por humanos, esta dissertação usa a DSR para **propor e testar uma Metodologia de Análise de Artefatos (MAA) em três metodologias para desenvolver ontologias.**

As metodologias analisadas têm diferentes origens para refletir a pluralidade das áreas que estudam as ontologias:

- *Ontology Development 101*: criada pelas pesquisadoras americanas Natalya Noy e Deborah McGuinness (2001), é referência de inúmeros estudos da área de CC e IA;
- Processo de desenvolvimento de ontologias: desenvolvido no campo da Engenharia e Gestão do Conhecimento pelos cientistas brasileiros Sandro Rautenberg, José Leomar Todesco e Fernando Gauthier (2009);
- *Reference Model in Design Science Research to Gather and Model Information*, criado pelos cientistas da computação irlandeses Lukasz Ostrowski e Markus Helfert, a partir dos referenciais teóricos da DSR (2012).

As contribuições do estudo concorrem para aperfeiçoar as metodologias usadas para desenvolver ontologias e, por consequência, as próprias ontologias. A desambiguação do termo ontologia, realizada na dissertação, é condição necessária para o desenvolvimento do estudo e da prática desses artefatos. Por sua vez, a criação e uso da MAA para identificar semelhanças, diferenças, pontos fortes e fracos das metodologias de desenvolvimento de ontologias podem gerar conhecimento e *insights* para aperfeiçoá-las. Além disso, a MAA, além de criar um construto de conceitos relevantes para análise de artefatos, funciona como precedente de design, pois cria uma linguagem-padrão que pode ser usada para a análise de outros artefatos, independente do campo de aplicação. Essa mesma linguagem padrão viabiliza a comunicação entre profissionais dos distintos campos que estudam ou aplicam as ontologias, contribuindo para ampliar a base de conhecimento e a utilidade desses artefatos.

### *Nota sobre os termos usados nesta dissertação*

É necessário registrar algumas considerações sobre o significado, o uso e a tradução de alguns termos usados nesta dissertação.

Os termos “metodologia”, “modelos” e “métodos” e outros relacionados as atividades e ferramentas dos pesquisadores em diferentes campos do conhecimento, são usados de forma às vezes incorreta, às vezes indistinta. Nesta dissertação, é essencial distingui-los claramente, em razão tanto do objeto investigado, as metodologias para desenvolver ontologias, quanto do artefato criado para essa investigação, uma Metodologia de Análise de Artefatos (MAA). Além disso, a própria natureza da DSR, que estuda os artefatos (construtos, modelos, métodos e instanciações) criados intencionalmente pelos humanos, exige a desambiguação desses termos, o que será feito em diferentes momentos da revisão da literatura, principalmente na seção 2.2. Design Science.

Nesta dissertação, uma metodologia será entendida como um conjunto de construtos, modelos e métodos, combinados com o propósito de criar instanciações de um artefato específico. Segundo March e Smith (1995), construtos são conceitos elementares usados para descrever o espaço de um problema e especificar sua solução. Modelos são conjuntos de proposições ou declarações que expressam relações entre os construtos. Métodos definem os processos de solução e um conjunto de etapas, diretrizes ou algoritmos para executar uma tarefa, usando a linguagem dos construtos e a representação dos modelos, incluindo suas atividades e produtos. Já as instanciações demonstram construtos, modelos ou métodos implementados em um sistema, evidenciando sua exequibilidade e utilidade para resolver o problema para o qual foram criados. O entendimento de March e Smith está em consonância com as observações de Khotari (2004) sobre as metodologias de pesquisa:

A metodologia de pesquisa é uma maneira de resolver sistematicamente o problema de pesquisa. Pode ser entendida como uma ciência de estudar como a pesquisa é feita cientificamente. Nela, estudamos os vários passos que geralmente são adotados por um pesquisador ao estudar seu problema de pesquisa e a lógica por trás deles. (...). Os pesquisadores precisam entender os pressupostos subjacentes as várias técnicas e precisam conhecer os critérios pelos quais podem decidir que certas técnicas e procedimentos são aplicáveis a certos problemas e outros não. (...). Assim, quando falamos de metodologia de pesquisa, não falamos apenas dos métodos de pesquisa, mas também da lógica por trás dos métodos que usamos (KHOTARI, 2004, p. 8).

Outra distinção importante diz respeito ao termo “desenvolvimento”, usado em “metodologias de desenvolvimento de ontologias”. Neste estudo, desenvolvimento é usado intencionalmente para incluir o mapeamento, a criação, a manutenção e a avaliação de ontologias, partindo da premissa que esses processos são, em maior ou menor medida, essenciais para seu desenvolvimento e uso efetivo.

Por fim, é necessário apontar algumas questões relacionadas à tradução de termos, que acontecerá em alguns casos, e em outros não. Considerando que a comunidade da CI tem bases institucionais relativamente sólidas no contexto acadêmico brasileiro, os termos e acrônimos Ciência da Informação (CI), Recuperação da Informação (RI), Organização do Conhecimento (OC), Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC) e outros termos populares relacionados, como Sistemas de informação (SI), Tecnologia da informação (TI), Ciência da Computação (CC) e Inteligência Artificial (IA), serão usados no português.

Por outro lado, a *Design Science* (DS) ainda não tem representatividade suficiente no Brasil<sup>1</sup> para justificar a tradução de termos e acrônimos já consagrados na literatura, que carregam uma distinção conceitual importante para os pesquisadores da área. Assim, os termos *Science of Design* (SoD), *Information Systems Design Research* (ISDR), *Design Research Science* (DSR) e *Design Research* (DR), serão mantidos em inglês, assim como outros termos menos importantes que não possuem seus equivalentes na língua portuguesa. Uma exceção é o termo *design*, que não será traduzido ou grifado em itálico quando usado de forma genérica, uma vez que ele já se encontra descrito nos dicionários de língua portuguesa.

---

<sup>1</sup> Segundo Oliveira (2014), o termo *design* deriva da palavra inglesa, que é usada como substantivo (planificação, propósito, objetivo, intenção) e como verbo (projetar, simular, esquematizar, planificar). Com origem no termo do latim *segno*, relacionado à produção de um signo, no latim medieval a palavra *designare* significava designar, diagramar, achar meios, alinhada à ação de projetar. Do latim derivaram a palavra italiana *disegno*, *dessein* no francês, *diseño* em espanhol, *desenho* em português e *design* em inglês. Posteriormente, o sentido dessas palavras foi alterado, derivando em dois conceitos conectados: no inglês, o ato de desenhar foi substituído pela palavra *draw*, e no espanhol pela palavra *dibujo*; assim, o ato de planejar, designar e projetar ficou conhecido no inglês como *design* e no espanhol como *diseño*, distinção que foi acentuada com a Revolução Industrial. No português, essa diferenciação não aconteceu, com exceção do Desenho Industrial, campo ligado à indústria. O termo foi recentemente substituído pela palavra *design*, para superar as limitações sobre a compreensão do campo.

## 1.1. Problema

Embora a construção de ontologias venha sendo prescrita em nível técnico e de forma detalhada nas últimas décadas, o nível metodológico ainda é negligenciado. O problema começa no uso do termo ontologia que, muitas vezes usado de forma imprecisa, é confundido com outros tipos de SOC, como os tesauros e taxonomias (REES, 2003; GARSHOL, 2004; OBRST et al., 2006; CAMPOS; GOMES, 2007; CURRÁS, 2011; VITAL; CAFÉ, 2011; HJØRLAND, 2015). Além disso, autores apontam problemas relacionados aos métodos usados para desenvolver ontologias, como a ausência de abordagens para análise de usuários, domínios e atividades (MAI, 2008), a nomeação de termos de forma intuitiva sem métodos sistemáticos e a escassez de conhecimento para definir e relacionar conceitos (GUIMARÃES, 2015). A ausência de avaliações sistemáticas impede que usuários obtenham informações importantes sobre as ontologias, como sua cobertura, inteligibilidade para usuários, validade, solidez, consistência, tipos de inferências e capacidade de adaptação e reuso (OBRST et al., 2006). Esses problemas, acentuados pela multidisciplinaridade e variedade terminológica do campo, que trabalha com conceitos de áreas distintas, influenciam negativamente os métodos de desenvolvimento e a qualidade das ontologias, prejudicando o alcance do propósito para o qual foram criadas.

Apesar desses problemas, metodologias são artefatos, que podem ser melhor desenvolvidos com o uso de abordagens rigorosas de pesquisa (MARCH; SMITH, 1995). Criar e usar uma metodologia de análise de artefatos baseada na DSR para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias pode gerar conhecimento e *insights* valiosos para criar metodologias mais racionais, consistentes, úteis e rigorosas. Nesse contexto, são desafios desta dissertação responder às seguintes questões:

- O que são ontologias? Como elas vêm sendo estudadas pela CI? De que forma as ontologias se diferenciam de outros tipos de SOC, como as taxonomias e tesauros? Quais são os tipos de ontologia? Quais são as etapas e os métodos usados para desenvolvê-las?
- O que é DSR, e como o design pode contribuir para aperfeiçoar as metodologias usadas para desenvolver ontologias?
- A criação e o uso de uma metodologia de análise de artefatos em metodologias de desenvolvimento de ontologias revelam algo útil, novo ou único?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

Desenvolver uma metodologia baseada na DSR para analisar artefatos, a exemplo das metodologias de desenvolvimento de ontologias.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

O objetivo geral depende do alcance dos seguintes objetivos específicos:

- Definir conceitualmente as ontologias, considerando como elas vêm sendo estudadas em diferentes campos e na CI, suas características distintivas em relação a outros tipos de SOC, as diferentes tipologias de classificação e componentes relacionados ao seu desenvolvimento.
- Identificar variáveis para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, considerando o referencial teórico da CI sobre ontologias e as ideias dos principais autores da DSR.
- Construir uma metodologia de análise de artefatos para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, considerando os objetivos, as funções e as características das ontologias, assim como as diretrizes, etapas e atividades necessárias para o seu desenvolvimento.
- Testar e validar a metodologia em três diferentes metodologias de desenvolvimento de ontologias, identificando semelhanças, diferenças, pontos fortes e pontos fracos entre elas.
- Propor recomendações para aumentar o rigor e a efetividade das metodologias de desenvolvimento de ontologias, bem como para realização de pesquisas futuras no campo.

## **1.3. Justificativa**

A justificativa está fundamentada na relevância da pesquisa para o desenvolvimento da CI, de SI, da DSR e demais campos interessados no desenvolvimento de ontologias mais efetivas.

### **1.3.1. Relevância para o estudo e desenvolvimento das ontologias**

Com origem na Filosofia, as ontologias são atualmente estudadas por diferentes áreas, como a CC, a IA, a CI e a SI (DING; FOO, 2002a). No contexto atual, em que há um grande volume de dados disponível e o custo de processamento é relativamente barato, as ontologias têm ganhado cada vez mais importância para organizar o conhecimento nos mais diversos campos de aplicação (GILCHRIST, 2003).

Apesar de todos os avanços técnicos, existe ainda uma grande variação na qualidade das ontologias produzidas (OBRST et al., 2006). Vários autores já observaram a existência de dificuldades no nível metodológico das ontologias, que vão desde a imprecisão no uso do termo ontologia (REES, 2003; GARSHOL, 2004; OBRST et al., 2006; CAMPOS; GOMES, 2007; CURRÁS, 2011; VITAL; CAFÉ, 2011; HJØRLAND, 2015) até problemas específicos dos métodos usados, como a ausência de abordagens para análise de usuários, domínios e atividades (MAI, 2008), a nomeação intuitiva de termos, ou ainda a falta de conhecimento para definir, identificar e relacionar conceitos (GUIMARÃES, 2015). Essas dificuldades são acentuadas pela variedade terminológica dos distintos campos que estudam as ontologias e, em conjunto, impedem o uso do potencial ainda inexplorado desses artefatos.

Ao identificar e comparar as características comuns, diferenças, pontos fortes e pontos fracos das metodologias usadas para desenvolver ontologias, a pesquisa gera conhecimento para criar processos de desenvolvimento e ontologias e mais efetivas. Além disso, o uso da DSR como referencial teórico cria um vocabulário comum, que pode ser usado para comunicação de profissionais dos diferentes domínios interessados no desenvolvimento de ontologias. A DSR também oferece um arcabouço teórico para especificar e avaliar ontologias, o que facilita o reuso desses artefatos e reduz o uso de recursos (custos, tempo, dinheiro, etc.) com o desenvolvimento de novas ontologias.

### **1.3.2. Relevância para a Design Science Research**

A DSR é a pesquisa que usa o design como método de investigação para produzir meta-artefatos inovadores como resultado de pesquisa, usando a epistemologia da utilidade, e não a epistemologia da verdade (IIVARI, 2007). De acordo com visão construtivista da DSR, a contribuição para a base de conhecimento pode acontecer antes mesmo do artefato ser instanciado (MARCH; SMITH, 1995; HEVNER et al., 2004).

Nessa perspectiva a metodologia de análise de artefatos desenvolvida nessa dissertação funciona como um tipo de conhecimento chamado “precedente de design”, que pode ser usado como base para comparar, aperfeiçoar ou desenvolver outros artefatos inovadores. Além disso, o uso da DSR como referencial teórico e metodológico de pesquisa ajuda a disseminar a epistemologia do design em novos campos de aplicação, que incluem não apenas as comunidades que lidam com DSR, a CI, a SI ou as áreas que tradicionalmente vêm investigando as ontologias, mas qualquer pesquisador interessado em conhecer novas formas para desenvolver as metodologias e os métodos que utiliza em suas pesquisas.

### **1.3.3. Relevância para Sistemas de Informação**

Apesar do debate que existe na literatura sobre o grau de convergência ou divergência entre a SI e a CI (ELLIS; ALLEN; WILSON, 1999; MONARCH, 2000), é possível afirmar que ambas estudam o campo da informação, um campo geral de convergência entre diferentes disciplinas, caracterizado pela presença dos elementos informação, tecnologia, pessoas e organização/sociedade (ZHANG; BENJAMIN, 2007).

Ainda que não-intencionais, as contribuições deste estudo para a área de SI são relevantes. A SI é uma disciplina preocupada com a análise, construção, implantação, uso, avaliação, evolução e gerenciamento de artefatos de sistemas de informação em ambientes organizacionais (HEVNER; MARCH, 2003). Na SI, as teorias de design são reconhecidas como um paradigma de pesquisa, usadas para construir uma ampla gama de artefatos sociotécnicos (GREGOR; HEVNER, 2013).

Fortalecer a ideia de que DSR é um referencial epistemológico extensível a outros campos consolida a importância do design como um paradigma científico de SI. Além disso, o uso da DSR para investigar artefatos de informação, como as metodologias para desenvolver ontologias, reforça uma tendência importante em SI, que valoriza cada vez mais os conteúdos de informação em relação aos mecanismos tecnológicos. As ontologias são exemplos desse tipo de conteúdo, e seu crescente uso e popularização corrobora essa tendência.

### **1.3.4. Relevância para a Ciência da Informação**

A CI é uma meta-disciplina, com uma ampla variedade de teorias, bases filosóficas e métodos de pesquisa, que passa por mudanças à medida que se adapta a novas formas de

documentos e ambientes de informação (BAWDEN; ROBINSON, 2016). Na CI, a OC investiga a natureza e a qualidade dos processos (catalogação, indexação, classificação, etc.) e sistemas de organização do conhecimento (taxonomias, tesouros, ontologias, etc.), usados por seres humanos e computadores para organizar documentos, representações de documentos e conceitos (HJØRLAND, 2008).

O uso do referencial teórico e metodológico da DSR para investigar metodologias para desenvolver ontologias pode gerar *insights* diferentes das abordagens tradicionais da CI. Além disso, pode revelar que determinadas formas de conhecimento e práticas dos profissionais da informação, inválidas em outros contextos científicos, são válidas na DSR.

Nessa perspectiva, este estudo se insere em uma discussão mais ampla, que considera a CI como uma ciência do artificial. Vakkari (1994) observou que a CI, como ciência social aplicada, é uma “*ciência do projeto*”, ou *design science* (BAX, 2014). Por sua vez, Buckland (2012) declarou que a CI envolve uma ampla gama de ciências sociais e humanidades e engenharia altamente técnicas e especializadas, provocando: “*se a CI é uma ciência, ela é uma ciência do artificial*”. Considerar que a CI é uma ciência do artificial não é uma ideia nova, mas também não é consolidada. Apesar disso, de forma pioneira, alguns autores têm apresentado importantes contribuições para o uso da *design science* na CI (BEREJO, 2013; BAX, 2014; BARBOSA, 2016; BARBOSA; BAX, 2016; CLARKE, 2016).

Se o estudo demonstrar que a DSR revela algo novo, único ou útil sobre essas metodologias, será possível estender sua aplicação para outras metodologias de pesquisa da CI, sistemas de organização do conhecimento ou até mesmo artefatos de informação (documentos). À medida que novas pesquisas forem realizadas, confirmando um novo paradigma de pesquisa na CI, a *design science* poderá ser usada para aperfeiçoar os artefatos criados pelos cientistas da informação em sua prática cotidiana. Nesse cenário, seria preciso reorientar o ensino e a prática desses profissionais, o que permitiria retomar o poder perdido pela profissão diante do sucesso dos tecnologistas, reconhecendo seu papel de legítimos criadores e produtores de serviços e produtos de informação (CLARKE, 2016).

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura está dividida em duas seções. A primeira investiga as ontologias, com o objetivo de compreender sua origem, o que são, como funcionam e como são estudadas e desenvolvidas em diferentes áreas do conhecimento, mas principalmente na Ciência da Informação (CI), no contexto da Organização do Conhecimento (OC).

A segunda seção investiga a origem e os principais referenciais teóricos da *Design Science* (DS) e da *Design Science Research* (DSR), com o objetivo de identificar as diretrizes, os componentes, os métodos e as etapas necessárias para desenvolver um artefato, a exemplo de uma metodologia para desenvolver ontologias.

### 2.1. Ontologias

De acordo com o dicionário Merriam Webster, “Ontologia” é um ramo da metafísica preocupado com a natureza e as relações do ser ou uma teoria particular sobre a natureza do ser ou os tipos existentes (REES, 2003). Fomentadas pela disponibilidade de um grande volume de informações e de um poder de computação relativamente barato, as ontologias são uma tecnologia com grande potencial para melhorar a organização, o gerenciamento e o entendimento da informação na Ciência da Computação (CC) e na Inteligência Artificial (IA) (DING; FOO, 2002a). Para explicar o que são as ontologias, para que servem, como funcionam e como devem ser desenvolvidas, esta seção foi dividida em quatro partes.

A primeira apresenta a origem das ontologias na Filosofia e seu desenvolvimento e uso em sistemas da informação, nos campos da CC e da IA. A segunda parte apresenta as ontologias na perspectiva da CI, mais especificamente no campo da Organização do Conhecimento (OC), no qual as ontologias são caracterizadas como um tipo de Sistema de Organização do Conhecimento (SOC), com semelhanças e diferenças em relação a SOC, como taxonomias e tesouros. Apresenta também outras visões das ontologias na CI (corpo de conhecimentos ou teoria de conteúdos, linguagem documentária e vocabulário controlado), as principais características distintivas das ontologias e um conjunto de tipologias para classificá-las de acordo com essas características. A terceira parte, fundamental para cumprir o objetivo da dissertação, apresenta as metodologias usadas para desenvolver ontologias, seus componentes, os princípios as e as etapas necessárias para desenvolvê-las. Por fim, a

quarta parte apresenta uma síntese das principais questões discutidas, descobertas e as contribuições teóricas da seção para a criação da Metodologia de Análise Artefatos (MAA), que será usada para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

### **2.1.1. Origem das ontologias**

A palavra Ontologia deriva do grego onto (ser) + logia (estudo), a ciência que estuda o ser. O termo ontologia aparece pela primeira vez no dicionário Bailey de 1721, definido como "*uma contabilização de estar no abstrato*" (SMITH; WELTY, 2001, p.1). No final dos anos 1960, com os avanços tecnológicos na computação, as ontologias emergiram como um importante objeto de estudo nas áreas de modelagem de dados, inteligência artificial e engenharia de ontologias (GUIMARÃES, 2015). Com a sofisticação dos softwares, os profissionais da área perceberam que o conteúdo pode ser tão importante quanto as funcionalidades e procedimentos do sistema (SMITH; WELTY, 2001).

De acordo com Guarino (1998), as ontologias vêm sendo estudadas em áreas como a Ciência da Computação (CC), Inteligência Artificial (IA), Linguística Computacional e Teoria de Bancos de Dados, em campos de pesquisa diversos como engenharia do conhecimento, representação do conhecimento, modelagem qualitativa, engenharia da linguagem, design de banco de dados, modelagem de informações, integração de informações, análise orientada a objetos, recuperação e extração de informações, gestão e organização do conhecimento e design de sistemas baseados em agentes. Segundo o autor, as áreas de aplicação são ainda mais díspares, como integração de empresas, tradução de línguas naturais, medicina, Engenharia mecânica, padronização de produtos, comércio eletrônico e sistemas de informações geográficas, jurídicas e biológicas.

Nesse contexto tão diverso, a discussão da origem do termo Ontologia, a partir de suas raízes na Filosofia, e da sua aplicação e desenvolvimento em sistemas de informação, é um passo necessário e importante para compreender como elas são estudadas na CI.

#### *2.1.1.1. Ontologias na Filosofia*

De acordo com o dicionário Merriam Webster, ontologia é um ramo da metafísica preocupado com a natureza e as relações do ser ou uma teoria particular sobre a natureza do ser ou os tipos existentes (REES, 2003). Em sua forma escrita, o termo apareceu pela primeira

vez no dicionário Bailey de 1721, definido como "*uma contabilização de estar no abstrato*" (SMITH; WELTY, 2001, p.1), derivada do grego onto (ser) + logia (estudo), a ciência que estuda o ser (ALMEIDA; BAX, 2003).

As primeiras definições do termo Ontologia, com letra maiúscula, surgiram na Filosofia para designar "aquilo que existe" (SMITH, 2003). O termo tem origem na palavra aristotélica categoria, usada para classificar alguma coisa. Aristóteles apresentou categorias fundamentais para classificar qualquer entidade, introduzindo o termo "*differentia*" para as propriedades que distinguem as espécies de um mesmo gênero (ALMEIDA; BAX, 2003). Mais tarde, no séc. XVIII, os filósofos alemães usaram o termo ontologia para se referir a uma disciplina que incluía noções de ser, qualidade e quantidade, verdade e falsidade e, no séc. XX, o termo foi usado em discussões filosóficas pelo alemão Edmund Husserl como outro nome para um sistema lógico científico (ALMEIDA, 2013). O filósofo definiu Ontologia como "a ciência das essências", identificando dois tipos de ontologias: ontologias formais, que fundamentam e se interessam pela essência de todas as ciências, e ontologias materiais, um conjunto de ontologias setoriais preocupadas com fatos (HUSSERL, 1996 apud VITAL; CAFÉ, 2011).

Smith e Welty (2001) usaram o termo ontologias filosóficas para designar a ciência do que é, dos tipos e estruturas de objetos, propriedades, eventos, processos e relações em todas as áreas da realidade, preocupada com a classificação definitiva e exaustiva das entidades em todas as esferas do ser de forma. Os autores observaram que a classificação é definitiva quando responde questões sobre as classes de entidades necessárias para descrever e explicar tudo o que acontece no universo, e exaustiva quando inclui todos os tipos de entidades, inclusive os diferentes tipos de relações que as vinculam (SMITH; WELTY, 2001). Ao contrário das ciências experimentais, que visam descobrir e modelar a realidade sob uma certa perspectiva, a Ontologia se concentra na natureza e na estrutura das coisas em si, independentemente de quaisquer outras considerações ou até mesmo de sua existência real (GUARINO; OBERLE; STAAB, 2009).

Smith e Welty (2001) observaram também que diferentes escolas de filosofia ofereceram abordagens distintas para as classificações ontológicas, apontando duas grandes divisões nessas abordagens. A primeira divisão diz respeito às ontologias baseadas em substância e as ontologias baseadas em eventos ou processos, e a segunda está relacionada a

distinção entre ontologias adequatistas, que buscam construir uma taxonomia das entidades reais em todos os níveis de agregação (do microfísico ao cosmológico, incluindo o mundo intermediário das entidades humanas), e ontologias reducionistas, que enxergam a realidade em um nível determinado, decompondo-a em seus constituintes mais simples ou reduzindo a aparente variedade de tipos de entidades existentes.

Por sua vez, Milton e Smith (2004) conceituaram uma ontologia de nível superior, *“usada para fornecer base teórica para representação e modelagem em sistemas de informação”* (MILTON; SMITH, 2004, p.2). Para os autores, as ontologias baseadas no realismo de senso comum aristotélico e em métodos rígidos da filosofia são ontologias de alto nível, das quais podem ser derivadas ontologias teóricas, que usam bases teóricas da Filosofia, e ontologias pragmáticas (ou de sistemas de informação), bastante comuns na CI, que combinam a abordagem filosófica com propósitos práticos de resolver problemas em domínios específicos.

Os fundamentos filosóficos das ontologias são de grande importância para seu estudo, desenvolvimento e aplicação prática. O uso das noções filosóficas de identidade e unidade como ferramentas formais para analisar decisões ontológicas traz benefícios como a facilidade de manutenção, a interoperabilidade entre os sistemas (MILTON; SMITH, 2004), maior eficácia, possibilidade de reuso em diferentes contextos (SMITH; WELTY, 2001) e redução das inconsistências da ontologia (GUARINO; WELTY; 2000 apud FONSECA, 2007).

#### *2.1.1.2. Ontologias em Sistemas de Informação*

Após o desenvolvimento inicial das ontologias na filosofia, nos últimos anos elas evoluíram bastante com os avanços nos campos da CC e da IA. De acordo com Smith e Welty (2001), a IA sempre focou sua atenção em sistemas que sabem ou simulam o conhecimento por meio de mecanismos de raciocínio automatizados. À medida que esses mecanismos se tornaram mais padronizados ao longo do tempo, as teorias expressas nos mesmos ganharam a atenção dos pesquisadores. Chamadas de corpos de conhecimento, essas teorias eram coleções de termos com axiomas associados, projetados para restringir interpretações não intencionais e permitir a derivação de novas informações a partir de fatos básicos. Essas bases eram elaboradas para refletir de maneira declarativa o conhecimento humano de senso comum, usando os poderes do sistema de raciocínio automatizado (SMITH; WELTY, 2001).

A partir dessa perspectiva, Smith e Welty (2001) destacaram três origens do uso de ontologias em sistemas de informação. Na engenharia de conhecimento, as ontologias foram aplicadas para reduzir a arbitrariedade na caracterização e a falta de rigor no desenvolvimento das bases de conhecimento. Na modelagem conceitual, com a estabilização das tecnologias de bancos de dados, as ontologias surgiram para superar uma prática de modelagem *ad hoc* e inconsistente, responsável pela maior parte dos problemas práticos de integração dos bancos de dados atuais. Na engenharia de software, com o avanço das linguagens orientadas a objetos e o reconhecimento da importância da modelagem de domínio para lidar com o tamanho e a complexidade dos programas, as ontologias foram usadas para construir representações declarativas dos procedimentos modelados e permitir o reuso dos elementos dos programas pelos sistemas de aplicação. Para os autores, esses três campos compartilham uma necessidade comum: *“representações declarativas que devem ter a maior generalidade possível para garantir a reutilização, mas que, ao mesmo tempo, correspondam às coisas e processos que devem representar”* (SMITH; WELTY, 2001, p.3).

Apesar das origens destacadas acima, Smith e Welty (2001) observaram que as ideias centrais das ontologias em sistemas de informação foram desenvolvidas do zero por John McCarthy, que em 1980 reconheceu a sobreposição entre a Ontologia filosófica e a construção de teorias lógicas dos sistemas de IA, ao afirmar que os construtores de sistemas inteligentes baseados em lógica devem primeiramente *“listar tudo o que existe, construindo uma ontologia do nosso mundo”* (MCCARTHY, 1980, apud SMITH; WELTY, 2001, p.3). Uma perspectiva semelhante, que reconhece a sobreposição com a Filosofia de forma ainda mais explícita, foi proposta por John Sowa, que usou o termo ontologia para se referir a um catálogo de todas as coisas que compõe um mundo, como se configuram e como funcionam.

Outro fator importante para a popularização das ontologias na área de sistemas de informação foi o surgimento da Web Semântica. O termo Web Semântica foi cunhado por Tim Berners-Lee, o inventor da *world wide web*, para descrever sua visão da próxima geração de serviços automatizados com base na semântica de dados, no processamento de máquinas e na heurística (BERNERS-LEE, FISCHETTI, 1997). Tim Berners-Lee identifica dois objetivos principais que a Web deve cumprir: permitir que as pessoas trabalhem juntas, compartilhando conhecimento, e incorporar ferramentas que ajudem as pessoas a analisar e gerenciar as informações que compartilham (PAN, 2007). Nessa perspectiva, as ontologias fornecem

teorias de domínio comuns e compartilhadas, que funcionam como metadados, usados para representar explicitamente a semântica dos dados de forma processável pela máquina, facilitando o acesso à informação e a comunicação efetiva entre pessoas e computadores, essenciais para permitir acesso baseado em conteúdo, a interoperabilidade e a comunicação na Internet (DING; FOO, 2002a).

Com o crescente uso das ontologias em campos díspares como a engenharia do conhecimento, a modelagem conceitual e a modelagem de domínio, cresceu também a variação no significado do termo. Mesmo com os esforços de Tom Gruber, que em 1993 definiu o termo ontologia como *"uma especificação de uma conceituação"*, e de outros autores como Guarino (1998), que buscaram preencher as muitas interpretações possíveis a partir dessa conceituação, novos significados do termo continuaram a proliferar (SMITH; WELTY, 2001). Welty et al (1999) relataram um amplo espectro de artefatos de informação classificados como ontologias, apresentados na Figura 1. Conceitos de ontologia em sistemas de informação:



**Figura 1.** Conceitos de ontologia em sistemas de informação  
**Fonte:** adaptado de Welty et al. (apud SMITH; WELTY, 2001)

Almeida (2013) observou a existência de dois significados principais para o termo ontologia na Ciência da Computação (CC). O primeiro está relacionado ao uso de princípios ontológicos para entender e modelar a realidade, caso em que a Ontologia é usada de acordo com seu papel original na Filosofia, ou seja, explicar o que existe e caracterizar as entidades nas atividades de modelagem. Já o segundo significado diz respeito à representação de um domínio em uma linguagem de representação do conhecimento, que pode ser processada com raciocínio automatizado.

No campo de sistemas de informação, a maior parte dos pesquisadores optou por não considerar o trabalho do campo de Ontologia filosófica, preferindo usar o termo ontologia como um nome exótico para a engenharia de conhecimento, o que resultou na distorção do significado do termo (SMITH; WELTY, 2001). A aproximação com a teoria lógica e a semântica lógica afastou o termo ontologia das relações diretas com a existência ou realidade. Segundo Smith e Welty (2001), alguns pesquisadores argumentam que este afastamento é apropriado para um sistema de computador, já que uma teoria lógico-semântica define os tipos e estruturas de objetos, propriedades, eventos, processos e relações que existem no sistema. Por outro lado, outros argumentam que a falta de fundamentação na realidade externa criou os problemas atuais relacionados a integração de sistemas legados, e que as decisões ontológicas para representar o mundo são geralmente tomadas diante das limitações de desempenho do sistema, resultando em representações pobres da realidade.

### **2.1.2. Ontologias na Ciência da Informação**

Vickery (1997) foi um dos primeiros no campo da CI a chamar a atenção para a emergência do termo ontologia na engenharia de conhecimento, adotando o termo filosófico ontologia para se referir a uma representação automatizada (taxonomia, vocabulário controlado) de um determinado domínio (MUNN; SMITH, 2009). Atualmente, as ontologias de domínio vêm sendo usadas para organizar informações e direcionar processos de busca em sistemas de recuperação, bibliotecas digitais, fontes de informação heterogêneas e mecanismos de busca na Internet (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999). Nesse contexto, as ontologias diminuem as ambiguidades na linguagem natural por meio do consenso terminológico, que dá sentido aos termos indexados nos mecanismos de busca, possibilitando o compartilhamento e reuso da informação (GUIMARÃES, 2015).

Antes de entender como as ontologias vêm sendo estudadas no campo da Organização do Conhecimento (OC), é importante comparar as perspectivas encontradas na Filosofia, na CC e na CI. Fonseca (2007) distinguiu dois tipos de ontologias estudadas pela CI, as ontologias “de” sistemas de informação e as ontologias “para” sistemas de informação. Segundo o autor, as ontologias de sistemas de informação são métodos para criar representações e descrever diferentes aspectos da realidade, particularmente aquelas relacionadas aos sistemas de informação, apoiando a criação de modelos conceituais. Esse tipo de ontologia descreve o

vocabulário relacionado a um domínio, tarefa ou atividade genérica (GUARINO, 1998). Por sua vez, as ontologias para sistemas de informação são capturadas em forma computacional e usadas para gerar ou validar componentes do sistema de informação.

Almeida (2014) também distinguiu o estudo das ontologias em diferentes campos científicos. Segundo o autor, a CC usa as ontologias para categorizar o mundo, enfatizando o processo de inferência lógica. Por sua vez, na CI, os princípios ontológicos são usados para apoiar a construção de estruturas categóricas para representar o conteúdo de documentos e para representar o recurso como um todo, na perspectiva de uma determinada comunidade de usuários (ALMEIDA, 2013). Além disso, o autor observou que o uso de ontologias (como artefatos) como repositórios do conhecimento científico e a modelagem de ontologias computacionais (descrição formal de aspectos do mundo físico e social para fins de compreensão e comunicação) são atividades que fazem parte do escopo da CI (ALMEIDA, 2013). O Quadro 1. Ontologias na Filosofia, na CC e na CI sintetiza a pesquisa do autor:

Distinção	Campo	O que é?	Propósito	Exemplo
Ontologia como disciplina	Filosofia	Ontologia como sistema de categorias	Entender a realidade, as coisas que existem e suas características	Sistemas de Aristóteles, Kant, Husserl
Ontologia como artefato	Ciência da Computação	Ontologia como teoria (baseada em lógica)	Entender um domínio e reduzi-lo a modelos	BFO, DOLCE (genéricas)
		Ontologia como artefato de software	Criar um vocabulário para representação em sistemas e para gerar inferências	OWL (linguagem de RC)
	Ciência da Informação	Ontologia como teoria (informal)	Entender um domínio e classificar termos	Sistema de classificação de Ranganathan
		Ontologia como sistema conceitual informal	Criar vocabulários controlados para recuperar informação a partir de documentos	Catálogos, glossários e tesouros

**Quadro 1.** Ontologias na Filosofia, na CC e na CI  
**Fonte:** Almeida (2014)

Segundo Almeida (2013), os princípios ontológicos conectam os diferentes campos de pesquisa. A priori, os princípios ontológicos estabelecem que tipos de coisas podem existir e coexistir no mundo (Filosofia), e em um segundo momento, estabelecem que tipos de coisas existem de acordo com evidências empíricas (Ciências Sociais aplicadas). Isso permite testar os princípios ontológicos em empreendimentos práticos e apoia as ciências aplicadas com princípios mais sólidos e robustos.

A definição de Almeida (2013; 2014) ajuda a compreender algumas diferenças entre as ontologias em campos científicos distintos, porém não ajuda a entender a distinção entre os termos ontologia, taxonomia e tesouro. Os resultados apresentados pelo autor também não refletem as pesquisas mais recentes de cientistas da informação, como Hjørland (2015), que define as ontologias como um tipo superior de Sistema de Organização do Conhecimento (SOC), no contexto de um arcabouço teórico mais amplo e formal da OC.

#### *2.1.2.1. Ontologias como Sistemas de Organização do Conhecimento*

Na CI, as ontologias vêm sendo amplamente estudadas no campo da OC. Segundo Hjørland (2008), o termo organização do conhecimento pode ser entendido em sentido amplo e estrito. Em sentido amplo, o termo é estudado pela sociologia do conhecimento, que investiga como o conhecimento é socialmente organizado, e pela metafísica, que estuda como a realidade é organizada. Em sentido estrito, a (OC) envolve as atividades de descrição, indexação e classificação de documentos, realizadas por cientistas da informação ou algoritmos de computador. Nessa perspectiva, a OC é um campo de pesquisa, ensino e prática ligado à CI e a Biblioteconomia (HJØRLAND, 2015), que investiga a natureza e a qualidade dos processos e sistemas de organização do conhecimento usados para organizar documentos, representações de documentos e conceitos, tanto por seres humanos quanto por computadores (HJØRLAND, 2008).

Segundo Broughton et al. (2005), o objetivo da OC é fornecer condições ideais para identificar e recuperar documentos ou partes de documentos, tornando-os acessíveis aos usuários independentemente da navegação ou pesquisa. Na visão dos autores, para cumprir seu objetivo, a OC desempenha as seguintes funções: facilita buscas em catálogos, bibliografias e outros (função de recuperação da informação); fornece informações sobre documentos importantes, na forma de notas e resumos, e sobre como acessá-los (função de documentação da informação); e permite configurar prateleiras e outros tipos de ordenação linear (função de ordenação).

Broughton et al. (2005) observaram que, em sua evolução, a OC desenvolveu diferentes abordagens para definir o que é a organização do conhecimento. Na abordagem tradicional, expressa por sistemas de classificação usados em bibliotecas e bancos de dados desde 1876, os documentos eram as unidades de organização. Nessa abordagem, o termo

organização do conhecimento implicava uma ambição mais abstrata de fundamentar a classificação no conhecimento científico e acadêmico. A abordagem faceta-analítica, fundada por Ranganathan em 1933 e desenvolvida pelo *British Classification Research Group*, afastou-se da base empírica dos documentos e introduziu princípios lógicos baseados na intuição racional para a OC, promovendo as ideias como unidade de organização. Na tradição de recuperação da informação, que surgiu nos anos 1950, as unidades eram as informações, representadas por palavras, relações entre palavras e relações entre palavras e documentos. As visões cognitiva e orientada ao usuário, que ganharam força nos anos 1970, tinham como unidades as estruturas cognitivas individuais. Já nas abordagens bibliométricas, apresentadas por Garfield no *Science Citation Index* de 1963, as unidades eram os documentos e os padrões de citação entre documentos. Por fim, na abordagem analítica do domínio, formulada em 1994, as unidades eram as declarações de conhecimento ou obras - os objetos organizados não eram verdades eternas, mas afirmações substanciadas a partir de perspectivas epistemológicas. Os autores identificam em Anderson (2003) sete diferentes termos para concluir que a unidade organizada é pela OC a informação, entendida como “recursos de informação”, ainda que o termo organização se refira a conhecimento:

[A OC compreende] a descrição (indexação) e organização (classificação) para recuperar mensagens que representam conhecimento, textos pelos quais o conhecimento é registrado e documentos nos quais os textos são incorporados. O conhecimento em si está nas mentes e cérebros [...] e sua organização para recuperação por meio da memória é o principal tópico da ciência cognitiva. A Biblioteconomia e a CI lidam com a descrição e organização de artefatos (mensagens, textos, documentos) pelos quais o conhecimento é representado e compartilhado com os outros. Esses recursos de conhecimento são frequentemente chamados de recursos de informação. Assim, o termo “organização do conhecimento” no contexto da biblioteconomia e da CI, é uma forma abreviada de organização de “recursos do conhecimento”. Isso é geralmente chamado de “organização da informação” (ANDERSON, 2003, p.471 apud BROUGHTON et al., 2005, p.9).

A organização do conhecimento em sistemas de classificação e sistemas conceituais são assuntos centrais na OC. Seus dois principais aspectos são os processos de organização do conhecimento (POC), que incluem atividades de catalogação, análise de assunto, indexação, marcação e classificação, realizadas tanto por humanos quanto por computadores, e os sistemas de organização do conhecimento (SOC), constituídos por uma seleção de conceitos relacionados semanticamente, como sistemas de classificação, listas de cabeçalhos de assuntos, tesouros, ontologias e outros sistemas de metadados (HJØRLAND, 2008). Hjørland (2015) defende que os SOC são um tipo de teoria, que implica na existência de um conjunto

de conceitos e suas relações. O autor observou que as teorias de SOC estabelecem relações causais, que explicam ou influenciam a construção de um SOC. Já no sentido estrito, os SOC são sinônimos de ferramentas semânticas, entendidas como seleções de conceitos acompanhadas de indicações de algumas de suas relações semânticas (HJØRLAND, 2015).

Diferentes tipos de SOC podem ser enumerados, como sistemas de classificação enumerativa (Dewey<sup>2</sup>, UDC<sup>3</sup> e LCC<sup>4</sup>), sistemas analíticos facetários (Bliss<sup>5</sup>), cabeçalhos de assuntos (LCSH<sup>6</sup>), sistemas baseados em pesquisas de texto livre, sistemas baseados em tesouros, mapas bibliométricos, algoritmos em mecanismos de busca, sistemas de arquivamento baseados no princípio de proveniência, ontologias, redes semânticas e mapas de tópicos, entre outros (BROUGHTON et al., 2005). Atualmente, o termo SOC vêm sendo usado de forma genérica para se referir a diferentes mecanismos usados para organizar informações (HJØRLAND, 2015):

O termo sistemas de organização do conhecimento compreende todos os tipos de esquemas para organizar informações e promover a gestão do conhecimento. Os sistemas de organização do conhecimento incluem esquemas de classificação e categorização que organizam materiais em um nível geral, cabeçalhos de assunto que fornecem acesso mais detalhado e arquivos de autoridade que controlam diferentes versões de informações-chave, como nomes geográficos e nomes pessoais. Os sistemas de organização do conhecimento também incluem vocabulários estruturados, como tesouros e esquemas menos tradicionais, como redes semânticas e ontologias. Como os sistemas de organização do conhecimento são mecanismos para organizar as informações, eles estão no coração de todas as bibliotecas, museus e arquivos (HODGE, 2001, apud HJORLAND, 2015, p.8).

---

<sup>2</sup> A [Classificação Decimal de Dewey](#), ou *Dewey Decimal Classification* (DDC), também conhecida como Sistema Decimal de Dewey, é um sistema de classificação documentária desenvolvido pelo bibliotecário americano Melvil Dewey (1851–1931) em 1876.

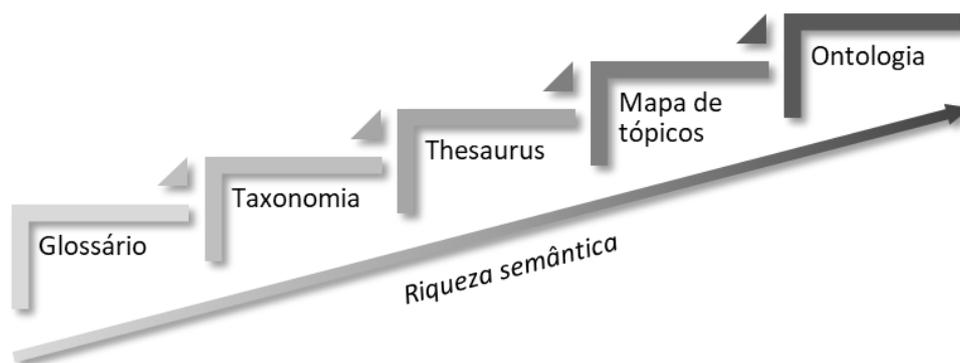
<sup>3</sup> A [Classificação da Biblioteca do Congresso](#), ou *Library of Congress Classification* (LCC), é um sistema de classificação que foi desenvolvido pela primeira vez no final do século XIX e início do século XX para organizar e organizar as coleções de livros da Biblioteca do Congresso Americano.

<sup>4</sup> A [Classificação Decimal Universal](#), ou *Universal Decimal Classification* (UDC) é um dos esquemas de classificação usado em bibliotecas, serviços bibliográficos, documentação e serviços de informação em mais de 130 países em todo o mundo, publicado em mais de 40 idiomas.

<sup>5</sup> A [Classificação de Bliss](#), ou *Bliss Classification*, também chamada de Classificação Bibliográfica (BC), é um sistema bibliográfico desenvolvido por Henry Bliss usado extensivamente em bibliotecas britânicas, caracterizado por referências cruzadas liberais.

<sup>6</sup> Os [cabeçalhos de assunto da Biblioteca do Congresso](#), ou *Library of Congress Subject Headings* (LCSH) (LCSH), mantido pela Biblioteca do Congresso dos Estados Unidos para uso em registros bibliográficos, compreendem um tesouro de cabeçalhos de assunto, que são parte integrante do controle bibliográfico, função por meio da qual as bibliotecas coletam, organizam e divulgam documentos.

Em comum, todos os SOC são constituídos por um conjunto de conceitos que representam um domínio e pelas especificações de algumas relações semânticas entre esses conceitos. Os critérios para selecionar os conceitos, selecionar as relações semânticas e determinar as relações semânticas entre os conceitos diferenciam os tipos de SOC (HJØRLAND, 2015). A Figura 2. Escada ou espectros semânticos dos SOC representa os tipos de SOC conforme a ênfase dada às relações semânticas:



**Figura 2.** Escada ou espectros semânticos dos SOC  
**Fonte:** Adaptado de Olensky (2010, apud Hjørland, 2015)

Uma vez que esses sistemas têm se popularizado em diferentes campos, a literatura que busca diferenciar os tipos de SOC é extensa. Muitos pesquisadores já observaram que os termos ontologia, taxonomia e tesouros vêm sendo usados de forma indistinta, sobreposta ou pouco qualificada (REES, 2003; GARSHOL, 2004; OBRST et al., 2006; CAMPOS; GOMES, 2007; CURRÁS, 2011; VITAL; CAFÉ, 2011; HJØRLAND, 2015). Além disso, outro debate interessante é se um tipo de SOC pode ser reutilizado como base fundamental para desenvolver outros tipos. Saber se um sistema de classificação pode ser transformado em um tesouro, ou se um tesouro pode ser transformado em uma ontologia, são questões de interesse prático e teórico, pois revelam o que diferentes tipos de SOC têm em comum e como eles são diferentes (HJØRLAND, 2015).

Para definir e identificar as principais diferenças e semelhanças entre os tipos de SOC e, assim, cumprir os objetivos propostos para este trabalho, apresentamos a seguir a definição de diferentes autores sobre os tipos mais comuns de sistemas usados para organizar conhecimento, incluindo glossários, classificações simples, tipologias, folksonomias, taxonomias, tesouros, classificações facetadas, mapas de tópicos e ontologias.

**Glossários.** Os glossários são sistemas de informação que descrevem termos em linguagem natural e impõem alguma estrutura ao texto para permitir a indexação de termos (SMITH; WELTY, 2001). Um glossário fornece uma lista de termos e significados especificados em linguagem natural, que podem ser interpretados distintamente por pessoas diferentes. Portanto, uma vez que não são inequívocos, os glossários são inadequados para o processamento de máquinas (GASEVIC; DJURIC; DEVEDZIC, 2006). A relação semântica dominante nos glossários é a relação genética, pois definem um termo referindo-se a um sinônimo ou à “definição por espécie e genus”, ainda que outros tipos de relações também possam ser encontradas (HJØRLAND, 2015).

**Classificação.** A classificação é o processo de agrupar entidades por similaridade (BAILEY, 1994), ou conforme o dicionário Merriam Webster, um arranjo sistemático de grupos ou categorias de acordo com critérios estabelecidos (REES, 2003). Segundo Bailey (1994), a classificação é um dos mais centrais e genéricos exercícios de conceitualização, base da linguagem e da fala, da matemática, da estatística e da análise de dados. A classificação tem um objetivo estatístico, que é maximizar a variação entre os grupos e minimizar a variação dentro do grupo. Sua regra básica é que as classes formadas sejam exaustivas e mutuamente exclusivas - as entidades são organizadas em grupos, de modo que cada grupo seja o mais diferente possível de todos os outros grupos e, ao mesmo tempo, o mais homogêneo possível internamente. A classificação pode ser baseada em uma única dimensão ou característica ou em várias dimensões correlacionadas (BAILEY, 1994). Bailey também distingue a classificação como processo (atividade de classificar) da classificação como produto (artefato), alertando que os problemas de classificação empírica raramente são simples, pois o mundo é complexo e *“a dificuldade de agrupar por semelhança cresce exponencialmente com o número de objetos a serem classificados e o número de dimensões em que eles estão sendo agrupados”* (BAILEY, 1994, p. 9).

**Tipologias.** De acordo com Bailey (1994), as tipologias distinguem-se das classificações simples por serem multidimensionais e conceituais, e são geralmente caracterizadas por rótulos ou nomes em suas células. Se o número de dimensões e categorias for muito grande, a tipologia será inviável, problema que pode mitigado com a escolha de critérios-chave e a seleção de critérios polarizados. As tipologias são essencialmente qualitativas, verbais e

conceituais, com baixo grau de empirismo, à exceção dos casos em que são utilizados métodos de clusterização.

**Taxonomias.** As taxonomias são sistemas hierárquicos nos quais as relações genéricas organizam os termos (HJØRLAND, 2015) e as propriedades de classes mais gerais são herdadas pelas mais específicas (SMITH; WELTY, 2001). As taxonomias são uma *“classificação baseada em assunto que organiza os termos de um vocabulário controlado em uma hierarquia sem fazer mais nada”* (GARSHOL, 2004, p. 8), que permite que os termos relacionados sejam agrupados e categorizados para facilitar a localização do termo correto para descrever um objeto. A taxonomia, em sentido amplo, *“é a criação da estrutura (ordem) e dos rótulos (nomes) que ajudam a localizar a informação relevante”*, e em sentido mais específico, *“é o ordenamento e rotulação de metadados, que permite organizar sistematicamente a informação primária”* (MARTINEZ et al. 2004, p. 106, apud VITAL; CAFÉ, 2011, p. 8). Bailey (1994) diferencia as taxonomias das tipologias, observando que as taxonomias utilizam tipos construídos, baseados em referências empíricas, usados para identificar as exceções ao tipo, e as tipologias perseguem tipos ideais, usados para analisar casos empíricos e avaliar a intensidade dos desvios em relação ao tipo ideal. Além disso, uma taxonomia inclui níveis conceituais, empíricos e operacionais - o pesquisador começa por uma abordagem dedutiva, e depois examina os casos empíricos para verificar como se encaixam na conceitualização, ou começa clusterizando dados empíricos para em seguida conceitualizar a natureza de cada cluster (NICKERSON et al., 2009).

**Folksonomia.** O termo folksonomia está relacionado às taxonomias geradas pelo usuário, com vocabulários não controlados e, portanto, menos formal e precisa em comparação com as taxonomias tradicionais (HJØRLAND, 2015). A relação entre os tipos científicos e as categorias populares foi discutida por Khalidi (2013, apud HJØRLAND, 2015), que observou que as categorias populares coincidem ou são substituídas por categorias científicas quando possuem o mesmo propósito.

**Tesauros.** Tesauros são sistemas de informação padronizados que fornecem as descrições dos termos e suas relações com termos mais gerais ou mais específicos dentro de uma hierarquia comum (SMITH; WELTY, 2001). Os tesauros representam conceitos em um domínio, relacionando sinônimos, distinguindo homônimos e conceitos mais amplos, restritos e relacionados semanticamente (HJØRLAND, 2015). Os tesauros estendem as taxonomias para

torná-las mais capazes de descrever o mundo, com um vocabulário mais rico criado por meio de declarações que vão além da organização hierárquica (GARSHOL, 2004). Hjørland (2015) acredita que o conjunto de relações usadas em tesouros nunca foi teoricamente motivado, mas desenvolvido intuitivamente para atender as necessidades de pesquisadores em bancos de dados, aumentando o recall e a precisão da recuperação da informação.

**Classificação facetada.** O termo classificação facetada, proposto por S.R. Ranganathan na década de 1930, identifica as várias facetas nas quais os termos são divididos. Os termos descritos dentro de cada faceta variam, e cada termo pode pertencer a uma única faceta (GARSHOL, 2004). Essas classificações são esquemas analítico-sintéticos que envolvem dois processos: a análise do assunto em facetas e a síntese dos elementos que o constituem (GUIMARÃES, 2015). Ranganathan propôs uma série de princípios para o trabalho no campo das ideias, um espaço onde os conceitos de um dado domínio são organizados em sistemas de conceitos. Esses princípios são formados por cânones de cadeias, cânones de renques e características de divisão. As cadeias são séries verticais de conceitos usadas para estabelecer a ordem em que cada conceito deverá estar em relação aos outros conceitos. Os renques, formados a partir da reunião de elementos em uma classe, são usados para estabelecer como esses elementos devem ser agregados para formar classes de conceitos. Por fim, as características de divisão são princípios usados para a escolha e ordenação das classes que formam cadeias e renques, e que estabelecem como as classes devem ser divididas e a ordenação dos elementos em classes e subclasses (CAMPOS; GOMES, 2007). Garshol (2004) observou que, na classificação facetada, cada faceta é generalizada ao ponto em que se torna uma propriedade geral, e que a noção de documento também é generalizada para compreender qualquer tipo de objeto, aproximando-a de uma ontologia.

**Mapas de tópicos.** Os mapas de tópicos têm origem nos trabalhos sobre a fusão de índices eletrônicos (HJØRLAND, 2015), e são organizados em torno de assuntos que representam conceitos relacionados a coisas do mundo real, a partir de três construtos: nomes, ocorrências (propriedades) e associações (relações) (GARSHOL, 2004). Os mapas de tópicos não estendem os esquemas tradicionais para um nível mais alto: em vez de oferecer um vocabulário fixo, os mapas de tópicos fornecem um modelo flexível com vocabulário aberto, que permite representar taxonomias, tesouros, classificações facetadas e outros SOC

na forma de mapa (HJØRLAND, 2015). Os mapas de tópicos permitem o reuso de classificações existentes de outros SOC e uma descrição mais precisa do mundo (GARSHOL, 2004).

**Ontologia.** Finalmente, o termo ontologia se refere à compreensão compartilhada de alguns domínios de interesse, frequentemente concebido como um conjunto de classes (conceitos), relações, funções, axiomas e instâncias (DING; FOO, 2002a). As ontologias fornecem um entendimento comum e compartilhado de um domínio, que pode ser comunicado entre pessoas e sistemas de aplicativos (DING; FOO, 2002b). Para Berners-Lee (2001 apud MORI, 2009, p.35), *"uma ontologia é um documento ou arquivo que define formalmente as relações entre termos"*.

Outra definição bastante simples e completa para uma ontologia é *"uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada"* (GRUBER, 1993, p. 2). Nessa definição, *"conceitualização"* diz respeito aos conceitos de um modelo abstrato de algum fenômeno do mundo real, o termo *"explícita"* diz respeito aos tipos de conceitos usados e as restrições ao seu uso, *"formal"* significa que a ontologia deve ser legível por computadores e *"compartilhado"* quer dizer que o conhecimento é consensual (BENJAMINS et al. apud GILCHRIST, 2003). As ontologias se propõem a classificar as coisas de um domínio em categorias, na perspectiva do sujeito e da linguagem do domínio (VITAL; CAFÉ, 2011). Nas ontologias, as conceitualizações associam nomes de entidades (classes, relações, funções, etc.) com textos que descrevem o que os nomes significam e axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos (GRUBER, 1996 apud ALMEIDA; BAX, 2003). Além disso, uma vez que as relações semânticas nas ontologias são ilimitadas, elas são criadas para permitir que os computadores realizem inferências lógicas, o que exige um alto grau de formalização em sua especificação (HJØRLAND, 2015). A complexidade das relações semânticas nas ontologias exige o uso de axiomas de lógica de primeira ordem, ordem superior ou lógica modal (SMITH; WELTY, 2001). Se uma classificação informa em qual caixa entidade está, uma ontologia informa o que a entidade é (REES, 2003). Assim, existe uma expectativa de que exista uma grande semelhança entre o mundo real e as características da ontologia (GARSHOL, 2004).

Existe uma ambiguidade fundamental no uso do termo ontologia na CI. Além de um tipo de SOC que possui requisitos específicos e relações semânticas superiores, outros tipos de SOC também são chamados de ontologia (HJØRLAND, 2015). Assim, ao usar o termo

ontologia, uma indicação deve ser dada ao tipo de ontologia: uma ontologia mais simples pode ser melhor chamada de taxonomia, mas uma ontologia de complexa deve especificar e divulgar suas capacidades para não ser agrupada com ontologias simples (CURRÁS, 2011).

Segundo Vital e Café (2011), as ontologias diferenciam-se em relação as taxonomias principalmente pelos tipos de relacionamento entre os conceitos: enquanto na taxonomia aplica-se basicamente a relação hierárquica, nas ontologias as relações acontecem em rede, representando a estrutura conceitual das ferramentas de gestão do conhecimento de forma mais qualificada e mais próximas da estrutura que trabalha a mente humana. Todavia, as ontologias geralmente são representadas como uma árvore taxonômica de conceituações, mais gerais e independentes de domínio nos níveis mais altos, e mais específicas em domínios nos níveis mais baixos da hierarquia (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999). Assim, muitas vezes uma ontologia conterá uma hierarquia taxonômica baseada em subclasses, as quais propriedades extras podem ser adicionadas, dificultando a distinção entre uma ontologias e uma taxonomia (REES, 2003). Da mesma forma, ontologias e tesouros devem ser tratados como dois tipos ortogonais de modelos com características diferentes e que servem a propósitos diferentes: *“uma ontologia não é um bom tesouro”* (KLESS, 2015, p. 17; apud HJØRLAND, 2015, p. 9).

Apesar da confusão no uso dos termos, Smith e Welty (2001) observaram que é possível observar alguma coerência no uso do termo ontologia. Uma característica comum dos SOC é que todos lidam com a representação da linguagem natural. Apesar das diferenças e similaridades entre as ontologias da CC e dois termos comuns em CI, taxonomias e tesouros, a possibilidade de restringir a linguagem natural em uma linguagem formal é um ponto de contato entre essas estruturas (GILCHRIST, 2003).

#### 2.1.2.2. *Outras visões sobre as ontologias na Ciência da Informação*

Ao pesquisar a literatura, foi possível encontrar ao menos 4 diferentes visões que implicam em vocabulários distintos para o termo ontologia. Além das ontologias como sistema de organização de conhecimento, encontramos textos sobre ontologias como corpo de conhecimento ou teoria de conteúdos, ontologias como linguagem documentária e ontologias como vocabulário controlado.

**Ontologias como corpo de conhecimento ou teoria de conteúdos.** Smith e Welty (2001) observam que, desde o início, a IA focou sua atenção em sistemas que sabem ou simulam o conhecimento por meio de mecanismos de raciocínio automatizados. À medida que esses mecanismos se tornaram mais padronizados ao longo do tempo, as teorias expressas nos mesmos ganharam a atenção dos pesquisadores. Chamadas de corpos de conhecimento, essas teorias eram coleções de termos com axiomas associados, projetados para restringir interpretações não intencionais e permitir a derivação de novas informações a partir de fatos básicos. Essas bases eram elaboradas para refletir de maneira declarativa o conhecimento humano de senso comum usando os poderes do sistema de raciocínio automatizado. Para Chandrasekaran, Josephson e Benjamins (1999), os corpos de conhecimento descrevem algum domínio, tipicamente de conhecimento do senso comum, usando um vocabulário de representação. Enquanto o vocabulário fornece um conjunto de termos para descrever os fatos no domínio, o corpo de conhecimento, que usa esse vocabulário, significa a uma coleção de fatos sobre o domínio

Fonseca (2007) observa que as ontologias são descrições básicas das coisas do mundo, do que realmente existe, conceituadas como teorias que explicam um domínio: *“ontologias são teorias de conteúdo sobre os tipos de objetos, propriedades de objetos e relações entre objetos que são possíveis em um domínio específico de conhecimento”* (CHANDRASEKARAN et al., 1999, p. 20 apud FONSECA, 2007). As ontologias são teorias que explicam um domínio, e não uma simples especificação de estados epistêmicos específicos. Assim, uma teoria ontológica se diferencia de uma teoria lógica arbitrária ou de uma simples especificação de estados epistêmicos por sua semântica, uma vez que todos os seus axiomas devem ser verdadeiros em todos os mundos possíveis da conceituação subjacentes (FONSECA, 2007).

Ontologias são essencialmente teorias de conteúdo, porque sua principal contribuição é identificar classes específicas de objetos e relações que existem em um domínio específico por meio de uma linguagem de representação formal. A área de IA é caracterizada por teorias de conteúdo e teorias de mecanismo. As teorias de mecanismos são propostas para desenvolver máquinas inteligentes, que dependem de boas teorias de conteúdo para seu bom funcionamento. Além disso, boas teorias de conteúdo podem ser usadas por mecanismos diferentes (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999).

**Ontologias como linguagem documentária.** Enquanto a linguagem natural é conceituada como a própria comunicação humana, realizada entre um emissor e um receptor por meio de signos escritos ou orais, a linguagem documentária é aquela que, criada exclusivamente para apoiar o processo de busca e recuperação da informação por meio da representação do conteúdo dos documentos, objetiva traduzir semanticamente o conteúdo dos documentos em uma linguagem especializada (GUEDES; ARAÚJO JÚNIOR, 2014).

Na literatura da CI, as linguagens documentárias compreendem diferentes instrumentos especializados criados para organizar e facilitar o acesso e a transferência da informação, a exemplo de taxonomias, ontologias e mapas semânticos ou conceituais. No campo científico, as linguagens documentárias têm sido objeto de diversos estudos aplicados à gestão da informação em bases de dados e de conhecimento para tomada de decisão, pois permitem padronizar a representação das informações, favorecendo seu acesso e permitindo a escolha da melhor alternativa de ação organizacional (CUNHA; ARAÚJO JÚNIOR, 2017).

De acordo com Lara (2004), as linguagens documentárias são produtos autônomos, organizados em torno de uma área temática, que mediam as interações entre os sistemas ou conjuntos de informação e os usuários. As linguagens documentárias funcionam como código inteligível e fonte para interpretação do sentido, caracterizando-se como metalinguagem e pela incorporação do usuário como integrante do processo.

Segundo a autora, os operadores de sentido, mecanismos usados para interpretar uma linguagem, são complexos em razão da sua origem na articulação de distintos códigos, o código da língua, o subcódigo do domínio-objeto e o subcódigo da CI. O código da língua remete a um saber prévio e implícito, condição básica para a comunicação, e enseja o domínio da língua na qual as informações são veiculadas. Já os subcódigos do domínio-objeto, relacionados às áreas de atividade, saber, especialidade ou ainda a um recorte específico, são conjuntos de informações tematicamente ligadas (ainda que não organizadas) que remetem a significados particulares - uma palavra com diferentes sentidos ganha um significado preciso e definido na linguagem de especialidade ou de um universo delimitado. Por fim, o subcódigo da Ciência da Informação caracteriza-se pela maneira como os recortes nas áreas de especialidade ou de representação são realizados e transformados em unidades de informação e expressas em linguagem documentária, facilitando o acesso e a apropriação da informação. Concluindo, a autora argumenta que a delimitação das unidades de informação

depende dos objetivos institucionais e das características dos usuários ao qual o sistema informacional se dirige (LARA, 2004).

**Ontologias como vocabulário controlado.** Um vocabulário controlado é uma lista restrita e autorizada de palavras ou termos usados para descrever, indexar ou classificar documentos ou informações, que restringe os termos de uma lista usada para indexação e o significado dos termos controlados (HJØRLAND, 2015), com a finalidade de organizar e representar informações para facilitar a recuperação da informação (MAI, 2008). Um vocabulário controlado, como um catálogo, fornece uma lista finita de termos, juntamente com uma interpretação inequívoca desses termos (GASEVIC; DJURIC; DEVEDZIC, 2006).

Esquemas de classificação, tesouros, taxonomias e outros vocabulários controlados desempenham papéis importantes na organização e recuperação de informações em muitos ambientes diferentes (MAI, 2008). Conhecidos na Biblioteconomia como linguagens de indexação, os vocabulários controlados são constituídos por termos, que são nomes particulares para os conceitos. Uma vez que conceito pode ter múltiplos nomes, e que diferentes conceitos podem ter o mesmo nome, os termos de um vocabulário controlado devem ser desambiguados para se referir a um único sujeito (GARSHOL, 2004).

As ontologias conceituam os termos no vocabulário que pretendem captar, especificando significados não ambíguos, com semântica independente de leitor e contexto, possibilitando que sejam traduzidas para outras línguas sem alterá-las conceitualmente e criando compreensão comum processável por máquina (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999; GASEVIC; DJURIC; DEVEDZIC, 2006). Além disso, o uso de vocabulários controlados evita que autores definam termos sem sentido, muito amplos ou restritos e impede erros de grafia e a escolha de formas imprecisas do termo (GARSHOL, 2004).

Garshol (2004) afirma que, ao contrário de taxonomias, tesouros e classificação facetada, as ontologias possuem um vocabulário aberto. Hjørland (20015) assume uma perspectiva diferente, segundo a qual os vocabulários controlados variam em complexidade, de simples listas alfabéticas até taxonomias com relações semânticas e tesouros complexos e, portanto, os termos em um vocabulário controlado devem ter uma definição não redundante e não ambígua. Uma vez que as ontologias satisfazem essas características, elas poderiam ser consideradas um tipo de vocabulário controlado.

Alcançar a compatibilidade entre os vocabulários controlados de grupos independentes, ainda que cooperantes, é um desafio clássico da organização da informação (LANCASTER, 1986, apud GOLDEN; SHAW; BUCKLAND, 2014). Muitas soluções para este desafio foram propostas, sendo que a maioria delas assume um contexto em que existe uma forte organização central capaz de impor uma superestrutura coordenadora (GOLDEN; SHAW; BUCKLAND, 2014). Nessa visão, as ontologias possuem um grande potencial de contribuição, pois identificam o conjunto de termos, seus atributos e relações em um domínio específico.

### *2.1.2.3. Características das ontologias*

Ontologia é o termo que se refere à compreensão compartilhada de alguns domínios de interesse, frequentemente concebido como um conjunto de classes (conceitos), relações, funções, axiomas e instâncias (DING; FOO, 2002a). As ontologias fornecem um entendimento comum e compartilhado de um domínio, que pode ser comunicado entre pessoas e sistemas de aplicativos (DING; FOO, 2002b).

Chandrasekaran, Josephson e Benjamins (1999) observaram que as ontologias estruturam o conhecimento, e que suas conceitualizações são pré-requisitos para a concepção de um vocabulário de representação de um determinado domínio. Além disso, as ontologias compartilham o conhecimento: as linguagens de representação, que associam termos com os conceitos e relações, elaborando uma sintaxe para codificar o conhecimento, podem ser compartilhadas com outras pessoas com necessidades semelhantes de representação do conhecimento. De acordo com os autores, o compartilhamento de ontologias permite construir uma base para linguagens de representação de conhecimento específicas do domínio bastante rica, em razão do grande número de termos incorporados. Ao descrever a semântica de um domínio de uma maneira que pode ser compreendida pelo homem e processável por computador, as ontologias melhoram a consistência e reusabilidade da informação e a interoperabilidade entre os sistemas (DING; FOO, 2002a).

Embora existam diferenças dentro das ontologias, existe uma concordância geral entre ontologias em muitas questões (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999):

- Existem objetos no mundo.
- Objetos possuem propriedades ou atributos aos quais pode-se atribuir valor.
- Objetos podem existir em várias relações com outros.

- Propriedades e relações podem mudar com o tempo.
- Há eventos que ocorrem em instantes de tempo diferentes.
- Existem processos nos quais os objetos participam e ocorrem ao longo do tempo.
- O mundo e seus objetos podem estar em estados diferentes.
- Eventos podem causar outros eventos ou estados como tecnologia de informação.
- Objetos podem ter partes.

A partir dessas premissas, é possível identificar nas ontologias alguns componentes básicos. Noy e Guinness (2001, apud ALMEIDA; BAX, 2003; VITAL; CAFÉ, 2011) identificam quatro componentes básicos nas ontologias: classes, organizadas em uma taxonomia; relações, representando o tipo de interação entre os conceitos de um domínio; axiomas, usados para modelar sentenças sempre verdadeiras; e instâncias, usadas para representar elementos específicos (os próprios dados). Nas ontologias, as conceitualizações associam nomes de entidades (classes, relações, funções, etc.) com textos que descrevem o que os nomes significam e axiomas formais que restringem a interpretação e o uso desses termos (GRUBER, 1996 apud ALMEIDA; BAX, 2003).

Toda base de conhecimento está comprometida com alguma conceitualização, explícita ou implícita. Uma ontologia é uma especificação explícita de uma conceitualização (BONIFACIO, 2002). O termo conceitualização é uma visão abstrata e simplificada do mundo que se quer representar, e corresponde a uma coleção de objetos, conceitos e entidades que existem em um domínio e os relacionamentos entre eles (ALMEIDA; BAX, 2003). Por sua vez, os conceitos, principais elementos de um SOC, são carregados de teorias (HJØRLAND, 2015). A classificação ou organização de conceitos traz benefícios para um sistema de informação, pois reduz a ubiquidade e a variação terminológica dos termos (DUQUE; SILVA; MORI, 2008).

#### *2.1.2.4. Tipos de ontologias*

As ontologias variam em abstração, desde termos muito gerais que formam a base para a representação do conhecimento em todos os domínios, até termos que são restritos a domínios de conhecimento específicos (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999). Assim, a classificação das ontologias de acordo com diferentes critérios permitirá entender melhor suas características, permitindo desenvolvê-las de maneira mais fundamentada e efetiva.

Existem várias classificações dos tipos de ontologia na literatura, e os trabalhos que buscaram identificar essas classificações acabaram reproduzindo classificações anteriores, sem observar algumas sobreposições entre os tipos identificados. A seguir, algumas tipologias para classificação de ontologias são apresentadas e discutidas, visando o seu uso posterior como referencial de análise das metodologias de desenvolvimento de ontologias, no capítulo 3. Desenvolvimento.

**Tipo de origem:** saber como as coisas reais devem ser divididas em categorias é o primeiro passo para criar uma ontologia de referência. Além disso, é necessário saber que tipos de relações essas entidades têm umas com as outras, por meio do exame das instâncias dessas entidades (MUNN; SMITH, 2009). Nesse sentido, uma ontologia pode ser criada “a partir do zero”, “a partir de ontologias existentes” (globais ou locais), “a partir de um corpus de fontes de informação” ou de “uma combinação das duas últimas abordagens” (USCHOLD, 2001 apud DING; FOO, 2002a). Algumas experiências importantes da engenharia de ontologia são capturadas nas estruturas e no uso de ontologias existentes (STAAB; STUDER, 2007).

**Grau de automação:** as ontologias podem ser criadas com distintos graus de automação, de forma “totalmente manual”, “semiautomatizada” ou “totalmente automatizada”, sendo que o método totalmente automatizado só funciona bem para ontologias muito leves e em circunstâncias muito limitadas (DING; FOO, 2002a).

**Tipo de método de desenvolvimento:** as ontologias podem ser desenvolvidas de forma “*bottom-up*” (da especificação à generalização), “*top-down*” (da generalização à especificação) e “*middle-out*” (dos conceitos mais importantes à generalização e especialização), um processo que pode usar algoritmos para levantar e derivar diferentes níveis de ontologias (FERNANDEZ-LOPEZ, 1999 apud DING; FOO, 2002a).

**Grau de formalismo:** as “ontologias altamente informais” são expressas livremente em linguagem natural, sendo conhecidas como “ontologias fracas ou leves”. As “ontologias seminformais” são expressas em linguagem natural, mas de forma estruturada e restrita. Já as “ontologias semiformais” são expressas de maneira artificial, isto é, utilizando linguagem formal. Por fim, as “ontologias rigorosamente formais” são aquelas expressas de maneira formal e com termos definidos através de teoremas e provas, sendo conhecidas como ontologias fortes ou pesadas (Uschold e Gruninger, 1996 apud ALMEIDA; BAX, 2003).

**Tipo de aplicação:** segundo a forma em que são aplicadas, as ontologias podem ser de “autoria neutra”, quando são construídas em uma linguagem única e depois convertidas em diferentes formatos para múltiplos usos, “ontologias como índice”, quando usadas como artefatos de indexação de informação, e as “ontologias de acesso” comum à informação, que auxiliam transformar a informação em termos inteligíveis e compartilhados para permitir o acesso de pessoas e computadores (JASPER; USCHOLD, 1999 apud ALMEIDA; BAX, 2003).

**Tipo de estrutura:** as “ontologias de alto nível” descrevem conceitos gerais relacionados a todos os elementos da ontologia, sendo fortemente influenciadas pelo rigor da teoria filosófica (MILTON; SMITH, 2004). As ontologias de alto nível capturam conceitos gerais independentes de domínio, como um evento, ou especificam a conceituação do conhecimento do senso comum (STAAB; STUDER, 2007). Também chamadas de “ontologias gerais”, elas relacionam vocabulários de coisas, eventos, tempo, espaço, comportamento, casualidade e funções (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995) e permitem compartilhar informações entre sistemas com velocidade, eficiência e consistência (MUNN; SMITH, 2009), mas enfrentam problemas de representação semelhantes aos problemas que envolvem a Ontologia na filosofia (CHANDRASEKARAN; JOSEPHSON; BENJAMINS, 1999). As “ontologias de domínio” descrevem os conceitos relevantes de um domínio específico, fornecendo vocabulário para os conceitos, suas relações, atividades e regras que os governam (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995). Jansen (2009; MUNN; SMITH, 2009) chamou as ontologias de domínio de “ontologias de referência”, pois representam o estado completo e atual da pesquisa sobre um determinado domínio com a maior precisão possível, e servem de base para a criação de ontologias de aplicativos. Já as “ontologias de tarefa” fornecem um vocabulário sistematizado para determinar quais tarefas podem coexistir em um mesmo domínio, facilitando a busca de termos especializados, por meio da descrição de conceitos específicos para uma tarefa ou atividade (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995; HAAV e LUBI, 2001 apud ALMEIDA; BAX, 2003; STAAB; STUDER, 2007). Staab e Studer (2007) também identificaram as “ontologias de aplicação”, com níveis mais baixos de abstração, que combinam ontologias de domínio e de tarefa com conceitos e relações mais refinadas. Ontologias de aplicativos baseadas nas mesmas ontologias de domínio serão mais facilmente interoperáveis (MUNN; SMITH, 2009).

**Tipo de conteúdo:** “ontologias terminológicas” especificam termos empregados para representar um domínio; “ontologias de informação” especificam estruturas de registros de banco de dados; “ontologias de modelagem de conhecimento” especificam conceitualizações do conhecimento e possuem uma estrutura interna semanticamente rica; “ontologias de aplicação” armazenam definições necessárias para modelagem de conhecimento em uma aplicação; “ontologias de domínio” especificam conceitos de um determinado domínio; “ontologias genéricas” especificam conceitos de vários domínios; finalmente, “ontologias de representação” especificam conceitos formais de representação do conhecimento (VAN-HEIJST; SCHREIBER; WIELINGA, 1997 apud ALMEIDA; BAX, 2003).

**Tipo de uso** (ontologias de sistemas de informação e para sistemas de informação): Fonseca (2007) distinguiu dois tipos de ontologias estudadas pela CI, as ontologias “de” e “para” sistemas de informação. As “ontologias de sistemas de informação” são métodos para criar representações e descrever diferentes aspectos da realidade, particularmente aquelas relacionadas aos sistemas de informação, e que apoiam a validação de ferramentas usadas para criar modelos conceituais. Esse tipo de ontologia descreve o vocabulário relacionado a um domínio, tarefa ou atividade genérica (GUARINO, 1998). Por sua vez, as “ontologias para sistemas de informação” são capturadas em forma computacional e usadas para gerar ou validar componentes do sistema de informação (FONSECA, 2007).

**Ontologias para gestão do conhecimento e da memória organizacional:** no contexto da aplicação de ontologias na gestão do conhecimento e da memória organizacional, Benjamin et al. (n.i. apud GILCHRIST, 2003) identificaram três tipos de ontologias úteis para essa função: as “ontologias organizacionais”, que descrevem o meta-modelo de informação, como a estrutura e o formato das fontes de informação; as “ontologias de domínio”, usadas para descrever o conteúdo de fonte de informação; e as “ontologias empresariais”, usadas para modelar as necessidades de conhecimento em processos de negócios.

O Quadro 2. Tipologia e critérios para classificação de ontologias sintetiza a discussão anterior, apresentando os critérios para definição das tipologias, os autores que os defendem, as características que representam as extremidades de cada um dos critérios, e os diferentes tipos de ontologia para cada tipologia. As ontologias para gestão do conhecimento e da memória organizacional não foram incluídas no quadro, pois pertencem a um domínio específico, ou seja, são ontologias que se diferenciam pelo tipo de conteúdo.

Critério	Autores	Características e tipos
Tipo de origem	USCHOLD, 2001 apud DING; FOO, 2002a	<p>- Reuso de informação ←-----→ + Reuso de informação</p> <p>A partir do zero      A partir de ontologias existentes (globais ou locais)      A partir de um corpus de fontes de informação      Combinação de ontologias anteriores e corpus existentes</p>
Método de elaboração	JASPER; USCHOLD, 1999 apud ALMEIDA; BAX, 2003	<p>- Conceitos gerais ←-----→ + Conceitos gerais</p> <p>Bottom-up      Middle-out      Top-down</p>
Grau de formalismo	USCHOLD; GRUNINGER, 1996 apud ALMEIDA; BAX, 2003	<p>- Formais ←-----→ + Formais</p> <p>Altamente informais      Seminformais      Semiformais      Rigorosamente formais</p>
Tipo de estrutura	CHANDRASEKARAN et al, 1999; HAAV e LUBI, 2001; ALMEIDA; BAX, 2003; MILTON; SMITH, 2004; STAAB; STUDER, 2007; MUNN; SMITH, 2009	<p>- Abstratas e gerais ←-----→ + Abstratas e gerais</p> <p>Ontologias de aplicação      Ontologias de tarefa      Ontologias de domínio      Ontologias de alto nível</p>
Tipo de conteúdo	VAN-HEIJST; SCHREIBER; WIELINGA, 1997 apud ALMEIDA; BAX, 2003	<p>- Complexas ←-----→ + Complexas</p> <p>Ontologias terminológicas      Ontologias de informação      Ontologias de modelagem de conhecimento      Ontologias de aplicação      Ontologias de domínio      Ontologias genéricas      Ontologias de representação</p>
Tipo de aplicação	JASPER; USCHOLD, 1999 apud ALMEIDA; BAX, 2003	<p>- Gerais ←-----→ + Gerais</p> <p>Autoria neutra      Ontologias como índice      Ontologias de acesso comum à informação</p>
Grau de automação	JASPER; USCHOLD, 1999 apud ALMEIDA; BAX, 2003	<p>- Automatizada ←-----→ + Automatizada</p> <p>Manual      Semiautomatizada      Automatizada</p>
Tipo de uso	FONSECA, 2007	<p>Ontologias para sistemas de informação      Ontologias de sistemas de informação</p>

**Quadro 2.** Tipologia e critérios para classificação de ontologias

**Fonte:** Elaboração própria

### 2.1.3. Desenvolvimento de ontologias

Como mencionado no capítulo 1. Introdução, o termo “desenvolvimento de ontologias” inclui o mapeamento, a criação, a manutenção e a avaliação de ontologias, componentes que, em maior ou menor medida, são essenciais para o seu uso efetivo. Além disso, o termo inclui também os princípios que devem guiar o desenvolvimento de ontologias, bem como as metodologias e métodos usados para desenvolvê-las.

Com o objetivo de caracterizar o processo de desenvolvimento de ontologias, esta subseção apresenta os componentes, os princípios e as principais etapas para criar ontologias, reconhecendo que sua efetividade depende de um processo rigoroso de desenvolvimento.

#### 2.1.3.1. Componentes do processo de desenvolvimento ontologias

Os componentes do processo de desenvolvimento ontologias são conjuntos de funções desempenhadas por meio de processos, atividades e tarefas, realizadas no contexto de um processo de desenvolvimento de ontologias. Esses componentes são: mapeamento de ontologias, que inclui o reuso, a fusão e o alinhamento de ontologias; criação de ontologias, relacionado à construção de ontologias a partir do zero; manutenção de ontologias, preocupado com a evolução desses artefatos; e avaliação de ontologias, que diz respeito aos critérios e métodos usados para avaliar as ontologias.

**Mapeamento de ontologias (reuso, fusão e alinhamento).** Antes de criar uma ontologia, o engenheiro de ontologias deverá prospectar ontologias semelhantes que podem ser reusadas, como base inicial ou para dar suporte a comunicação entre domínios novos e os já existentes. O mapeamento de ontologias economiza tempo e recursos, que podem ser usados para aperfeiçoar as ontologias já existentes.

Ding e Foo (2002b) observaram que o mapeamento de ontologias compreende o reuso, a fusão e o alinhamento de ontologias, bem como as ferramentas, metodologias e aplicações relacionadas (DING; FOO, 2002b). Segundo os autores, na fusão de ontologias é criada uma única ontologia, uma versão mesclada das ontologias originais. Já no alinhamento de ontologias, as ontologias originais continuam existindo, com links estabelecidos entre elas.

Além disso, Ding e Foo (2002b) argumentaram que o mapeamento de ontologias, representado como regras condicionais, funções, lógica ou um conjunto de tabelas e procedimentos, pode ser abordado de diferentes formas:

- **Abordagem um-a-um:** complexa do ponto de vista computacional, para cada ontologia é fornecido um conjunto de funções de tradução, que permite a comunicação com outras ontologias sem uma ontologia intermediária;
- **Ontologia compartilhada única:** as desvantagens de lidar com uma única ontologia compartilhada são semelhantes às de qualquer padrão;
- **Agrupamento de ontologias:** os recursos das ontologias são agrupados com base nas semelhanças, com *clusters* organizados de forma hierárquica.

Após analisar uma série de pesquisas relacionadas ao mapeamento de ontologia compreendendo as dimensões, regras de mapeamento, resultados, áreas de aplicação, ferramentas de apoio e sistemas, Ding e Foo (2002) observaram uma grande dependência dos insumos de especialistas humanos, em razão das limitações das ferramentas atualmente existentes e da complexidade dessa atividade, principalmente quando envolve o mapeamento de mais de duas ontologias. Contudo, na visão dos autores, assim que essas limitações tecnológicas forem superadas, certamente haverá um movimento maior no campo de mapeamento de ontologias.

**Criação de ontologias.** A criação de ontologias está relacionada à construção de ontologias a partir do zero, e possui atividades específicas relacionadas principalmente à coleta e modelagem inicial do conhecimento. A criação de ontologias possui funções relacionadas à coleta e representação do conhecimento em linguagem natural e à sua tradução e representação em linguagem formal, que permite sua leitura por máquina (JONES; BENCH-CAPON; VISSER, 2012). A função relacionada à descrição do conhecimento em linguagem formal pode ser desempenhada por meio de processos colaborativos, da revisão de literatura e documentos ou de uma combinação dos dois (GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ, 2002). Essas e outras questões relacionadas à criação de ontologias serão aprofundadas nas discussões sobre os princípios e as etapas para desenvolver ontologias, próximos tópicos desta seção.

**Manutenção de ontologias.** A ontologia não é um modelo estático, e precisa ser capaz de evoluir para capturar as mudanças de significado (DING; FOO, 2002b). A evolução é uma função tediosa e demorada que deve ser prevista no início do projeto, pois requer clareza da estrutura das ontologias para produzir um indicador preciso do esforço de manutenção. Ding e Foo (2002b) analisaram diferentes métodos para a evolução de ontologias, observando que todos dependiam de mecanismos algorítmicos complexos e de da intervenção humana para serem atualizados (semiautomatizados).

**Avaliação de ontologias.** Após o crescimento do uso das ontologias a partir da década de 1990, e do surgimento de diversos estudos sobre as metodologias de desenvolvimento de ontologias entre 1995 e 2006, a avaliação parece ter se tornado o principal aspecto das ontologias investigado pelos pesquisadores, com diversos estudos publicados sobre o tema a partir desse período (BRANK; GROBELNIK; MLADENI, 2005; GANGEMI et al., 2006; LEWEN et al., 2006; OBRST et al., 2006; HLOMANI; STACEY, 2014; HICKS, 2017). Ainda que não caiba no escopo desta dissertação explorar em profundidade todos os conceitos relacionados à avaliação de ontologias, é interessante apresentar brevemente as ideias de alguns autores para esclarecer a importância e o grau de complexidade do tema.

Brank, Grobelnik e Mladeni (2005) sistematizaram um conjunto de abordagens e níveis de avaliação de ontologias, representados no Quadro 3. Visão geral das abordagens de avaliação de ontologias:

Nível de avaliação	Abordagem de avaliação			
	Padrão de ouro	Baseada em aplicação	Baseada em dados	Baseada em humanos
Léxico, vocabulário, conceito, dado	X	X	X	X
Hierarquia, taxonomia	X	X	X	X
Outras relações semânticas	X	X	X	X
Contexto, aplicação		X		X
Sintática	X			X
Estrutura, arquitetura, design				X

**Quadro 3.** Visão geral das abordagens de avaliação de ontologias  
**Fonte:** Brank, Grobelnik e Mladeni (2005)

Por sua vez, Obrst et al. (OBRST et al., 2006) apontaram uma série de questões e critérios possíveis para avaliar ontologias, que incluem a representação do conhecimento, a análise de caso de usos e requisitos de domínios das ontologias, acordos semânticos e construção de consensos, similaridade e distância semântica e alinhamento com outras ontologias. Como técnicas, os autores sugeriram a avaliação de ontologias em aplicações, a comparação de ontologias com fontes de dados de domínio, a avaliação de humanos a partir de um conjunto de critérios, técnicas de avaliação de linguagem natural, benchmarking com a realidade e a acreditação, certificação e maturidade de ontologias.

Gangemi et al. (2006) apresentaram a avaliação de ontologias classificadas em três dimensões, que implicam considerar as ontologias como objeto (informação), como linguagem (objeto de informação + conceituação pretendida) e como metalinguagem (perfil do contexto semiótico de uma ontologia). A dimensão estrutural se concentra na sintaxe e na semântica formal, ou seja, nas ontologias representadas como gráficos, mensurando as propriedades topológicas, lógicas e meta-lógicas de uma ontologia. A dimensão funcional está relacionada ao uso pretendido de uma dada ontologia e de seus componentes, ou seja, sua função em um contexto, mensurando aspectos como concordância, satisfação do usuário, relevância para a tarefa e modularidade. Já a dimensão perfil de usabilidade enfoca o perfil de ontologia (anotações), que normalmente aborda o contexto de comunicação de uma ontologia (sua pragmática).

Um último estudo que vale a pena ser citado é um *survey* sobre abordagens e métodos de avaliação de ontologias. Após analisar comparativamente várias metodologias de avaliação de ontologias, os autores distinguiram duas perspectivas de avaliação. A primeira é baseada na qualidade da ontologia, e leva em conta critérios como precisão, adaptabilidade, clareza, coesão, completude, eficiência computacional, concisão, consistência, encaixe e cobertura. A segunda perspectiva é baseada na correção da ontologia, que mensura a distância entre o mundo real e o conceito representado formalmente. Além disso, os autores observaram uma forte influência da subjetividade na avaliação de ontologias, apontando a necessidade de considerar esse aspecto de forma mais rigorosa na pesquisa sobre as ontologias.

### 2.1.3.2. Princípios para criar ontologias

A literatura apresenta vários princípios gerais para desenvolver ontologias. Ao desenvolver uma ontologia, a primeira questão que deve ser levada em conta é a postura epistemológica do designer, que influencia suas decisões e enquadra o aspecto metodológico do processo de design e construção (MAI, 2008). Como demonstrado por Hjørland (1998), um domínio pode ser organizado de várias maneiras igualmente válidas, dependendo da posição epistemológica específica adotada: *“documentos diferentes (ou textos, sinais ou coisas diferentes) têm diferentes significados em diferentes domínios do conhecimento e, portanto, devem ser interpretados de forma diferente por diferentes sistemas de informação”* (HJØRLAND, 1998, p. 11). Mai (2008) destacou as seguintes posturas epistemológicas que podem ser adotadas pelos pesquisadores:

- **Empirista:** baseada na análise estatística de semelhança.
- **Racionalista:** baseada em divisão lógica ou categorias eternas e imutáveis.
- **Historicista:** os baseada na noção de desenvolvimento natural ou evolução.
- **Pragmática:** baseada na análise de metas e uso.

Hjørland e Pedersen (2005) argumentaram que a consideração de metas e propósitos para o uso de documentos e vocabulários controlados deve levar em conta as atividades, necessidades e demandas dos atores, e que o propósito *“é a parte mais importante da metodologia da CI”* (HJØRLAND; PEDERSEN, 2005, p. 5). Ao definir propósitos e metas, o engenheiro de ontologias enfrenta limitações práticas em termos de recursos (tempo, dinheiro, tecnologia, etc.), o que influencia o tipo de ontologia que ele poderá construir. Assim, escolher o tipo de ontologia mais adequado para a situação e o problema enfrentado é primordial (MUNN; SMITH, 2009).

Por sua vez, Mai (2008) apresentou uma abordagem holística que informa os vocabulários controlados com as interações dos atores com a informação, o trabalho que fazem e o domínio no qual estão localizados. O autor identificou várias dimensões das interações homem-informação, que poderiam ser estudadas para determinar os fatores que moldam as necessidades e o uso de informação, e usadas para desenvolver requisitos de sistemas.

Baseado na Filosofia, Guarino (1998) propôs uma metodologia para o design de ontologias conhecido como "Ontologia Formal", contendo uma teoria das partes, uma teoria dos conjuntos, uma teoria da identidade, uma teoria da dependência e uma teoria dos universos. O autor enumerou os seguintes princípios básicos para o design de ontologias: clareza sobre o domínio, levar a identidade a sério, isolar uma estrutura taxonômica básica e identificar papéis explicitamente.

Hwang (1996, apud DING; FOO, 2002a) observou que as ontologias devem ser criadas para que sua forma final seja aberta e dinâmica, tanto algoritmicamente quanto estruturalmente, para facilitar sua construção e modificação. Além disso, as ontologias devem ser escaláveis, interoperáveis e de fácil manutenção, com estruturas simples, limpas e modulares. Por sua vez, Uschold e Gruninger (1996, apud DING; FOO, 2002a) observaram que ontologia deve ser possuir definições claras e não ambíguas, consistentes e coerentes (interna e externamente), extensíveis e reutilizáveis.

Outro princípio para criação de ontologias apontado por Ding e Foo (2002a) é o uso dos padrões de design ontológico, que servem para abstrair e identificar estruturas de design ontológico, termos, expressões maiores e contextos semânticos. Aplicados com sucesso na integração de informação biológica molecular, os padrões de design permitem separar a construção e a definição de expressões complexas de sua representação, permitindo alterá-las de forma independente.

Outra questão importante diz respeito às metodologias para desenvolver ontologias, que constituem o principal objeto de estudo desta dissertação. Diversos autores já observaram que uma combinação das melhores práticas metodológicas é adequada a um processo de desenvolvimento de ontologias (FERNADES-LOPEZ; GOMES-PEREZ, 2002; SURE; STUDER, 2002; BRUSA et al., 2003 apud (RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009). Assim, a decomposição desses processos em unidades menores e autônomas realizada no capítulo 3. Desenvolvimento poderá favorecer a evolução incremental desses artefatos.

Além de princípios gerais, o processo de desenvolvimento de ontologias também pode ser guiado por instanciações e lições aprendidas. Por exemplo, em um extenso levantamento de métodos para desenvolver ontologias semiautomatizadas e automatizadas, Ding e Foo (2002a) observaram que os dados de origem são mais ou menos semiestruturados, e que os especialistas de domínio fornecem palavras-chave para pesquisar os dados de origem e para

a estrutura de geração de ontologias. Além disso, os autores apontaram que aprendizado de ontologias a partir de fontes de dados de texto livre ou heterogêneos ainda é restrito aos laboratórios de pesquisa, longe das aplicações reais. Em relação a extração de conceitos, os autores verificaram a existência de técnicas maduras com resultados promissores, como a desambiguação de sentidos, tokenização ou a correspondência de padrões, empregadas em extração de informação, aprendizado de máquina, mineração de texto e processamento de linguagem natural. Já extrair relações permanece um problema complexo e difícil de resolver - realizada manualmente, é o principal impedimento para a aprendizagem e aplicabilidade das ontologias. Ding e Foo (2002a) também verificaram que as ontologias básicas são altamente reutilizadas e reutilizáveis e reduzem os custos de geração, abstração e reutilização. Em relação à representação, os autores observaram que as ontologias são representadas como gráficos conceituais, lógicas de descrição, padrões da web (XML) ou hierarquias conceituais simples. Os autores também identificaram ferramentas para facilitar a geração de ontologias, porém todas semiautomáticas ou manuais.

#### *2.1.3.3. Etapas para desenvolver ontologias*

As etapas para desenvolver ontologias foram descritas em diferentes metodologias. Uschold e Gruninger (1996, apud DING; FOO, 2002a) propuseram um método puramente manual para a construção de ontologias:

1. Identificar finalidade e escopo;
2. Capturar ontologias, com a identificação dos principais conceitos e relacionamentos e suas definições preliminares;
3. Codificar a ontologia, por meio do comprometimento com as classes, entidades, e relações ontológicas e da codificação da ontologia em uma linguagem de representação;
4. Integrar ontologias existentes;
5. Avaliar;
6. Documentar;
7. Definir diretrizes para as fases anteriores.

Noy e Guinness (2001) propuseram sete passos para criar ontologias, observando que não existe um caminho único para construí-las, e que a escolha do método depende do propósito ao qual a ontologia se destina:

1. Determinar o domínio e o alcance da ontologia: estabelecer os objetivos e os domínios a serem cobertos;
2. Considerar ontologias já existentes (reutilização): buscar em bibliotecas de ontologias trabalhos já validados para poupar esforços e usar ferramentas já disponíveis;
3. Enumerar termos importantes na ontologia: estabelecer os termos a serem tratados e suas propriedades;
4. Definir as classes e hierarquias: estabelecer que classes serão trabalhadas e as relações hierárquicas entre elas, das mais gerais para as mais específicas (top-level), das específicas para as gerais (bottom-level) ou uma combinação de ambas (middle-level).
5. Definir as propriedades das classes: estabelece as propriedades e relações entre elas;
6. Definir as facetas das propriedades: relações e variáveis permitidas para cada propriedade;
7. Criar instâncias: criação de instâncias dentro das classes. Formando, assim, uma estrutura que parte das classes até a criação das instâncias, em uma relação hierárquica.

Por sua vez, Mai (2008) observou que os passos para desenvolver um vocabulário controlados foram bem descritos na literatura, geralmente compreendendo as seguintes etapas:

1. Analisar literatura, necessidades, atores, tarefas, domínios e atividades;
2. Coletar, ordenar e mesclar termos;
3. Selecionar descritores e estabelecer relações;
4. Construir cronogramas da classificação;
5. Preparar o produto final.

Segundo Mai (2008), os passos 2 a 5, bem prescritos na literatura, lidam com aspectos técnicos do projeto de construção de vocabulários controlados, incluindo as diretrizes e regras gerais para dar forma aos termos e esclarecer seus significados, fatores e relações. Embora os aspectos técnicos sejam importantes, eles devem ser guiados pelos resultados do passo 1, que vêm sendo negligenciados na literatura, limitados a prescrições gerais do tipo “*o designer precisa de conhecimento sobre o contexto do vocabulário controlado*” (AITCHISON; GILCHRIST; BAWDEN, 2000, p. 7 apud MAI, 2008, p.2), ou “*uma lista de termos potenciais é elaborado por especialistas no assunto ou é selecionado ou extraído do conteúdo dos objetos*” (ANSI/NISO, 2005, p. 91-92 apud MAI, 2008, p.2).

Jones, Bench-Capon e Visser (2012) analisaram treze metodologias populares de desenvolvimento de ontologias, e observaram que, apesar da existência de uma série de heurísticas derivadas da experiência de construção de ontologias e das análises ontológicas, ainda existe bastante espaço para refinamento das diretrizes para desenvolver ontologias (JONES; BENCH-CAPON; VISSER, 2012). Para os autores, uma metodologia completa deve fornecer diretrizes para auxiliar o engenheiro ontológico a fazer escolhas em vários níveis, desde a estrutura geral até detalhes mais. No estudo, os autores, chegaram às seguintes conclusões:

- **Muitas metodologias são orientadas à tarefa:** o foco na tarefa como ponto de partida dos métodos é útil, pois facilita a descrição, aquisição e avaliação. Da ontologia. Por outro lado, limita o reuso da ontologia. Na opinião dos autores, usar a tarefa como ponto partida significa abandonar a ideia de uma ontologia geral, e levanta a questão se a criação de ontologias não é completamente diferente do reuso ou do compartilhamento de ontologias.
- **As metodologias estão divididas em 2 tipos, baseados em etapas e em prototipação,** ainda que a distinção não seja tão clara. Para os autores, quando a finalidade e os requisitos são claros desde o início, a abordagem baseada em etapas é mais apropriada. Em caso contrário, a prototipação é uma alternativa melhor. Os autores recomendaram que os métodos devem expressar um conjunto de diretrizes para a escolha da abordagem mais adequada para os diferentes tipos de análise.

- **As etapas de descrição informal da ontologia e de incorporação formal em uma linguagem ontológica são claramente separadas.** Segundo os autores, geralmente a descrição informal precede a formal, gerando a necessidade de um nexo identificável entre as descrições formais e informais.
- **Há expectativa que uma biblioteca de ontologias seja acumulada e forme a base para o desenvolvimento de novas ontologias.** Essa conclusão está alinhada as ideias de reuso e compartilhamento do conhecimento, e levanta questões sobre como descrever ontologias, como selecionar uma ontologia adequada e como estender uma ontologia, que não são diretamente adereçadas pelas metodologias analisadas.

Gómez-Pérez e Fernández (2002) também realizaram uma extensa análise de metodologias para desenvolver ontologias, classificando esses artefatos de acordo com os seguintes critérios:

- **Metodologias que possuem ou não uma proposta de construção colaborativa de ontologias.** Uma ontologia capta conhecimento consensual, aceita por um grupo. Algumas metodologias analisadas apresentaram mecanismos para colaboração de pessoas geograficamente distantes, como a CO4 e a (KA)2, enquanto outras não fizeram menção explícita a essa função.
- **Metodologias que constroem ontologias do zero ou reutilizam outras ontologias sem transformá-las.** O critério leva em conta se a ontologia é usada como é ou se é substancialmente modificada.
- **Metodologias dependentes, semidependentes e independentes de aplicação.** O critério considera o grau de dependência em relação à aplicação que utiliza a ontologia. As metodologias dependentes usam bases de conhecimento e aplicações específicas para realizar a abstração de conceitos. Já outras metodologias identificam, na etapa de especificação, possíveis cenários de uso de ontologias. Por sua vez, as metodologias independentes de aplicação o processo é totalmente independente dos usos para os quais a ontologia se destina.

#### 2.1.4. Síntese

Foi necessário percorrer um longo caminho até chegar às metodologias para desenvolver ontologias. A primeira parte desta seção apresentou a origem do termo Ontologia na Filosofia, e a crescente popularização das ontologias na Ciência da Computação (CC), na Inteligência Artificial (IA) e em Sistemas de Informação (SI). Ao longo da apresentação, foi possível compreender como os fundamentos filosóficos das ontologias permanecem relevantes para seu estudo, desenvolvimento e aplicação. O desenvolvimento de “ontologias de nível superior”, baseadas nos conceitos filosóficos de identidade e unidade, traz diversos benefícios, como facilidade de manutenção, maior interoperabilidade entre sistemas, maior possibilidade de reuso em diferentes contextos e redução das inconsistências das ontologias. Por outro lado, o desenvolvimento desse tipo de ontologias é mais oneroso e complexo.

A segunda parte apresentou o processo de desenvolvimento das ontologias na Ciência da Informação (CI), investigando como elas são estudadas na Organização do Conhecimento (OC), disciplina em que são caracterizadas como Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC). Com o objetivo de distinguir conceitualmente as ontologias de outros SOC, como as taxonomias e os tesouros, foi demonstrado que, em comum, todos os sistemas lidam com a representação da linguagem natural em linguagem formal, que impõe restrições à linguagem para facilitar a recuperação da informação. Além disso, foi observado que cada tipo de SOC possui propósitos e requisitos específicos, e que o nível de complexidade das relações semânticas é a principal característica que os diferencia. Nesse sentido, as ontologias possuem relações semânticas mais sofisticadas em relação a outros tipos de SOC, na forma de redes, que estabelecem as relações entre atributos e propriedades dos conceitos, ao contrário de outros tipos de classificação, que apresentam relações hierárquicas ou tipos específicos e limitados de relações. As ontologias permitem representar o conhecimento de forma mais qualificada e completa, mais próxima da estrutura da mente humana. Essa condição, reforçada pelo “apego à realidade” das ontologias, decorrente das raízes na Filosofia, permite seu reuso em diferentes domínios independentemente da língua em que foram elaboradas.

Buscando eliminar confusões residuais acerca do significado do termo, a segunda parte da seção apresentou outras visões das ontologias na CI. A caracterização das ontologias como corpos de conhecimento ou teorias de conteúdos, linguagens documentárias e vocabulários controlados reflete as diversas tradições que fizeram parte do desenvolvimento da CI em

diferentes contextos. Nesse contexto, a visão das ontologias como Sistema de Organização do Conhecimento ganha força, uma vez que é capaz de integrar as diferentes perspectivas existentes na CI. Uma questão que permanece em aberto é se as ontologias podem ser consideradas um vocabulário controlado ou não.

A segunda parte apresentou ainda as características distintivas das ontologias, bem como os espectros de variações possíveis na configuração dessas características. A partir dessas características, um conjunto de tipologias foi sistematizado, permitindo classificar as ontologias de acordo com diferentes critérios: tipo de origem (a partir do zero; a partir de ontologias existentes globais ou locais; a partir de um corpus de fontes de informação; a partir de uma combinação das duas últimas abordagens), grau de automação (totalmente manual; semiautomatizada; totalmente automatizada), tipo de método de desenvolvimento (bottom-up; top-down; middle-out), grau de formalismo (altamente informais; fracas ou leves; seminformais; ontologias semiformais; rigorosamente formais), tipo de aplicação (autoria neutra; ontologias como índice; ontologias de acesso), tipo de estrutura (ontologias de alto nível ou gerais; ontologias de domínio; ontologias de tarefa; ontologias de aplicação), tipo de conteúdo (ontologias terminológicas; ontologias de informação; ontologias de modelagem de conhecimento; ontologias de aplicação; ontologias genéricas; ontologias de representação) e tipo de uso (ontologias de sistemas de informação; ontologias para sistemas de informação).

Finalmente, a terceira parte da seção apresentou questões relevantes relacionadas às metodologias usadas para desenvolver ontologias. Os componentes de um processo de desenvolvimento de ontologias (mapeamento, manutenção e avaliação) e as principais questões relacionadas foram descritas e analisadas. Além disso, alguns princípios para guiar o desenvolvimento de ontologias foram identificados: refletir sobre a postura epistemológica do desenvolvedor; ter clareza sobre o domínio da ontologia; isolar uma estrutura taxonômica básica; criar ontologias abertas, simples, claras, não-ambíguas, consistentes e coerentes (interna e externamente), extensíveis, reutilizáveis, modulares, dinâmicas, escaláveis, interoperáveis e de fácil manutenção; usar padrões de design ontológico, para separar a construção e a definição de expressões complexas de sua representação e alterá-las de forma independente; combinar melhores práticas metodológicas; identificar papéis explicitamente; usar lições aprendidas. Finalmente, a seção identificou um conjunto mínimo de etapas para

desenvolver ontologias, bem como as ferramentas e os procedimentos mais adequados a cada uma delas.

Esclarecer o que são as ontologias, para que servem, como funcionam e como são desenvolvidas foi uma etapa fundamental para identificar os critérios e os parâmetros que devem orientar a criação e o uso de uma metodologia para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

Para complementar a construção do referencial teórico desta dissertação, e fundamentar a criação da metodologia de análise artefatos, usada no capítulo 3. DESENVOLVIMENTO para analisar os métodos de desenvolvimento de ontologias, a próxima seção apresenta a *design science* e a DSR.

## **2.2. Design Science**

A *Design Science* (DS) é um campo de aplicação, disciplina e prática profissional. Em 1969, na obra *As Ciências do Artificial*, Simon usou o termo para se referir a um “conjunto de doutrinas sólidas, analíticas, parcialmente formalizáveis, parcialmente empíricas e que podem ser ensinadas sobre o processo de design” (SIMON, 1997, p. 113). No livro, Simon apresentou a ideia de uma teoria geral do design, que poderia explicar ou prescrever o processo de design independente do domínio em que ele ocorre. Desde então, o design se desenvolveu em diferentes campos, ganhando bastante destaque no campo de Sistemas de Informação (SI), onde evoluiu para um conceito mais sofisticado chamado *Design Research Science* (DSR).

Para apresentar os principais conceitos do design e o referencial teórico da DSR, esta seção foi dividida em cinco partes. A primeira parte apresenta o desenvolvimento do design como prática profissional, disciplina e campo de aplicação, definindo o design como um processo generalizável usado para construir um artefato e alterar uma situação atual para uma situação preferível. A segunda parte apresenta dois tipos importantes de conhecimento na DS, o conhecimento prático e reflexivo e o conhecimento teórico. A terceira parte apresenta a evolução da DSR em sistemas de informação, um dos campos mais férteis para o desenvolvimento científico do design, por meio da análise das ideias de autores seminais como Walls, Widmeyer e El-Sawy, Salvatore March, Alan Hevner, John Venable, e Shirley Gregor. A análise dessas ideias permitirá compreender conceitos importantes do design, relacionados aos processos, componentes, produtos, avaliação e ao conhecimento em design.

A quarta parte investiga o uso do design para construir e avaliar métodos de pesquisa, a exemplo dos métodos de desenvolvimento de ontologias, objetos desse estudo. Finalmente, a quinta parte apresenta a síntese das questões discutidas, as principais descobertas e a contribuição para a construção do modelo de análise de métodos de desenvolvimento de ontologias.

### **2.2.1. O design como prática, disciplina e campo de aplicação**

Até recentemente, o design era um campo complementar à arte e à manufatura. Com sua transformação em disciplina industrial, o design tornou-se um conhecimento generalizável, que vêm sendo aplicado tanto em processos, interfaces de mídia e artefatos de informação quanto em ferramentas, roupas, móveis e anúncios (FRIEDMAN, 2008). O uso do termo design nessa perspectiva mais ampla reflete uma abordagem holística do design (BEN-ELI, 2007) que, por sua vez, pressupõe a existência de uma teoria geral do design.

Três tipos de conhecimento vêm sendo estudados há décadas em disciplinas de design: conhecimento sobre a atividade de design; conhecimento sobre os artefatos; conhecimentos sobre os processos de design. Enquanto o conhecimento sobre a atividade de design é obtido por meio da prática-reflexiva e está ligado à ideia do design como disciplina e prática profissional, o conhecimento sobre os artefatos e os processos de design é obtido com o uso de métodos científicos para investigar os produtos e processos de design, e estão ligados à ideia do design como teoria e campo de conhecimento científico.

Compreender os fundamentos epistemológicos dessa teoria geral, chamada *Design Science*, e saber distinguir o design como prática do design como ciência, é fundamental para identificar como a DS contribui para criação de conhecimento científico.

#### *2.2.1.1. De prática a campo de aplicação*

A prática do design precede a espécie humana, a linguagem e a habilidade de imaginar e planejar. O design surgiu há 500 mil anos, quando o *homo habilis* construiu sua primeira ferramenta, e foi se desenvolvendo à medida que essas ferramentas foram se especializando (FRIEDMAN, 2000). Para Friedman (2000), o design está intimamente ligado à evolução do ser humano: a externalização do conhecimento em documentos, usados como extensão da

memória, demandou novas capacidades cognitivas para reconhecer conceitos visuais e temporais complexos, similares às capacidades leitura e escrita modernas.

O termo design descreve um processo de pensamento e de planejamento. O termo aparece escrito pela primeira vez no dicionário Merriam-Webster de 1548, definido como um verbo: *“conceber e planejar na mente; ter um propósito específico; planejar para uma função ou finalidade específica”* (MERRIAM WEBSTER, 1993, p. 343 apud FRIEDMAN, 2000, p. 9). Quarenta anos depois, no mesmo dicionário, o termo design foi definido como nome: *“um propósito particular em vista de um indivíduo ou grupo; planejamento deliberado e intencional; projeto ou esquema mental que estabelece meios para um fim”* (MERRIAM WEBSTER, 1993, p.343 apud FRIEDMAN, 2000, p. 9).

Usada como verbo e substantivo, o design implica em uma teoria que compreende tanto o ato de implementar o design no mundo real quanto os princípios subjacentes à forma do design (VENABLE, 2006a). Atualmente, a palavra design carrega múltiplas conotações, com diferentes ênfases e significados: esboço preliminar, ou plano para fazer algo; a arte de produzir planos; plano, propósito, intenção; um esquema decorativo ou padrão; um arranjo geral ou layout de um produto; uma versão estabelecida de um produto (BEN-ELI, 2007).

Friedman (2000) observou que, inicialmente, o desenvolvimento do design estava ligado à prática de artesãos e de guildas, evoluindo para uma prática distinta após a revolução industrial. Já o movimento de prática para campo profissional é mais recente - a ideia do design como disciplina, campo de conhecimento ou ciência surge apenas na segunda metade do século XX, com a transição da economia industrial e pós-industrial para a economia do conhecimento e a sociedade da informação (FRIEDMAN, 2000).

Cross (2001) distingue duas gerações que tentaram cientificar o design ao longo do século anterior: a de 1920, que buscava produzir obras de arte e design baseadas em valores científicos como a objetividade e a racionalidade, e a de 1960, preocupada com os processos de design científicos. Cross (2001a) aponta que, no início dos anos 1920, Theo van Doesburg percebeu um novo espírito na arte e na ciência:

Nossa época é hostil a todas especulações subjetivas na arte, ciência, tecnologia. O novo espírito, que já governa quase toda a vida moderna, opõe-se à espontaneidade animal, à dominação da natureza, às artimanhas artísticas. Para construir um novo objeto precisamos de um método, um sistema objetivo (DOESBURG apud CROSS, 2001a, p. 1).

Por sua vez, o arquiteto Le Corbusier descreveu uma casa como uma máquina de viver projetada objetivamente em uma sequência regular de funções definidas: “*a sequência regular dessas funções é um fenômeno de tráfego. Tornar esse tráfego exato, econômico e rápido é o esforço-chave da ciência da arquitetura moderna*” (LE CORBUSIER, 1929 apud CROSS, 2001a, p. 1).

A ideia do design como ciência ressurgiu fortemente no “movimento dos métodos de design” dos anos 60, que aspirava criar produtos e processos de design fundamentados na objetividade e racionalidade. O design foi lançado como campo de pesquisa em 1962, na Conferência sobre Métodos de Design, em Londres (CROSS, 2001a). Em 1963, o termo *design science* foi introduzido pelo inventor e tecnólogo radical Buckminster Fuller (LACERDA, 2012), em sua argumentação a favor de uma revolução baseada na ciência, na tecnologia e no racionalismo (CROSS, 2001a). Fuller usou o termo design para se referir à “*ordenação deliberada de componentes*” de um artefato, de uma indústria ou do próprio universo, sugerindo três características distintivas para o termo: um sentido de ordem subjacente, um todo marcado pela coerência e a presença implícita de uma inteligência deliberada (BEN-ELI, 2007). Nessa perspectiva, o design envolveria (BEN-ELI, 2007):

- **Um propósito:** a palavra deliberada implica um propósito e uma ação ativa para modelar uma configuração particular (parte específica da realidade);
- **Um processo:** em geral, um processo é constituído por uma série de etapas que se movem de uma intenção inicial para uma realização final;
- **Experiências subjetivas:** o design relaciona-se com as experiências subjetivas quando a ordem é reconhecida em um fenômeno observado;
- **Mundo físico e abstrato:** conceitos, entidades físicas ou combinações entre estes.

Na Conferência de Métodos de Design de 1965, Sydney Gregory estabeleceu a distinção entre os métodos científicos e os métodos do design, argumentando que o design em si não era uma ciência, e que a *design science* se referia ao estudo científico do design (CROSS, 2001a; LACERDA, 2012). Para o autor, a *design science* deveria se preocupar com o estudo, a investigação e a acumulação de conhecimento sobre o processo de design e suas operações constituintes (GREGORY, 1966). Com o objetivo de criar uma estrutura de conhecimento científico em que o trabalho dos designers pudesse ser confrontado, em 1966

Gregory lançou o livro *Métodos de Design*, uma revisão sistemática do pensamento, dos métodos e das abordagens analíticas de design utilizadas em diferentes domínios.

Em uma série de palestras realizadas em 1968, Herbert Simon popularizou o termo *design science*, ao argumentar pela necessidade de um estudo científico do artificial (em oposição ao natural). Em 1969, Simon publicou a obra *As Ciências do Artificial*, onde apresentou a ideia de uma teoria geral do design poderia explicar ou prescrever o processo de design independente do domínio em que ele ocorre. O livro de Simon, principal fundamento conceitual da *design science* (CROSS, 2001a; LACERDA, 2012; HEVNER et al., 2004), motivou a criação de metodologias de design sistemáticas, formalizadas e relevantes em diferentes disciplinas, como a Arquitetura, Engenharia, Medicina, Informática, Administração e Planejamento Urbano (VENABLE, 2006a).

O início da década de 1970 foi marcado pela reação contra a metodologia de design e rejeição de seus valores por pioneiros do movimento, a exemplo de Christopher Alexander, que criou um método racional para arquitetura e planejamento, e Christopher Jones, que não concordava com as limitações impostas pelos arcabouços lógicos da linguagem de máquina e do comportamentalismo (CROSS, 2001a). Para Cross (2001b), essas reações justificaram-se não só pelo contexto sociocultural do fim dos anos 1960, marcado por um novo humanismo liberal e rejeição de valores conservadores, mas pelo insucesso dos métodos científicos de design para resolver problemas cotidianos.

Em 1972, Rittel propôs uma nova abordagem caracterizada pelo conceito de “*wicked problems*”, um tipo de problema que não estaria submetido a técnicas da ciência ou da Engenharia, que lidariam com problemas “domesticados” (CROSS, 2001a; LACERDA, 2012). Nesse contexto, os conceitos de “soluções apropriadas ou satisfatórias”, introduzido por Simon (1997), e de “processos argumentativos”, nos quais os designers são parceiros dos donos do problema (clientes, usuários e comunidades), foram amplamente aceitos, principalmente na arquitetura e no design industrial (GREGOR; JONES, 2007; LACERDA, 2012).

Nos anos 1980 e 1990, as teorias e metodologias de design desenvolveram-se fortemente na Engenharia e no Design Industrial, apesar das evidências limitadas de aplicações e resultados práticos. Diversos periódicos foram criados nesse período: *Design Studies* (1979), *Design Issues* (1984), *Research in Engineering Design* (1989), *Journal of Engineering Design* e *Journal of Design Management* (1990), *Languages of Design* (1993) e

*Design Journal* (1997) (CROSS, 2001a). Gregor e Jones (2007) observaram que, desde então, o design vem sendo aplicado em uma ampla variedade de campos, como Administração, Contabilidade, Sistemas de Informação, Educação e nas Artes. Os autores destacaram os estudos de Schön (1983), que ligou o desenvolvimento do conhecimento profissional a ideia de reflexão em ação; de Van Aken (2004; 2005), que abordou o problema das teorias de gestão prescritivas usando o conceito de regras tecnológicas; e de Love (2001), que usou uma perspectiva filosófica baseada em várias disciplinas para abordar a teoria do design, com o objetivo de criar um paradigma simplificador da pesquisa no campo (GREGOR; JONES, 2007).

Os últimos anos têm sido marcados pelo crescente número de áreas sujeitas à iniciativa humana, o que tem aumentado a importância do design. Atualmente o design é utilizado para criar artefatos de tecnologia da informação, mídia de massa, telecomunicações, química, farmacologia, engenharia química e engenharia mecânica, bem como processos dos setores público e de serviços, nos próximos anos ele incluirá artefatos de biotecnologia, nanotecnologia e outras tecnologias híbridas, exigindo que os designers assumam tarefas cada vez mais relevantes e complexas (FRIEDMAN, 2002).

#### 2.2.1.2. *O design como processo*

Em *As Ciências do Artificial*, Simon (1997, p. 111) define o design como o processo de “*divisar cursos de ação para transformar situações existentes em situações preferidas*”. Esse processo, que perpassa diferentes domínios do conhecimento (FRIEDMAN, 2000), envolve criar algo novo ou reformular algo que existe para alcançar um propósito, atender uma necessidade, resolver um problema ou transformar uma situação menos desejável em uma situação preferida (FRIEDMAN, 2002).

O conceito de Simon (1997) implicou no reconhecimento de um novo paradigma científico: enquanto a ciência natural está preocupada com “o que é”, a *design science* preocupa-se com “o que deveria ser” (MOR; WINTERS, 2006). Para Simon, o processo de design busca um “design satisfatório”, em vez de um “design ideal” (CROSS, 2001a). Assim, a característica distintiva das teorias do design é que elas se concentram em “como fazer algo”, fornecendo prescrições explícitas sobre como projetar e desenvolver um artefato, seja um produto tecnológico ou uma intervenção gerencial (GREGOR; JONES, 2007). Por exemplo, um cientista da informação não ficaria satisfeito em descrever e entender os mecanismos

relacionados ao desenvolvimento de uma ontologia, mas se esforçaria para identificar os princípios que permitirão criar ontologias melhores. A Figura 3. Processo de planejamento na Design Science representa um exemplo de processo de design:



**Figura 3.** Processo de planejamento na *Design Science*  
**Fonte:** Adaptado de Brown, Cook e Gabel (2004)

Outra característica importante da *design science* são os métodos de abordagem de problemas. Em *As Ciências do Artificial*, Simon (1997) observou que o desenho de um artefato complexo obedece a uma hierarquia, que pode ser decomposta em componentes semi-independentes correspondentes às suas partes funcionais. Simon descreveu o Ciclo Gerador-Teste, um método que usa a decomposição para reconhecer as interdependências entre os componentes as funções de uma solução e gerar soluções de forma iterativa, testando-as em relação aos seus requisitos funcionais. Todas as ciências decompõem problemas complexos em problemas mais simples - no caso da *design science*, que está interessada no propósito, na intenção e na modelagem do mundo, a função é o eixo apropriado de decomposição, e constitui a premissa do método de padrões de design (MOR; WINTERS, 2006).

Um “padrão de design” “descreve um problema que ocorre repetidamente em nosso ambiente e [...] o núcleo da solução para esse problema, de tal forma que você pode usar essa solução um milhão de vezes” (ALEXANDER et al, 1977 apud MOR; WINTERS, 2006, p.4). Os padrões de design consideram o contexto da discussão, as particularidades do problema e como os instrumentos de design podem ser usados para abordá-las para externalizar o conhecimento acumulado e generalizado sobre os problemas e as soluções, permitindo que todos os membros da comunidade profissional participem das discussões sobre design (MOR; WINTERS, 2006). Os padrões de design são organizados e relacionados em sistemas coerentes chamados linguagens de padrões, que possuem três facetas (MOR; WINTERS, 2006):

- **Descritiva:** em sua forma analítica, a linguagem de padrões descreve situações e soluções de design;
- **Normativa:** como ferramenta de meta-design, a linguagem de padrões destaca questões importantes e prescreve um método útil para resolvê-las;
- **Colaborativa:** como ferramentas de comunicação, a linguagem de padrões permite que diferentes comunidades discutam questões e soluções de design.

Outra característica distintiva da *design science* é que ela produz como resultado um ou mais artefatos intencionais. Esses artefatos podem ser produtos ou processos: “*tanto a forma do desenho quanto a forma e organização do processo de design são componentes essenciais de uma teoria do design*” (SIMON, 1997, p. 131). Além disso, é possível diferenciar “artefatos puramente técnicos”, que não possuem usuários humanos, bastante raros, como um protocolo de rede de computadores, e “artefatos sociotécnicos”, que têm usuários humanos, e cuja adoção é influenciada por fatores sociais complexos (VENABLE; BASKERVILLE, 2012).

A construção de artefatos inovadores gera impactos de longo prazo nas organizações. Ao mesmo tempo em que esses artefatos sofrem a influência das leis e princípios que regem o comportamento humano e organizacional, eles podem mudar o ambiente de forma que as leis ou princípios anteriores se tornem irrelevantes ou inaplicáveis (HEVNER et al., 2004). Para ilustrar esse argumento, Hevner et al. (2004) recorre à definição de Fuller sobre o objetivo da *design science*:

[O objetivo da *Design Science* é] resolver problemas introduzindo no meio ambiente novos artefatos, cuja disponibilidade induzirá seu emprego espontâneo por seres humanos, levando-os a abandonar comportamentos anteriores de produção de problemas e dispositivos (FULLER 1992, apud HEVNER et al., 2004, p. 3).

Ainda sobre os artefatos, Simon destacou o design de “artefatos em evolução”, em que a previsão dos acontecimentos é extremamente difícil. Em tais circunstâncias, ele recomendou o uso de mecanismos de sistemas adaptativos, como os mecanismos homeostáticos, que tornam o sistema relativamente insensível ao meio ambiente, e os ajustes retrospectivos à variação do ambiente com base em *feedback*. Assim, o design para o futuro exige a previsão de eventos remotos, mas pode usar mecanismos adaptativos embutidos no design (FRIEDMAN, 2002).

### 2.2.2. O papel do conhecimento no design

Assim como a CI, o design é uma profissão, uma disciplina e um campo: a profissão envolve a prática profissional do design, a disciplina envolve a investigação sobre o design em seus vários domínios e o campo envolve a profissão, a disciplina e uma série mutável e ambígua de campos cognatos e áreas relacionadas: *“o design é, por natureza, uma disciplina interdisciplinar e integradora”* (FRIEDMAN, 2000).

Antes de entender o papel da teoria na produção de conhecimento em design, é necessário refletir sobre o problema do conhecimento. Citando Bunge (1996), Bax (2014) descreve o problema do conhecimento como um sistema de problemas representado nas seguintes questões: o que é conhecimento? Quem pode conhecer, mentes, cérebros, computadores, grupos sociais? Podemos conhecer tudo, alguma coisa ou nada? Como alguém pode conhecer, experiência, razão, ação ou todos? Que tipo de conhecimento é melhor, abrangente, profundo e confiável?

Para Friedman (2000) essas questões são centrais para qualquer disciplina, mas especialmente importantes para uma disciplina nova como o design. As concepções da estrutura e do escopo de uma disciplina são construções sociais que incluem ou excluem certos objetos de um domínio. Dependendo do nível de articulação, essas concepções determinam os objetos centrais da investigação (e como devem ser conceituados), os problemas mais importantes (e como devem ser estudados), e os tipos de soluções mais adequados (VAKKARI, 1996 apud FRIEDMAN, 2000).

Para alterar o mundo artificial, os designers usam conhecimentos inerentes: à atividade de projetar, por meio da reflexão sobre a atividade; aos artefatos, por meio da cópia, reuso ou variação das configurações de artefatos existentes e da reflexão sobre seu uso; e aos processos de design, por meio da reflexão sobre o processo de criação dos artefatos (CROSS, 2001a). Há pelo menos três décadas, esses diferentes tipos de conhecimento vêm sendo estudados em disciplinas de design. O conhecimento sobre a atividade de design, obtido por meio da prática-reflexiva, está ligado a ideia do design como disciplina e prática profissional. Já o conhecimento sobre os artefatos e os processos de design, obtidos com o uso de métodos científicos para investigar os produtos e processos de design, está ligado a ideia do design como teoria e campo de conhecimento científico.

### 2.2.2.1. Conhecimento prático

O conhecimento prático em design está intimamente relacionado à ideia do design como disciplina e prática profissional descrito por Cross (2001a). Friedman (2000) observou que o conhecimento é inerente aos seres humanos, adquirido por meio da interação entre diferentes formas de aprendizagem, como o pensamento, experiência e ação. Por sua vez, a excelência profissional requer articulação para transformar o conhecimento tácito em explícito, o que Nonaka e Takeuchi (1995) descreveram como o “ciclo de criação do conhecimento” e Schön como “prática reflexiva”. Friedman (2000) apresentou os tipos de conhecimentos prático relacionados ao design, como experiência, compreensão crítica, antecipação, conhecimento situacional, hábito e conhecimento tácito, apresentados a seguir:

- **Experiência e compreensão crítica:** Kolb definiu a aprendizagem como “*o processo pelo qual o conhecimento é criado através da transformação da experiência*” (1984, p. 38, apud FRIEDMAN, 2000, p. 13), a partir de um processo dinâmico de reprodução e regeneração. Kolb observou que os seres humanos adquirem o conhecimento por meio da capacidade de agir, da capacidade de apreender a ação e o ambiente em que ela acontece, e da capacidade de compreensão crítica, destacando que “*a compreensão (...) guia nossas escolhas de experiência e direciona nossa atenção para aqueles aspectos da experiência apreendida a serem considerados relevantes*” (KOLB, 1984, p. 107, apud FRIEDMAN, 2000, p. 14). Para Friedman (2000), além de representar aspectos selecionados da realidade apreendida, a compreensão crítica remodela a experiência de maneira mais profunda, levando a novas formas de ver o mundo.
- **Antecipação:** se por um lado a compreensão integra a experiência ao conhecimento através de ciclos de ação e *feedback*, por outro “*o conhecimento humano não é apenas o produto da experiência passada, mas também o produto de antecipar o futuro*” (FRIEDMAN, 2000, p. 14). A experiência é transformada em conhecimento por meio da reflexão sobre o passado ou do julgamento estratégico que os humanos fazem sobre o futuro – ao projetar possibilidades em uma complexa rede de causas e efeitos, é possível entender como as coisas são e como estão posicionadas dentro da rede (FRIEDMAN, 2000).

- **Conhecimento situacional:** o conhecimento situacional é um tipo de conhecimento generalizado abstraído de situações e intenções imediatas que guia a percepção e a ação, um conhecimento comum compartilhado entre grupos de atores, que depende do processo social (FRIEDMAN, 2000). Atores individuais também criam conhecimentos generalizado, porém este sempre será, pelo menos em parte, baseado no conhecimento anterior – *“a criação do conhecimento individual é, portanto, um processo social”* (FRIEDMAN, 2000, p. 14).
- **Habitualização:** Segundo Friedman (2000), a habitualização é outro fator destacado em diferentes teorias de criação de conhecimento: *“[...] toda atividade humana está sujeita à habitualização. Qualquer ação que se repita frequentemente se torna um padrão, que pode ser reproduzido com economia de esforço [...]”* (BERGER; LUCKMAN, 1971 apud FRIEDMAN, 2000, p. 14). A habitualização não suprime a compreensão crítica, mas mantém um relacionamento dialético com ela: a habitualização resulta de atos repetidos de compreensão crítica, que transformam a experiência em conhecimento, que por sua vez dependem de um repositório de conhecimento generalizado gerado pela habitualização (FRIEDMAN, 2000).
- **Conhecimento tácito:** Friedman (2000) usa a estrutura de gestão do conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1995) para explicar o conhecimento tácito. A estrutura, em forma de espiral, possui uma dimensão epistemológica, que compreende um espectro que vai do conhecimento explícito ao conhecimento tácito, e uma dimensão ontológica, com níveis de conhecimento que se deslocam do conhecimento individual para o conhecimento de grupo, organizacional, interorganizacional, social e cultural – *“a criação de conhecimento requer contexto social e contribuição individual”*, e envolve um esforço para transformar o conhecimento tácito em explícito (FRIEDMAN, 2000, p. 15).

#### 2.2.2.2. Conhecimento teórico

Hevner *et al.* (2004) observaram que a DS ainda é um *wicked problem*, pois possui requisitos e restrições instáveis baseadas em contextos mal definidos, interações complexas entre os subcomponentes do problema e uma flexibilidade inerente para alterar os processos

e artefatos de design. Se a luta contínua e consciente para articular o conhecimento distingue o trabalho de um campo de pesquisa do trabalho prático de uma profissão, como qualquer campo em evolução, o grande desafio da DS é articular conhecimento tácito para criar um campo de entendimento comum (FRIEDMAN, 2000).

Teorizar significa *“desenvolver novas ideias e conceitos e construir novas estruturas conceituais, métodos ou modelos”* (NUNAMAKER, 1991, p. 94, apud VENABLE, 2006b). A palavra teoria pode assumir muitos significados: uma visão mental, concepção ou esquema mental de algo a ser feito ou do método de fazê-lo; uma declaração sistemática de regras ou princípios que descrevem um grupo de fatos ou fenômenos; uma hipótese confirmada pela observação ou experimento que é aceita para explicar fatos conhecidos (GREGOR, 2006). As teorias são o principal produto das ciências naturais, sociais e comportamentais, desempenhando um papel importante em sua evolução. As teorias podem ser usadas para resolver problemas no mundo prático, para tomar decisões com base em conhecimentos parcialmente aprendidos de teorias, e no mundo teórico, para validar, refutar e construir conhecimentos (VENABLE, 2006b).

Para Friedman (2002), teorias são conjuntos de proposições que permitem analisar ou explicar sujeitos, que podem ser descritas de forma simples, complexa ou sofisticada. Na forma mais básica, uma teoria é um modelo que ilustra e descreve como algo funciona, mostrando o relacionamento dinâmico entre seus elementos. Essa estrutura dinâmica distingue um modelo teórico de uma simples taxonomia e permite prever o que acontecerá quando os elementos interagirem. Segundo Weiskopf (2011 apud HJØRLAND, 2015), três categorias de condições diferenciam as teorias de outros corpos de informação: estruturalmente, as teorias são corpos de informação abstratos, coerentes, causalmente organizados e ontologicamente coesos; funcionalmente, as teorias fazem previsões, interpretam evidências de novas maneiras e explicam os fenômenos em seus domínios; por fim, as teorias são representações dinâmicas, pois se desenvolvem, ganham credibilidade e são superadas com evidências empíricas.

Gregor (2006) identifica diferentes visões sobre teorias na filosofia da ciência. O positivismo lógico, bastante influente na formação científica de muitos pesquisadores, é baseado no Princípio da Verificação: *“apenas afirmações que são, em princípio, verificáveis pela observação ou experiência, podem transmitir informações factuais”* (GREGOR, 2006, p.

4). Já na tradição interpretativista, derivada hermenêutica alemã, da fenomenologia e das críticas ao positivismo objetivo, o objetivo é entender o complexo mundo da experiência vivida do ponto de vista de quem a vive: “o mundo da realidade vivida e os significados de situações específicas que compõem o objeto geral da pesquisa são construídos pelos atores sociais” (SCHWANDT, 1994, p. 118 apud GREGOR, 2006, p. 5). Nessa tradição, o conhecimento existe quando há consenso relativo entre os pesquisadores confiáveis para interpretar a substância da construção. Assim, múltiplos conhecimentos podem coexistir quando intérpretes igualmente competentes (ou confiáveis) discordam (GUBA; LINCOLN, 1994, p. 113 apud GREGOR, 2006, p. 5).

O design envolve criar algo ou transformar uma situação atual em uma situação desejável. Assim, os designers precisam saber porquê e como as coisas funcionam, o que requer explicação e, às vezes, predição (FRIEDMAN, 2002). Na abordagem teórica relacionada à construção de artefatos, o design é um tipo prescritivo teoria especial, conforme observado por Simon (1997):

A atividade intelectual que produz artefatos materiais não é fundamentalmente diferente da que prescreve remédios para um paciente doente ou que cria um novo plano de vendas para uma empresa ou uma política de assistência social para um Estado (SIMON, 1997, p. 111).

Assim, as teorias de design fornecem prescrições explícitas (métodos, técnicas, princípios de forma e função) para construir um artefato (GREGOR, 2006). Para Vaishnavi e Kuechler (2004) a principal diferença entre as teorias do design e das ciências naturais é a intenção: enquanto as ciências naturais buscam a verdade, a *design science* busca a criação de uma utilidade situacional.

Sobre o conhecimento teórico na *design science*, Friedman (2000) recorreu à distinção de Buchanan para observar que o design é um campo de pensamento e pesquisa pura, um campo de prática e pesquisa aplicada, e um campo de pesquisa clínica:

- **Pesquisa básica:** identifica princípios gerais, abstraídos e generalizados para uma variedade de situações, com o objetivo de gerar teorias em níveis macro, meso ou micro. Em muitos casos, os princípios gerais podem ser aplicados fora do seu campo de origem, com poder preditivo.

- **Pesquisa aplicada:** adapta as descobertas da pesquisa básica a classes de problemas. Pode envolver o desenvolvimento e teste de teorias e gerar novas questões para a pesquisa básica.
- **Pesquisa clínica:** aplica as descobertas da pesquisa básica e da pesquisa aplicada a situações específicas para gerar novas perguntas e testar descobertas da pesquisa básica em situações clínicas específicas.

Sobre o papel do conhecimento no design, Cross (2005) observou que, além do conhecimento informal do produto do design, os designers precisam de conhecimentos formais da forma e da configuração desse processo, ou dos “*estudos teóricos da morfologia do design*” (CROSS, 2001a, p. 5). O autor oferece um bom ponto de partida para entender as relações entre design e ciência ao distinguir o design científico, a *design science*, a “*design science*” e o design como disciplina (CROSS, 2001a).

**Scientific design.** Segundo Cross (2001a), os métodos de design surgiram no contexto pós-industrial, complexo demais para o uso de métodos intuitivos. Com o avanço da ciência dos materiais, da engenharia, da construção e da ciência comportamental, o conhecimento científico foi cada vez mais aplicado em tarefas práticas, contribuindo para “tornar a ciência visível”. Assim, o autor afirma que o design científico é o design moderno e industrializado, distinto do design pré-industrial e orientado para o artesanato, “*baseado no conhecimento científico, mas usando uma mistura de métodos de design intuitivos e não intuitivos*” (CROSS, 2001a, p. 3).

**Design Science (DS).** Usado pela primeira vez por Buckminster Fuller, o termo *Design Science* (DS) foi adaptado por Gregory em 1965 para desenvolver um método coerente e racional (científico) de design. Por sua vez, Hubka e Eder declararam que o objetivo da DS é “*reconhecer as leis do design e suas atividades e desenvolver regras*” (1987 apud CROSS, 2001a, p. 3), por meio da compreensão de um sistema de conhecimentos logicamente conectados com conceitos técnicos e metodológicos de design. Segundo esses autores, a DS estaria preocupada em derivar o conhecimento aplicado das ciências naturais para fornecer a informação apropriada e na forma adequada para uso do designer. Para Cross (2001a), esta definição vai além do design científico, ao incluir um conhecimento sistemático do processo e da metodologia de design e a sustentação tecnológica do design de artefatos:

A DS se refere a uma abordagem de design explicitamente organizada, racional e totalmente sistemática, que compreende o design não apenas como a utilização do conhecimento científico de artefatos, mas o design [...] como uma atividade científica em si (CROSS, 2001a, p.3).

**Science of Design (SoD).** A partir das declarações de Grant, segundo o qual "o estudo do design pode ser uma atividade científica; isto é, o design como uma atividade pode ser objeto de investigação científica" (GRANT, 1979 apud CROSS, 2001a, p. 4), e de Gasparski e Strzalecki, para os quais "a *design science* [deveria ser] entendida como a ciência das ciências, uma federação de subdisciplinas que tem o design como sujeito de seus interesses cognitivos" (GASPARSKI; STRZALECKI, 1990 apud CROSS, 2001a, p. 4), Cross (2001a) afirma que a Science of Design (SoD) é o estudo do design ou, em outras palavras, a metodologia do design, que usa métodos científicos para estudar os princípios, as práticas e os procedimentos de design:

A metodologia de design inclui estudar como os designers trabalham e pensam, estabelecer estruturas apropriadas para o processo de design, desenvolver e aplicar novos métodos, técnicas e procedimentos de projeto e a refletir sobre a natureza e extensão do conhecimento de design e sua aplicação para projetar problemas (CROSS, 2001a, p. 3).

**Design como disciplina.** Donald Schön ofereceu ao design um paradigma construtivista que desafiou a doutrina positivista dominante na *design science*. Contrapondo-se às abordagens para resolver problemas bem estruturados de Simon, Schön acreditava que qualquer prática profissional lida com situações problemáticas desestruturadas, e propôs a "prática reflexiva" para trazer padrões inconscientes e compreensões tácitas para a compreensão consciente através da articulação: "*uma epistemologia da prática implícita nos processos artísticos e intuitivos que os praticantes trazem para situações de incerteza, instabilidade, singularidade e conflito de valores*" (SCHON, 1983 apud CROSS, 2001a, p. 4). Cross (2001a) argumenta que, apesar da base positivista e técnico-racionalista de As Ciências do Artificial, Simon acreditava que a *design science* poderia ser a base fundamental de esforço intelectual e comunicação através das artes, ciências e tecnologias. A partir da percepção de uma atividade criativa comum, designers de diferentes áreas poderiam compartilhar experiências do processo de design. Assim, para Cross (2001a), o design como disciplina é o estudo do design em seus próprios termos, dentro de uma cultura própria e rigorosa, uma "ciência do design baseada na prática reflexiva do design". Esta disciplina desenvolve abordagens independentes das teorias e da pesquisa em design, ao reconhecer que existem

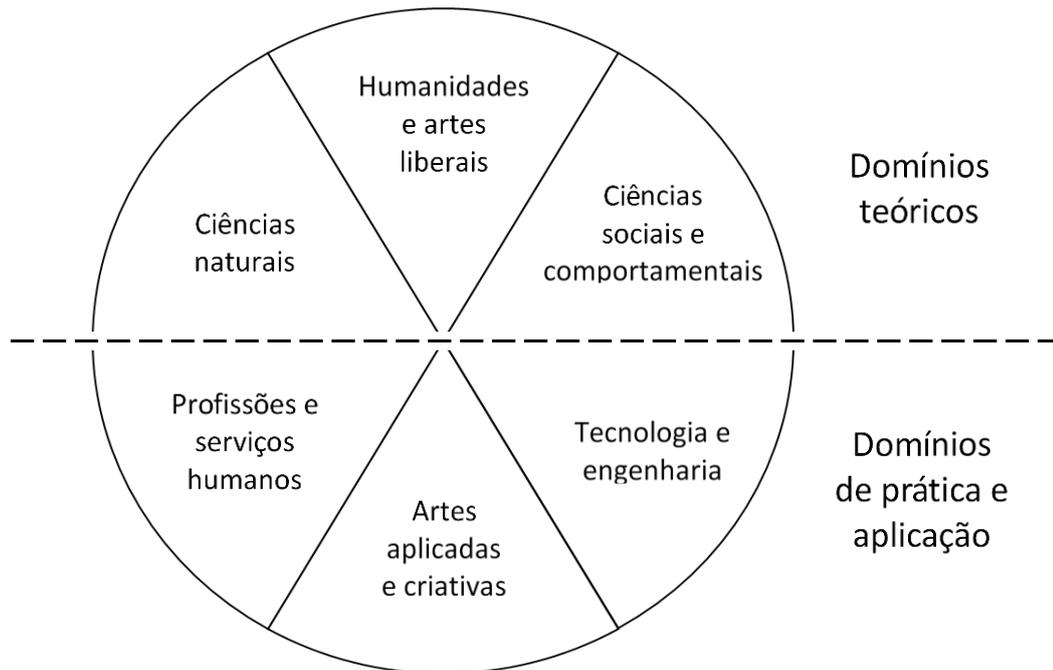
formas de conhecimento especiais para a consciência e capacidade de um designer, independente dos diferentes domínios profissionais da prática de design.

Mesmo após as tentativas de Cross em delimitar diferentes campos de conhecimento do design, o discurso científico continuou marcado pela confusão conceitual. Livari (2007) apontou que essa confusão foi exagerada pelo uso alternado e indistinto das terminologias pesquisa em *design science* e pesquisa em design, apresentando a definição para termos mais recentes, que vêm sendo bastante utilizados na literatura da área, "*Design Science Research*" e "*Design Research*".

**Pesquisa em *Design science* ou Design Science Research (DSR).** De acordo com Livari (2007), a DSR é a pesquisa que usa o design como método de investigação para produzir meta-artefatos inovadores como resultado de pesquisa, usando a epistemologia da utilidade, e não a epistemologia da verdade. A visão construtiva da DSR implica que a contribuição acontece antes do artefato ser instanciado (MARCH; SMITH, 1995; HEVNER et al., 2004). A DSR é a perspectiva mais difundida em Sistemas de Informação, uma das áreas mais férteis para o desenvolvimento do design.

**Pesquisa em Design ou Design Research (DR).** A DR é mais ampla que a DSR, e tem o design como método de pesquisa e objeto de investigação. Livari (2007) concordou com a recomendação de Kuechler & Vaishnavi (2008), de que DR deveria ter a amplitude que alcançou em outros campos do design, em vez de restringi-lo à visão construtiva defendida por Hevner et al. (2004). O autor complementou observando que falta uma compreensão comum da definição e do escopo da pesquisa em design (DR) em SI, questionando se a DR seria um tópico ou método de investigação.

Atualmente, os designers estão se movendo em direção a um conhecimento mais profissionalizado que compreende as necessidades humanas, as circunstâncias sociais, industriais e econômicas do projeto, o contexto humano no qual os artefatos são usados e os processos projetados e as tendências gerais da indústria e dos negócios (FRIEDMAN, 2002). Friedman (2000) identifica seis domínios de conhecimento para a *design science*, distinguindo os domínios teóricos dos domínios de prática e aplicação, cujo aspecto e proporção dependem da natureza do projeto e do problema a resolver, representados na Figura 4. Domínios do conhecimento da *Design Science*:



**Figura 4.** Domínios do conhecimento da *Design Science*  
**Fonte:** Adaptado de Friedman (2000)

A predominância das pesquisas clínicas no campo do design e a dificuldade para produzir pesquisas acadêmicas não estaria relacionada à natureza do design ou do conhecimento em design, mas à enorme população de praticantes treinados nas antigas tradições vocacionais e comerciais do design (VENABLE; BASKERVILLE, 2012). Uma base sólida de conhecimentos de design, ancorada em diferentes tradições de pesquisa, permitiria aos praticantes acessar resultados acumulados por muitas outras mentes e pela experiência geral de um campo muito maior (FRIEDMAN, 2002).

Para fortalecer a pesquisa em design, Friedman (FRIEDMAN, 2002) propôs um programa de pesquisa progressiva com os seguintes objetivos: construir um corpo de conhecimento generalizado; melhorar a capacidade de resolução de problemas; generalizar o conhecimento em novas áreas; identificar a criação de valor e os efeitos de custo; explicar as diferenças nas estratégias de design, seus riscos e benefícios; aprender em nível individual e coletiva; e meta-aprendizado. Nesse sentido, o autor apontou quatro áreas de pesquisa poderiam ser consideradas: a filosofia e teoria do design, os métodos e práticas de pesquisa, a educação em design e a prática de design.

### 2.2.3 Design Science Research: o design em Sistemas de Informação

Sistemas de Informação (SI) é uma disciplina com foco organizacional preocupada com a análise, construção, implantação, uso, avaliação, evolução e gestão de artefatos de SI em ambientes organizacionais (HEVNER; MARCH, 2003). A SI é um campo de confluência entre pessoas, organizações e tecnologia, que investiga o sistema tecnológico, o sistema social e os fenômenos que surgem quando estes interagem. A área é influenciada pela ciência cognitiva, teoria organizacional, administração, engenharia de sistemas e ciência da computação (HEVNER; MARCH, 2003).

As organizações e seus sistemas de informação estão entre os artefatos mais complexos projetados pela intenção humana (HEVNER et al., 2004). Atualmente, a *design science* desempenha um papel central no desenvolvimento e gestão de uma ampla gama de artefatos sociotécnicos como sistemas de apoio à decisão, ferramentas de modelagem, estratégias de governança, métodos para avaliação de sistemas e intervenções de mudança de SI (GREGOR; HEVNER, 2013). Para Hevner et al. (2004), a *design science* incorpora um espírito criativo, artístico e orientado por objetivos para criar artefatos intencionais que alcança a essência das atividades dos profissionais de SI: criar, aplicar, avaliar e aprimorar os artefatos de tecnologia da informação. Para o autor, a *design science* permite que pesquisadores da área criem artefatos inovadores para abordar problemas importantes, demonstrem as capacidades de tais artefatos, avaliem e prevejam possíveis benefícios e os riscos em sua utilização.

A partir da década de 1990, os pesquisadores de SI começaram a demonstrar um interesse crescente pelo design de sistemas de informação (WALLS; WIDMEYER; EL-SAWY, 2004). Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992) propuseram uma teoria prescritiva para construir sistemas de informação, e March e Smith (1995) contrastaram a *design science* com a ciência natural em sistemas de informação. A partir do trabalho de Hevner, March, Park e Ram (2004), diversos autores, mencionados ao longo deste estudo, contribuíram para o desenvolvimento do paradigma da *design science* em SI.

A apresentação em ordem cronológica das ideias dos principais autores do campo permitirá identificar como o conceito de design evoluiu no campo de SI e os elementos comuns que permitirão construir a Metodologia de Análise de Artefatos para analisar os métodos de desenvolvimento de ontologias.

### 2.2.2.3. Joseph G. Walls, George R. Widmeyer e Omar A. El-Sawy

Pesquisadores da *School of Business Administration* da *South California University*, nos Estados Unidos, Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992) desenvolveram uma teoria prescritiva que integra teorias normativas e descritivas para produzir sistemas de informação mais eficazes.

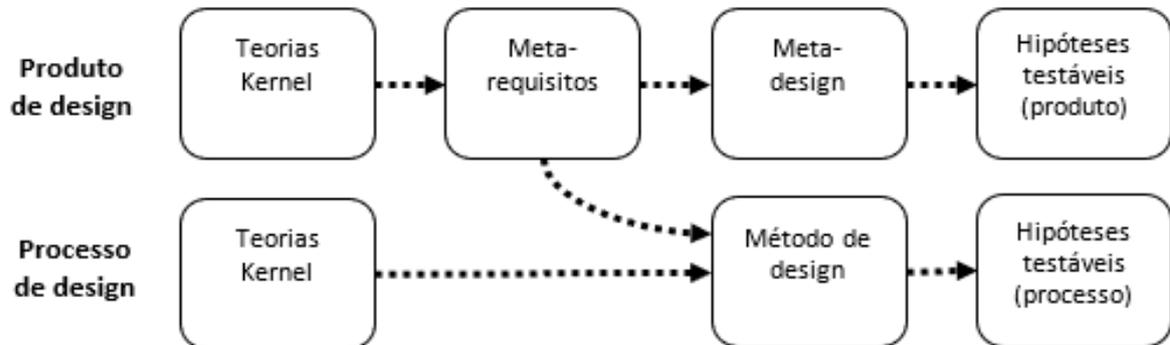
Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992) argumentaram sobre como construir e testar uma teoria de design de sistemas de informação chamada *Information Systems Design Theory* (ISDT), que pudesse prescrever o desenvolvimento de projetos de uma classe particular de sistema de informação. Os autores acreditavam que a ISDT criaria uma base endógena para a teoria de design em SI que, ao ser desenvolvida, poderia ser usada por estudiosos para prescrever produtos e processos de design em diferentes classes de sistemas de informação (WALLS; WIDMEYER; EL-SAWY, 2004).

Os autores apresentam sua ideia de uma teoria do design observando que essas teorias possuem as seguintes características distintivas: lidam com os objetivos como contingências; não envolvem predição ou explanação puras; têm caráter prescritivo; compreendem as teorias kernel das ciências sociais, naturais e da matemática; estão preocupadas com “como será”, e não com “o que é”, “o que será” ou “o que deveria ser”; colocam em prática teorias explicativas, preditivas e normativas; usam racionalidade procedimental.

Na visão dos autores, os sistemas de tecnologia da informação produzem produtos ou serviços para clientes, e são compostos por pessoas, informação, tecnologia, práticas de trabalho, produtos, estratégias, clientes, infraestruturas e meio ambiente. Os únicos elementos de um sistema que não são artefatos feitos pelo homem são os participantes e os clientes (WALLS; WIDMEYER; EL-SAWY, 1992). Nesse contexto, as teorias de design poderiam ser usadas para conceber produtos (informação), práticas de trabalho, informação e tecnologia. A informação é produto (relatórios, diálogos, formulários, mensagens, etc.) e insumo (informação fornecida pelos desenvolvedores e bases de dados) dos sistemas de informação. Já a tecnologia (software) fornece os meios para recuperar a informação, e as práticas de trabalho orientam em relação as etapas e os procedimentos que devem ser executados pelos desenvolvedores (WALLS; WIDMEYER; EL-SAWY, 2004).

Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992) argumentaram que, para desenvolver um sistema de informação, uma teoria de design adequada deveria ter sete componentes divididos em

Design do produto e design do processo, representados na Figura 5. Componentes da teoria de design em Sistemas de Informação:



**Figura 5.** Componentes da teoria de design em Sistemas de Informação

**Fonte:** Adaptado de Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992)

- **Meta-requisitos:** descrição do conjunto de requisitos e da classe de objetivos e problemas aos quais a teoria se aplica.
- **Meta-design:** descrição da classe de artefatos hipotéticos (soluções) que atendem aos meta-requisitos.
- **Teorias Kernel de meta-design:** descrição dos conjuntos de conhecimentos derivados das ciências naturais, sociais e matemáticas aplicáveis aos meta-requisitos e usados para desenvolver o meta-design.
- **Hipóteses testáveis do produto do meta-design:** descrição dos testes e da avaliação do produto do design (meta-design) em relação aos meta-requisitos do problema.
- **Método de design:** descrição do método e dos procedimentos para construir o artefato.
- **Teorias Kernel do método de design:** descrição dos conhecimentos derivados das ciências naturais, sociais e matemáticas aplicáveis método de design.
- **Hipóteses testáveis do método de design:** descrição dos testes usados para verificar se o método de design escolhido produziu um artefato consistente com o meta-design.

Mais de uma década depois da publicação do artigo na revista *Information Systems Research* (Walls, Widmeyer e El Sawy, 1992), para determinar a utilidade da ISDT no campo prático e teórico do design, os autores analisaram o uso da ISDT em 50 artigos, identificando avanços em quatro níveis:

- **Nível 1:** a ISDT é usada para legitimar teoricamente a descrição de recursos e requisitos de design de uma nova classe de sistemas de informação, as vezes em nível bastante superficial, como referenciar a ISDT em um parágrafo;
- **Nível 2:** a ISDT é usada como linguagem e estrutura para determinar meta-requisitos para uma nova classe de sistemas de informação e como suas instâncias devem ser projetadas. Nesse nível, os pesquisadores se esforçam na análise do contexto da ISDT para criar ordem e uma estrutura sistemática para sua exposição, o que permite a comparabilidade entre diferentes tipos de sistemas e gera conhecimento acumulativo e generalizado de design;
- **Nível 3:** a ISDT é usada para gerar novos *insights* sobre as características de uma nova classe de sistemas de informação. Nesse nível, além de uma metodologia sistemática para uso do rigor teórico das teorias Kernel no desenvolvimento dos produtos e processos de design (como no Nível 2), novos *insights* são gerados para o desenvolvimento acadêmico da disciplina.
- **Nível 4:** a riqueza da ISDT é reforçada por meio do uso, à medida que os acadêmicos descobrem lacunas e propõem melhorias que só podem ser reveladas dentro do próprio contexto da ISDT. Nesse nível, ocorre o aprendizado de *loop* duplo, que permite avanços nas metodologias de construção de teoria na ISDT.

Os autores concluem sua análise recomendando algumas ações para o desenvolvimento da ISDT, como a criação de estratégias de articulação para melhorar a exposição da ISDT e explicar melhor o seu uso, o desenvolvimento de *toolkits* para pesquisadores, o aumento da estrutura teórica da ISDT por meio da incorporação de novos pesquisadores e interações mais ricas e, por fim, o evangelismo, que exige o engajamento na divulgação da ISDT na comunidade e nos periódicos acadêmicos.

#### 2.2.2.4. Salvatore T. March

Em 1995, o pesquisador Salvatore March<sup>7</sup>, da *Owen School of Management* da *Vanderbilt University*, em parceria com Gerald Smith, da *Carlson School of Management* da *University of Minnesota*, desenvolveu uma estrutura para demonstrar a relação, as atividades e os resultados do design e da pesquisa em ciências naturais na área de tecnologia da informação (March e Smith, 1995). Desde então, diversos autores têm construído seus trabalhos sobre essas ideias.

March e Smith (1995) identificaram dois paradigmas no campo de SI, o “paradigma da ciência comportamental”, que enxerga o estudo dos sistemas como uma ciência social, e o “paradigma do design”, que o considera uma ciência técnica (artificial). O paradigma comportamental, com origem nas ciências naturais, desenvolve hipóteses e teorias empíricas para explicar ou prever fenômenos organizacionais e humanos. Essas teorias envolvem a análise, desenho, implementação e uso de sistemas de informação, e servem para informar praticantes e pesquisadores sobre as interações entre pessoas, organizações e tecnologias e gerenciar efetivamente um sistema de informação. As teorias do paradigma comportamental impactam e são impactadas pelas decisões de design de um sistema de informação, e usam a tecnologia como um dado para desenvolver teorias que explicam e preveem fenômenos sobre a aquisição, implementação, gestão e uso dessas tecnologias. Por sua vez, o paradigma do design se preocupa com os espaços do problema e da solução, ou seja, em entender e estabelecer relações entre os componentes do problema e da solução e explorar os efeitos das decisões de design no mundo real. O paradigma do design science foca na criação e avaliação de artefatos de TI inovadores que permitem realizar tarefas organizacionais (MARCH; SMITH, 1995).

Segundo Hevner e March (2003), a aplicação isolada desses paradigmas é arriscada. O paradigma da ciência comportamental enfatiza demais as teorias contextuais sem antecipar adequadamente as capacidades tecnológicas, o que pode gerar teorias e princípios que abordam tecnologias ultrapassadas ou ineficazes. Por outro lado, o paradigma da *design*

---

<sup>7</sup> March também publicou diversas pesquisas em parceria com Hevner (HEVNER; MARCH, 2003; HEVNER et al., 2004) e outros pesquisadores citados mais adiante neste estudo.

*science* se concentra na tecnologia em detrimento da manutenção de uma base teórica adequada, o que resulta em artefatos “bem projetados”, porém inúteis em configurações organizacionais reais. Portanto, a pesquisa em SI deve ser reativa e proativa em relação à tecnologia, por meio de uma abordagem sinérgica, em que a *design science* cria artefatos inovadores para problemas específicos de informação, e a ciência comportamental investiga o uso desses artefatos para desenvolver novas e melhores teorias (HEVNER; MARCH, 2003).

Uma das grandes contribuições de March e Smith (2003) foi a identificação de quatro tipos de artefatos produzidos pela pesquisa em design, amplamente aceitos pela literatura da área, os construtos, os modelos, os métodos e as instanciações.

Os **construtos** são conceitos elementares usados para descrever o espaço de um problema e especificar sua solução. Os construtos constituem o vocabulário de um domínio (uma linguagem especializada para compartilhar o conhecimento), e podem ser altamente formais, como na modelagem de dados semânticos, na qual os construtos são entidades com atributos, relações, identificadores e restrições, ou informais, como no trabalho cooperativo por meio do consenso, participação e satisfação.

Os **modelos** são conjuntos de proposições ou declarações que expressam relações entre os construtos. No design, os modelos representam situações da realidade como afirmações de problema e de soluções, e podem ser uma simples descrição de como as coisas são (“teoria fraca”). March e Smith (1995) observaram que o objetivo de um modelo de design não é produzir a verdade, mas a utilidade, e que esses modelos precisam ser claros e evitar impropriedades em sua abstração para facilitar seu entendimento e evitar ações inapropriadas.

Os **métodos** definem os processos de solução e um conjunto de etapas, diretrizes ou algoritmos para executar uma tarefa. Os métodos usam a linguagem dos construtos e a representação dos modelos, incluindo suas atividades e produtos. Os métodos podem ser formais, algoritmos matemáticos, descrições textuais ou melhores práticas (HEVNER; MARCH, 2003), e sua escolha pode afetar os construtos e modelos utilizados. March e Smith (1995) observaram que os cientistas naturais não constroem seus métodos, mas utilizam os métodos criados pelos designers.

As **instanciações** demonstram construtos, modelos ou métodos implementados em um sistema, evidenciando sua exequibilidade, o que permite avaliar o artefato em relação aos propósitos para os quais foi criado. Os cientistas podem usar instanciações para aprender sobre o mundo real, sobre como os artefatos o afetam e sobre como os usuários se apropriam dele (HEVNER; MARCH, 2003). Além disso, as instanciações podem preceder a implementação do produto ou processo de design, ajudando a estabelecer e formalizar novos relacionamentos entre os conceitos utilizados.

March e Smith (1995) observaram que a pesquisa em design é um ciclo constituído por dois processos principais: construir e avaliar. Enquanto a construção do artefato demonstra sua viabilidade, a avaliação exige que o desempenho do artefato seja comparado aos critérios definidos. O processo de design, de caráter abstrato, antecederia o processo de construção, que resulta em uma realização física. Para os autores, a falta de métricas e a incapacidade de medir adequadamente o desempenho dos artefatos implicam em uma avaliação não-efetiva dos esforços de pesquisa. Figura 6. Framework para pesquisa em design representa a diferenciação entre resultados e atividades de design:

		Atividades de Pesquisa			
		Construir	Avaliar	Teorizar	Justificar
Produtos de pesquisa	Construtos				
	Modelos				
	Métodos				
	Instanciações				

**Figura 6.** Framework para pesquisa em design  
**Fonte:** Adaptado de March e Smith (1995)

March, em parceria com Storey (2008), argumentou que a pesquisa em design science requer as seguintes etapas: identificar e descrever claramente um problema organizacional relevante; demonstrar que não existem soluções adequadas na base de conhecimento existente; desenvolver e apresentar um novo artefato (construtos, modelos, métodos ou instanciações) para abordar o problema; avaliar rigorosamente o artefato para verificar sua utilidade; articular o valor agregado à base de conhecimento e à prática; e, por último, explicar as implicações para a gestão e prática do design.

#### 2.2.2.5. Alan R. Hevner

Alan R. Hevner é professor universitário no Departamento de Sistemas de Informação e Ciências da Decisão da Faculdade de Administração da *South Florida University*. Hevner tem mais de 200 trabalhos publicados em áreas como a Design Science, Sistemas de Informação, Engenharia de Software, Sistemas de Bancos de Dados Distribuídos, Sistemas de Saúde e Computação da Internet das Coisas. Além de realizar consultorias para várias empresas da Fortune 500, o autor recebeu o prêmio *Design Science Research Lifetime Achievement Award*<sup>8</sup>.

Hevner foi responsável pela popularização do termo “*Design Science Research*” (DSR), e atualmente representa a afirmação mais aceita do design na pesquisa em SI. A partir do trabalho anterior de March e Smith (1995), Hevner et al. (2004) desenvolveram uma estrutura geral e diretrizes para a pesquisa em design, estendendo e renomeando seus dois principais processos para desenvolver / construir e justificar / avaliar. Esse artigo, que em junho de 2018 tinha mais de 10 mil citações no Google Acadêmico, é talvez a maior referência da DSR.

No artigo, Hevner et al. (2004) afirmaram que a DSR desempenha um papel central no desenvolvimento e gerenciamento de tecnologias e sistemas de informação, pois incorpora o espírito criativo, artístico e orientado para objetivos usado na criação de artefatos intencionais. Os autores observaram os artefatos da SI são sistemas homem-máquina, que afetam e são afetados pelas organizações, e identificaram dois paradigmas científicos no estudo dos sistemas de informação: o paradigma da ciência comportamental (natural), usado pra identificar e codificar as propriedades e leis que regem o comportamento humano e organizacional em sua relação com as tecnologias, e o paradigma da design science, que almeja criar artefatos inovadores que ampliam as capacidades humanas e sociais para atingir os resultados desejados (HEVNER et al., 2004).

Hevner et al. (2004) diferenciaram o design de rotina da DSR a partir da natureza dos problemas e das soluções. O design de rotina aplica o conhecimento existente, como melhores práticas, a problemas organizacionais. Já a DSR “*resulta em teorias e métodos novos ou aprimorados que eventualmente formam melhores práticas para a disciplina*”. A DSR aborda

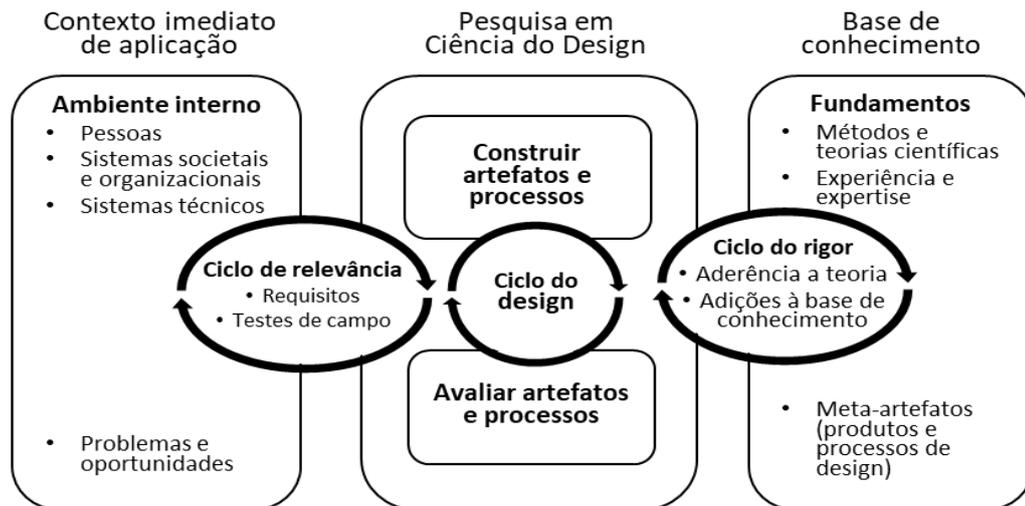
---

<sup>8</sup> Informações obtidas em <http://www.usf.edu/business/contacts/hevner-alan.aspx>.

problemas importantes, que precisam ser resolvidos de forma inovadora e avaliados para demonstrar sua contribuição para a base de conhecimento. Considerando essas premissas, Hevner et al. (2004) propuseram um conjunto de sete diretrizes para a DSR:

- **Design como um artefato:** a DSR deve produzir um artefato viável na forma de um construto, modelo, método ou instanciação.
- **Relevância do problema:** o objetivo da DSR é desenvolver soluções baseadas em tecnologia para problemas de negócios importantes e relevantes.
- **Avaliação do projeto:** a utilidade, a qualidade e a eficácia de um artefato de projeto devem ser demonstradas rigorosamente por meio de métodos de avaliação bem executados.
- **Contribuição da pesquisa:** a DSR eficaz deve fornecer contribuições claras e verificáveis.
- **Rigor da pesquisa:** a DSR depende da aplicação de métodos rigorosos tanto na construção quanto na avaliação do artefato. O design é uma atividade iterativa e incremental, sem regras de parada bem definidas, pois um artefato de design é completo e eficaz quando satisfaz os requisitos e restrições do problema que deveria resolver (HEVNER et al., 2004).
- **Design como um processo de busca:** a busca por um artefato efetivo requer usar os meios disponíveis para atingir os fins desejados, dentro das restrições do ambiente do problema.
- **Comunicação da pesquisa:** a pesquisa em *design science* deve ser apresentada de forma eficaz tanto para os públicos orientados para a tecnologia quanto para a administração.

Hevner (2007) criou uma estrutura de ciclos para entender, executar e avaliar a DSR, representada na Figura 7. Os 3 ciclos do design:



**Figura 7.** Os 3 ciclos do design  
**Fonte:** Adaptado de Hevner (2007)

O ciclo de relevância preenche o ambiente contextual do projeto de pesquisa com as atividades científicas de design. Por sua vez, o ciclo do rigor conecta as atividades de design com a base de conhecimento, que contém fundamentos científicos, experiência e especialização que informam o projeto de pesquisa. Por fim, o ciclo de design é uma iteração entre as principais atividades, construir e avaliar. Esses três ciclos, que devem estar presentes e claramente identificados em um projeto de pesquisa científica de design, capturam a ideia de refinar o design do artefato de forma iterativa em vários ciclos de design, relevância e rigor interconectados (HEVNER, 2007). Para o autor, esse refinamento aumenta a eficácia do artefato para resolver o problema do mundo real e as contribuições de conhecimento ao longo das várias iterações.

**Ciclo de relevância.** Segundo Hevner (2007), a pesquisa em design busca melhorar o ambiente com a introdução de artefatos inovadores e de processos de construção desses artefatos. O autor observou que esses artefatos são aplicados em domínios específicos, constituídos por pessoas, sistemas organizacionais e sistemas técnicos, que interagem em função de um objetivo comum. Assim, a boa pesquisa em design é aquela que identifica problemas ou oportunidades em um ambiente de aplicação real, pois é o ambiente que fornece os requisitos e os critérios para avaliar seus resultados. O ambiente contém os problemas, as oportunidades, o contexto organizacional e os processos que definem as necessidades de negócios, bem como a infraestrutura, os sistemas de informações, os aplicativos e a arquitetura de comunicações que precisam ser integrados aos novos artefatos (HEVNER et al., 2004). Após sua criação, os artefatos devem ser implementados e avaliados

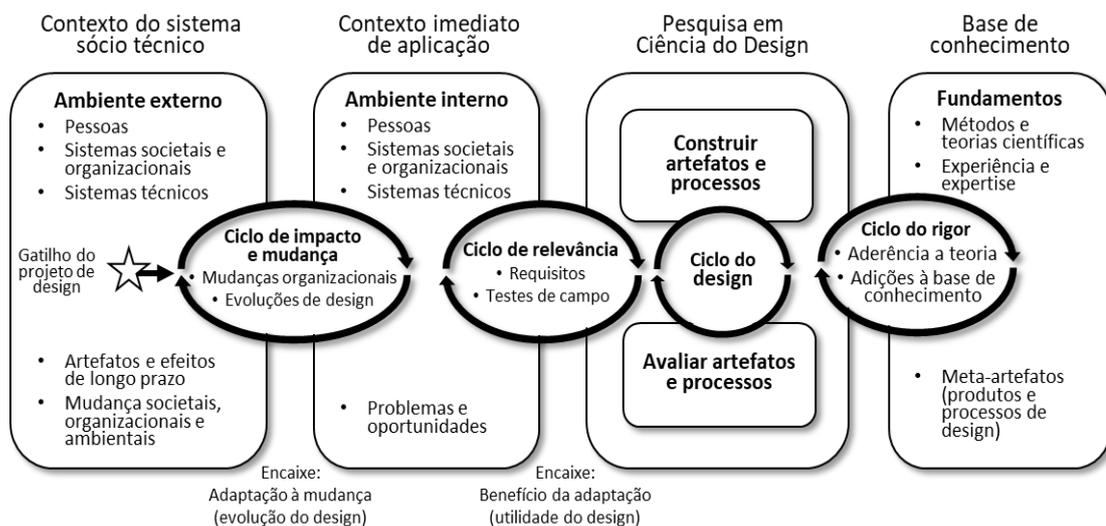
no domínio de aplicação, e seu estudo determinará a necessidade ou não de novas iterações no ciclo de relevância para alcançar os resultados práticos almejados (HEVNER, 2007).

**Ciclo de rigor.** Para Hevner (2007), a DSR usa uma ampla base de conhecimento com teorias e métodos da engenharia para garantir o rigor científico de suas pesquisas. Para o autor, a análise da base de conhecimento anterior deve ser suficientemente compreensiva para identificar a inovação no projeto de design e diferenciá-lo do design de rotina, e compreender as construções, modelos, métodos e instanciações já existentes (HEVNER et al., 2004). Isso garante sua contribuição científica, que pode ser realizada na forma de extensões às teorias e métodos originais de pesquisa, novos meta-artefatos (produtos e processos de design) ou experiências e expertise obtidas na pesquisa e nos testes de campo. Hevner (2007), alinhado à posição de Livari (2007), defende que o uso de teorias do design não é essencial para o rigor, e que seu uso seria irrealista e até prejudicial ao limitar as possibilidades do designer. Além disso, segundo o autor, pesquisas anteriores podem fornecer um ponto de partida fundamentado e servir como referência para novos artefatos, contribuindo para o rigor da pesquisa. Outra forma de aumentar o rigor é aplicar a teoria e métodos existentes de forma apropriada ou usar formalismos matemáticos na avaliação dos artefatos resultantes.

**Ciclo de design.** De acordo com Hevner (2007), o ciclo do design é caracterizado pela repetitividade entre a construção de um artefato, sua avaliação e o *feedback* subsequente para refinar ainda mais o design. Essa seria a base do ciclo teste-gerador de Simon (1996), que gera alternativas de projeto até que um projeto satisfatório seja alcançado, por meio da avaliação iterativa e contínua do projeto em relação aos seus requisitos. Para Hevner (2007), os requisitos do projeto têm sua origem no ciclo de relevância, e as teorias e métodos para realizar e avaliar o projeto têm sua origem no ciclo de rigor. Na visão do autor, durante o ciclo de vida do projeto, é importante equilibrar os esforços de construção e avaliação do artefato, atividades que devem ser baseadas em relevância e rigor, com experimentos e testes exaustivos em situações de laboratório antes de liberar o artefato em testes de campo (HEVNER, 2007). O autor também afirmou que são necessárias várias iterações do ciclo de projeto antes que as contribuições sejam produzidas no ciclo de relevância e no ciclo de rigor.

**Ciclo da mudança.** Em 2016, em parceria com Dreschler (2016), Hevner ampliou o modelo para compreender o ciclo da mudança, reconhecendo as relações do projeto de design com o contexto organizacional, além de incluir o tempo como uma dimensão relevante

para o trabalho do designer. Os autores justificaram sua proposta argumentando que um ambiente com mudanças rápidas exige ciclos de projeto mais rápidos e curtos para preservar a utilidade do artefato. Por sua vez, esses ciclos mais rápidos poderiam limitar a ampliação do conhecimento teórico produzido no ciclo de rigor. Ao trazer essa nova perspectiva, a visão de quatro ciclos integrou a DSR a uma base de conhecimento mais abrangente ao ampliar a perspectiva do design de artefatos além do uso imediato, para impactos de longo prazo nos ambientes organizacionais ou sociais mais amplos, bem como ao considerar a existência de velocidades dinâmicas e diferentes em cada um dos ciclos (DRECHSLER; HEVNER, 2016). A **Figura 8. Os 4 ciclos do design** representa a evolução do modelo proposto em 2004:

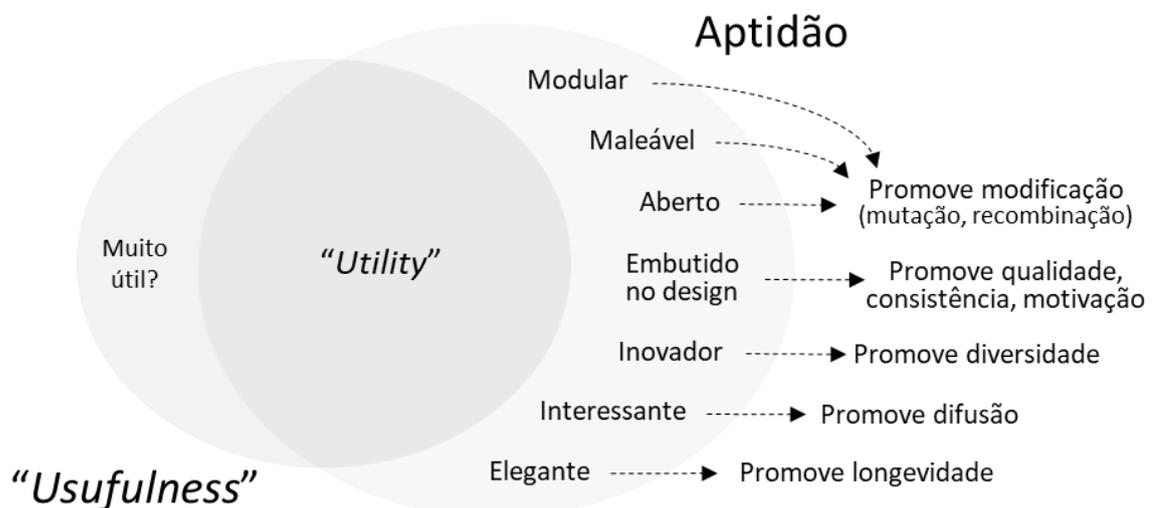


**Figura 8.** Os 4 ciclos do design  
**Fonte:** Adaptado de Drechsler e Hevner (2016)

Outra contribuição importante de Hevner, em parceria com Gill, foi expandir os requisitos dos artefatos e sua avaliação para compreender o conceito de “*fitness*”, que traduzo como “aptidão” (GILL; HEVNER, 2013). A aptidão está relacionada à capacidade do artefato de sobreviver no longo prazo com alto desempenho, e de se reproduzir e evoluir ao longo de gerações sucessivas. No primeiro caso, a aptidão aumenta o impacto do artefato no contexto e sua capacidade de mudar para fornecer utilidade sustentada. No segundo, ela ajuda a adaptação inicial do artefato no contexto e aumenta sua utilidade no momento da introdução (DRECHSLER, 2017). A aptidão é um conjunto de características que apoiam a capacidade do design de evoluir de forma incremental, incentivam a experimentação por usuários e designers e servem como “memes” eficazes (DAWKINS, 1976; DENET, 1990; GLEICK, 2011 apud GILL; HEVNER, 2013).

Gill e Hevner (2013) observaram que o pensamento dominante na DSR usa a “utilidade” como principal objetivo de pesquisa, em estreita relação da utilidade científica com a prática (artefatos são desenvolvidos para mudar uma situação no mundo real). Os autores distinguiram duas concepções para o termo “utilidade”, “*usfulness*” e “*utility*”, de difícil tradução para o português. O termo “*utility*” é usado em sua acepção econômica, em que cada indivíduo tem uma função individual, influenciada por forças culturais e sociais, que guia suas decisões e escolhas (GILL, 2010). Assim, a função de “*utility*” é guiada pela natureza dos artefatos e pela experiência real de seu uso. Por sua vez, o termo “*usfulness*” possui uma abrangência maior, e pode compreender outros fatores como facilidade de uso, facilidade de aprendizado e custo-benefício no desempenho de uma tarefa.

Assim, os autores construíram um modelo de avaliação para a DSR chamado “Modelo Aptidão-Utilidade” com o objetivo de garantir um fluxo contínuo de projetos de design de alta aptidão, alcançado por meio da produção de artefatos que demonstram a viabilidade de novos projetos e da melhoria da função de utilidade usada para estimar a adequação desses artefatos. O modelo usa os critérios representados na Figura 9. Modelo de avaliação Aptidão-Utilidade:



**Figura 9.** Modelo de avaliação Aptidão-Utilidade  
**Fonte:** Adaptado de Drechsler e Hevner (2016)

- **Designs muito úteis:** os cenários mudam com a evolução das tecnologias, e novos artefatos se tornam viáveis. Apesar disso, há situações em que o excesso de utilidade de um artefato inibe a atividade futura de design. Manter um artefato útil pode fazer sentido no curto prazo, pois a transição de um design para outro

muito diferente pode ser onerosa. No longo prazo, essa situação pode ser um beco sem saída evolutivo. Esse fenômeno, bem documentado na literatura, é conhecido como “Dilema do Inovador” (CHRISTENSEN, 1997apud GILL; HEVNER, 2013).

- **Designs decomponíveis:** quase metade de *As Ciências do Artificial* (1997) é dedicado à evolução dos sistemas por meio da decomposição de seus elementos em funções. Sistemas que podem ser decompostos em módulos são mais fáceis de construir, pois o trabalho em subsistemas independentes pode ser conduzido separadamente. A modularidade permite a evolução incremental do design: componentes individuais bem-sucedidos podem prosseguir e os menos eficazes podem ser descartados.
- **Designs maleáveis:** um artefato maleável pode ser adaptado por designers e usuários para responder a mudanças no ambiente: *“o design para o futuro não depende da previsão de eventos remotos, mas conta com mecanismos adaptativos embutidos no projeto”* (GREGOR; JONES, 2007, p. 6). Hevner e Gill (2013) observaram que usuários usam ferramentas para fins não intencionais com frequência. Um artefato maleável permite esse tipo de uso de forma mais eficaz, encorajando a experimentação. A maleabilidade é representada em uma “exaptação”, quando o designer usa um componente conhecido para um propósito diferente do qual foi criado, ou uma “customização”, quando o próprio usuário usa o componente para fins inesperados, seja personalizando (adaptação do artefato às preferências), integrando (compartilhamento de recursos entre artefatos) ou estendendo (adição de novos recursos a um artefato) seu uso.
- **Designs abertos:** a abertura dos artefatos para inspeção, modificação e reutilização é importante, principalmente para artefatos modulares e maleáveis. Designs abertos incentivam a evolução do design, pois facilitam visualizar como o artefato é construído e como modificar seus componentes.
- **Designs embutidos em sistemas de design:** artefatos produzidos em ambientes sustentáveis de design evoluem mais rápido que artefatos criados em contextos nos quais o design é uma atividade incomum. Os sistemas de design incentivam a comunicação dentro e durante todo o processo de design, mas podem ser um

contrapeso à abertura, como nas organizações que investem pesadamente em atividades de pesquisa e desenvolvimento, usando medidas legais, como patentes e direitos autorais, para desencorajar o desenvolvimento dos projetos originais. Além de retardar a evolução do projeto, um sistema eficaz pode levar ao Dilema do Inovador, quando produz um fluxo eficaz de artefatos de design sem conseguir transformá-los em artefatos usáveis. Por outro lado, um sistema de design pode se manifestar na forma de uma comunidade de usuários e designers com motivação intrínseca para contribuir, fomentando a abertura do sistema de design.

- **Designs novos:** um design pode ser considerado novo quando explora uma área desconhecida do domínio do projeto. Por si só, a novidade não é suficiente para alcançar um alto nível de design, pois enseja um trade-off entre “exploradores”, que assumem mais riscos, e “colonos”, satisfeitos com a situação estabelecida. Novos artefatos de design apresentam um desafio para a DSR, pois podem fugir aos critérios de utilidade e rigor sugeridos na literatura do campo, gerando dificuldades em sua avaliação. Uma invenção pura é inviável para projetos de pesquisa de DSR, uma vez que não há base de conhecimento estabelecida para comparação (GREGOR; HEVNER, 2013).
- **Designs interessantes:** ainda que artefatos sejam criados para propósitos específicos, uma vez ou outra eles podem demonstrar comportamentos emergentes inesperados, ensejando pesquisas e artefatos subsequentes. Além disso, um artefato também pode ser construído de forma inesperada que intriga outros designers ou pesquisadores. Ainda que exista alguma sobreposição entre designs novos e interessantes, a novidade contribui para a diversidade do cenário do design, já um design interessante, ou um “meme eficaz”, contribui para difundir o artefato. O grau em que um design é visto como interessante está relacionado aos conceitos de “viscosidade” Gladwell (2000) e ressonância (DRECHSLER; HEVNER; GILL, 2016), que compreende características como a simplicidade, a imprevisibilidade, a credibilidade e a concretude do artefato (HEATH; HEATH, 2007 apud GREGOR; HEVNER, 2013).

- **Designs elegantes:** em áreas como a arquitetura e em produtos de consumo há uma tensão contínua descrita como “forma versus função” (ALEXANDER, 1964 apud GREGOR; HEVNER, 2013). Se a função se refere à utilidade prática, a forma descreve elementos estéticos, como aparência, que aumentam o valor percebido pelo usuário. É difícil definir a elegância, que pode estar associada à compactação, simplicidade ou transparência de uso, comportamento e representação.

Gill e Hevner (2013) observaram que modelo Utilidade-Aptidão traz as seguintes vantagens: torna o pesquisador um participante ativo no sistema de design, cria uma base alternativa para avaliar o impacto da DSR, está alinhado com ambientes dinâmicos, reconhece as limitações inerentes da utilidade desejada, incentiva a colaboração entre pesquisadores e designers de SI e outros campos. Por outro lado, para sua plena utilização, o modelo enfrenta desafios como a não recompensa em termos de custo-benefício da verificação do impacto do projeto, a pouca pesquisa na área de aptidão de design e a construção de novos e rigorosos métodos de pesquisa para avaliar a aptidão.

A proposta de Gill e Hevner despertou debate no campo da DSR. Em um primeiro momento, Dreschler (2017) observou que o conceito de aptidão não era completamente adequado para a DSR, pois sua analogia com a biologia evolutiva desperta problemas filosóficos e nem sempre os artefatos evoluem sozinhos, precisando da intervenção humana para evoluir. Além disso, Dreschler (2017) observou que a aplicação dos sete critérios de aptidão dos artefatos e do critério de inadequação (muita utilidade) em meta-artefatos e instanciações é inconsistente. Os designs “modulares”, “maleáveis” e “abertos” são características de meta-artefatos e instanciações, que podem ser objetivamente medidas. Em contraposição, “novidade”, “interessante” e “elegância” não são características inerentes ao artefato e são difíceis de medir objetivamente, pois são sujeitas às percepções dos indivíduos e podem mudar com o tempo. Para o autor, esses três últimos critérios são características que promovem a “ressonância” do artefato com tomadores de decisão, usuários e projetistas, entre outros públicos interessados. Dreschler (2017) também observou que um sistema de meta-design de meta-artefatos é constituído por outros meta-artefatos (ferramentas, métodos ou processos) usados para desenvolvê-lo, e que um sistema de design de um artefato instanciado refere-se ao ambiente técnico e social real mais amplo do desenvolvimento de artefatos.

Dentro desse contexto, o autor propôs a substituição do conceito “aptidão” por 2 outros conceitos: “ressonância” do meta-artefato, que incluiria novidade, interessante e elegância, e “geratividade” da instanciação do meta-artefato, que incluiria decomponibilidade, maleabilidade e abertura. Esses dois conceitos foram explorados em dois artigos, um deles último em parceria com Hevner e Gill (DRECHSLER; HEVNER; GILL, 2016), demonstrando que esses autores concordam com as críticas de Dreschler.

“Ressonância” é um conceito estabelecido na CI, baseado em várias teorias das ciências sociais (Gill, 2010). A ressonância complementa o rigor e a relevância da pesquisa abordando como os pesquisadores podem comunicar efetivamente seus resultados a públicos adequados e obter impacto prático (DRECHSLER; HEVNER; GILL, 2016). Alexander (1979) argumentou que os artefatos de design deveriam ter uma “qualidade sem nome”, em que há uma *“beleza estética, durabilidade, ordem e ressonância emocional”* (PETTER; KHAZANCHI; MURPHY, 2010). Por sua vez, Heath and Heath (2007 apud GILL; BHATTACHERJEE, 2009) propuseram um modelo chamado SUCCEs para estabelecer comunicações impactantes e “grudentas” para pesquisadores e praticantes, públicos que possuem interesses distintos, baseado na simplicidade, imprevisibilidade, concretude, credibilidade e em boas histórias.

Em relação ao conceito de “geratividade”, Dreschler (2017) destacou três tipos de geratividade: técnica, social e informativa. A “geratividade técnica” (ZITTRAIN, 2008 apud DRECHSLER, 2017) são mudanças imprevistas geradas pela intervenção de desenvolvedores e usuários, classificadas em cinco tipos: alavancagem, ou impacto do sistema no desempenho do usuário; adaptabilidade, ou capacidade do sistema de se adaptar a diferentes contextos; facilidade de domínio, relacionada às condições para que os atores explorem todo o potencial do sistema; acessibilidade, que verifica as barreiras de entrada do sistema para uso inicial; e transferibilidade, ou em que grau e com que esforço as alterações podem ser transferidas de uma parte de outra do sistema.

Já a “geratividade social” (LANE, 2011 apud DRECHSLER, 2017) se refere às relações entre dois ou mais agentes humanos que podem levar à inovação e mudança, e também são classificadas em cinco tipos: direcionamento, ou em que medida os objetivos e as ações dos agentes estão alinhadas; heterogeneidade, que mede as diferenças entre os agentes para usá-las como insumos da inovação; direcionamento mútuo, que mede a ação conjunta entre os agentes para construir um terreno de entendimento comum; permissões apropriadas, que

analisa o contexto social dos agentes para identificar as permissões que permitem a colaboração mútua; e oportunidades de ação, que pressupõe uma ação ativa dos agentes para participar de processos de melhoria contínua.

Por fim, a “geratividade informacional” (AVITAL; TE’ENI, 200 apud DRECHSLER, 2017) enfatiza os conteúdos de informação de um sistema, e não seus aspectos técnicos, e foi classificada em três tipos: evocativa, que analisa os ambientes criados para estimular a criatividade dos usuários, usando visualizações, abstrações, simulações, etc.; adaptativa, que permite a um sistema ser adaptado e customizado para reduzir a carga cognitiva e facilitar a tarefa criativa dos usuários; aberta, os sistemas sociais abertos promovem a produção e a comunicação entre os membros do grupo de usuários, e sistemas técnicos abertos permitem a evolução colaborativa do sistema e sua extensão com novos módulos funcionais.

Dreschler (2017) reconheceu que a aptidão tem forte apelo metafórico e retórico, menos técnico que os conceitos de geratividade e ressonância, porém a geratividade concilia eficiência com flexibilidade, gerando *insights* sobre a importância dos pré-requisitos, dos papéis de diferentes atores em um sistema de design, do papel dos artefatos técnicos que promovem trocas sociais, além de fomentar o potencial gerativo e da informação sobre o propósito de um artefato (inovação vs. eficiência operacional de uma tarefa).

#### 2.2.2.6. John R. Venable

John R. Venable é Professor Doutor Associado, Diretor de Pesquisa e ex-Diretor de Escola da Escola de Sistemas de Informação na Curtin University, em Perth, na Austrália. Além de ocupar cargos acadêmicos em Sistemas de Informação e Ciência da Computação nos EUA, Dinamarca, Nova Zelândia e Austrália, Venable publicou artigos em várias conferências e jornais internacionais, sendo mais de 50 deles sobre a *Design Science Research (DSR)*, além de outros sobre métodos de pesquisa, análise e resolução de problemas, pensamento sistêmico e cultura organizacional, desenvolvimento e planejamento de SI, gestão do conhecimento e aprendizagem organizacional e sistemas de biblioteca digital<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> <https://staffportal.curtin.edu.au/staff/profile/view/John.Venable>.

A partir dos estudos de Walls (1992), Venable (2006a) propôs uma estrutura mais simples para teorias de design, com foco em meta-requisitos e meta-design. O autor afirmou que as teorias Kernel e as hipóteses testáveis não seriam parte de uma teoria do design, e que um método de design não seria necessário para uma teoria do design.

Venable (2006a) defendeu uma forma mais simples e não prescritiva de teoria, chamada “teoria da utilidade”, contendo apenas: o “espaço do problema” ao qual uma teoria de design se aplica, ou meta-requisitos; o “espaço de solução”, que descreve um design, ou meta-design; uma “relação entre eles”, que afirma a utilidade do design em relação ao espaço do problema (eficiência, eficácia, etc.). Alguns anos depois, de forma similar, Baskerville e Pries-Heje (2010) propuseram a “teoria do projeto explicativo”, que inclui: “requisitos gerais”, similares aos meta-requisitos; “componentes gerais”, semelhantes ao meta-design; a “relação entre os dois”, que significa que o conjunto de componentes gerais satisfazem os requisitos gerais (GREGOR; JONES, 2007).

Venable também observou que, até aquele momento, nenhum autor havia proposto a investigação das formas de teorias ou conhecimentos teóricos ou sobre como eles são desenvolvidos durante o processo de pesquisa (VENABLE, 2006a). Também a partir dos estudos de Walls et al. (1992), Venable (2006a) propôs uma estrutura de três níveis para descrever as epistemologias da DSR:

- **Conhecimento conceitual:** conceitos, conceitos de classe singulares e gerais, classificações, taxonomias, tipologias, clusters e ontologias.
- **Conhecimento descritivo:** fatos observacionais, regularidades empíricas, teorias e hipóteses, como quem inventou o quê e quando. As regularidades empíricas e as teorias explicativas permitem identificar leis causais ou determinísticas (X causa A na situação B) ou probabilísticas (X tende a causar A na situação B com probabilidade P), e as teorias descritivas das ciências naturais e sociais sugerem novas técnicas ou abordagens para os problemas.
- **Conhecimento prescritivo:** baseado no conhecimento do produto de design, inclui as características do artefato (ideia, conceito, comportamento, estilo ou conhecimento do processo de design) e as normas e regras tecnológicas que determinam o alcance do propósito desejado em uma situação particular.

Em relação aos resultados da pesquisa em design, Venable (2006a) observou que os fenômenos de interesse para a DSR deveriam incluir:

- **Instanciações ou artefatos materiais:** artefatos com existência física no mundo real, como uma peça de hardware ou software, um sistema de informação ou uma série de ações físicas (processos e intervenções) que levam à existência de uma peça de hardware ou um software. A representação de processos como artefatos materiais pode ser controversa, mas é necessária no contexto das teorias de design.
- **Teorias ou artefatos abstratos:** artefatos sem existência física, exceto pelo fato de que devem ser comunicados em palavras, imagens, diagramas ou outros meios de representação. Construtos, métodos e modelos artefatos abstratos, ainda que a palavra “modelo” seja às vezes usada como sinônimo de teoria e “construto” como um componente das teorias.
- **Compreensão humana de artefatos:** seres humanos conceituam e descrevem artefatos em termos abstratos e gerais, criando teorias e usando esses artefatos para guiar a construção de instanciações no mundo real e para entender o uso dos artefatos materiais. Princípios e teorias de design podem ser extraídos da observação e inferência a partir de artefatos já instanciados.

Venable (2006), em conjunto com Pries-Heje e Baskerville (2012, 2013) analisaram em profundidade as questões relacionadas à avaliação da pesquisa em design. A avaliação na DSR tem por objeto seus resultados, sejam eles teorias ou artefatos (HEVNER et al., 2004), e exige que os pesquisadores usem métodos rigorosos para demonstrar sua utilidade, qualidade e eficácia (VENABLE; BASKERVILLE, 2012). A avaliação pode ter diferentes propósitos (VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE, 2012):

- Avaliar a instanciação de um artefato para estabelecer sua utilidade (eficácia, eficácia e eficiência) e alcançar seu objetivo declarado.
- Avaliar o conhecimento formalizado sobre a utilidade de um artefato desenhado para alcançar um propósito.
- Avaliar comparativamente um artefato ou o conhecimento formalizado sobre ele com outros artefatos criados para alcançar um propósito semelhante.

- Avaliar um artefato ou o conhecimento formalizado sobre ele sobre os efeitos colaterais ou consequências indesejáveis de seu uso.
- Avaliar um artefato de maneira formativa para identificar pontos fracos e de melhoria ainda durante seu desenvolvimento.

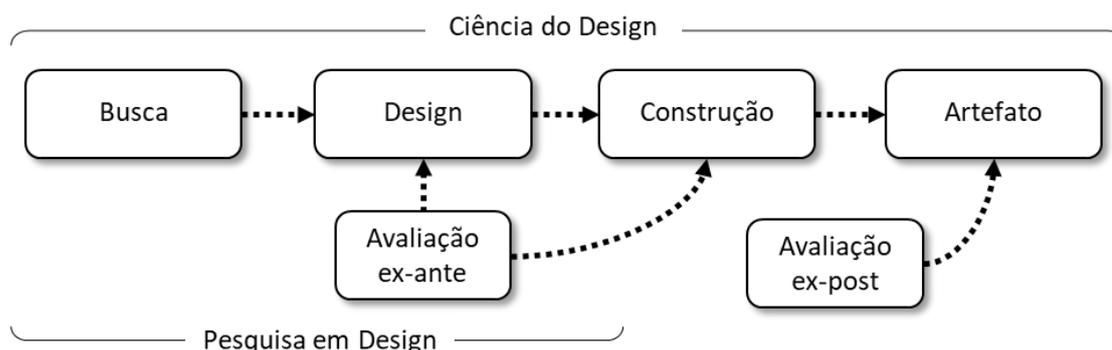
Venable, Pries-Heje e Baskerville (2012) identificaram diversos métodos de avaliação na literatura da DSR. Por exemplo, Hevner et al (2004) identificaram doze métodos de avaliação, agrupados em cinco classes: observacionais (estudo de caso e de campo); analíticos (análise estática, análise de arquitetura, otimização e análise dinâmica); experimentais (experimento controlado e simulação; testes (teste funcional e estrutural); métodos descritivos (argumentos e cenários informados). Contudo, nenhum deles fornecia orientação para escolher o método adequado. Buscando suprir essa lacuna, os autores propuseram um modelo para a escolha da estratégia de escolha dos componentes de avaliação, que passa pela identificação do objeto avaliado, dos objetivos da avaliação, da escolha dos tipos e dos métodos de avaliação.

Em relação aos objetos avaliados, Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012) distinguiram os “artefatos de produto”, que incluem tecnologias, diagramas e softwares usados pelas pessoas para realizar alguma tarefa, e “artefatos de processo”, que incluem métodos ou procedimentos para realizar uma tarefa. Outra distinção é entre “artefatos (puramente) técnicos”, que não exigem uso humano quando instanciados, e “artefatos sócio-técnicos”, cuja utilidade depende da interação com humanos. Para os autores, os artefatos de produto podem ser puramente técnicos ou sócio-técnicos, enquanto os artefatos de processos serão sempre sócio-técnicos.

Pries-Heje, Baskerville e Venable (2008) também discutiram as avaliações *ex-ante* e *ex-post* na DSR. Na avaliação *ex-ante* o artefato é avaliado com base nas especificações de projeto. O resultado da avaliação funciona como uma análise de custo-benefício, usada para decidir se uma solução deve ser adquirida ou implantada. Em sua forma econômica clássica, a avaliação *ex-ante* opera como uma “teoria da escolha”, pressupondo que o decisor avaliará cada opção separadamente e escolherá a opção de maior valor, considerando o risco de cada uma delas (SHAFIR et al. 1993, apud PRIES-HEJE; BASKERVILLE; VENABLE, 2008). Quando as métricas de avaliação determinam a decisão, a avaliação *ex-ante* é caracterizada como

“positivista” ou “reducionista”, e quando os tomadores de decisão operam de acordo com sua compreensão e interpretação das métricas, ela é caracterizada como “hermenêutica”.

Em relação à avaliação *ex-post*, os autores identificaram quatro categorias. A primeira é constituída pelos os desenhos experimentais clássicos da experiência do usuário, que ilustram situações reais com coleta de dados quantitativos e observação do uso real. A segunda compreende a coleção de opiniões subjetivas dos usuários de tecnologias e dos sistemas reais. A terceira categoria é composta pela tecnologia de personalização. Por fim, a quarta categoria compreende os desenhos de testes abstratos que podem ser analisados comparativamente ou a partir de opiniões de sujeitos humanos, usando conceitos abstratos como “sucesso” (DELONE; MCLEAN, 1992 apud PRIES-HEJE; BASKERVILLE; VENABLE, 2008). A Figura 10. Avaliação *ex-ante* versus *ex-post* na Design Science representa os momentos de aplicação dos dois tipos de avaliação:



**Figura 10.** Avaliação *ex-ante* versus *ex-post* na Design Science  
**Fonte:** Adaptado de Pries-Heje, Baskerville e Venable (2008)

A maioria das abordagens contemporâneas de avaliação *ex-post* em SI foram construídas a partir do modelo “contexto, conteúdo e processo”, desenvolvido para avaliar a mudança organizacional (SYMONS, 1991 apud PRIES-HEJE; BASKERVILLE; VENABLE, 2008). O “contexto” representa que qualquer avaliação precisa ser desenvolvida conforme as necessidades das partes interessadas na avaliação. O “conteúdo” representa as decisões que definem as medidas e métricas da avaliação. Por sua vez, “o processo” representa as decisões sobre os instrumentos e metodologias escolhidas para a avaliação. Um exemplo desse tipo de avaliação foi representado no modelo de Sun e Kantor (2006), que distingue três realidades de avaliação, que representam os meios para alcançar um objetivo: usuários reais (se o item individual foi recuperado), sistemas reais (se a tarefa foi concluída) e problemas reais (se a conclusão da tarefa impactou os objetivos).

Outra distinção importante feita pelos autores diz respeito às avaliações artificiais e naturalistas, chamadas por Nunamaker et al (1992) de experimentação e observação (VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE, 2012). A “avaliação artificial” inclui experimentos de laboratório, experimentos de campo, simulações, análises baseadas em critérios, argumentos teóricos e provas matemáticas. Se por um lado a predominância do paradigma científico-racional na avaliação artificial aumenta sua confiabilidade científica (repetibilidade e falseabilidade), por outro o seu elevado grau de abstração (usuários, sistemas e problemas irreais) pode fazer com que os resultados da avaliação não sejam aplicáveis ao uso real.

Por sua vez, a “avaliação naturalista” explora o desempenho de uma tecnologia ou solução em seu ambiente real, dentro da organização, incluindo pessoas, sistemas e ambientes reais, bem como as complexidades da prática humana nesses contextos. A avaliação naturalista é sempre empírica, e pode ser interpretativa, positivista ou crítica, usando métodos como estudos de caso, estudos de campo, pesquisas, etnografia, fenomenologia, métodos hermenêuticos e pesquisa-ação. A avaliação naturalista traz como benefícios uma validade interna mais forte (“prova do pudim”), mas a má interpretação das variáveis pode resultar em avaliações imprecisas sobre a utilidade ou eficácia de um artefato em uso real (VENABLE; PRIES-HEJE; BASKERVILLE, 2012).

Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012) observaram que uma estratégia de avaliação pode ter diferentes objetivos:

- **Rigor:** o alcance do propósito nem sempre pode ser atribuído ao artefato, uma vez que seu uso no mundo real é influenciado por múltiplos fatores. Assim, a DSR deve ser suficientemente rigorosa para estabelecer que a instanciação do artefato causa uma melhoria observada (eficácia) e que ele funciona em uma situação real (efetividade).
- **Eficiência:** a avaliação do design deve considerar as restrições de recursos (dinheiro, equipamentos, tempo, pessoas, etc.) e minimizar seu consumo.
- **Ética:** a avaliação não deve colocar animais, pessoas ou organizações em risco durante ou após a avaliação (sistemas e tecnologias críticos de segurança).

Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012) não consideraram a elegância como princípio de avaliação, mas afirmaram que uma solução de design elegante é preferível a uma que não

o seja. Além disso, os autores argumentaram que a escolha e o desenho do método de avaliação deve combinar os objetivos prioritizados da avaliação com as estratégias e os métodos específicos, implicando se a avaliação será *ex-ante* (antes da instanciação) ou *ex-post* (após instanciação), ou se deve ser naturalista, com usuários reais usando o artefato em uma tarefa real, artificial ou uma combinação de ambos.

Além das orientações para a escolha da estratégia de avaliação, Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012) propuseram uma sequência de etapas e atividades para elaboração da estratégia de avaliação:

- **Etapa 1 - Analisar o contexto da avaliação:** inclui a identificação, análise e priorização dos requisitos e metas de avaliação do projeto de design e a definição de: tipo de artefato (conceitos, modelos, métodos, instancicações ou teorias de design); natureza do artefato e da avaliação (produto ou processo; técnico ou sócio; criticidade em segurança); propriedades avaliadas (eficácia, eficiência, eficácia, ética, estética ou outro aspecto de qualidade); objetivo da avaliação (comparação com metas; comparação com outros artefatos existentes; identificação de externalidades); restrições no ambiente de pesquisa (tempo, pessoas, orçamento, local de pesquisa e outros recursos necessários e disponíveis); rigor da avaliação (avaliação preliminar ou detalhada); priorização de fatores contextuais (aspectos essenciais, mais ou menos importantes ou irrelevantes).
- **Etapa 2 - Combinar o contexto aos aspectos da avaliação:** a declaração dos fatores de contexto determinará a escolha dos aspectos de avaliação.
- **Etapa 3 - Selecionar método de avaliação:** mais de um tipo e método de avaliação poderão ser utilizados, cabendo ao pesquisador decidir sobre a ordem de uso e o encadeamento lógico das avaliações.
- **Etapa 4 - Projetar a avaliação em detalhes:** as avaliações podem ser detalhadas por meio de desenhos ou experimentos, de acordo com o método de pesquisa.

### 2.2.2.7. Shirley Gregor

Shirley Gregor, Ph.D. em Sistemas de Informação da Universidade de Queensland, professora da Fundação de Sistemas de Informação na Universidade Nacional da Austrália e co-diretora do Centro Nacional de Pesquisa de Sistemas de Informação, teve uma grande experiência na indústria de computação na Austrália e no Reino Unido antes de iniciar sua carreira acadêmica em 2001. Presidente inaugural da Associação Australasiana de Sistemas de Informação em 2002-2003, editora sênior do *MIS Quarterly* 2008-2010, editora-chefe do *Journal of the Association of Information Systems* 2010-2013 e membro da *Information Systems Association*, órgão global máximo da disciplina, a pesquisadora já tem 3 livros, 8 livros editados, 21 capítulos de livros e mais de 80 publicações em periódicos relevantes, além de receber vários prêmios importantes, incluindo o DESISTRISTAS Lifetime Achievement Award, recebido em 2017 por suas contribuições para a pesquisa em *design science* em sistemas de informação e tecnologia<sup>10</sup>.

Gregor (2006) fez uma profunda análise das teorias em SI. Partindo da investigação de componentes importantes na construção de teorias, como causalidade, explicação, previsão e generalidade, a autora identificou cinco tipos de teorias na área de SI, distinguindo seus meios de representação, os construtos e suas relações e a especificação dos escopos: as teorias para analisar, as teorias para explicar, as teorias para prever, as teorias para explicar e prever e as teorias de design e ação.

As “teorias para analisar” são o tipo mais básico de teoria, necessárias quando pouco se sabe sobre o fenômeno em questão. Elas analisam “o que é”, descrevendo ou classificando dimensões e características de indivíduos, grupos, situações ou eventos. As relações estabelecidas são classificatórias, composicionais ou associativas, em oposição à explicação de causalidade ou de generalizações preditivas.

As “teorias para explicar” explicam como, quando, onde e por que os eventos ocorreram, porém não se preocupa em construir proposições testáveis. As teorias explicativas de alto nível incluem a teoria da estruturação, que compreende o mundo como relações recíprocas entre ação e estrutura social, a teoria ator-rede, que entende os objetos

---

<sup>10</sup> Informações extraídas de <https://www.cbe.anu.edu.au/about/staff-directory/?profile=Shirley-Gregor>.

inanimados e sistemas materiais como atores ou coagentes dos atores intencionais humanos, e a teoria da ação situacional, que diferencia as atividades de rotina das teorias de ação deliberativa. Já as teorias de baixo nível explicam como e por que as coisas aconteceram em alguma situação particular do mundo real, por meio de abordagens de pesquisa que incluem estudos de caso, *surveys*, abordagens etnográficas, fenomenológicas e hermenêuticas e estudos de campo interpretativos. Para configurar uma contribuição ao conhecimento, as teorias precisam ser novas e interessantes ou explicar algo mal compreendido anteriormente, além de possuir plausibilidade, credibilidade, consistência e transferibilidade.

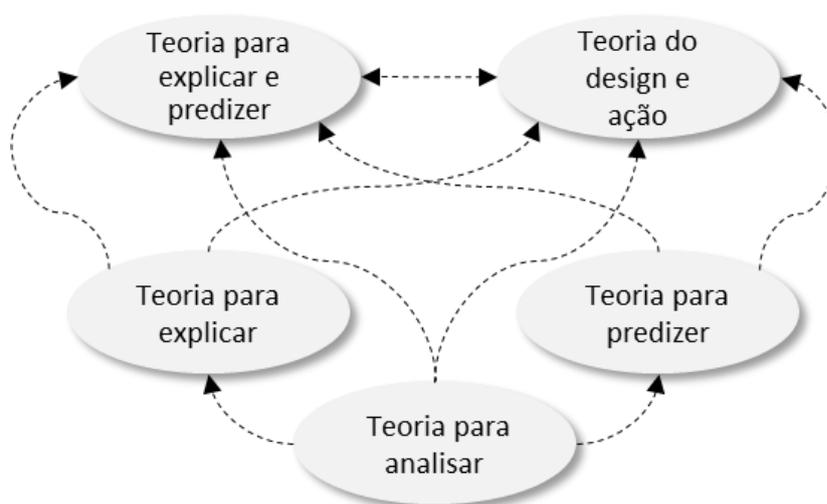
As “teorias para prever” são capazes de prever resultados a partir de um conjunto de fatores explicativos, sem explicar as conexões causais subjacentes entre as variáveis dependentes e independentes. Uma vez que o foco é a predição, não há preocupação com a plausibilidade dos pressupostos subjacentes e, por isso, as teorias preditivas são chamadas de generalizações empíricas ou leis experimentais. As teorias preditivas estão associadas ao uso de técnicas estatísticas, a exemplo da análise correlacional, da regressão e da mineração de dados e das técnicas de redes neurais, que permitem construir modelos para prever com precisão os resultados das variáveis de entrada. Essas teorias, que exigem rigor no desenho e uso dos métodos estatísticos, contribuem para o conhecimento quando descobrem regularidades que permitem a previsão, principalmente se essa previsão possuir importância prática.

As “teorias para explicar e prever”, comuns nas ciências naturais e sociais, diz o que é, como, por que, quando e o que será, implicando tanto a compreensão das causas subjacentes quanto a previsão, bem como a descrição dos construtos teóricos e das relações entre eles. Em geral, as teorias para explicar e prever são caracterizadas por uma teoria geral dinâmica, retroalimentada por ciclos de *feedback*, e por testes de hipóteses deduzidas da teoria em estudos transversais, a exemplo da Teoria Geral do Sistema de Bertalanffy (1973) e da Teoria Matemática da Comunicação de Shannon e Weaver (1948). Diversos métodos de pesquisa são usados nas teorias para explicar e prever, como estudos de caso, *surveys*, estudos de arquivos, experimentos, a abordagem da teoria fundamentada, quase-experimentos, análises estatísticas e estudos de campo. A contribuição para o conhecimento acontece quando os estudos constroem ou testam a teoria, com clareza, parcimônia, elegância, consistência

interna, base em evidências, sondagem de argumentação, validade interna e externa e consistência com outras teorias.

Finalmente, as “teorias para design e ação” dizem como fazer alguma coisa, abordando os princípios de forma e função, os métodos e os conhecimentos teóricos de design usados no desenvolvimento de SI. Alguns autores enfatizam que o artefato em si é a principal ou única contribuição da *design science*, mas aceita-se atualmente que essas contribuições incluem construtos, modelos e métodos de design e de avaliação. A pesquisa-ação e estudos de caso são abordagens apropriadas para esse tipo de teoria, principalmente em disciplinas aplicadas. As teorias para design e ação contribuem para o conhecimento quando criam utilidade para uma comunidade de usuários, desenvolvem um artefato inovador ou persuadem sobre sua eficácia. Os modelos e métodos podem ser avaliados quanto à integridade, simplicidade, consistência, facilidade de uso e qualidade dos resultados obtidos pelo uso do método.

A Figura 11. Interrelações entre tipos de teoria Representa as interrelações entre os diferentes tipos de teoria descritos por Gregor (2006):



**Figura 11.** Interrelações entre tipos de teoria  
**Fonte:** Adaptado de Gregor (2006)

Gregor (2006) observou que esses cinco tipos de teoria, baseados na filosofia das ciências natural, social e do artificial, podem ser encontrados em campos similares como a economia, contabilidade, gerenciamento, engenharia ou arquitetura. Contudo, Gregor apontou que, ao contrário da SI, os artefatos dessas disciplinas não se localizam em uma posição tão específica do comportamento homem-máquina, o que torna uma visão integrativa desnecessária.

Em 2007, a partir da perspectiva de Walls (1992) e da *Information Systems Design Theory* (ISDT), Gregor e Jones (2007) aprofundaram a análise da pesquisa em design em SI, apontando lacunas como a falta de clareza sobre o objeto de estudo da ISDT (produto, processo ou ambos), a omissão das unidades (construtos) e estados do sistema na especificação dos componentes teóricos, a irrelevância da instanciação do projeto e a distinção desnecessária entre teorias de kernel para processos e produtos de design (GREGOR; JONES, 2007).

Para superar essas omissões, Gregor e Jones (2007) declararam que uma teoria de design deve ter como objetivo principal desenvolver uma metodologia ou um produto, que podem ser aplicados em contextos técnicos ou organizacionais. Além disso, apontaram que, ainda que as instanciações sejam completamente diferentes das teorias, o conhecimento de design também está nos produtos (formas, materiais e acabamentos que incorporam os atributos de design), usados pelos designers como precedentes para aperfeiçoar ou desenvolver novos artefatos. Partindo dessa perspectiva, os fenômenos de interesse da ISDT incluiriam (GREGOR; JONES, 2007):

- **Instanciações ou artefatos materiais:** esses artefatos têm existência física no mundo real, e podem ser um produto ou processo.
- **Teorias ou artefatos abstratos:** construtos, modelos e métodos são artefatos que não têm existência física, à exceção quando são comunicados por meio de palavras, imagens, diagramas ou outros meios de representação.
- **A compreensão humana de artefatos:** os seres humanos conceituam e descrevem artefatos em termos abstratos e gerais e extraem princípios e teorias do design a partir da observação e inferência de artefatos já instanciados. Isso permite construir teorias para guiar a construção de instanciações no mundo real e para entender o uso dos artefatos materiais.

Partindo desses princípios e de construções teóricas anteriores, Gregor e Jones (2007) desenvolveram uma teoria do design com oito componentes:

- **Propósito e escopo** (*causa finalis*): conjunto de meta-requisitos ou objetivos que especificam o tipo de artefato e as teorias que a ele se aplicam. O propósito deve ser entendido no ambiente em que o artefato opera. Os meta-requisitos se

referem a requisitos que podem ser aplicados a toda uma categoria de artefatos dentro de um domínio delimitado, e não se confundem com os requisitos de implementação dos artefatos. A definição do escopo permite que diferentes teorias sejam categorizadas, comparadas e ampliadas.

- **Construtos** (*causa materialis*): representações mais básicas das entidades de interesse em uma teoria, sejam elas fenômenos físicos ou termos teóricos abstratos, os construtos precisam ser definidos de forma clara, porém não devem ser detalhados ou completos demais para restringir a pesquisa.
- **Princípio da forma e da função** (*causa formalis*): esses princípios definem a estrutura, organização e o funcionamento dos produtos e métodos de design, estabelecendo propriedades, funções e atributos gerais que eles devem ter.
- **Mutabilidade do artefato**: os artefatos de SI estão em constante mudança e adaptação por meio de ciclos de *feedback*. As mudanças no estado do artefato podem ser antecipadas na teoria, por meio da análise da trajetória evolutiva dos artefatos, ou seja, como surgem e evoluem com o tempo e como se tornam interdependentes com os contextos e práticas socioeconômicas.
- **Proposições testáveis**: afirmações verdadeiras sobre a teoria do design, expressas em formas gerais: “se determinado sistema seguir os princípios corretos, ele funcionará”. As proposições testáveis exigem a avaliação do meta-design em relação ao atendimento dos meta-requisitos. As proposições são algorítmicas, quando quantitativas e aferidas por observações e análises estatísticas, ou heurísticas, quando expressas de forma mais geral, como “se você quer atingir Y em uma situação Z, então algo como a ação X vai ajudar (VAN AKEN, 2004, p.227 apud GREGOR; JONES, 2007). Nesse sentido, uma teoria de design pode variar entre uma declaração que funciona em todos os casos e em diferentes contextos até uma aproximação de algo que poderia funcionar em um contexto específico.
- **Conhecimento justificatório**: articula objetivos, forma, processos e materiais. O conhecimento (teorias do kernel) pode vir da ciência natural, das ciências sociais (SIMON, 1997), de outras teorias de design, das teorias de prática ou de justificativas baseadas em evidências, como as pesquisas médicas e pesquisa-ação

(Van Aken, 2004, apud GREGOR; JONES, 2007). Ao contrário de Venable (2006), Gregor e Jones (2007) argumentam que o conhecimento justificatório, ainda que incompleto, é um componente necessário da ISDT.

- **Princípios de implementação** (*causa efficiens*): descrevem os processos de implementação do design envolvendo agentes e ações, na qual produtos e processos estão estreitamente relacionados. Princípios podem ser fornecidos para a implementação de um método de design genérico e abstrato.
- **Instanciação expositiva**: a implementação física do artefato ajuda a representar a teoria, comunicar os princípios de design e identificar problemas potenciais em um projeto teórico, demonstrando se vale a pena seguir com sua implementação.

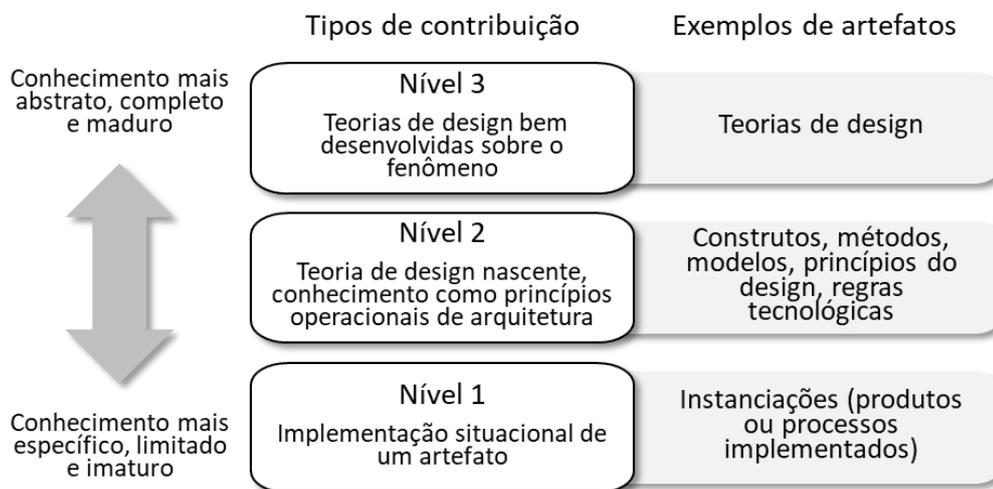
Em 2013, em parceria com Hevner, Gregor abandonou o conceito ISDT e passou adotar o termo Design Science Research (DSR), buscando harmonizar duas perspectivas que emergiram com o paradigma da DSR: uma mais teórica, voltada para a teoria do design (WALLS; WIDMEYER; EL-SAWY, 1992, 2004; GREGOR; JONES, 2007; OSTROWSKI; HELFERT, 2012), e outra mais pragmática, voltada para o desenvolvimento de artefatos (MARCH; SMITH, 1995; HEVNER et al., 2004).

Gregor e Hevner (2013) argumentaram que teorias parciais, incompletas ou generalizações empíricas particularmente interessantes ou surpreendentes na forma de um novo artefato de design são contribuições para o conhecimento de design. Nesse sentido, as teorias do design seriam especiais ou de médio alcance, pois se situam entre hipóteses de trabalho menores e necessárias, que evoluem em abundância durante a pesquisa cotidiana, e esforços sistemáticos inclusivos, realizados para desenvolver uma teoria unificada capaz de explicar as uniformidades observadas no comportamento, na organização e na mudança social (MERTON, 1968, p. 39 apud GREGOR; HEVNER, 2013).

O conhecimento prescritivo, classificado por Simon (1996) como pertencente às ciências do artificial, está relacionado aos artefatos projetados por humanos para melhorar o mundo natural. March e Smith (1995) definiram quatro tipos de conhecimento prescritivo: construtos, modelos, métodos e instanciações. Por sua vez, Gregor e Hevner (2013) observaram que um projeto de pesquisa de DSR pode variar entre teorias mais gerais e mais

específicas, produzindo artefatos em um ou mais níveis, conforme representado na [Figura 12](#).

Tipos de contribuição da DSR:

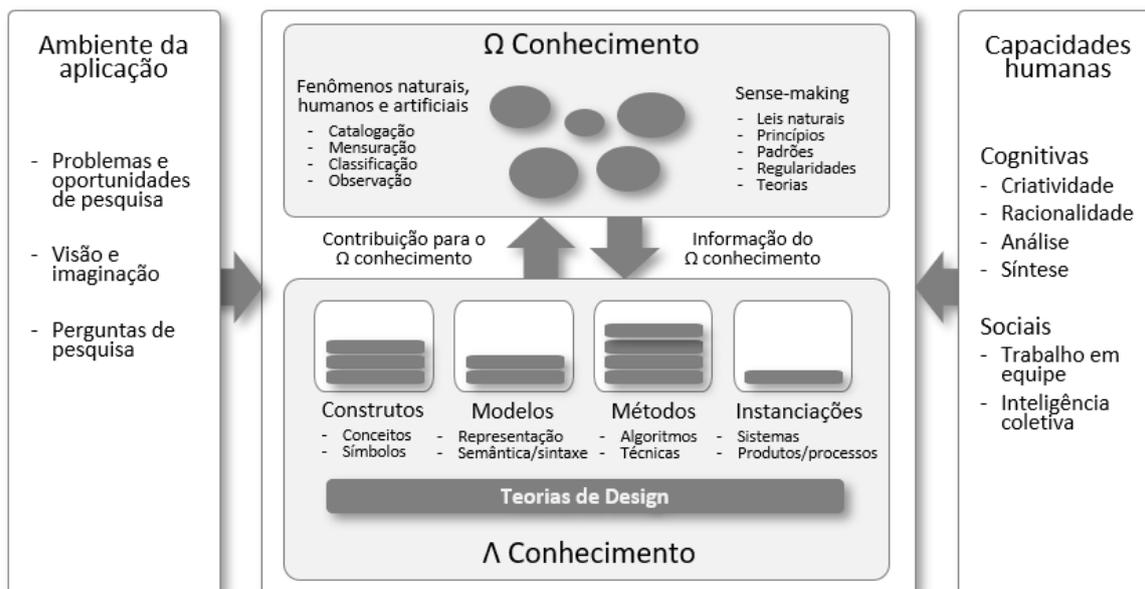


**Figura 12.** Tipos de contribuição da DSR  
**Fonte:** Adaptado de Gregor e Jones (2013)

O nível 1 compreenderia as instanciações específicas, na forma de produtos e processos. O nível 2 compreenderia as contribuições mais gerais e abstratas, na forma de teorias de design emergentes, como construtos, princípios de projeto, modelos, métodos e regras tecnológicas. Por fim, o nível 3 compreenderia as teorias de projeto bem desenvolvidas sobre os fenômenos estudados.

É importante destacar que a proposta dos autores adicionou um quinto tipo artefato produzido pela pesquisa em design: as “teorias de design”, um corpo abstrato e coerente de conhecimentos prescritivos que descreve os princípios de forma e função, os métodos e a teoria justificatória usados para desenvolver um artefato (GREGOR; HEVNER, 2013). As teorias de design são o tipo mais amplo de teoria, e pode conter outras formas de conhecimento de design, como construtos, modelos, métodos e instanciações.

Além disso, Gregor e Hevner (2013) consideraram importante entender as atividades de consumo e produção de conhecimento na DSR. Nesse sentido, os autores apontaram a importância de dois tipos de conhecimento: o conhecimento descritivo (o quê), sobre os fenômenos naturais, suas leis e regularidades; e o conhecimento prescritivo (como), sobre os artefatos construídos pelo homem. A [Figura 13. Os papéis do conhecimento na DSR](#) a dinâmica entre esses dois tipos de conhecimento no design:



**Figura 13.** Os papéis do conhecimento na DSR  
**Fonte:** Adaptado de Gregor e Hevner (2013)

Para os autores, um projeto de DSR começa com uma oportunidade importante, um problema desafiador ou uma visão de algo inovador, que resulta em questões de pesquisa, geralmente focadas em aumentar a utilidade operacional com artefatos novos ou aprimorados. Para responder essas questões, os designers extraem conhecimento descritivo relevante da base de conhecimento  $\Omega$  a partir da observação, classificação, mensuração e catalogação de fenômenos naturais, artificiais e humanos, bem como da atribuição de sentido às leis naturais, regularidades, princípios, padrões e teorias. Ao mesmo tempo, eles extraem o conhecimento da base  $\Lambda$  na forma de teorias justificatórias, artefatos conhecidos e teorias de design usadas para resolver os problemas similares de pesquisa, que permitem avaliar a inovação dos artefatos e o conhecimento resultante da pesquisa. Por sua vez, esses designers contribuem para a base de conhecimento  $\Omega$  por meio de uma extensão importante ou da aplicação de um artefato existente em um novo domínio. Os autores observaram que o sucesso de um projeto de pesquisa de design depende das habilidades para usar conhecimento de ambas as bases ao fundamentar a pesquisa, das habilidades cognitivas (criatividade, raciocínio) para criar soluções inovadoras e das habilidades sociais para usar a inteligência coletiva dos indivíduos por meio de um trabalho em equipe eficaz (GREGOR; HEVNER, 2013).

Outra contribuição importante de Gregor e Hevner (2013) foi a criação de uma estrutura para entender e posicionar as contribuições de conhecimento dos projetos de

pesquisa de DSR. Segundo os autores, a identificação da contribuição de conhecimento depende da natureza do artefato projetado, do estado do campo de conhecimento, do público a quem ele deve ser comunicado e do canal de publicação. Além disso, o grau de contribuição do conhecimento pode variar, e mesmo a construção artefatos incrementais ou de teorias parciais podem ser contribuições significativas e publicáveis. Nesse sentido, partindo da premissa de que tudo é criado a partir de uma ideia anterior, os autores criaram uma matriz para identificar os avanços de um projeto de DSR, que dependem da maturidade do problema e maturidade da solução em questão, representada na [Figura 14. Framework de contribuição de conhecimento da DSR](#):



**Figura 14.** Framework de contribuição de conhecimento da DSR  
**Fonte:** Adaptado de Gregor e Hevner (2013)

**Invenção.** A verdadeira invenção é radical e rara, afastando-se das formas aceitas de pensar e fazer. O processo da invenção pode ser descrito como uma pesquisa exploratória sobre um espaço de problema complexo que requer curiosidade, imaginação, criatividade, percepção e conhecimento de múltiplos domínios de investigação para encontrar uma solução viável. A invenção pode contribuir para a DSR quando o resultado é um artefato novo que pode ser aplicado e avaliado no mundo real, gerando novos conhecimentos nas bases  $\Omega$  e  $\Lambda$ . As pesquisas desse quadrante ocorrem quando há pouca compreensão do contexto do problema e nenhum artefato efetivo está disponível como solução – talvez não existam nem questões de pesquisa levantadas. Uma contribuição possível é a conceituação do problema em si, ainda que a maioria dos trabalhos de pesquisa da categoria invenção estejam no nível

do artefato / instanciação, com poucas exceções, como o Memex de Vannevar Bush (BUSH, 1945). Grandes ou médias teorias de design não podem ser invenções, uma vez que se baseiam no acúmulo de conhecimento sobre uma série de artefatos que tratam do mesmo problema de aplicação (um problema conhecido). Na invenção, os fluxos de conhecimento são prescritivos, com o uso de teorias kernel de fora da base de conhecimento da IS, e descritivos, quando após a invenção do novo artefato, outros pesquisadores descrevem seu uso para formular um conhecimento até então inexistente sobre seu uso naquele contexto.

**Melhorias.** *“O objetivo do DSR no quadrante de melhoria é criar melhores soluções na forma de produtos, processos, serviços, tecnologias ou ideias mais eficientes e eficazes”* (GREGOR; HEVNER, 2013, p. 9). As melhorias envolvem áreas de aplicação conhecidas, em que os artefatos de solução não existem ou não são úteis o suficiente, e exigem demonstrar que a solução aprimorada avança em relação ao conhecimento anterior. As melhorias podem compreender a capacidade de representar e comunicar claramente o novo design de artefato, evidenciando porque a nova solução difere das soluções atuais. As razões para melhoria devem ser formalmente fundamentadas em teorias da base de conhecimento. Uma vez descrita a melhoria do projeto, o artefato deve ser avaliado para fornecer evidências de seu aprimoramento em relação às soluções atuais. A melhoria pode ser na forma de melhorias em eficiência, qualidade, produtividade, competitividade, participação de mercado e outras medidas, a depender dos objetivos da pesquisa. No quadrante de melhoria, os projetos de DSR contribuem para a base de conhecimento  $\Lambda$  em um ou mais níveis (Figura 12. Tipos de contribuição da DSR. No nível 1, as instanciações são construídas para avaliar melhorias em comparação com outras instanciações do artefato. No nível 2, artefatos mais gerais, na forma de construtos, métodos, modelos e princípios de design são propostos como melhorias de pesquisa. Já no nível 3, são gerados novos conhecimentos relacionados aos espaços do problema e da solução. Além disso, as avaliações do artefato podem aumentar a base de conhecimento  $\Omega$  na forma da expansão das teorias do kernel ou do desenvolvimento de novas teorias comportamentais sobre o artefato em uso.

**Exaptação.** A exaptação acontece a partir de interconexões e *insights* entre diferentes domínios que resultam na expropriação de artefatos de um campo para resolver problemas em outro. Os artefatos exigidos em um campo não estão disponíveis ou são sub-ótimos para resolver o problema, que pode ser solucionado com um artefato exaptado de outra área. As

contribuições de pesquisa neste quadrante são extensões ou refinamento do conhecimento para uso em um novo domínio de aplicação. Na pesquisa de exaptação, o pesquisador precisa demonstrar que a extensão do conhecimento de design em um novo campo não é trivial, mas apresenta desafios particulares que não estavam presentes no campo original. De forma similar a melhoria, as contribuições para a base de conhecimento  $\Lambda$  podem acontecer em todos os três níveis, conforme os objetivos do projeto de pesquisa. As contribuições para a base de conhecimento  $\Omega$  também podem ser produzidas por meio da compreensão sobre os novos artefatos em uso.

**Design de rotina.** O design de rotina ocorre quando o problema é bem compreendido e quando os artefatos existentes são usados para abordá-lo. As oportunidades de pesquisa são menos óbvias, pois, em geral, métodos de pesquisa não são exigidos para resolver o problema. Em alguns casos, o trabalho de rotina pode levar a descobertas (STOKES, 1997 apud GREGOR; HEVNER, 2013), que provavelmente envolverão a transferência da pesquisa para um dos outros quadrantes. Gregor e Hevner (2013) também observaram que o design profissional de alta qualidade ou a construção de sistemas comerciais são claramente diferentes da DSR. Enquanto o objetivo do primeiro é aplicar o conhecimento existente a problemas organizacionais usando melhores práticas (construções, modelos, métodos e instanciações já existentes na base de conhecimento), o objetivo da DSR é identificar as contribuições para as bases de conhecimento e comunicar essas contribuições para as partes interessadas.

### **2.2.3. O design no desenvolvimento de métodos de pesquisa**

Um método de pesquisa é representado pelo conjunto de métodos e técnicas usados pelos pesquisadores para conduzir pesquisas. Os métodos de pesquisa incluem métodos de coleta de dados, usados quando os dados disponíveis não resolvem o problema, métodos estatísticos, usados para estabelecer relações entre os dados e fenômenos desconhecidos, e métodos para avaliar a precisão dos resultados (KOTHARI, 2004).

Para March e Smith (1995), métodos de pesquisa são artefatos projetados por humanos para prescrever maneiras apropriadas de coletar e analisar evidências para apoiar ou refutar uma teoria postulada. Segundo os autores, a ciência natural não produz métodos, mas usa as ferramentas metodológicas criadas pelo design. Nessa perspectiva, um método de pesquisa é um “artefato de método ou processo”: no contexto de um método de pesquisa, as

ferramentas, técnicas e estruturas usadas para organizar e realizar o trabalho são artefatos de produtos, e as descrições de como utilizá-las são consideradas artefatos de processo (VENABLE; BASKERVILLE, 2012).

Se os métodos são artefatos de processo, a aplicação de teorias de design para construir e avaliar métodos de pesquisa pode ajudar seu desenvolvimento e, no longo prazo, aumentar a capacidade para gerar conhecimentos novos e válidos. A aplicação da DSR para investigar métodos de pesquisa foi objeto de Venable e Baskerville (2012) no artigo *“Eating our own cooking: toward a Design Science of research methods”* (em tradução livre, “Comendo o que cozinhamos: em direção a uma *Design Science* de métodos de pesquisa”). No artigo, os autores argumentaram que os artefatos podem ser aperfeiçoados com teorias de projeto mais precisas sobre métodos de pesquisa e com a avaliação mais rigorosa desses métodos, ajudando em sua concepção, aprimoramento e desenvolvimento.

Usando o referencial teórico da DSR, esta subseção analisa os elementos essenciais para desenhar e avaliar métodos de pesquisa, incluindo a definição dos objetivos, a escolha dos instrumentos de avaliação e as etapas necessárias para desenvolvê-los.

#### 2.2.3.1. *Objetivos e avaliação de métodos de pesquisa*

Determinar os objetivos do método é fundamental para sua configuração e avaliação. Por sua vez, os objetivos do método devem estar alinhados aos objetivos da pesquisa. Uma vez que os objetivos de pesquisa variam muito, cada método será mais ou menos apropriado a depender da situação (VENABLE; BASKERVILLE, 2012).

Segundo Venable e Baskerville (2012), rigor e relevância são objetivos gerais de qualquer método de pesquisa. O rigor está preocupado com a confiabilidade da pesquisa, que garante a correção dos resultados e diminui a probabilidade de achados incorretos. Já a relevância diz respeito à utilidade dos resultados, seja para a teoria ou para a prática. Além disso, um artefato de método é criado para que outros pesquisadores possam instanciá-lo, seguindo uma série de procedimentos definidos para atingir um propósito específico. Dessa forma, a ressonância, ou a qualidade da comunicação de um artefato para seus diferentes públicos, como pesquisadores e praticantes, também é um critério relevante para avaliar os métodos de pesquisa.

- **Avaliação do rigor:** bastante subjetiva, a avaliação de rigor limita-se a verificar se o método de pesquisa estabelecido foi seguido, e às vezes deixa de verificar se a escolha das variáveis ou do método foi correta. A detecção de erros nos resultados e a determinação das taxas de erro de uma pesquisa são métodos úteis para avaliar o rigor, mas exigem estudos adicionais para avaliar se o método escolhido foi adequado ao problema. Para alguns métodos de pesquisa, especialmente os quantitativos, o rigor pode ser demonstrado por meio de análise matemática ou prova. Além disso, é possível submeter a pesquisa a análises críticas e classificações de rigor, que poderiam ser comparadas e correlacionadas entre projetos com diferentes métodos de pesquisa, ou ainda, analisar projetos de pesquisa recusados para publicação ou correlacionar o método com periódicos de alta ou baixa qualidade.
- **Avaliação da relevância:** a avaliação do desempenho ou da utilidade dos métodos de pesquisa para alcançar objetivos práticos pode ser realizada por meio de pesquisas com usuários de diferentes métodos, mensurando suas percepções de facilidade de aprendizagem e facilidade de uso e o consumo de recursos, como tempo e custos. A relevância também está relacionada às evidências sobre a eficácia, eficiência e efetividade do método de pesquisa para produzir conhecimentos relevantes para o progresso humano.
- **Avaliação da ressonância:** um artefato de método é criado para que outros pesquisadores possam instanciá-lo, seguindo uma série de procedimentos definidos para atingir um propósito específico. Assim, podemos afirmar que a ressonância, a qualidade com a qual um artefato é comunicado para seus diferentes públicos, como pesquisadores e praticantes, é um critério importante de avaliação. O conceito de ressonância, proposto por Dreschler, Hevner e Gill (2016), complementa o rigor e a relevância da pesquisa e aborda como os pesquisadores podem comunicar efetivamente seus resultados a públicos adequados e obter impacto prático. Ao analisar o potencial de ressonância de artefatos maduros e emergentes documentados em documentos recentes de DSR a literatura de SI, os pesquisadores observaram que há um considerável espaço para melhoria na comunicação desses artefatos, ensejando a realização de mais

estudos para desenvolver diretrizes concretas que poderão orientar os designers sobre como aumentar o potencial de ressonância de seus artefatos (DRECHSLER; HEVNER; GILL, 2016).

Os autores também observaram que a avaliação de um método novo, sem histórico de aplicação, geralmente é restrita ao uso de tipos analíticos de avaliação, argumentações racionais, pesquisas e grupos focais com especialistas ou simulações, e que as avaliações empíricas e naturalistas, quando utilizadas, costumam limitar-se ao uso de métodos de avaliação qualitativa.

#### *2.2.3.2. Etapas do design de métodos de pesquisa*

A construção de métodos de pesquisa com teorias do design exige, minimamente, a definição dos meta-requisitos, do meta-design e de uma afirmação prescritiva (MARCH; SMITH, 1995):

- **Meta-requisitos** (modelo do espaço ou propósito e escopo do problema). Os meta-requisitos devem indicar claramente os objetivos e as restrições do método de pesquisa. Rigor e relevância são objetivos intrínsecos a um método de pesquisa, por isso é necessário indicar o que se espera alcançar com a utilização do método, os tipos de pesquisa e os domínios para os quais o método é adequado. Objetivos opcionais podem incluir declarações sobre os níveis esperados de facilidade de aprendizado e de uso, consumo de recursos (custos, tempo, instalações, etc.), acesso aos objetos de pesquisa ou ainda a capacidade do método para incluir outros objetos de pesquisa.
- **Meta-design** (modelo do espaço de solução ou princípios de forma e função). O meta-design deve incluir uma descrição detalhada do processo do método de pesquisa, com etapas, ações, tarefas, decisões e iterações, além das ferramentas e técnicas que deverão ser utilizadas, incluindo quando e como usá-las.
- **Afirmação prescritiva** (relação de utilidade declarada ou explicativa). A afirmação prescritiva declara a adequação e a utilidade do método de pesquisa (meta-design) para resolver o problema (meta-requisitos), ou explica como o método é usado para resolver o problema.

#### 2.2.4. Síntese

Esta seção começou apresentando o design como campo de aplicação, disciplina e prática que, aplicado largamente na manufatura e na indústria, evoluiu de forma exponencial no último século, até ser formalizado disciplina na década de 1960, influenciado principalmente pelas ideias de Herbert Simon (1997).

Desde então, a *Design Science* (DS) evoluiu bastante com sua aplicação na área de Sistemas de Informação (SI). A partir da década de 1990, com as publicações seminais de Walls, Widmeyer e El-Sawy (1992) e March e Smith (1995), a DS foi se encorpando no campo teórico da *Design Science Research* (DSR) que, nos últimos 25 anos, vêm se unificando em torno das ideias de seus principais expoentes atuais, como Hevner, Gregor, Venable e Gill. A análise das ideias desses autores revelou elementos comuns, ainda que exista uma leve diferença nos termos usados.

Buscando uniformizar essas ideias em um modelo, a [Figura 15. Componentes da DSR](#), na página seguinte, apresenta uma proposta de cinco espaços ou componentes da DSR, criados a partir do agrupamento da visão de oito diferentes autores discutidos nesta seção. A caracterização dos espaços de design será realizada com profundidade no capítulo [3. DESENVOLVIMENTO](#), na seção [Criação da Metodologia](#).

A avaliação é uma atividade essencial na pesquisa em *Design Science*, e está presente nas ideias de todos os autores e arcabouços teóricos discutidos longo desta seção. Sem a avaliação, o design não seria uma ciência, e as teorias de utilidade e as regras tecnológicas seriam apenas teorias não testadas e hipóteses sem evidências (PRIES-HEJE; BASKERVILLE; VENABLE, 2008).

Entre os autores que deram maior atenção à avaliação em design, destacam-se Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012). Os pesquisadores argumentaram que a escolha e desenho do método de avaliação deve combinar os objetivos e as características do objeto avaliado e os objetivos da avaliação. Essa configuração determinará se a avaliação será *ex-ante*, aplicada antes da instanciação do artefato, ou *ex-post*, após sua instanciação, ou se avaliação será naturalista, com usuários reais usando o artefato em uma tarefa real, artificial ou uma combinação de ambos.

<b>Componentes da <i>Design Science</i></b>	<b>Espaço do problema (justificativa e escopo do problema)</b>	<b>Espaço da solução (objetivos e requisitos da solução)</b>	<b>Espaço do conhecimento (teorias sobre a solução e o processo)</b>	<b>Espaço de implementação (métodos de design e instâncias)</b>	<b>Espaço de aprendizagem (relação entre problema e solução e comunicação do conhecimento)</b>
<b>Componentes das teorias em ciências naturais e sociais</b> Dubin (1978)	Limites Unidades	Leis de interação Estados do sistema		Proposições Hipóteses e indicadores empíricos	
<b>Teoria do design em SI</b> Walls et al. (1992)	Meta-requisitos	Meta-descrição	Teorias kernel do produto Teorias kernel do processo	Método de design	Hipóteses de produto Hipóteses de processo
<b>Pesquisa em design e ciências naturais em tecnologia da informação</b> March e Smith (1995)	Meta-requisitos	Meta-design	Afirmação prescritiva		
<b>Diretrizes da pesquisa em <i>Design science</i></b> Hevner et al. (2004)	Relevância do problema	Design como artefato	Rigor da pesquisa (processo)	Design como processo de busca	Avaliação do projeto Contribuições de pesquisa Comunicação
<b>Componentes da teoria de design SI</b> Gregor e Jones (2006)	Propósito e escopo Construtos	Princípios de forma e função Mutabilidade do artefato	Conhecimento justificatório	Princípios de implementação Exposição instanciatória	Proposições testáveis
<b>Teoria da utilidade</b> Venable (2006)	Espaço do problema	Espaço da solução	Relação entre espaço do problema e da solução		
<b>Teoria do projeto explicativo</b> Baskerville e Pries-Heje (2010)	Requisitos gerais	Componentes gerais	Relação entre requisitos e componentes gerais		
<b>Metodologia de <i>Design science</i></b> Ostrowski (2011)	Identificação do problema e da motivação	Objetivos da solução Meta-design	-	Prática do design Demonstração	Avaliação artificial/naturalista Comunicação

**Figura 15.** Componentes da DSR

**Fonte:** Elaboração própria

Os pesquisadores propuseram um modelo para orientar os pesquisadores na escolha das estratégias de desenvolvimento dos componentes avaliativos de um projeto de design. O Quadro 4. Estratégias e métodos de avaliação na DSR sintetiza a proposta de Pries-Heje, Baskerville e Venable (2012) sobre a escolha da estratégia e dos métodos de avaliação de projetos de design, acrescentando conceitos discutidos ao longo desta seção para refletir os avanços no campo desde a publicação do trabalho em referência:

<b>Estratégias e métodos de avaliação na <i>Design Science Research</i></b>				
<b>Tipo de avaliação</b>	<b>Naturalística</b>		<b>Artificial</b>	
<b>Tipo de artefatos</b>	Sócio-técnicos (processo ou produto)		Técnicos (processo ou produto)	
<b>Stakeholders</b>	Múltiplos		Reduzidos	
<b>Conflitos</b>	Alto		Baixo	
<b>Momento de aplicação</b>	<i>Ex-ante</i>	<i>Ex-post</i>	<i>Ex-ante</i>	<i>Ex-post</i>
<b>Usuários e problemas</b>	Reais	Reais	Irreais	Irreais
<b>Sistemas</b>	Irreais	Reais	Irreais	Reais
<b>Objetivos da avaliação</b>	Custo-benefício Ressonância	Eficiência Efetividade	Custo-benefício Ressonância	Eficiência Eficácia
<b>Custo</b>	Baixo / médio	Alto	Baixo	Médio / alto
<b>Velocidade</b>	Baixa / média	Baixa	Alta	Média
<b>Risco para participantes</b>	Baixo	Alto	Baixo	Baixo / médio
<b>Risco de falsos positivos</b>	Alto	Baixo	Alto	Alto
<b>Métodos de avaliação</b>	Pesquisa-ação; grupos focais	Pesquisa-ação; estudo de caso; grupos focais; pesquisa etnográfica; observação; pesquisa quanti e qualitativa; fenomenologia	Provas lógicas e matemáticas; avaliação baseada em critérios; experimentos laboratoriais; simulação em computadores	Provas lógicas e matemáticas; experimentos laboratoriais; simulação em computadores; simulação de papéis; pesquisas de campo

**Quadro 4.** Estratégias e métodos de avaliação na DSR

**Fonte:** Elaboração própria

Finalmente, a seção também apresentou as ideias da DSR mais específicas sobre a criação o desenvolvimento de métodos de pesquisa, artefatos que prescrevem maneiras apropriadas de coletar e analisar evidências para apoiar ou refutar uma teoria postulada. Além do rigor e da relevância (utilidade), objetivos gerais de qualquer método de pesquisa, observou-se que a ressonância, qualidade que mede a capacidade de comunicação do artefato para suas diferentes partes interessadas, também é um critério que deve ser considerado ao desenhar e avaliar os métodos de pesquisa.

### 3. DESENVOLVIMENTO

Este capítulo está dividido em três seções. A primeira seção descreve a metodologia desta dissertação, a segunda apresenta a criação da Metodologia de Análise de Artefatos (MAA) e a terceira descreve aplicação da MAA em três diferentes métodos de desenvolvimento de ontologias.

#### 3.1. Metodologia

A metodologia descreve os referenciais epistemológicos e teóricos da pesquisa, os métodos e os critérios de seleção da amostra, bem como as razões justificaram essas escolhas. Ao final, apresenta as etapas e as atividades necessárias para sua realização.

##### 3.1.1. Referencial epistemológico

O referencial epistemológico evidencia as crenças, as atitudes e a experiência do pesquisador, além de influenciar a escolha dos métodos de pesquisa. Fundamentar a escolha da epistemologia é crucial em uma pesquisa que integra dois campos de conhecimento distintos e relativamente recentes, como a CI e a DSR.

Para garantir o rigor científico do estudo, no capítulo 2. Revisão da literatura os principais fundamentos teóricos da CI, das ontologias e da DSR foram revisados de forma crítica e compreensiva. O entendimento dos objetos de estudo e dos principais conceitos desses campos fundamentou a escolha da DSR e da CI como referenciais epistemológicos do estudo. Essa escolha foi baseada em duas premissas que integram esses campos, relacionadas ao objeto e ao domínio de aplicação da pesquisa:

- **Objeto de pesquisa - metodologias para desenvolver ontologias:** metodologias são artefatos que representam um conjunto construtos, modelos e processos para atingir um determinado propósito, incluindo a descrição de como usar ferramentas, estruturas e procedimentos em cada uma dessas etapas. Metodologias para desenvolver ontologias são um tipo específico de artefato, usados por profissionais de diferentes áreas para desenvolver ontologias. A criação de artefatos intencionais por humanos é o principal objeto de estudo da DSR.

- **Domínio de aplicação - ontologias de sistemas de informação e ontologias para sistemas de informação:** ontologias são artefatos criados para estruturar, representar, classificar e compartilhar conhecimento. Aplicadas em uma ampla variedade de campos, principalmente na construção de sistemas de informação, as ontologias vêm sendo estudadas pela CC, IA, SI e a CI. Em comum, essas áreas investigam fenômenos ou resolvem problemas práticos no campo da informação, caracterizado pelos elementos pessoas, tecnologia, informação e organizações/sociedade (ZHANG; BENJAMIN, 2007). O design é aceito como paradigma de pesquisa em todos esses campos, menos na CI, ainda que alguns autores argumentem que a CI é, além de uma ciência social aplicada, uma ciência do artificial (BUCKLAND, 2011, 2012; BEREIJO, 2013; BAX, 2014; BARBOSA; BAX, 2016; CLARKE, 2016).

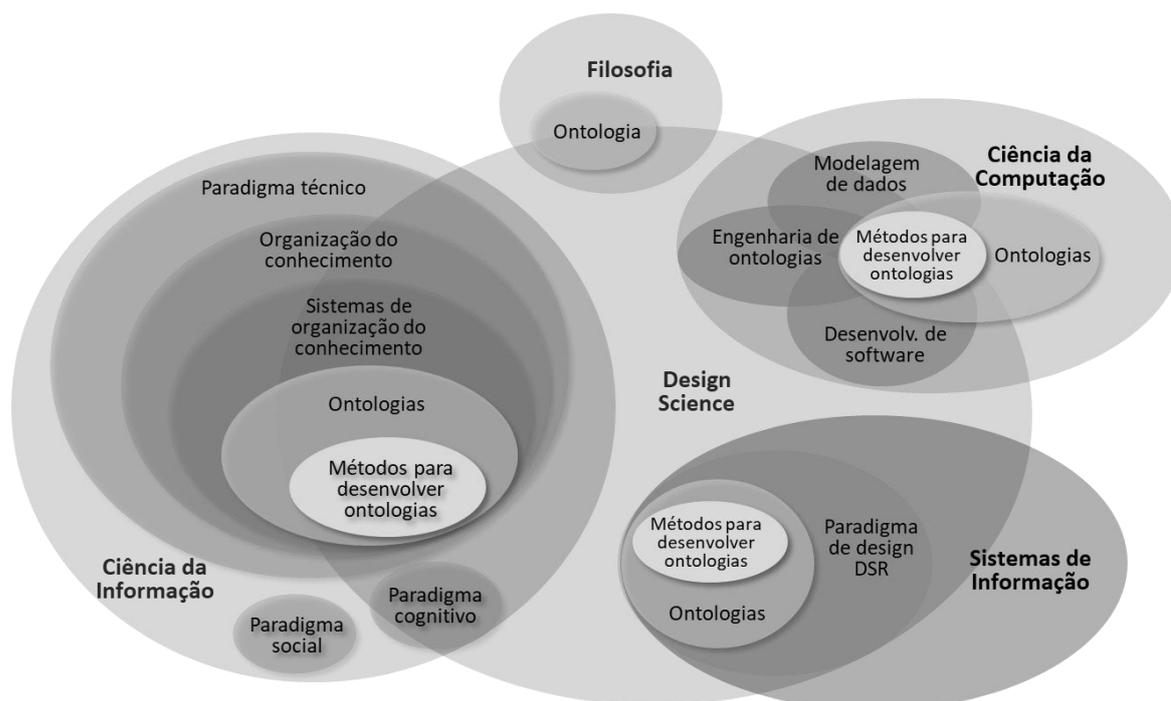
### 3.1.2. Referencial teórico-conceitual

O referencial teórico-conceitual compreende as teorias, construtos, modelos e conceitos da CI, das ontologias e da DSR escolhidos para fundamentar a pesquisa:

- **Ciência da Informação (CI):** além das referências que configuraram a CI contemporânea, a pesquisa se apoia fundamentalmente nas teorias da Organização do Conhecimento (OC). Nesse contexto, ontologias são um tipo de Sistema de Organização do Conhecimento (SOC), usadas para estruturar, representar, classificar e compartilhar conceitos em diferentes domínios.
- **Ontologias:** as ontologias são aplicadas e estudadas em diferentes áreas, como a Filosofia, a CC, IA, CI, além campos específicos como a Engenharia de Ontologias, a Modelagem de Conhecimento e o Desenvolvimento de Softwares. Essas áreas provêm os referenciais teóricos sobre as ontologias e os métodos para desenvolvê-las.
- **Design Science Research (DSR):** a DSR evoluiu fortemente nos últimos anos como paradigma de pesquisa na área de SI. Os construtos teóricos da DSR, que vêm sendo desenvolvidos de forma convergente por diferentes pesquisadores, compreendem conceitos sobre os produtos (construtos, modelos, métodos e instâncias), os componentes, os resultados, a avaliação e a criação de

conhecimento em design. Uma metodologia para desenvolver ontologias é um artefato de processo - por isso, a DSR foi escolhida como referencial teórico para criação do MAA que será usado para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

A Figura 16. Campos de conhecimento do referencial teórico da pesquisa apresenta as interações e os limites entre os campos de conhecimento usados como referencial teórico da pesquisa:



**Figura 16.** Campos de conhecimento do referencial teórico da pesquisa  
**Fonte:** Elaboração própria

### 3.1.3. Tipo e métodos de pesquisa

A abordagem, a natureza, os objetivos e os procedimentos de pesquisa são influenciados e influenciam o objeto investigado e os métodos de pesquisa escolhidos:

- **Quanto à abordagem, a pesquisa é qualitativa:** pesquisadores que usam métodos qualitativos buscam explicar o porquê das coisas, expressando o que precisa ser feito, sem quantificar valores (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Uma das fragilidades desse tipo de pesquisa é que ela está sujeita à subjetividade das atitudes, opiniões e comportamentos dos pesquisadores, gerando resultados também qualitativos, que não podem ser submetidos a análises rigorosas formais ou matemáticas (KOTHARI, 2004).

- **Quanto à natureza, a pesquisa é aplicada:** a criação de conhecimento para aumentar a efetividade das ontologias e dos métodos usados para desenvolvê-las tem grande impacto em aplicações práticas.
- **Em relação aos objetivos, a pesquisa é exploratória:** a pesquisa visa aumentar a familiaridade sobre a possibilidade de integração de dois campos distintos de conhecimento para gerar novas questões e hipóteses sobre os problemas investigados.
- **Em relação aos procedimentos, a pesquisa é uma revisão bibliográfica sistemática e meta-analítica:** a revisão bibliográfica é feita a partir do levantamento de referências teóricas publicadas em meios escritos e eletrônicos, como livros, artigos científicos ou páginas de web sites. A revisão é sistemática porque respeita um conjunto de passos que descrevem desde a fase de coleta até a análise dos resultados da pesquisa. A revisão também é meta-analítica porque integra e combina os resultados de dois ou mais estudos independentes sobre uma determinada questão de pesquisa.

#### 3.1.4. Critérios para seleção da amostra

A amostra será composta por três metodologias de desenvolvimento de ontologia. As metodologias serão selecionadas a partir de uma pré-amostra de oito metodologias, que deverá identificar o nome do método, o(s) autor(es), o ano de publicação, o país em que o(s) autor(es) exerce(m) suas atividades de pesquisa, a área científica, o número de citações no Google Acadêmico e o tipo de ontologia que a metodologia objetiva construir. Após a análise da pré-amostra, a seleção das três metodologias para análise deverá respeitar critérios que, ao mesmo tempo, diversificam e uniformizam o grupo amostral:

- **Relevância:** a fundamentação da metodologia deve incluir os principais referenciais teóricos sobre as ontologias e sobre as metodologias usadas para desenvolvê-las, usando uma linguagem-padrão próxima à usada nesta dissertação. Em alguns casos, o número de citações no Google Acadêmico pode confirmar ou não a relevância da metodologia.

- **Rigor:** o desenvolvimento da metodologia deve ter sido realizado com rigor, revisando a literatura de forma sistemática, crítica e compreensiva, e seguindo uma sequência clara e pré-definida de etapas e procedimentos. A apresentação de resultados da avaliação do teste ou aplicação da metodologia é importante para garantir tanto o rigor quanto a relevância da metodologia.
- **Diversidade:** na medida do possível, as metodologias devem representar os diferentes domínios de conhecimento que estudam as ontologias. Esse critério visa atender uma das premissas que justificam este estudo - o design permite criar uma linguagem-padrão extensível a diferentes campos, permitindo o intercâmbio de conhecimento e experiências entre profissionais de diferentes áreas.

### 3.1.5. Etapas e atividades

A pesquisa foi realizada em quatro etapas com atividades específicas, representadas na [Figura 17. Etapas e atividades da pesquisa:](#)



**Figura 17.** Etapas e atividades da pesquisa

**Fonte:** Elaboração própria

- **Etapa 1 - Elaboração do projeto:** compreende a identificação do problema, a definição dos objetivos, a elaboração da justificativa, a delimitação dos referenciais teóricos e a definição preliminar da metodologia de pesquisa.

- **Etapa 2 - Revisão da literatura:** compreende a revisão crítica e abrangente da literatura da CI, da DSR e do desenvolvimento de ontologias, realizada com o objetivo de identificar e sintetizar os referenciais teóricos e metodológicos da pesquisa.
- **Etapa 3 - Desenvolvimento da pesquisa:** apresenta a metodologia da pesquisa, a criação do modelo de análise de métodos de desenvolvimento de ontologias e sua aplicação nos três estudos de caso selecionados.
- **Etapa 4 - Apresentação dos resultados:** apresenta os resultados da aplicação do modelo de análise de métodos para desenvolver ontologias, identifica as contribuições de pesquisa para a CI, para a DSR e para as áreas interessadas no desenvolvimento de ontologias e propõe recomendações para estudos futuros, além de apresentar a conclusão geral da pesquisa.

### **3.2. Criação da Metodologia de Análise de Artefatos**

Esta seção apresenta a Metodologia de Análise de Artefatos (MAA), incluindo seu propósito, seus objetivos, as informações de contexto e os fundamentos teóricos que justificam seu desenvolvimento e suas variáveis e componentes de análise.

#### **3.2.1. Propósito**

Criar e representar uma metodologia para analisar e gerar conhecimento sobre artefatos de design.

#### **3.2.2. Objetivos**

São objetivos específicos da MAA:

- Estabelecer os fundamentos teóricos para análise de artefatos de design;
- Criar uma linguagem-padrão para análise de artefatos de design;
- Criar um processo para análise de artefatos, com etapas e atividades e métodos;
- Gerar conhecimentos úteis, novos ou únicos sobre os artefatos de design;
- Recomendar ações para aperfeiçoar artefatos de design.

### 3.2.3. Contexto e justificativa

As metodologias precisam atender, ao mesmo tempo, critérios de relevância, rigor e ressonância: elas devem ser úteis para o problema que objetivam resolver, desenvolvidas com base em melhores práticas e em uma sequência pré-definida de etapas e ferramentas, e capazes de representar e comunicar seu conteúdo para usuários e partes interessadas com efetividade.

Artefatos como as metodologias podem ser aperfeiçoados com teorias de projeto mais precisas e procedimentos de avaliação mais rigorosos (VENABLE; BASKERVILLE, 2012). A criação do MAA é importante para uniformizar os conceitos e as variáveis usadas para analisar artefatos e, assim, criar uma linguagem-padrão para compartilhar conhecimento e experiências entre profissionais de diferentes campos.

### 3.2.4. Componentes da MAA

A MAA é constituída por três componentes básicos: um construto, que representa de forma básica as entidades de interesse em uma teoria, sejam elas fenômenos físicos ou termos teóricos abstratos; um modelo, com declarações que expressam relações entre os construtos e representam situações da realidade; e um processo, que descreve as etapas, as atividades e as técnicas de análise mais adequadas a cada uma delas.

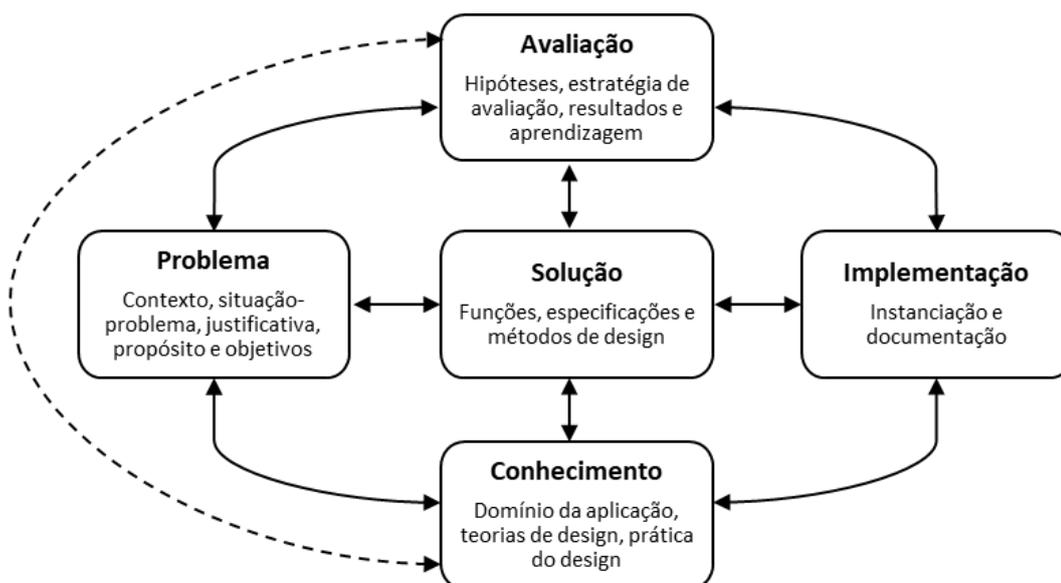
### 3.2.5. Construto da análise de artefatos

A MAA está fundamentada teoricamente na DSR. Uma vez que esses fundamentos já foram apresentados no capítulo 2. REVISÃO DA LITERATURA, seção 2.2. Design Science, e sintetizados na subseção Síntese, não é necessário repeti-los aqui.

### 3.2.6. Modelo de análise de artefatos

O processo de desenvolvimento de um artefato pode ser decomposto em unidades menores, que representam os espaços e os componentes de um processo de design. Ao longo desse processo, várias iterações acontecem entre esses espaços, que estão representados na

**Erro! Fonte de referência não encontrada.:**



**Figura 18.** Espaços e componentes de um projeto de design  
**Fonte:** Elaboração própria

Os espaços representados no modelo são fundamentados diretamente na síntese apresentada ao final da seção Síntese (p. 114), mais especificamente na Figura 15. Componentes da DSR (p. 115) e no Quadro 4. Estratégias e métodos de avaliação na DSR (p. 116), que sintetizam as ideias dos principais autores da DSR.

### 3.2.6.1. Espaço do problema

O espaço do problema, termo criado por Venable (2006), está relacionado à situação-problema que se deseja mudar com a criação do artefato. A ideia de problema, intrínseca à ideia de design, aparece nas ideias dos autores da DSR nos seguintes termos: limites e unidades do problema (DUBIN, 1978), meta-requisitos do problema (WALLS et al., 1992; MARCH; SMITH, 1995), requisitos gerais do problema (BASKERVILLE; PRIES-HEJE, 2010), relevância do problema ou ciclo de relevância (HEVNER et al., 2004), identificação do problema e da motivação (OSTROWSKI, 2011) ou, ainda, propósito e escopo do projeto de design (GREGOR; JONES, 2006).

Os problemas de design são chamados de *wicked problems*, um tipo de problema que não se submete a técnicas das ciências exatas, pois não possuem soluções ótimas, apenas soluções apropriadas ou satisfatórias. Um *wicked problem* pode ser decomposto em problemas menores, que representam aspectos-chave do problema. Segundo Cross (2008), um *wicked problem* não possui formulação ou solução definitiva, pois sua formulação muda à medida que o contexto muda e novas informações ficam disponíveis e necessidades são

criadas ou eliminadas. Além disso, a formulação de um *wicked problem* pode ter inconsistências, que só emergem durante o processo de resolução. O autor também observou que a formulação do problema depende de sua solução, influenciando e sendo influenciado por ela. Nessa perspectiva formular um problema é um meio para entendê-lo melhor.

Segundo Gregor e Jones (2007), o propósito do artefato deve ser especificado levando em conta o contexto do problema. Já os objetivos ou meta-requisitos do problema são requisitos aplicáveis a toda uma categoria de artefatos dentro de um domínio delimitado, que especificam o tipo de artefato e as teorias aplicáveis, determinando os princípios de forma e função do artefato. É importante lembrar que o designer é um parceiro dos donos do problema, sejam eles clientes, usuários ou comunidades. Assim, ele deve atender necessidades e desejos que nem sempre fazem parte da solução do problema (CROSS, 2008).

O espaço do problema é constituído pelo contexto, situação-problema, justificativa, propósito e objetivos do artefato criado para solucionar o problema. Esses componentes estão descritos no Quadro 5. Espaço do problema:

Espaço	Componente	Descrição do componente
Problema	Contexto do problema	O contexto compreende elementos dos ambientes interno, transacional e não-transacional da organização que influenciam o desenvolvimento e o uso do artefato. O ambiente interno à organização é composto pela estratégia, processos, pessoas, tecnologia e mecanismos de coordenação e liderança. O ambiente transacional é o ambiente externo sob influência da organização (relação com usuários, clientes e fornecedores), e o não-transacional é o ambiente externo fora da influência (político, econômico, social, ambiental e tecnológico).
	Situação-problema	Descreve a situação-problema que se deseja mudar com o artefato. A descrição do problema é essencial para definir os objetivos do artefato. Sua formulação deve levar em conta causas e efeitos, e focar na solução das mais relevantes. Deve também explicitar sua unidade e seus limites, e admitir múltiplas possibilidades de solução. Um problema pode ser decomposto em problemas menores, que possibilitam soluções mais simples e menos onerosas em termos recursos.
	Justificativa	A justificativa deve explicitar porquê o artefato é importante e desejável, evidenciando os impactos caso ele não seja criado. A justificativa pode refletir uma questão prática ou uma questão teórica, a depender do objetivo do artefato.
	Propósito	O propósito do artefato deve ser descrito de forma sucinta e suficiente para resolver o problema de forma completa, sem indicar ou restringir as possíveis soluções.
	Objetivos	Os objetivos podem incluir características gerais dos artefatos, determinando os princípios de forma e função do artefato. Os objetivos podem incluir critérios e parâmetros de desempenho relacionados à relevância, rigor, ressonância ou aptidão (que inclui nove características relacionadas à adaptabilidade e sustentabilidade dos artefatos - ver <u>Figura 9. Modelo de avaliação Aptidão-Utilidade</u> , p. 88) dos artefatos.

**Quadro 5.** Espaço do problema

**Fonte:** Elaboração própria

### 3.2.6.2. Espaço da solução

O espaço da solução, termo também usado por Venable (2006), é um conceito bem formulado nas ideias de todos os autores da DSR analisados. O espaço da solução foi definido usando os seguintes termos: meta-descrição requisitos (WALLS et al., 1992), meta-design (MARCH; SMITH, 1995; OSTROWSKI, 2011), design como artefato (HEVNER et al., 2004), princípios de forma e função, mutabilidade do artefato (GREGOR; JONES, 2006), componentes gerais (BASKERVILLE; PRIES-HEJE, 2010) ou objetivos da solução (OSTROWSKI, 2011).

Os princípios de forma e função definem a estrutura, organização e o funcionamento dos produtos e métodos de design, estabelecendo suas propriedades, funções e atributos gerais (GREGOR; JONES, 2006). De acordo com Hevner (2007), a busca pela solução de um problema é caracterizada pela repetitividade entre a construção de um artefato, sua avaliação e o *feedback* subsequente para refinar o design. Essa é a base do ciclo teste-gerador de Simon (1997), que gera alternativas de projeto até que um projeto satisfatório seja alcançado, por meio da avaliação iterativa e contínua da solução em relação aos seus requisitos.

Os requisitos de uma solução são determinados pelos objetivos do problema e determinam suas especificações. Assim como um problema, é possível decompor uma solução em projetos menores para resolver aspectos específicos da situação-problema. Segundo Simon (1997), o desenho de um artefato complexo obedece a uma hierarquia, que pode ser decomposta em componentes semi-independentes correspondentes às suas partes funcionais. Nessa perspectiva, o reconhecimento das interdependências entre os componentes de um problema e as funções do artefato é essencial para o sucesso de um projeto de design - afinal, a utilidade de um artefato é gerada por meio de suas funções.

O espaço da solução também compreende a análise e escolha dos métodos de design que, segundo Cross (2008), são os procedimentos, técnicas ou ferramentas usadas de forma combinada no processo de design com o objetivo de gerar melhores resultados com o produto de design. A escolha dos métodos de design é influenciada pelo objetivo e pelas características desejadas do artefato, e influenciam sua qualidade ao final do processo de desenvolvimento.

São componentes do espaço da solução: as funções, as especificações de desempenho das funções e os métodos de design usados no processo de desenvolvimento do artefato. Esses componentes estão representados no Quadro 6. Espaço da solução:

Espaço	Componente	Descrição do componente
Solução	Funções	As funções são os principais componentes de um artefato, e estão relacionadas a como esse artefato interage com o mundo real. Os mecanismos descrevem como as funções são realizadas, e podem ser descritos na forma de atividades e processos, com insumos, produtos e ferramentas ou de teorias explicativas e causais. O funcionamento dos mecanismos é fortemente influenciado pelo domínio de aplicação, mas podem apresentar efeitos semelhantes em diferentes contextos.
	Especificações	As especificações traduzem objetivos em níveis de desempenho do artefato. Algumas categorias de especificações são comuns às metodologias: escopo (etapas e atividades), aplicabilidade (domínio e tipo de ontologia), rigor (apresentação do processo de desenvolvimento e resultados da instanciação do método) e ressonância (qualidade da informação comunicada pelo artefato às partes interessadas).
	Métodos de design	Métodos de design são procedimentos, técnicas e ferramentas usadas de forma combinada no processo de design, com o objetivo de gerar melhores resultados com o produto de design. Métodos externalizam os processos de pensamento humanos em gráficos e diagramas que servem para comunicar o artefato. Os métodos possuem propósitos diferentes, que variam com os aspectos e as etapas do projeto de design. Métodos criativos estimulam o pensamento criativo ao aumentar o fluxo de ideias, remover bloqueios mentais e expandir a área de busca por soluções. Métodos racionais possuem objetivos semelhantes e complementares aos criativos, encorajando uma abordagem sistemática para o processo de design.

**Quadro 6.** Espaço da solução  
**Fonte:** Elaboração própria

### 3.2.6.3. Espaço do conhecimento

O espaço do conhecimento articula objetivos, forma, processos e materiais (GREGOR, 2006), e compreende o conhecimento sobre o domínio da aplicação, relacionada ao contexto do problema e da sua solução, o conhecimento de teorias de design, que fornecem prescrições explícitas para construir um artefato, como métodos, técnicas e princípios de forma e função e o conhecimento da prática do design, que tem origem na reflexão sobre a atividade profissional dos designers.

Alguns autores usaram termos bem específicos para os componentes do espaço do conhecimento, como teorias kernel do produto e teorias kernel do processo (WALLS et al., 1992). Hevner et al. (2004) usaram os termos rigor da pesquisa e ciclo de rigor, que consideram as iterações com a base de conhecimento, mas excluem o conhecimento da prática-reflexiva do design, considerado parte do ambiente interno (ver [Figura 8. Os 4 ciclos do design](#) (p. 87)). Por outro lado, Ostrowski (2011) considerou a prática do design como um elemento do espaço de implementação.

Outros autores consideraram o espaço do conhecimento na forma das teorias usadas para avaliar e justificar a relevância (utilidade) da solução para resolver um determinado

problema e, ao mesmo tempo, garantir o rigor do processo de design. Essa ideia está presente em conceitos como afirmação prescritiva (MARCH; SMITH, 1995), conhecimento justificatório (GREGOR; JONES, 2006), relação entre espaço do problema e da solução (VENABLE, 2006) e relação entre requisitos e componentes gerais (BASKERVILLE; PRIES-HEJE, 2010). Gregor e Hevner (2013) apresentaram um modelo para compreensão do papel do conhecimento em design, apresentado na [Figura 13. Os papéis do conhecimento na DSR](#) (p. 107).

Levando em consideração essas referências, o espaço do conhecimento é constituído por três componentes: conhecimento sobre o domínio da aplicação, conhecimento sobre teorias de design (construtos, modelos, métodos e instanciações) e conhecimento reflexivo da prática do design, representados no [Quadro 7. Espaço do conhecimento](#):

Espaço	Componente	Descrição do componente
Conhecimento	<b>Domínio da aplicação</b>	O conhecimento sobre o domínio de aplicação é usado para formular o problema, definir objetivos e para desenvolver e avaliar o artefato, confirmando ou não a afirmação prescritiva que deu origem ao projeto de design (relação entre espaço do problema e da solução).
	<b>Teorias de design</b>	As teorias de design fornecem prescrições explícitas (métodos, técnicas, princípios de forma e função) para construir um artefato (GREGOR, 2006). A principal diferença entre as teorias do design e das ciências naturais é a intenção: enquanto as ciências naturais buscam a verdade, a <i>design science</i> busca criar uma utilidade situacional. O conhecimento sobre as teorias de design compreende, além das teorias em sentido estrito, os construtos, modelos, métodos e instanciações dos artefatos. As instanciações dos artefatos são fontes importante de conhecimento de design, pois permitem identificar e extrapolar mecanismos usados com sucesso para situações diferentes.
	<b>Prática do design</b>	A prática de design refere-se ao conhecimento prático e reflexivo sobre o processo de design, obtido por meio da experiência e compreensão crítica, da antecipação, do conhecimento situacional, da habitualização e do conhecimento tácito. Esse tipo de conhecimento é manifestado na prática profissional dos designers, e está, em sua maior parte, em suas cabeças. Criar meios para transformar o conhecimento tácito em conhecimento explícito é importante para fortalecer o design como ciência.

**Quadro 7.** Espaço do conhecimento

**Fonte:** Elaboração própria

#### 3.2.6.4. Espaço da implementação

O espaço da implementação ou instanciação está relacionado à materialização do design, que deixa de ser uma ideia abstrata e passa a produzir efeitos no mundo real, ainda que de forma simulada ou controlada. As instanciações permitem comunicar o artefato para usuários, clientes e demais partes interessadas.

Na DSR, Gregor e Jones (2006) usaram o termo exposição instanciadora, enquanto Hevner et al. (2004) fizeram referência ao termo design como processo de busca. Walls et al.

(1992) e Ostrowski e Helfert (2012) usaram os termos método de design, prática do design e demonstração, relacionando-os aos meios para realização do projeto de design. Para outros autores, a ideia de implementação ficou subentendida nos conceitos relação entre espaço do problema e da solução (VENABLE, 2006) e relação entre requisitos e componentes gerais (BASKERVILLE; PRIES-HEJE, 2010), que têm como premissa de que é necessário provar que o artefato produz os efeitos desejados no mundo real.

Portanto, diferentemente dos outros espaços, o espaço da implementação não aparece de forma uniforme nas ideias dos autores da DSR. Uma das razões é que, em alguns casos, não fica claro onde começa e termina o processo de design. Assim, com base na Figura 3. Processo de planejamento na *Design Science* (p. 65), o modelo de análise proposto considera que o processo de design começa na definição do problema e termina na documentação e comunicação do artefato, seguida pela decisão de iniciar ou não um plano maior (CROSS, 2008).

Levando em consideração esses diferentes aspectos, o espaço de implementação é constituído pelos seguintes componentes: estratégia e métodos de instanciação, a exemplo de demonstrações, provas de conceito, protótipos ou testes de mercado, e a documentação, do processo, do artefato e de suas as instanciações. Esses componentes estão descritos no Quadro 8. Espaço da implementação:

Espaço	Componente	Descrição do componente
Implementação	Instanciação	<p>Dependendo da estratégia de instanciação, diferentes métodos de design podem ser adotados para instanciar um artefato.</p> <p>Uma demonstração simples apresenta um resultado ou progresso do projeto - não é um produto, nem uma funcionalidade completa.</p> <p>Uma prova de conceito é a apresentação de uma ideia abstrata de algo que ainda não existe - é um projeto interno menor para testar um conceito, que não leva em conta a usabilidade do produto.</p> <p>Um protótipo é um produto que, apesar de inacabado, permite às partes interessadas compreender como seus resultados. Um protótipo funciona como um modelo interativo e funcional do produto, permitindo antecipar erros, gerar novas ideias e confirmar a direção do desenvolvimento do artefato.</p> <p>Um produto mínimo viável (MVP) é o teste no mercado de uma forma mínima do produto, deslocando o foco das características do produto para a reação dos usuários, confirmando a viabilidade, a usabilidade, a demanda de mercado e as suposições dos designers sobre o produto.</p>
	Documentação	A documentação do projeto é o registro, em mídia física ou digital, de informações relacionadas aos espaços e componentes de design: problema, solução, conhecimento, implementação e avaliação. A documentação de uma metodologia viabiliza tanto o seu uso quanto sua avaliação.

**Quadro 8.** Espaço da implementação

**Fonte:** Elaboração própria

### 3.2.6.5. Espaço da avaliação

O espaço da avaliação está relacionado à produção e disseminação de informações que permitem verificar a qualidade e a utilidade dos artefatos produzidos, entre outras características.

Na literatura da DSR, apesar dos diferentes termos usados, as ideias e termos são bastante uniformes. Os elementos da avaliação se dividem em dois grupos, relacionados à avaliação do produto e, em menor medida, ao processo de design: proposições e indicadores empíricos (DUBIN, 1978), hipóteses de produto e de processo (WALLS et al., 1992), avaliação do projeto (HEVNER et al., 2004), proposições testáveis (GREGOR; JONES, 2006), avaliação artificial/naturalista (OSTROWSKI, 2011) e, novamente, relação entre espaço do problema e da solução, relação entre requisitos e componentes gerais, (VENABLE, 2006; BASKERVILLE; PRIES-HEJE, 2010) e afirmação prescritiva (MARCH; SMITH, 1995). Outro elemento relacionado ao espaço da avaliação é a comunicação dos resultados do projeto para suas partes interessadas, apresentado nas ideias de Hevner et al. (2004) e Ostrowski (2011).

Portanto, o espaço da avaliação tem como componentes: hipóteses testáveis, estratégia e métodos de avaliação, resultados e aprendizagem. Esses componentes estão representados no Quadro 9. Espaço da avaliação:

Espaço	Componente	Descrição do componente
Avaliação	Hipóteses testáveis	As proposições e hipóteses testáveis são declarações verificáveis por meio de indicadores empíricos sobre a capacidade do produto do design para resolver a situação-problema. Os resultados de uma avaliação são transformados em lições aprendidas e recomendações, usadas para retroalimentar o processo de design.
	Estratégia de avaliação	A estratégia de avaliação compreende a identificação dos objetivos da avaliação dos métodos que serão usados. Por sua vez, o tipo de avaliação depende da natureza e do objetivo do objeto avaliado, bem como do momento de aplicação da avaliação. A avaliação é artificial quando o artefato é puramente técnico, ou naturalista quando o artefato é sociotécnico (maior parte dos casos). A avaliação é <i>ex-ante</i> quando realizada antes da implementação do artefato (análise custo-benefício), ou <i>ex-post</i> quando executada após a instanciação do artefato (análise custo-efetividade). Os métodos de avaliação variam com o objetivo e o tipo da avaliação. Diversos métodos para avaliação de projetos de design foram sintetizados no <u>Quadro 4. Estratégias e métodos de avaliação na DSR</u> (p. 116).
	Resultados	Os resultados comprovam ou rejeitam as hipóteses formuladas sobre a capacidade do artefato para resolver a situação-problema.

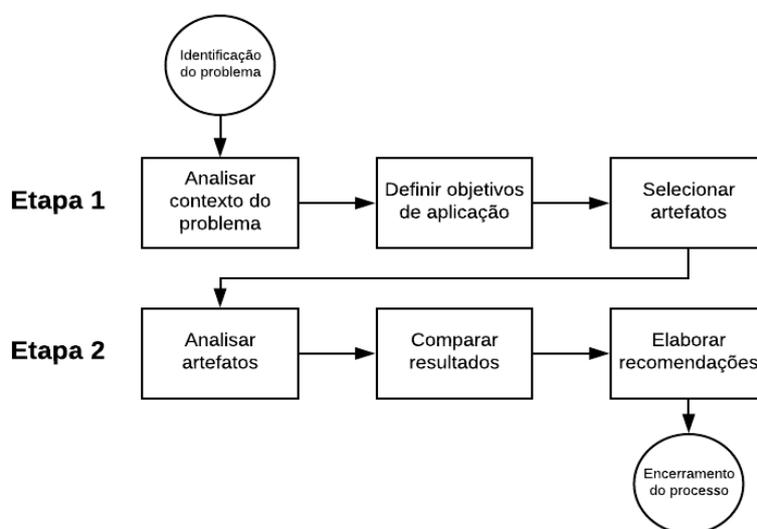
Espaço	Componente	Descrição do componente
	<b>Aprendizagem</b>	A aprendizagem está relacionada à comunicação dos resultados e lições aprendidas para as partes interessadas do projeto, como usuários, clientes e parceiros, que possuem necessidades de informação distintas.

**Quadro 9.** Espaço da avaliação

**Fonte:** Elaboração própria

### 3.2.7. Processo de análise de artefatos

O processo de análise de artefatos está dividido em duas etapas com três processos em cada uma delas, representados na Figura 19. Processo de análise de artefatos:



**Figura 19.** Processo de análise de artefatos

**Fonte:** Elaboração própria

- **Análise do contexto do problema:** após a identificação ou comunicação do problema por alguma parte interessada, é necessário analisar seu contexto, causas e efeitos para determinar seus requisitos. A análise do contexto do problema compreende as seguintes atividades: identificar o domínio de conhecimento do problema; analisar causas e efeitos do problema; identificar fatores internos e externos que influenciam o problema; formular a situação-problema.
- **Definição dos objetivos de aplicação:** a MAA deve ser aplicada tendo em vista um propósito e objetivos relacionados à geração de conhecimento sobre algum tipo ou categoria de artefatos. Na MAA, os objetivos da aplicação determinam as hipóteses testáveis do problema. Além disso, esses objetivos podem variar de acordo com o contexto do problema ou com as características dos artefatos analisados. Por exemplo, se o problema é a necessidade de criar artefatos mais

úteis, os objetivos da análise deverão enfatizar os aspectos funcionais dos artefatos, que podem exigir sua análise em uma situação real de uso. Por outro lado, se o problema é a falta de rigor metodológico, aspectos relacionados ao domínio do conhecimento e aos métodos usados ganham maior relevância na análise. São atividades do processo: definir propósito da aplicação; definir objetivos específicos da aplicação; definir hipóteses testáveis.

- **Seleção de artefatos:** a amostra de artefatos para análise deverá ser selecionada de acordo com critérios pré-definidos que, por sua vez, precisam estar alinhados ao objetivo de aplicação da MAA. A seleção de artefatos compreende as seguintes atividades: revisar literatura; definir critérios de seleção da amostra; selecionar pré-amostra; selecionar amostra final.
- **Análise de artefatos:** Os artefatos devem ser analisados individualmente antes da comparação. A análise dos artefatos leva em conta a descrição dos espaços (problema, solução, conhecimento, implementação e avaliação) e dos componentes de design dos artefatos. São atividades da análise de artefatos: decompor artefatos em espaços e componentes; analisar espaços e componentes.
- **Comparação de resultados:** a depender dos objetivos da aplicação do MAA, os resultados das análises podem ser comparados em relação a cada espaço ou componentes dos artefatos. Existem diversas técnicas de análise comparativa, como análise de semelhanças e diferenças, pontos fortes e fracos, atributos-chave e comparação à luz dos referenciais teóricos do domínio do artefato. São atividades dessa etapa: definir critérios de comparação; realizar análise comparativa; sintetizar resultados da análise comparativa.
- **Elaboração de recomendações:** as recomendações são contribuições de conhecimento, que consideram os resultados da análise para indicar alternativas de ação para aperfeiçoar a categoria de artefatos analisados ou cada um deles individualmente. As considerações finais podem incluir qualquer informação relevante para as partes interessadas, como as percepções do pesquisador, limitações da metodologia e recomendações de desenvolvimento. As atividades dessa etapa são: gerar recomendações; elaborar considerações finais.

### **3.3. Aplicação da Metodologia de Análise de Artefatos**

A aplicação da MAA compreende a análise do contexto, a definição dos objetivos da aplicação, a seleção artefatos (no caso, metodologias de desenvolvimento de ontologias), a análise dos artefatos, a comparação dos resultados e a elaboração de recomendações para aperfeiçoar os artefatos analisados.

#### **3.3.1. Análise do contexto do problema**

As ontologias são artefatos de informação usados para representar, organizar e compartilhar conhecimento. Com sua crescente aplicação e estudo em diferentes campos, é possível encontrar na literatura diversos métodos para desenvolver ontologias. Contudo, esses métodos apresentam uma série de fragilidades metodológicas que influenciam negativamente os métodos de desenvolvimento e a qualidade das ontologias, prejudicando o alcance do propósito para o qual foram criadas:

- Lacuna nas abordagens de análise de usuários, domínios e atividades (MAI, 2008);
- A nomeação de termos de forma intuitiva e sem o uso de métodos sistemáticos e escassez de conhecimento para definir, identificar e relacionar conceitos (GUIMARÃES, 2015);
- A ausência de avaliações sistemáticas impede que usuários obtenham informações importantes sobre as ontologias, como sua cobertura, inteligibilidade para usuários e curadores humanos, validade, solidez, consistência, tipos de inferências e capacidade de adaptação e reuso (OBRST et al., 2006);
- A multidisciplinaridade e variedade terminológica do campo, que trabalha com conceitos de áreas distintas, prejudica o compartilhamento de conhecimento entre campos distintos.

Usar a MAA para analisar comparativamente as metodologias para desenvolver ontologias permite identificar suas semelhanças, diferenças, pontos fracos e pontos fortes, gerando conhecimentos para aperfeiçoar esses artefatos e aumentar a efetividade das ontologias desenvolvidas. Além disso, o uso da MAA uniformiza os conceitos e as variáveis de análise, criando uma linguagem-padrão que possibilita o compartilhamento de conhecimento e experiências entre profissionais de diferentes campos.

### **3.3.2. Propósito da aplicação**

Aperfeiçoar as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

### **3.3.3. Hipóteses testáveis**

1. A análise das semelhanças, diferenças, pontos fortes e fracos das metodologias de desenvolvimento de ontologias revela que não há metodologia perfeita.
2. As metodologias de desenvolvimento de ontologias podem ser aperfeiçoadas por meio da decomposição e comparação de seus componentes com os mesmos componentes de artefatos semelhantes.

### **3.3.4. Objetivos da aplicação**

1. Comparar as características das metodologias de desenvolvimento de ontologias para encontrar semelhanças, diferenças, pontos fortes e pontos fracos.
2. Elaborar recomendações para aperfeiçoar as metodologias de desenvolvimento de ontologias.

### **3.3.5. Seleção da amostra**

A pesquisa dos termos relacionados as metodologias para desenvolver ontologias na literatura revelou uma quantidade razoável de resultados, publicados principalmente no período entre 1995 e 2006 (GRUNINGER; FOX, 1995; USCHOLD; KING, 1995; FERNÁNDEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997; LOZANO-TELLO; GÓMEZ-PÉREZ, 2004; PINTO; STAAB; TEMPICH, 2004; SURE; STAAB; STUDER, 2004; BATISTA et al., 2006).

Nessa mesma época, Gómez-Pérez e outros autores publicaram alguns estudos investigando a natureza e a qualidade dos métodos de desenvolvimento de ontologias (USCHOLD; GRUNINGER; USCHOLD, 1996; BENJAMINS; GÓMEZ-PÉREZ, 1999; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ, 2002; CORCHO; FERNÁNDEZ; GÓMEZ-PÉREZ, 2003).

Fora desse intervalo, as publicações sobre metodologias para desenvolver ontologias ficam mais difíceis de encontrar. Ainda que alguns estudos tenham sido publicados na última década (LI; YANG; RAMANI, 2009; RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009; RAUTENBERG et al., 2010; OSTROWSKI; HELFERT, 2012; MENDONÇA; ALMEIDA, 2015; MENDONÇA; SOARES,

2017), outros trabalhos, que investigaram as metodologias, revelaram que o campo não avançou muito (SUBHASHINI; AKILANDESWARI, 2011; JONES; BENCH-CAPON; VISSER, 2012; WESTERINEN; TAUBER, 2017), fato confirmado pelas metodologias investigadas nesses estudos, as mesmas publicadas no período de grande produtividade dos anos anteriores.

Os critérios de seleção das metodologias, apresentados na seção Critérios para seleção da amostra (p. 120), foram: relevância, rigor, o objetivo da metodologia e o grau de formalização das ontologias desenvolvidas e, ainda, a diversidade das metodologias, de acordo com a área de conhecimento em que elas foram publicadas. Levando em conta esses critérios, foram selecionadas as seguintes ontologias, cujos artigos originais estão acessíveis por meio dos *hiperlinks*:

- [Ontology Development 101](#) (NOY; MCGUINNESS, 2001): o trabalho das autoras americanas, com origem na CC e na IA, aborda as questões de porquê construir uma ontologia, apresentando um método para criar ontologias baseado em sistemas declarativos de representação de conhecimento. O método usou experiências anteriores de outros autores, representando a metodologia com um exemplo de um tutorial de uma base de conhecimento de vinhos. As autoras observaram que, embora destinada a usuários de sistemas baseados em quadros, a metodologia pode ser útil para construir ontologias em qualquer sistema orientado a objetos. Em 01/01/2019, a publicação tinha 5.963 citações no Google Acadêmico.
- [Processo de desenvolvimento de ontologias](#) (RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009): desenvolvido no contexto da Engenharia do Conhecimento, o processo dos pesquisadores brasileiros combina melhores práticas metodológicas, das quais são abstraídas um conjunto de elementos expressivos e funcionais e uma rica variedade de artefatos de documentos, contemplando as atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação, validação e uso de ontologias em ambientes computacionais. O processo foi validado em pesquisas exploratórias e projetos de ontologias, com suporte da ontoKEM, uma ferramenta computacional desenvolvida pelos próprios autores. Em 01/01/2019, oito diferentes versões do artigo somavam 72 citações no Google Acadêmico.

- [Modelo de referência na DSR para reunir e modelar informações](#) (OSTROWSKI; HELFERT, 2012): criada por cientistas da computação irlandeses, a metodologia usa teorias da DSR para criar um modelo de coleta de informações para soluções para problemas de negócios, com capacidade de representar e reutilizar o conhecimento em domínios específicos. O modelo é caracterizado pelas atividades de revisão da literatura, colaboração com os profissionais e modelagem de informações. Em 01/01/2019, tinha 13 citações no Google Acadêmico.

O Quadro 10. Comparação das amostras de metodologias de desenvolvimento de ontologias apresenta as informações da pré-amostra identificada para o estudo destacando as metodologias selecionadas, com o nome da metodologia, os autores, o ano de publicação, o país em que os autores exercem suas atividades de pesquisa, a área científica, o número de citações no Google Acadêmico em 01/01/2019 e, por fim, o tipo de ontologia desenvolvida.

### **3.3.6. Critérios de análise**

As três metodologias de desenvolvimento de ontologias serão objeto de três tipos de análise. O primeiro consiste na descrição das características das metodologias à luz dos referenciais teóricos dos campos que estudam as ontologias e da DSR. O segundo tipo de análise compara as semelhanças e diferenças entre as metodologias, evidenciando se esses artefatos podem ser enquadrados em uma mesma categoria, e explicando se objetivos e resultados similares podem ser obtidos por meio de artefatos com características diferentes, e vice-versa. Por fim, o terceiro tipo de análise compara os pontos fortes e fracos das metodologias de desenvolvimento de ontologias, gerando informações importantes para aperfeiçoar esses artefatos, por meio da extrapolação das funções e características que geram maior utilidade para outros contextos.

Nome do método	Autor(es)	Ano	País	Área	Citações	Tipo de ontologia desenvolvida
<b>TOVE Enterprise Modelling</b> (GRUNINGER; FOX, 1995)	Michael Gruninger e Mark S. Fox	1995	Canadá	Inteligência Artificial	1.843	Descrever um método para guiar o design de ontologias. O exemplo usado é de uma ontologia que formaliza conhecimentos de perspectivas empresariais distintas, como eficiência, custo, qualidade e agilidade, e será usada para construção de um sistema de informação chamado Design e Execução de Empreendimentos, na Toronto Virtual Enterprise (TOVE).
<b>Methodology for Building Ontologies</b> (USCHOLD; KING, 1995)	Mike Uschold e Martin King	1995	Reino Unido	Gestão do Conhecimento Tecnologia da Informação	1.499	Delinear requisitos para um método compreensivo para construir todos os tipos de ontologias relatadas na literatura até o momento (da publicação do artigo), porém sem abordar questões sobre a codificação das ontologias em linguagem formal.
<b>METHONTOLOGY</b> (FERNÁNDEZ; GÓMEZ-PÉREZ; JURISTO, 1997)	Mariano Fernández, Asunción Gómez-Pérez e Natalia Juristo	1997	Espanha	Inteligência Artificial	1.917	Esclarecer aos leitores como construir uma ontologia a partir do zero, as atividades e as sequencia em que devem ser desempenhadas e o conjunto de técnicas relacionadas a cada uma delas. O método é exemplificado pela experiência dos autores com o desenvolvimento de uma ontologia no domínio dos produtos químicos.
<b>Ontology Development 101</b> (NOY; MCGUINNESS, 2001)	Noy e McGuinness	2001	Canadá	Ciência da Computação Inteligência Artificial	5.963	Criar um ponto de partida para o designer de ontologias, distinguidas dos projetos de classes e relações na programação orientada a objetos. O método é enriquecido com a experiência dos autores usando Protégé-2000, Ontolingua e Chimaera como ambientes de edição de ontologia, e exemplificado em um exemplo de uma ontologia de vinhos.
<b>On-To-Knowledge</b> (SURE; STAAB; STUDER, 2004)	Sure York, Steffen Staab e Rudi Studer	2004	Alemanha	Inteligência Artificial	390 (2 versões)	Apresentar um método para introduzir e manter aplicação de gestão do conhecimento baseada em ontologia em empreendimentos com foco em Processos de Conhecimento e Processos de Metaconhecimento. Os autores ilustram o método com um estudo de caso sobre habilidades de gestão.

Nome do método	Autor(es)	Ano	País	Área	Citações	Tipo de ontologia desenvolvida
<b>DILIGENT Methodology</b> (PINTO; STAAB; TEMPICH, 2004)	Sofia Pinto, Steffen Staab e Christoph Tempich	2004	Alemanha e Portugal	Inteligência Artificial	319	Apresentar a metodologia DILIGENT, que apoia especialistas de domínio para projetar e evoluir ontologias em ambientes distribuídos, com a ajuda de uma abordagem metodológica baseada na Teoria da Estrutura Retórica e no modelo DILIGENT de engenharia de ontologias, baseado em argumentação.
<b>Ontology Construction</b> (BATISTA et al., 2006)	Fernando Batista, Joana Paulo, Nuno Mamede, Paula Vaz e Ricardo Ribeiro	2006	Portugal		25	Descrever um método usado para criar uma ontologia para o domínio da cozinha que descreve o processo de construção, o ciclo de vida, os métodos aplicados, as decisões e os resultados. Para o desenvolvimento da aplicação, os autores usaram o <i>software</i> PROTÉGÉ.
<b>Processo de Desenvolvimento de Ontologia</b> (RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009)	Sandro Rautenberg, José Leomar Todesco e Fernando Gauthier	2009	Brasil	Ciência da Informação	72 (8 versões)	Apresentar um processo para desenvolver ontologias que compreende as atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação e validação de ontologias e a utilização de ambientes computacionais. Baseado em outros métodos, o processo foi validado em pesquisas exploratórias sobre ontologias, e fundamentou a implementação de uma ferramenta computacional de apoio chamada OntoKEM.
<b>Modelo de Referência para Criação de Artefatos</b> (OSTROWSKI; HELFERT, 2012)	Lukasz Ostrowski e Markus Helfert	2012	Holanda	<i>Design Science Research</i> (Sistemas de Informação)	13	Apresentar um modelo para coletar informações relevantes na produção de soluções para problemas de negócios, com capacidade para representar e reutilizar o conhecimento em domínios específicos. O método é caracterizado pelas atividades de revisão da literatura, colaboração com os profissionais e modelagem de informações.
<b>OntoForInfoScience</b> (MENDONÇA; ALMEIDA, 2015)	Fabrcio Martins Mendonça e António Lucas Soares	2017	Brasil e Portugal	Ciência da Informação	-	Descrever uma metodologia para construção de ontologias chamada OntoForInfoScience, que se diferencia pelo detalhamento das atividades do ciclo de desenvolvimento, esclarecendo termos técnicos, questões lógicas e filosóficas envolvidas na construção de ontologias.

**Quadro 10.** Comparação das amostras de metodologias de desenvolvimento de ontologias

Fonte: Elaboração própria

### 3.3.7. Análise 1: Guia *Ontology 101*

O primeira metodologia analisada é a *Ontology Development 101*, publicada no artigo *Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology* pelas pesquisadoras americanas Noy e McGuinness (2001). As autoras abordaram os motivos para construir uma ontologia e apresentaram uma metodologia baseada em sistemas declarativos de representação de conhecimento. A metodologia usou experiências anteriores de outros pesquisadores para instanciar o artefato, que foi apresentado por meio de um tutorial de uma base de conhecimento de vinhos. Segundo as pesquisadoras, embora destinada a usuários de sistemas baseados em quadros, a metodologia é útil para construir ontologias em qualquer sistema orientado a objetos.

A seguir, os espaços e componentes da metodologia *Ontology Development 101* são analisados, e comentados logo na sequência.

#### 3.3.7.1. Espaço do problema

Espaço	Componente	Descrição do componente
Problema	<b>Contexto do problema</b>	A aplicação crescente de ontologias em diferentes áreas (laboratórios de IA, internet e sistematização de domínios) demanda novos profissionais para desenvolvê-las.
	<b>Situação-problema</b>	O problema não está explícito, mas é possível relacioná-lo à uma possível lacuna de conhecimento na área: como desenvolver ontologias?
	<b>Justificativa</b>	As ontologias permitem compartilhar um entendimento comum da informação entre pessoas e máquinas, reusar conhecimento de domínios, explicitar pressupostos de domínio, separar o conhecimento de domínio do operacional e analisar o conhecimento de um domínio. Nesse contexto, uma metodologia para desenvolver ontologias permitiria desenvolver ontologias mais efetivas.
	<b>Propósito</b>	Criar <i>“um guia inicial que vai ajudar a um novo designer de ontologias a desenvolver ontologias”</i> .
	<b>Objetivos específicos</b>	Escopo da metodologia: <i>“O guia não deve abordar todas as questões que um desenvolvedor de ontologias gostaria, apenas prover um ponto de partida”</i> (p. 2) e <i>“indicar referências sobre estruturas e mecanismos de design mais complexos”</i> (p. 3). Natureza não-normativa da metodologia: <i>“não há uma maneira correta de modelar um domínio, a melhor solução sempre dependerá da aplicação e das extensões previstas”</i> (p. 4); Critérios de decisão de design: <i>“as decisões sobre o design da ontologia devem levar em conta as propriedades estruturais de uma classe, e não as propriedades operacionais, como acontece na programação orientada a objetos”</i> (p. 4). Abordagem de desenvolvimento: <i>“o desenvolvimento de ontologias é um processo iterativo e os conceitos usados devem estar próximos de objetos (físicos ou lógicos) e relacionamentos em seu domínio de interesse”</i> .

**Quadro 11.** Espaço do problema - *Ontology 101*

Fonte: Elaboração própria

O problema foi apresentado a partir da pergunta “por que desenvolver ontologias?”, e não “por que desenvolver metodologias para desenvolver ontologias?”. Apesar disso, a partir do contexto histórico e do objetivo do método, presume-se que a situação-problema é a lacuna de conhecimento sobre como desenvolver ontologias, em um cenário de crescente aplicação desses artefatos. Assim, para justificar a utilidade prática e acadêmica dos métodos, os autores identificaram uma grande variedade de aplicações que usam as ontologias e suas principais funções: compartilhar um entendimento comum da informação entre pessoas e máquinas, reusar conhecimento de domínios, explicitar pressupostos de domínio, separar o conhecimento de domínio do operacional e para analisar o conhecimento de um domínio.

Os objetivos da metodologia foram definidos de forma clara pelos autores, indicando: o público-alvo, na declaração de propósito da metodologia; o escopo, que contempla ontologias criadas a partir do zero, e não deve ser muito amplo, suprimindo as lacunas de conhecimento com referências; a natureza, que deve ser prescritiva (não-normativa); os critérios para as decisões de design da ontologias, que devem ser baseadas nas estruturas das entidades; a abordagem de desenvolvimento, que deve ser iterativa (prototipação).

### 3.3.7.2. Espaço da solução

Espaço	Componente	Descrição do componente
Solução	Funções	Criação da metodologia: definir princípios, sequenciar etapas e identificar ferramentas e técnicas para desenvolver uma ontologia a partir do zero. Representação da metodologia: descrever princípios, etapas e ferramentas para orientar profissionais sobre como desenvolver uma ontologia a partir do zero.
	Especificações	Princípios de forma e função: não há ontologias perfeitas; definição de classes com base em propriedades estruturais; processo iterativo de criação, <i>feedback</i> e aprendizagem. Etapas e atividades: determinar o domínio e o escopo da ontologia; considerar o reuso de ontologias; enumerar termos importantes; definir classes e hierarquias; definir as propriedades das classes; definir os slots das propriedades dos conceitos. Ferramentas e técnicas: a metodologia discute as ferramentas mais apropriadas a cada etapa, aplicando a ontologia na ferramenta PROTÉGÉ em cada uma delas. Representação da metodologia: a metodologia é representada com informações textuais, que incluem a representação da linguagem lógica formal da ontologia, e imagens representando sua instanciação no PROTÉGÉ.
	Métodos de design	Explicitação de conhecimento tácito: “as ideias que apresentamos aqui são aquelas que achamos úteis na nossa experiência ao desenvolver ontologias” (p.2). Revisão de literatura: a revisão da literatura serve para embasar apenas a parte introdutória da metodologia, que justifica a relevância das ontologias.

**Quadro 12.** Espaço da solução - *Ontology 101*

**Fonte:** Elaboração própria

A função “representação da metodologia”, que descreve princípios, etapas e ferramentas para orientar profissionais sobre como desenvolver uma ontologia a partir do zero, depende de atributos e especificações de desempenho como o escopo da metodologia representada (etapas, atividades e ferramentas), a abordagem utilizada (cascata ou prototipação) e as formas de demonstração (exemplos, casos de uso e instanciações). Em relação as atividades da metodologia *Ontology 101*, elas estão agrupas nas seguintes etapas:

1. **Determinar o domínio e o escopo da ontologia:** definir domínio, objetivo da ontologia, perguntas de competência (que devem ser respondidas pela ontologia), respostas da ontologia e os papéis relacionados ao uso e manutenção da ontologia. Esses elementos podem mudar a qualquer momento do projeto, mas são importantes para delimitar o escopo do projeto de criação da ontologia.
2. **Considerar o reuso de ontologias:** existem várias ontologias disponíveis, e que o grau de formalismo não deve ser um problema para reusá-las, uma vez que há vários *softwares* que fazem a importação para diferentes formatos.
3. **Enumerar termos importantes:** é importante listar todos os termos que se deseja fazer uma declaração a respeito, as características desses termos e o que seria desejável declarar sobre esses termos.
4. **Definir classes e hierarquias:** pode-se escolher uma abordagem *top-down*, de uma classe mais genérica para uma mais específica, uma abordagem *bottom-up*, de um termo mais específico para um mais geral, ou uma combinação dos dois.
5. **Definir as propriedades das classes:** é necessário descrever a estrutura interna dos conceitos (propriedades das classes ou *slots*) para conseguir responder as perguntas de competência. Os *slots* podem assumir diferentes formas, cardinais e de valor (strings, número, booleana, numerada ou instanciação).
6. **Definir os slots das propriedades dos conceitos:** ao definir um domínio ou um intervalo para um *slot*, deve-se buscar aqueles que podem ser o domínio ou o intervalo dos *slots*. Por outro lado, não se deve definir um domínio e intervalo excessivamente gerais: todas as classes no domínio de um *slot* devem ser descritas pelo *slot*, e as instâncias de todas as classes no intervalo de um *slot* devem ser potenciais preenchedores do intervalo do *slot*.

7. **Criar instâncias:** criar instâncias individuais de classes na hierarquia, que exige escolher uma classe, criar uma instância individual e preencher os valores do slot.

Além de apresentar as atividades da metodologia, os autores descreveram uma série de melhores práticas sobre a definição de hierarquias entre as classes, definição de propriedades das classes, convenções sobre a nomeação de termos (escolha de letras maiúsculas, delimitadores, singular ou plural, prefixos e sufixos, entre outros) e outros recursos para análise de ontologias como a ferramenta Chimaera, que checa a correção lógica da ontologia e diagnostica erros comuns em seu design.

### 3.3.7.3. Espaço do conhecimento

Espaço	Componente	Descrição do componente
Conhecimento	Domínio da aplicação	Design orientado a objetos: Humphreys e Lindberg (1993); Rumbaugh et al. (1991); Booch, Rumbaugh e Jacobson (1997). Ontologias e representação do conhecimento: Rosch (1978); Musen (1992); Gruber; (1993); McGuinness et al. (1994); Musen et al. (1996); McGuinness e Wright (1998); Gómez-Pérez (1998); Brickley e Guha (1999); Hendler e McGuinness (2000). Metodologias para desenvolver ontologias: Uschold e Gruninger (1996); McGuinness et al. (2000); Gruninger e Fox (1995). Ferramentas: Farquhar (1997); Ontolingua (1997); Benjamins et al. (2000); Chimaera (2000); PROTÉGÉ (2000).
	Teorias de design	Precedentes de design: o exemplo do tutorial de vinhos foi baseado em um artigo descrevendo o CLASSIC, um sistema de representação de conhecimento baseado em uma abordagem lógico-descritiva, escrito por Brachman et al. (1991). Os autores também usaram o tutorial do CLASSIC criado por McGuinness et al. (1994) como ponto de partida para criação do método.
	Prática do design	A metodologia foi enriquecida com a experiência dos autores usando Protégé-2000, Ontolingua e Chimaera como ambientes de edição de ontologia.

**Quadro 13.** Espaço do conhecimento - *Ontology 101*

**Fonte:** Elaboração própria

Como fonte de conhecimento de domínio, além da literatura sobre design orientado a objetos, os autores revisaram ideias dos principais autores sobre ontologias e as metodologias para desenvolvê-las existentes na época. Sobre o conhecimento de teorias do design, dois artigos científicos (artefatos instanciados) sobre o sistema CLASSIC funcionaram como precedentes de design. Já o conhecimento sobre a prática de design tem origem na experiência prévia dos pesquisadores com editores de ontologias, usado para enriquecer o método *Ontology 101*.

### 3.3.7.4. Espaço da implementação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Implementação	Instanciação	Prototipação: o método foi instanciado usando um caso de uma ontologia de vinhos, implementada no software Protégé-2000.
	Documentação	Artigo científico: documento com informações textuais, incluindo códigos de representação em linguagem formal, além de imagens anotadas com o passo-a-passo da instanciação do método no software PROTÉGÉ. O artigo foi publicado pelo <i>Stanford Knowledge Systems Laboratory</i> (2001, p. 1-25).

**Quadro 14.** Espaço da implementação - *Ontology 101*

Fonte: Elaboração própria

Antes de sua publicação, o método foi instanciado usando o software PROTÉGÉ, um “*sistema baseado em quadros descreve ontologias declarativamente, declarando explicitamente qual é a hierarquia de classes e a quais classes as pessoas pertencem*” (NOY; MCGUINNESS, 2001). Tanto a descrição do método quanto sua instanciação foram detalhadamente documentadas. O artigo reuniu, além das informações textuais sobre as etapas e atividades, os códigos de representação em linguagem formal e imagens anotadas com o passo-a-passo da instanciação da metodologia no software PROTÉGÉ.

### 3.3.7.5. Espaço da avaliação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Avaliação	Hipóteses testáveis	A metodologia ensina a construir ontologias a partir do zero e a instanciá-las no software PROTÉGÉ-2000.
	Estratégia de avaliação	A metodologia não foi avaliada.
	Resultados	Não foram apresentados resultados relacionados à instanciação da metodologia.
	Aprendizagem	A metodologia não foi avaliada e, portanto, não gerou resultados de aprendizagem.

**Quadro 15.** Espaço da avaliação - *Ontology 101*

Fonte: Elaboração própria

No artigo analisado, não foi apresentado qualquer informação sobre a avaliação da metodologia. Mesmo assim, quase duas décadas depois, o artigo possui quase 6 mil citações do artigo no Google Acadêmico. Assim, é possível afirmar que a *Ontology 101* apresentou resultados significativos como trabalho científico, sendo até hoje uma das principais referências sobre metodologias de desenvolvimento de ontologias.

### 3.3.8. Análise 2: Processo de desenvolvimento de ontologias

A segunda metodologia analisada, chamada genericamente de processo de desenvolvimento de ontologias, foi publicada no artigo “Processo de Desenvolvimento de Ontologias: uma Proposta e uma Ferramenta” (2009) pelos pesquisadores brasileiros Sandro Rautenberg, José Leomar Todesco e Fernando Gauthier. Considerando os múltiplos ciclos de vida das ontologias, que limita a aplicação das metodologias de desenvolvimento, os pesquisadores criaram um processo combinando as “melhores práticas metodológicas” da literatura. Validado em pesquisas exploratórias de projetos de ontologias, o processo foi apoiado por uma ferramenta computacional de apoio desenvolvida pelos próprios autores, chamada ontoKEM. Em 01/01/2019, oito diferentes versões do mesmo artigo somavam 72 citações no google acadêmico, sendo a primeira versão datada de 2008.

A seguir, os espaços e componentes do processo de desenvolvimento de ontologias são analisados e comentados logo na sequência.

#### 3.3.8.1. Espaço do problema

Espaço	Componente	Descrição do componente
Problema	Contexto do problema	“Várias metodologias foram propostas para ontologias (CORCHO et al., 2003); cada metodologia se preocupa mais com determinadas atividades no processo de ontologias em detrimento de outras, oferecendo uma gama de artefatos metodológicos às atividades privilegiadas em um processo de desenvolvimento de ontologias (FERNANDEZ-LÓPEZ e GÓMEZ-PÉREZ, 2002); e uma combinação de metodologias se torna pertinente em um processo de desenvolvimento de ontologias, se valendo das vantagens e dos artefatos de cada uma das metodologias combinadas (FERNANDEZ-LÓPEZ)” (p. 1-2) .
	Situação-problema	Como criar um processo de desenvolvimento de ontologias que contemple todas as etapas do desenvolvimento desse artefato?
	Justificativa	“As ontologias são relevantes para (Engenharia) e Gestão do Conhecimento porque permitem a colaboração entre pessoas e/ou visões de mundo, a interoperabilidade e integração de fontes de informações, a instrução de fontes de referência e a modelagem de elementos de conhecimento (GASEVCIC, 1999)” (p. 1-2). Nesse contexto, uma metodologia para desenvolver ontologias permitiria desenvolver ontologias mais efetivas.
	Propósito	Composição de um processo de desenvolvimento de ontologias.
	Objetivos	Escopo: “atividades de especificação, conceitualização, formalização, implementação e validação de ontologias e a utilização de ambientes computacionais” (p.1). Rigor: combinar as melhores práticas das metodologias de desenvolvimento de ontologias encontradas na literatura. Implementação: instanciar o processo usando a ferramenta ontoKEM.

**Quadro 16.** Espaço do problema - Processo de desenvolvimento de ontologias

**Fonte:** Elaboração própria

O espaço do problema foi bem descrito na metodologia, demonstrando claramente os requisitos do problema, por meio de observações de outros autores, e os objetivos da metodologia, que incluem seu desenvolvimento e aplicação.

Por outro lado, a justificativa da relevância do método para resolver a situação-problema apresentou apenas resultados práticos de caráter geral, sem especificar as contribuições do trabalho para a criação de conhecimento acadêmico no campo estudado.

Pelo menos três objetivos específicos foram apresentados, relacionados ao escopo, ao rigor e à implementação da metodologia. O objetivo de escopo é importante, pois a metodologia declara solucionar um problema relacionado a incapacidade das metodologias existentes para contemplar todos os estágios do ciclo de vida de uma ontologia. Já o objetivo de rigor, combinar boas práticas da literatura sobre metodologias de desenvolvimento de ontologias, é uma boa prática que garante a fundamentação teórica da metodologia em experiências já testadas e avaliadas, contribuindo para aumentar seu rigor. O objetivo de implementação é alcançado ao instanciar o processo na ferramenta computacional desenvolvida pelos autores, a ontoKEM.

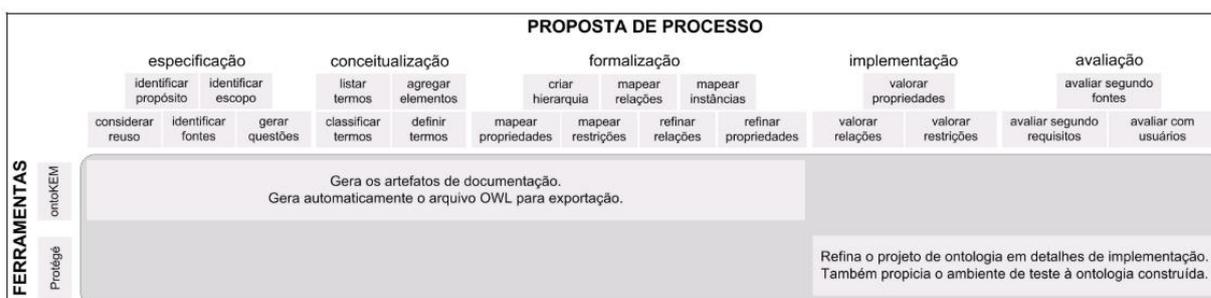
### 3.3.8.2. Espaço da solução

Espaço	Componente	Descrição do componente
Solução	<b>Funções e mecanismos</b>	Criação do processo: combinação de melhores práticas para definir um processo composto de etapas atividades, tarefas, ferramentas e documentos. Representação do processo: descreve as etapas atividades, tarefas, ferramentas e documentos por meio de textos e imagens representativas do processo.
	<b>Especificações</b>	Princípios de forma e função: considerar todas atividades em um ciclo de vida de ontologias; combinar melhores práticas metodológicas relacionadas ao desenvolvimento de ontologias; esclarecer limitações do processo. Etapas e atividades: especificação, conceitualização, formalização, implementação, avaliação e uso de ontologias em ambientes computacionais. Ferramentas e técnicas: a metodologia discute as ferramentas mais apropriadas a cada etapa, aplicando a ontologia na ferramenta PROTÉGÉ e na onto KEM em etapas distintas. Representação da metodologia: as etapas e atividades do processo são descritas e representadas em texto e em imagens. Além disso, sua instanciação é representada pelas imagens de uma tela do OntoKEM e uma tela do código da ontologia.
	<b>Métodos de design</b>	Revisão bibliográfica: análise e síntese de fundamentos e metodologias de desenvolvimento de ontologias.

**Quadro 17.** Espaço da solução - Processo de desenvolvimento de ontologias

**Fonte:** Elaboração própria

O processo de desenvolvimento de ontologias proposto pelos autores é bem descrito, e inclui a definição clara de etapas e atividades, apresentando as ferramentas que podem ser utilizadas em cada uma dessas etapas. O processo é constituído pelas etapas, atividades e tarefas representadas Figura 20. Representação do processo de desenvolvimento de ontologias:



**Figura 20.** Representação do processo de desenvolvimento de ontologias

**Fonte:** Rautenberg, Todesco e Gauthier (2009)

- **Atividade 1 - Especificação:** analisar custos do desenvolvimento da ontologia; identificar escopo da ontologia; identificar usuários e intenções de uso; identificar o propósito da ontologia; identificar as fontes de conhecimento; considerar o reuso de ontologias; gerar questões de competência;
- **Atividade 2 - Conceitualização:** listar os termos da ontologia; agregar elementos reutilizáveis; classificar termos; definir termos.
- **Atividade 3 - Formalização:** é a atividade que visa transformar o modelo conceitual em um modelo formal, passível de ser implementado computacionalmente. São tarefas da atividade: definir a hierarquia de classes; mapear as relações às classes; mapear as propriedades de dados às classes; mapear as restrições às classes; mapear as instâncias às classes; refinar as relações das classes; refinar as propriedades de dados das classes.
- **Atividade 4 - Implementação:** exige menor interação com especialistas de domínio, é composta pelas tarefas: valorar as propriedades de dados; valorar as relações; valorar as restrições das classes.
- **Atividade 5 - Avaliação:** exige bastante interação com especialistas de domínio e usuários da ontologia, e é constituída pelas tarefas: avaliar a ontologia em relação às fontes de conhecimento; avaliar a ontologia usando um frame de referência;

avaliar a ontologia na visão do usuário: a avaliação da ontologia juntamente com os especialistas de domínio e usuários envolvidos para certificar a usabilidade e utilidade da ontologia.

Para aplicar o processo de desenvolvimento de ontologias, os autores usaram duas ferramentas, em etapas distintas (RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009):

- **ontoKEM:** ferramenta para especificação, conceitualização, formalização e documentação de ontologias. A ferramenta gera, de forma automática, artefatos customizados para documentar projetos de ontologias, que podem ser usados para avaliar as ontologias.
- **Protégé:** editor de ontologias em plataforma livre de código-aberto que provê um conjunto de ferramentas para construir modelos de domínio e aplicações baseadas em conhecimento com ontologias.

### 3.3.8.3. Espaço do conhecimento

Espaço	Componente	Descrição do componente
Conhecimento	Domínio da aplicação	Ontologias: Gruber (1993); Borst (1997); Almeida (2006); Gasevic (2006); Kiryakov (2006); Ye et al. (2007); Quináia (2008). Metodologias: Noy e McGuinness (2001); Pinto e Martins (2001); Fernández-López e Gómez-Pérez (2002); Schreiber et al. (2002); Corcho et al. (2003); Sure e Studer (2003); Gómez-Pérez (2004); Brusa et al. (2008); Fensel e Hermelen (2008); Molossi (2008). Ferramentas: Rautenberg et al. (2008); Protégé (2009). Desenvolvimento de software: IEEE (1995).
	Teorias de design	Artefatos de design: Ontology Development 101 (NOY e MCGUINNESS, 2008); On-to-Knowledge (SURE e STUDER, 2003); METHONTOLOGY (GÓMEZ-PÉREZ et al, 2004).
	Prática do design	O desenvolvimento da ontoKEM foi realizado e coordenado por membros do LEC/EGC/UFSC. Participa da equipe um pesquisador do Laboratório de Inteligência Computacional e Pesquisa Operacional (UNICENTRO).

**Quadro 18.** Espaço do conhecimento - Processo de desenvolvimento de ontologias

**Fonte:** Elaboração própria

O conhecimento sobre o domínio da aplicação foi obtido por meio da revisão da literatura sobre ontologias da Engenharia de Conhecimento e de Ontologias. A revisão realizada pelos autores não é crítica ou compreensiva, limitada à reprodução das ideias mais básicas de alguns poucos autores do campo.

O conhecimento sobre teorias de design foi bem representado no uso de instanciações, das quais é abstraído *“um conjunto de elementos expressivos e funcionais e uma rica variedade de artefatos de documentos”* (RAUTENBERG; TODESCO; GAUTHIER, 2009, p. 1). Na criação do processo de desenvolvimento de ontologias, a metodologia *Ontology Development 101* (NOY e MCGUINNESS, 2008) contribuiu com uma visão clara de como se dá um processo iterativo para o desenvolvimento de ontologias; o *On-to-Knowledge* (SURE e STUDER, 2003) contribuiu na especificação dos requisitos da ontologia, por meio do uso de questões de competência para confirmar o propósito e o escopo da ontologia; por fim, o *METHONTOLOGY* (GÓMEZ-PÉREZ et al, 2004) contribuiu com artefatos de documentação e com a atividade de avaliação de ontologias.

Já em relação ao conhecimento da prática do design, o método foi desenvolvido por um grupo de pesquisadores da Universidade Federal de Santa Catarina, com experiência acadêmica e aplicada em processos de desenvolvimento de softwares para criar ontologias.

#### 3.3.8.4. Espaço da implementação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Implementação	Instanciação	Demonstração: demonstração da aplicação da ontologia nas ferramentas ontoKEM e PROTÉGÉ. Instanciação: criação de uma ontologia de domínio para navegadores web (QUINÁLIA et al., 2008). Pesquisa exploratória: <i>“o processo proposto também foi empregado durante o transcorrer de uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, sendo utilizado por 35 discentes. Na ocasião, cada aluno desenvolveu uma pesquisa exploratória, aplicando o processo proposto”</i> (p. 10).
	Documentação	Artigo científico: documento com informações textuais, figuras representando o processo de desenvolvimento, imagens dos artefatos de documentação gerados pela ferramenta ontoKEM e fragmentos do código OWL de uma ontologia. O artigo foi publicado na Revista Tecnologia (2009, v.30/1, p.133-144).

**Quadro 19.** Espaço da implementação - Processo de desenvolvimento de ontologias

**Fonte:** Elaboração própria

Os autores demonstraram preocupação em demonstrar os casos de instanciação do processo de desenvolvimento de ontologias, ainda que não tenham apresentado muitas informações sobre o processo ou os resultados dessas aplicações. A demonstração do processo em ferramentas automatizadas foi breve e simples, com a exibição da imagem de uma tela do ontoKEM e outra do PROTÉGÉ. Além disso, os autores indicaram a ontologia para navegadores *web* criada por Quinália et al. (2008), mas o link para acessar a ontologia está

inativo. A aplicação do método com os alunos da UFSC poderia ter sido descrita com mais detalhes, evidenciando os resultados da aplicação.

Por fim, o processo de desenvolvimento de ontologias foi documentado com texto e imagens representativas do processo, além de duas ilustrações da aplicação em ferramentas automatizadas.

### 3.3.8.5. Espaço da avaliação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Avaliação	Hipóteses testáveis	As hipóteses de uso do método não foram explicitadas pelos autores.
	Estratégia de avaliação	A avaliação não foi explicitada.
	Resultados	A aplicação do método para desenvolver uma ontologia real é um sinal da aplicabilidade do processo (QUINÁLIA et al., 2008). Sobre a aplicação na disciplina da UFSC: <i>“a opinião geral dos discentes foi que a ferramenta ontoKEM é útil na ratificação de como uma ontologia representa conhecimento, ocorrendo também o aprendizado de como um processo de desenvolvimento de ontologias é instrumentalizado”</i> .
	Aprendizagem	A metodologia não foi avaliada e, portanto, não gerou resultados de aprendizagem.

**Quadro 20.** Espaço da avaliação - Processo de desenvolvimento de ontologias  
Fonte: Elaboração própria

Os autores não apresentaram hipóteses testáveis ou elementos relacionados à avaliação, apesar do relato da experiência positiva dos alunos com o uso do método e dos casos de aplicação, cujo sucesso é desconhecido. Os métodos de avaliação, se existiram, não foram mencionados pelos autores. Apesar da ênfase dos autores na importância da avaliação no desenvolvimento de ontologias, a atividade parece não ter sido aplicada ao método proposto pelos autores.

### 3.3.9. Análise 3: Modelo de referência na DSR para reunir e modelar informações

A última metodologia analisada é o “modelo de referência para a fase de criação de artefatos”, publicado no artigo *“Reference Model in Design Science Research to Gather and Model Information”*, dos cientistas da computação irlandeses Lukasz Ostrowski e Markus Helfert (OSTROWSKI; HELFERT, 2012). Construído com os referenciais teóricos da DSR, o modelo serve para coletar informações relevantes na produção de soluções para problemas de negócios, com capacidade para representar e reutilizar o conhecimento em domínios

específicos. O método é caracterizado pelas atividades de revisão da literatura, colaboração com os profissionais e modelagem de informações. Os autores argumentaram que o método ajuda a melhorar a qualidade dos artefatos de design, além de apresentar opções técnicas aos pesquisadores que podem ser apropriadas para a maioria dos projetos científicos de design. Em 01/01/2019, o método tinha 13 citações no google acadêmico.

### 3.3.9.1. Espaço do problema

Espaço	Componente	Descrição do componente
Problema	Contexto do problema	<p><i>“Os métodos não oferecem etapas compreensivas e consistentes para guiar os pesquisadores na escolha de técnicas (Alturki et al. 2011)” (p.1).</i></p> <p><i>“As diretrizes metodológicas dos precursores da DSR (Hevner et al. 2004) e Walls et al. 1992) raramente são aplicadas, sugerindo que a metodologia não é clara ou é difícil de ser operacionalizada, em razão do alto grau de abstração (Peffer et al. 2007). Descrições de atividades (procedimentos, ferramentas, técnicas) necessárias para seguir a metodologia são apenas brevemente indicadas” (p.2).</i></p>
	Situação-problema	Como construir metodologias para o design artefatos de sistemas de informação claras o suficiente para serem operacionalizadas de forma correta?
	Justificativa	<i>“A contribuição do artigo é que a aplicação do modelo de referência ajuda a melhorar a qualidade dos artefatos da design science, e provê aos pesquisadores alternativas de técnicas que podem ser apropriadas a qualquer projeto de design” (p.1).</i>
	Propósito	<i>“Construir um modelo para reunir e modelar informações relevantes para solução de problemas de negócio na design science” (p.1).</i>
	Objetivos	<p>Escopo: a metodologia se restringe ao espaço da solução ou meta-design do artefato.</p> <p>Utilidade (relevância): <i>“um aspecto do o modelo deverá ser capaz representar e reusar conhecimento” (p. 1).</i></p> <p>Aplicabilidade: a metodologia poderá ser aplicada em processos de reunião e modelagem de informações em diferentes domínios.</p> <p>Rigor: a metodologia deve ser dividida em fases e subfases, <i>“orientando a escolha das técnicas apropriadas a cada estágio do projeto e ajudando a planejar, gerenciar, controlar e avaliar o seu desenvolvimento”.</i></p> <p>Qualidade: o meta-design deverá atender a requisitos subjetivos mínimos de concisão, compacidade, significado consistente, estrutura consistente, mesmo formato, facilidade de uso, facilidade de compreensão, ponto-chave, interpretabilidade, ausência de símbolos incorretos, legibilidade.</p>

**Quadro 21.** Espaço do problema - Modelo de referência para reunir e modelar informações  
**Fonte:** Elaboração própria

O contexto do problema que gerou o modelo de referência de Ostrowski e Helfert está relacionado a uma fragilidade metodológica da DSR, e não diretamente ao desenvolvimento de ontologias. Assim, a situação-problema diz respeito a como construir metodologias para o design artefatos de sistemas de informação, que sejam claras o suficiente para serem

operacionalizadas de forma correta. A justificativa do estudo é uma contribuição de caráter teórico que, indiretamente, produz efeitos práticos (melhores artefatos).

Com propósito claro de gerar contribuições para a DSR, os objetivos do modelo compreendem diferentes perspectivas. Em relação ao escopo, os autores observaram a existência de duas camadas de atividades design: a prática de projeto, que produz conhecimento situacional e artefatos concretos, e o meta-design, que produz conhecimento de design abstrato. O meta-design pode ser visto como uma atividade preparatória antes do projeto, uma atividade contínua integrada com a prática de projetos ou uma atividade teórica que resume, avalia e abstrai resultados e melhores práticas para as partes interessadas.

Além de um escopo claro, a metodologia apresentou objetivos bastante específicos de utilidade, aplicabilidade, rigor e qualidade, sendo o último desdobrado em onze critérios de avaliação (concisão, compacidade, significado consistente, estrutura consistente, mesmo formato, facilidade de uso, facilidade de compreensão, ponto-chave, interpretabilidade, ausência de símbolos incorretos, legibilidade).

### 3.3.9.2. Espaço da solução

Espaço	Componente	Descrição do componente
Solução	Funções	Criação do processo: criação de um modelo baseado na DSR com três funções: revisão da literatura, colaboração com profissionais e modelagem do conhecimento. Representação do processo: descreve as etapas e atividades do processo.
	Especificações	Princípios de forma e função: o modelo deverá se restringir ao espaço da solução; representar e reusar conhecimento; ser aplicável em processos modelagem de informações em diferentes domínios; atender a requisitos de concisão, compacidade, significado, estrutura, formato, facilidade de uso, facilidade de compreensão, ponto-chave, interpretabilidade, ausência de símbolos incorretos, legibilidade. Etapas e atividades: o modelo possui três componentes (revisão da literatura, colaboração com profissionais e modelagem do conhecimento) subdivididos em atividades e tarefas. Ferramentas e técnicas: <i>“devido à variedade de possíveis domínios sob investigação, fornecemos um exemplo de diagramas de processos de negócios usando o BPMN como técnica para modelar soluções se o domínio procura por um processo”</i> (p. 8). Representação da metodologia: as etapas e atividades do processo são representadas em texto e em imagens com diagramas de processos em linguagem BPMN.
	Métodos de design	Revisão da literatura: análise e síntese de fundamentos da DSR, sobre revisão de literatura, engenharia de processo participativos e engenharia de ontologias. BPMN: linguagem de representação de processos de negócios, foi usada para representar o modelo de referência para reunir e modelar informações.

**Quadro 22.** Espaço da solução - Modelo de referência para reunir e modelar informações

**Fonte:** Elaboração própria

O modelo de referência é constituído por processos e atividades desempenham três funções principais: revisão da literatura, colaboração com profissionais e modelagem do conhecimento.

**Função 1 - Revisão de literatura.** A revisão metodológica da literatura anterior é crucial para qualquer trabalho de pesquisa, uma vez que alguns campos de estudo sofrem cronicamente com a falta de revisão adequada da literatura. O processo que desempenha essa função é constituído pelas seguintes atividades:

- **Definir escopo inicial:** o escopo inicial especifica o domínio investigado, e deve ser o mais detalhado possível para reduzir a possibilidade de viés na pesquisa. A participação do pesquisador sênior, que possui mais experiência no domínio, é importante para ajudar a delimitar e decompor o problema em nível satisfatório, excluindo ou propondo evidências para direcionar a revisão da literatura. A definição do escopo exige realizar as seguintes tarefas: definir contexto e lógica da revisão; definir questões de pesquisa; identificar resultados esperados; identificar domínio da pesquisa; identificar principais tópicos do domínio, estabelecer objetivos para cada tópico; identificar objetivos secundários para cada tópico; identificar o que pode ser excluído da pesquisa; identificar autores e obras relevantes; identificar fontes de informação; definir cronograma dos projeto; apresentar escopo avaliação e crítica de supervisores.
- **Realizar busca ampla de materiais:** objetiva buscar com rigor e imparcialidade o maior número possível de estudos primários relacionados à pergunta de pesquisa. As estratégias de busca são geralmente iterativas e se beneficiam de revisões avaliadas de estudos relevantes, combinações de termos de pesquisa ou sequências de pesquisa com listas de estudos primários conhecidos. A pesquisa de materiais deve ser transparente, replicável e documentada de forma suficiente para que os leitores possam avaliar sua profundidade.
- **Realizar busca avançada de materiais:** avalia os artigos coletados quanto à sua relevância, a partir de critérios de inclusão e exclusão. As informações recuperadas devem ser compatíveis com os objetivos do escopo inicial. Após a realização das buscas, é preciso estruturar as informações, aplicando a técnica de engenharia de ontologias descrita na função de modelagem.

**Função 2. Colaboração com profissionais.** Tem como objetivo coletar informações para construir uma solução para o problema investigado, de forma similar à revisão da literatura. Para construir um sistema de colaboração transferível, reutilizável e previsível com os profissionais, os autores identificaram a técnica de engenharia de colaboração, que realiza o design de interações dentro de um contexto e usando uma sequência de etapas que ajudam um grupo a atingir seu objetivo (KOLFSCHOTEN et al., 2009 apud OSTROWSKI; HELFERT, 2012). Os autores também alertaram que o nível de envolvimento dos profissionais depende da natureza dos artefatos desejados. As atividades realizadas para desempenhar essa função são:

- **Atualizar escopo inicial:** ao conhecimento coletado durante a revisão da literatura, deve ser acrescentada a visão dos profissionais da área, considerando seus papéis, inter-relações e interesses individuais. Aspectos como tamanho do grupo, idade dos participantes, sexo, cultura, formação educacional ou nível de organização são úteis para definir o grupo de especialistas.
- **Identificar parceiros para colaboração:** para formar um grupo focal, especialistas são recrutados e selecionados com base em características predefinidas. A conversa inicial com os profissionais permite diagnosticar requisitos e restrições, se eles têm interesses convergentes ou conflitantes, suas expectativas e os níveis de comprometimento e motivação para compartilhar conhecimento e tempo a tarefa. Pode ser útil atribuir diferentes papéis aos profissionais no processo de colaboração, e as atividades do grupo devem ser transparentes e documentadas.
- **Preparar a colaboração:** a preparação usa informações das etapas anteriores para definir perguntas que funcionam como instruções para as atividades planejadas os equipamentos necessários. As perguntas devem ser simples e garantir que os resultados gerados possam ser usados como insumos na próxima atividade ou que possam analisadas a partir de critérios.
- **Realizar grupo focal:** grupos focais permitem que os participantes reajam a outros gerando novas ideias que não surgiriam em entrevistas individuais. Os grupos focais fornecem um rico conjunto de dados e permite que o pesquisador tire conclusões sobre contrastes ou semelhanças nas opiniões coletivas entre os grupos (GIBBS, 1997). Devido à natureza aberta dos grupos focais, a moderação

pode ser complexa, exigindo do moderador: apresentação amigável e senso de humor; habilidade para envolver e permitir que todos os participantes expressem suas opiniões; habilidade para extrair diferenças de opiniões e revelar novos significados; comunicação clara oral e escrita; habilidade de escuta e controle dos pontos de vista pessoais.

**Função 3 - Modelagem de conhecimento.** Com o objetivo de representar as informações de maneira compreensível para as partes interessadas, duas linguagens são utilizadas: a engenharia de ontologias, para representar a estrutura do conhecimento que dá base para o desenvolvimento de soluções, e o método BPMN, linguagem para representação de processos que permite representar da mesma forma dois processos com soluções distintas e interdependentes. As atividades que desempenham a função são:

- **Engenharia de ontologias:** as ontologias são artefatos usados para representar e acumular o conhecimento de domínios específicos, que fornecem aos pesquisadores *“a lógica do design de uma base de conhecimento, a conceituação de kernel do mundo de interesse, as restrições semânticas de conceitos em conjunto com teorias e tecnologias sofisticadas”* (MIZOGUCHI, 2003 apud OSTROWSKI; HELFERT, 2012). Assim como Noy e McGuiness (2001), os autores também deixaram claro que, em sua concepção, a engenharia de ontologias reflete a estrutura do conhecimento na forma dos conceitos e suas relações, e é diferente da modelagem orientada a objetos, que reflete a estrutura dos dados e a representação física dos códigos. Os autores especificaram que o objetivo da metodologia proposta é construir uma ontologia de tarefas, que compõe a arquitetura computacional de um sistema baseado em conhecimento. Essa ontologia declara o conhecimento do domínio em que a tarefa é executada, fornecendo uma teoria dos vocabulários e dos conceitos necessários para resolver um determinado problema. Ostrowski e Helfert também propuseram um processo para a função e modelagem do conhecimento, baseados no trabalho de Noy et al. (2002), com as tarefas enumerar conceitos, definir classes, definir propriedades das classes e suas restrições, criar instanciações e, por fim, documentar o processo por meio de diagramas de classe.

- **Modelagem da solução:** a base de conhecimento da etapa anterior é usada para construir a solução. Sobre o uso do BPMN como linguagem de representação da solução, os autores afirmaram que o uso da técnica depende fortemente da natureza do projeto de pesquisa - no caso exemplificados, os autores buscaram por um processo, justificando a escolha do BPMN, que permite produzir diagramas para representar as atividades de negócios em diferentes níveis.
- **Análise dos modelos de solução:** sumariza modelos construídos com o conhecimento obtido na revisão da literatura e na colaboração com profissionais. Os modelos devem ser tabulados de forma consistente com o problema, de forma estruturada para destacar suas semelhanças e diferenças. Os modelos precisam ser integrados aos resultados e as conclusões apresentadas em linguagem natural, usando o vocabulário da ontologia. Os autores, seguindo Noblit et al. (1998), sugeriram analisar primeiro os modelos individuais para, em seguida, analisar o conjunto de modelos como um todo, o que pode levar a um modelo que representa uma solução ótima.
- **Formalização da solução:** a tarefa final do modelo é consolidar os resultados do processo e registrar descritivamente a solução em um documento que deverá ser circulado entre as partes interessadas do projeto.

### 3.3.9.3. Espaço do conhecimento

Espaço	Componente	Descrição do componente
Conhecimento	Domínio da aplicação	<p>Sistemas de informação: Avison, D. e Fitzgerald, G. (1988); Chester, M. e Athwall, A. (2002); Levy, Y. e Ellis, J. (2006); McKinney, V., Yoon, K. e Zahedi, F. M. (2002); Sun, Y. e Kantor, P. (2006); Wand, Y. e Weber, R. (2002); Wang, R. e Strong, D. (1996).</p> <p>Revisão de literaturas: Hart, C. (1999). Kitchenham, B. (2004). Webster, J., and Watson, R. T. (2002).</p> <p>Engenharia de processos participativos: Kolfshoten, G. e Vreede, G. (2009); Kolfshoten, G. et al (2010); Krueger, R. e Casey, M. (2000); Van de Ven, A. (2007).</p> <p>Engenharia ontologias: Alturki, A., Gable, G. e Bandara, W. (2011); Mizoguchi, R. (1995); Mizoguchi, R. (2003); Noy, N. e Tu, S. (2002).</p> <p>Linguagem de modelagem processos (BPMN): depende do domínio que, no caso, é um processo (de criação de ontologias).</p>

Espaço	Componente	Descrição do componente
	<b>Teorias de design</b>	<p>Design: Baskerville, R., Pries-Heje, J., and Venable, J. (2009); Carlsson, S., Henningsson, S., Hrastinski, S., Keller, C. (2011); Goldkuhl, G. (2004); Goldkuhl, G e Lind, M. (2010); Hevner, A. et al (2004); livari, J. (2007); livari, J. e Venable, J. (2009); Kuechler, B. e Vaishnavi, V. (2008); March, S. e Smith, G. (1995); Osterle H. et al (2011); Ostrowski, L. (2011); Ostrowski, L., Helfert, M. e Xie, S. (2012); Peffers, K., Tuunanen, T. e Rothenberger, M. (2007); Pries-Heje, J., Baskerville, R. e Venable, J. (2008); Sein, M. et al (2011); Shaw, J. (1995); Van Aken, J. E. (2005); Walls, J., Widmeyer, G. e El Sawy, O. (1992); Winter, R. (2008); Yin, R. (2009).</p> <p>Instanciações Metodologias: instanciações de outras metodologias, a exemplo de Britz, C. (2000); Herrman, C. (2009); March, S. e Smith, G. (1995) e do processo de desenvolvimento de ontologias de Noy et al. (2002).</p> <p>Avaliação: técnicas de avaliação artificial (Pries-Heje et al. 2008); dimensões da qualidade da informação (Wang et al. 1996); escala Likert (McKinney et al. 2002).</p>
	<b>Prática do design</b>	Um dos autores do método, Marcus Helfert, publicou 323 artigos relacionados à área de sistemas de informação desde 2000, totalizando 1.761 citações no Google Acadêmico em 08/01/19, o que demonstra uma vasta experiência na área.

**Quadro 23.** Espaço do conhecimento - Modelo de referência para reunir e modelar informações

**Fonte:** Elaboração própria

O modelo usou conhecimento de diferentes domínios, se apoiando nas ideias de autores das áreas de sistemas de informação, revisão de literaturas, engenharia de processos participativos, engenharia de ontologias e modelagem de processos, usada como ferramenta de representação do conhecimento. Sobre os processos participativos, os Helfert e Ostrowski observaram que *“a construção de artefatos é um processo vivo que envolve os profissionais do campo. A construção bilateral de um artefato se enquadra no escopo do engajamento acadêmico (Van de Ven 2007).”*

O conhecimento sobre teorias de design compreendeu uma ampla análise dos fundamentos da DSR, bem como o uso de instanciações de outras metodologias, usadas como precedentes de design, inclusive para desenvolver ontologias: *“o conceito de engenharia de ontologias foi adaptado de Noy et al. (2002)”* (OSTROWSKI; HELFERT, 2012, p. 8).

Por fim, o conhecimento sobre a prática do design, ainda que não tenha sido explicitado, pode ser verificado por meio da prolífica produção acadêmica do professor irlandês Marcus Helfert, com mais de trezentos trabalhos publicados na área de sistemas de informação desde 2000.

### 3.3.9.4. Espaço da implementação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Implementação	Instanciação	Pesquisa exploratória: antes da publicação do modelo, os pesquisadores realizaram uma pesquisa exploratória e aplicada para validar o estudo com 50 alunos divididos em grupos, usando grupos de controle.
	Documentação	Artigo científico: documento com informações textuais e figuras representando o escopo, etapas, atividades e resultados da avaliação do modelo. O artigo foi publicado na <i>America's Conference on Information Systems</i> (2012, p. 1-11).

**Quadro 24.** Espaço da implementação'- Modelo de referência para reunir e modelar informações

**Fonte:** Elaboração própria

O modelo de referência para reunir e modelar informações foi aplicado em uma pesquisa exploratória de caráter aplicado com 50 alunos divididos em grupo, que tinham como objetivo final produzir um artefato de meta-design. Cada grupo de pesquisa foi designado exatamente com os mesmos objetivos de pesquisa, e os resultados posteriormente avaliados. Por fim, O artigo foi documentado com informações textuais e imagens representando o modelo de referência bem elaboradas, em linguagem de representação de processos de negócio (BPMN).

### 3.3.9.5. Espaço da avaliação

Espaço	Componente	Descrição do componente
Avaliação	Hipóteses testáveis	O meta-design do método de pesquisa permite desenvolver ontologias efetivas para representar e reutilizar o conhecimento.
	Estratégia e métodos de avaliação	<i>"Medimos como os artefatos desenvolvidos com ou sem o modelo de referência foram adequados para o uso pretendido. De acordo com as técnicas de avaliação artificial (Pries-Heje et al. 2008), mensuramos as dimensões da qualidade da informação (Wang et al. 1996), usando metodologias de avaliação para medir a qualidade percebida pelos consumidores de informação. Um questionário foi conduzido entre 50 profissionais de uma organização pública, que definiram os objetivos da pesquisa. Em termos de medição, com base nas observações de (McKinney et al. 2002), usamos uma escala Likert de 11 pontos, como o número 10 foi rotulado como "extremamente bom" e o 0 como "nenhum".</i>
	Resultados	As ontologias desenvolvidas usando o modelo de referência foram percebidas como superiores aquelas que não usaram o modelo, conforme os resultados apresentados na <b>Erro! Fonte de referência não encontrada.</b>
	Aprendizagem	<i>"Nosso trabalho futuro envolve revisar o modelo, com base no feedback dos usuários, e concentrando na avaliação. Existem outras qualidades de modelos que precisam ser abordadas, como a capacidade de quem usa o modelo resolver um problema relevante de domínio corretamente e como o modelo criado reflete o domínio. Com sorte, isso vai aumentar a eficiência e a qualidade dos artefatos, enquanto contém ou diminui o esforço cognitivo envolvido [para sua compreensão]" (p. 9).</i>

**Quadro 25.** Espaço da avaliação'- Modelo de referência para reunir e modelar informações

**Fonte:** Elaboração própria

Antes de publicar o modelo, os pesquisadores realizaram uma pesquisa exploratória para validar o estudo com um grupo de alunos, divididos em diferentes grupos com o mesmo objetivo: produzir um artefato de meta-design. Metade dos alunos usou o modelo de referência, e a outra metade não. Em seguida, 50 profissionais de uma organização pública, que definiram os objetivos da pesquisa, responderam um questionário para avaliar a qualidade dos artefatos. Os resultados da avaliação evidenciaram que os artefatos criados pelos alunos que usaram o modelo de referência foram considerados melhores em todos os aspectos, com destaque para compreensão dos pontos-chave da solução e legibilidade, em consonância com o objetivo do modelo (fornecer aos pesquisadores uma estrutura para ajudar a conduzir e comunicar o resultado da pesquisa com as partes interessadas).

Com base nos resultados da avaliação, os pesquisadores propuseram uma série de ações de aperfeiçoamento do modelo de referência para reunir e modelar informações, demonstrando a importância da atividade avaliativa.

### 3.3.10. Comparação dos resultados

A seguir, as metodologias *Ontology 101*, processo de desenvolvimento de ontologias e modelo de referência para reunir e modelar informações serão analisadas de forma comparada. Para cada espaço de design, serão realizadas análises comparativas das diferenças e semelhanças e de pontos fortes e pontos fracos das metodologias.

#### 3.3.10.1. Análise comparativa do espaço do problema

A partir da síntese apresentada no Quadro 26. Análise comparativa - Espaço do problema, foi possível identificar as seguintes semelhanças e diferenças entre os componentes do espaço do problema:

Espaço	Componente	<i>Ontology 101</i>	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
Problema	Contexto do problema	Aplicação crescente de ontologias em diferentes áreas demanda novos profissionais.	Metodologias de desenvolvimento de ontologias não contemplam todas as etapas do ciclo de vida das ontologias.	Métodos da DSR não são seguidos porque não são claros ou detalhados o suficiente para serem operacionalizáveis pelos pesquisadores.
	Situação-problema	Como desenvolver ontologias?	Como criar um processo de desenvolvimento de ontologias que contemple todas as etapas do desenvolvimento desse artefato?	Como construir metodologias para o design artefatos de sistemas de informação claras o suficiente para serem operacionalizadas de forma correta?
	Justificativa	Relevância do guia para desenvolver ontologias para as aplicações práticas das ontologias.	Importância das ontologias para Gestão do Conhecimento e de uma metodologia cobrindo todas as etapas do seu ciclo-de-vida.	Melhorar a qualidade dos artefatos da <i>design science</i> e prover técnicas apropriadas a qualquer projeto de design.

Espaço	Componente	<i>Ontology 101</i>	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
	<b>Propósito</b>	Criar um guia inicial para ajudar um novo designer a desenvolver ontologias.	Compor um processo de desenvolvimento de ontologias.	Construir um modelo para reunir e modelar informações relevantes para solução de problemas de negócio.
	<b>Objetivos</b>	Escopo, natureza, critérios de decisão de design e abordagem de desenvolvimento	Escopo, rigor e Implementação.	Escopo, utilidade, aplicabilidade, rigor e qualidade (concisão, compacidade, significado consistente, estrutura consistente, mesmo formato, facilidade de uso, facilidade de compreensão, ponto-chave, interpretabilidade, ausência de símbolos incorretos e legibilidade).

**Quadro 26.** Análise comparativa - Espaço do problema  
**Fonte:** Elaboração própria

**Contexto do problema.** Existe variação entre os contextos dos problemas descritos nas três metodologias. A *Ontology 101* declara solucionar um problema relacionado à crescente aplicação das ontologias. O processo de desenvolvimento de ontologias apresenta um contexto mais específico, no qual o problema são as metodologias para desenvolver ontologias, que não contemplam todas as fases do ciclo de vida do artefato. Já no modelo de referência, que tem uma preocupação mais acadêmica, o contexto está relacionado à qualidade das metodologias da DSR, que não são claras ou detalhadas o suficiente para guiar o designer nas etapas de desenvolvimento de um artefato.

**Situação-problema.** A situação-problema, que decorre do contexto declarado sobre os problemas, não está explícita na *Ontology 101*, ainda que seja possível relacioná-lo à uma lacuna de conhecimento sobre como desenvolver ontologias. Já a situação-problema do processo de desenvolvimento de ontologias é construir um processo que contemple todas as etapas do desenvolvimento de uma ontologia, enquanto a situação-problema do modelo de referência é como criar metodologias para o design artefatos de sistemas de informação claras o suficiente para serem operacionalizadas de forma correta.

**Justificativa.** A criação das metodologias é justificada a partir da relevância prática dos artefatos que elas produzem. A diferença é que as metodologias *Ontology 101* e processo de desenvolvimento de ontologias especificam o tipo de artefato que pode ser aperfeiçoado com a metodologia (ontologias), enquanto o modelo de referência visa aperfeiçoar tipos genéricos de artefato (artefatos de meta-design para solucionar problemas de negócio).

**Propósito.** O propósito das três metodologias é bastante claro em relação ao artefato que será construído, e estão bem alinhados à situação-problema declarada.

**Objetivos.** Um ponto em comum entre os objetivos das três metodologias é a declaração do escopo, ou seja, a definição explícita dos processos e atividades contemplados na metodologia. Enquanto a *Ontology 101* e o processo de desenvolvimento de ontologias apresentam uma variação de escopo comum às metodologias criadas para desenvolver ontologias, o modelo de referência possui um escopo mais amplo, que incorpora, além da modelagem do conhecimento ontológico, um processo prévio de coleta de conhecimento, constituído pela revisão da literatura e pela colaboração com profissionais. Já os objetivos específicos das metodologias apresentaram um grau considerável variação. A *Ontology 101* estabeleceu objetivos relacionados aos princípios de forma e função da solução (natureza não-normativa, critérios das decisões de design e abordagem de desenvolvimento). O processo de desenvolvimento de ontologias declarou objetivos relacionados à forma de desenvolvimento (rigor e implementação). Por fim, o modelo de referência apresentou objetivos bem específicos, relacionados à utilidade, aplicabilidade, rigor e qualidade, sendo que este último objetivo foi desdobrado em onze critérios relacionados às dimensões da qualidade da informação comunicada pelo artefato criado pela metodologia.

O Quadro 27. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do problema sintetiza os pontos fortes e fracos das metodologias em relação aos componentes do espaço do problema:

Metodologia	Pontos fortes	Pontos fracos
<i>Ontology 101</i>	Objetivos: os objetivos relacionados ao escopo, à natureza, a abordagem e aos critérios de tomada de decisão no processo de design na ontologia são elementos importantes para o designer de ontologias.	Contexto e situação-problema: definidos de forma bastante genérica, sem fazer referência às metodologias para desenvolver ontologias já publicadas na literatura da área. Justificativa: a contribuição teórica da metodologia não foi apresentada.
Processo de desenvolvimento de ontologias	Contexto e situação-problema: a definição do problema é bem específica, e deixa claro a lacuna que a metodologia visa suprir.	Justificativa: a contribuição teórica da metodologia não foi apresentada. Objetivos: relacionados apenas ao meio de criação da ontologia, sem considerar seus resultados
Modelo de referência para reunir e coletar informações	Objetivos: objetivos mensuráveis e aplicáveis a diferentes categorias de artefatos foram definidos em diferentes níveis e aspectos.	Não há.

**Quadro 27.** Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do problema

Fonte: Elaboração própria

### 3.3.10.2. Análise comparativa do espaço da solução

A partir da síntese apresentada no Quadro 28. Análise comparativa - Espaço da solução, as seguintes semelhanças e diferenças entre os componentes do espaço da solução foram identificadas:

Espaço	Componente	<i>Ontology 101</i>	Processo de Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
Solução	<b>Funções</b>	Criação e representação e da metodologia para desenvolver ontologias.	Criação e representação e da metodologia para desenvolver ontologias.	Criação e representação da metodologia para reunir e modelar informações.
	<b>Especificações</b>	Princípios: natureza, decisões de design, abordagem, Escopo: determinar domínio e escopo; considerar o reuso; enumerar termos; definir classes e hierarquias; definir propriedades das classes; definir slots das propriedades dos conceitos.	Princípios: meios e rigor Escopo: especificação, conceitualização, formalização, implementação, avaliação e uso de ontologias em ambientes computacionais.	Princípios: utilidade, aplicabilidade, rigor e qualidade Escopo: revisão da literatura, colaboração com profissionais e modelagem do conhecimento.
	<b>Métodos de design</b>	Revisão da literatura: fundamentação teórica. Ferramentas: Protégé	Revisão da literatura: fundamentação teórica e combinação de elementos. Ferramentas: ontoKEM e Protégé	Revisão da literatura: fundamentação teórica e combinação de elementos.

**Quadro 28.** Análise comparativa - Espaço da solução

Fonte: Elaboração própria

**Funções.** Em razão da natureza de metodologia, a função das metodologias é a mesma - criar e representar um processo para desenvolver artefatos usados para representar conhecimento.

**Especificações.** As especificações, que traduzem os objetivos em requisitos de desempenho, apresentaram variação significativa entre os artefatos analisados. As três metodologias apresentaram princípios de forma e função e escopos bem claros, refletidos em etapas e atividades bem definidas em cada metodologia. A *Ontology 101* apresentou princípios de forma relacionados à natureza, critérios de decisão e abordagem do método, enquanto o modelo de referência apresentou outros ainda mais elaborados, com um conjunto de onze critérios para avaliar o desempenho do artefato, além de requisitos de aplicabilidade e rigor. Em relação ao uso de ferramentas e técnicas, a *Ontology 101* e o processo de desenvolvimento de ontologias adotam o uso de ferramentas computacionais para edição de ontologias, representando seu uso por meio de imagens dessas aplicações. Já o modelo de referência não usou ferramenta computacional, mas uma linguagem de representação de processos de negócios (BPMN) para descrever sua solução.

**Método de design.** As três metodologias analisadas usaram a revisão da literatura como método de design. Os autores da *Ontology 101* também mencionaram a explicitação de conhecimento tácito: *“as ideias que apresentamos aqui são aquelas que achamos úteis na nossa experiência ao desenvolver ontologias”* (NOY; MCGUINNESS, 2001, p. 2).

O Quadro 29. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da solução sintetiza os pontos fortes e fracos das metodologias em relação aos componentes desse espaço:

Metodologia	Pontos fortes	Pontos fracos
<b>Ontology 101</b>	Especificações - Etapas, atividades e representação e ferramentas: imagens dos códigos e da instanciação da ontologia no PROTÉGÉ foram apresentados à medida que os conceitos eram introduzidos, facilitando o uso da metodologia.	Métodos de design - Revisão da literatura: não foi usada para construir ou analisar a metodologia proposta pelas autoras.
<b>Processo de desenvolvimento de ontologias</b>	Especificações - Etapas, atividades e representação: a representação do processo em um diagrama com etapas, atividades e ferramentas adequadas a cada uma delas facilita a compreensão do designer de ontologias.	Métodos de design - Revisão da literatura: os autores não fizeram uma análise crítica ou compreensiva das metodologias, apenas reproduziram e combinaram elementos.
<b>Modelo de referência para reunir e coletar informações</b>	Especificações - Princípios: as especificações bem definidas traduzem os diferentes objetivos que a metodologia visa alcançar. Especificações - Representação: a representação dos processos em linguagem BPMN facilita a compreensão de diferentes tipos de profissionais.	Especificações - ferramentas: além do BPMN, o modelo não usou outras ferramentas para instanciar o modelo.

**Quadro 29.** Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da solução

**Fonte:** Elaboração própria

### 3.3.10.3. Análise comparativa do espaço do conhecimento

O Quadro 29. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da solução apresenta a síntese da análise das metodologias, que permitiu identificar as semelhanças e diferenças entre os componentes da solução apresentadas logo na sequência.

Espaço	Componente	Ontology 101	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
Conhecimento	<b>Domínio</b>	Design orientado a objetos; representação do conhecimento; ontologias; metodologias e ferramentas para desenvolver ontologias.	Ontologias; metodologias e ferramentas para desenvolver ontologias; desenvolvimento de software.	Sistemas de informação; revisão de literaturas; engenharia de processos participativos; engenharia de ontologias; modelagem processos (BPMN).
	<b>Teorias de design</b>	Instanciações: tutorial de vinhos foi baseado em um artigo e um tutorial sobre o CLASSIC, um sistema de representação de conhecimento baseado em uma abordagem lógico-descritiva	Instanciações: Ontology Development 101, On-to-Knowledge e METHONTOLOGY	Teorias de design: autores da DSR. Instanciações: metodologia de Noy et al. (2002). Avaliação: técnicas de avaliação artificial, dimensões da qualidade da informação e escala Likert.
	<b>Prática do design</b>	A metodologia foi enriquecida com a experiência dos autores com os editores de ontologia Protégé-2000, Ontolingua e Chimaera.		Desde 2000, Marcus Helfert publicou 323 artigos na área de sistemas de informação, totalizando 1.761 citações no Google Acadêmico em 08/01/19.

**Quadro 30.** Análise comparativa - Espaço do conhecimento

**Fonte:** Elaboração própria

**Conhecimento sobre o domínio de aplicação.** Em relação ao conhecimento do domínio de aplicação, a literatura sobre ontologias e metodologias de desenvolvimento foi usada como fonte de informação das três metodologias. A *Ontology 101* mencionou a influência da literatura sobre design orientado a objetos como inspiração para criação da metodologia. Já o modelo de referência apresentou ideias da literatura sobre sistemas de informação, da DSR, da revisão de literatura e da engenharia de processos participativos.

**Conhecimento sobre teoria de design.** As três metodologias usaram instanciações de outros artefatos como precedentes de design. Enquanto a *Ontology 101* usou o modelo CLASSIC como referência de representação da instanciação, o processo de desenvolvimento de ontologias e o modelo de referência usaram outras metodologias como base para definir os processos apresentados. O modelo de referência, foi o único que usou conhecimento sobre teorias de design, o que era esperado, uma vez que ele é fundamentado na DSR, além de teorias específicas sobre avaliação de artefatos de design.

**Conhecimento sobre a prática do design.** Em todos os casos analisados, os pesquisadores possuíam vasta experiência prática e acadêmica com o tema.

O Quadro 31. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do conhecimento sintetiza os pontos fortes e fracos das metodologias em relação aos componentes desse espaço:

Metodologia	Pontos fortes	Pontos fracos
<b>Ontology 101</b>	Conhecimento de domínio: abordou as principais referências sobre ontologias e as metodologias para desenvolvê-las. Teorias de design: a metodologia não partiu do zero, mas construiu sobre trabalhos anteriores de outros autores. Prática reflexiva: foi o único método que explicitou ser baseado nas experiências e ideias dos autores sobre o tema.	Conhecimento de domínio: não foi usado para desenvolver as metodologias, somente os fundamentos das ontologias. Teorias de design: com exceção das instanciações, não usou referências teóricas sobre design.
<b>Processo de desenvolvimento de ontologias</b>	Conhecimento de domínio: abordou as principais referências sobre ontologias e as metodologias para desenvolvê-las. Teorias de design: a metodologia não partiu do zero, mas construiu sobre trabalhos anteriores de outros autores.	Teorias de design: com exceção das instanciações, não usou referências teóricas sobre design.
<b>Modelo de referência para reunir e coletar informações</b>	Conhecimento de domínio: apresentou diferentes domínios de conhecimento que permitem aperfeiçoar o desenvolvimento do artefato. Conhecimento sobre teorias de design: o uso de teorias de design é importante para aumentar as possibilidades e o rigor da análise dos artefatos. Teorias de design: a metodologia não partiu do zero, mas construiu sobre trabalhos anteriores de outros autores.	Conhecimento de domínio: o modelo apresentou poucas referências sobre as ontologias e seu desenvolvimento.

**Quadro 31.** Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço do conhecimento  
Fonte: Elaboração própria

#### 3.3.10.4. Análise comparativa do espaço da implementação

O Quadro 29. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da solução apresenta a síntese da análise das metodologias, que permitiu identificar as semelhanças e diferenças entre os componentes da solução apresentadas logo na sequência.

Espaço	Componente	Ontology 101	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
Implementação	Instanciação	Prototipação	Demonstração, pesquisa exploratória e uso real	Pesquisa exploratória

Espaço	Componente	<i>Ontology 101</i>	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
	Documentação	Artigo científico: informações textuais, códigos de linguagem formal, imagens anotadas com o passo-a-passo da instanciação	Artigo científico: informações textuais, figuras representando o processo de desenvolvimento, imagens dos artefatos de documentação gerados pela ferramenta OntoKEM e fragmentos do código OWL de uma ontologia.	Artigo científico: informações textuais e figuras representando o escopo, o processo, as etapas e atividades e os resultados da avaliação do modelo.

**Quadro 32.** Análise comparativa - Espaço da implementação

Fonte: Elaboração própria

Ainda que as metodologias tenham usado estratégias diferentes para instanciar seus artefatos, foi possível identificar alguns elementos comuns. O processo de desenvolvimento de ontologias e o modelo de referência usaram o método de pesquisa exploratória para instanciar as metodologias em ambientes controlados. O *Ontology 101* e o processo de desenvolvimento de ontologias instanciaram o artefato com o uso de softwares de edição de ontologias, porém com profundidades diferentes: enquanto o *Ontology 101* apresentou um tutorial detalhado, com telas e procedimentos e os códigos formais para cada um dos passos de desenvolvimento da ontologia, o processo de desenvolvimento de ontologias limitou-se a apresentar uma demonstração de duas telas das aplicações. O processo de desenvolvimento de ontologias também mencionou seu uso para instanciar uma ontologia, porém não ofereceu maiores detalhes sobre a qualidade ou o sucesso do empreendimento.

As três metodologias foram publicadas em artigos científicos, em periódicos e anais de congressos acadêmicos, com graus diferentes de documentação. A *Ontology 101* apresentou maior riqueza de detalhes, contudo não representou as etapas e atividades de desenvolvimento em um diagrama de processos, como as outras duas metodologias analisadas.

O Quadro 33. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da implementação sintetiza os pontos fortes e fracos das metodologias em relação aos componentes desse espaço:

Metodologia	Pontos fortes	Pontos fracos
<i>Ontology 101</i>	Documentação e instanciação (prototipação): a aplicação da metodologia na ferramenta Protégé, na forma de tutorial, com o passo-a-passo, discussões mais aprofundadas e a representação anotada das telas dos softwares é relevante para seu entendimento.	Não há.
Processo de desenvolvimento de ontologias	Não há.	Instanciação (demonstração, pesquisa exploratória e uso real): os autores tentaram demonstrar evidências de aplicabilidade, mas com nível muito limitado e superficial de informações.

<b>Modelo de referência para reunir e coletar informações</b>	<p>Instanciação: a aplicação rigorosa da metodologia em um experimento controlado, antes de sua publicação, permite aprimorar o artefato.</p> <p>Documentação: a representação em linguagem BPMN é útil para comunicar a solução para partes interessadas com diferentes perfis.</p>	<p>Instanciação: a metodologia não foi instanciada em uma ferramenta automatizada de modelagem de conhecimento.</p>
---	--	---

**Quadro 33.** Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da implementação

Fonte: Elaboração própria

### 3.3.10.5. Análise comparativa do espaço da avaliação

O Quadro 34. Análise comparativa - Espaço da avaliação apresenta a síntese do espaço da avaliação das três metodologias analisadas, permitindo identificar as semelhanças e as diferenças entre seus componentes relatadas em seguida.

Espaço	Componente	<i>Ontology 101</i>	Processo Desenvolvimento de Ontologias	Modelo de Referência
Avaliação	<b>Hipóteses testáveis</b>	A metodologia ensina a construir ontologias a partir do zero e a instanciá-las no software PROTÉGÉ-2000.	Não há.	O meta-design do método de pesquisa permite desenvolver artefatos mais efetivos para representar e reutilizar o conhecimento.
	<b>Estratégia de avaliação</b>	Não há.	Não há.	Experimento controlado e pesquisa de percepção da qualidade do artefato.
	<b>Resultados</b>	Não há.	Não há.	As ontologias desenvolvidas usando o modelo de referência foram percebidas como superiores aquelas que não usaram o modelo.
	<b>Aprendizagem</b>	Não há.	Não há.	Revisar o modelo concentrando na avaliação. Abordar outras questões no modelo, como a capacidade de quem o usa resolver um problema e como ele reflete o domínio.

**Quadro 34.** Análise comparativa - Espaço da avaliação

Fonte: Elaboração própria

A única metodologia que formulou a hipótese testável de forma clara foi o modelo de referência para reunir e modelar informações. A *Ontology 101* possui uma hipótese implícita, que é ensinar novos desenvolvedores de ontologias a criar esses artefatos a partir do zero.

A metodologia *Ontology 101* não foi avaliada, e o processo de desenvolvimento de ontologias também não mencionou nenhuma espécie de avaliação com sua aplicação com os alunos do curso de pós-graduação. Já o modelo de referência usou técnicas de avaliação artificial para avaliar o artefato, considerando as especificações de desempenho definidas de acordo com seus objetivos.

Os resultados apresentados pela única metodologia avaliada, o modelo de referência, comprovaram que os artefatos desenvolvidos com o método são mais efetivos em comunicar suas características e atributos para as partes interessadas. Além de aumentar o rigor do modelo, a avaliação gerou aprendizagem importante para os pesquisadores, que

identificaram oportunidades para revisar o modelo abordando outras questões, como a capacidade de quem o usa resolver um problema e em que medida ele reflete adequadamente o domínio de aplicação.

O Quadro 35. Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da avaliação sintetiza os pontos fortes e fracos das metodologias em relação aos componentes do espaço em questão:

Metodologia	Pontos fortes	Pontos fracos
<i>Ontology 101</i>	Não há.	Ausência de avaliação.
Processo de desenvolvimento de ontologias	Não há.	Ausência de hipótese testável e de avaliação.
Modelo de referência para reunir e coletar informações	Avaliação: todos os elementos de uma avaliação rigorosa de um artefato de design foram apresentados no modelo, inclusive suas limitações	

**Quadro 35.** Análise de pontos fortes e pontos fracos - Espaço da avaliação

Fonte: Elaboração própria

### 3.3.11. Recomendações para aperfeiçoar as metodologias

As recomendações serão apresentadas para cada um dos espaços e, quando possível para cada um dos componentes de design. As recomendações serão feitas para a categoria de artefatos como um todo, e não forma individual para cada metodologia.

São recomendações relacionadas ao espaço do problema:

- **Definir claramente o contexto e a situação-problema.** A definição clara do problema é importante, pois fornece os requisitos do problema, determina o referencial teórico usado para analisar o problema a solução e permite formular as hipóteses testáveis usadas no espaço da avaliação para aferir os resultados do artefato.
- **Explicitar as contribuições teóricas e aplicadas das metodologias na justificativa.** Metodologias são geralmente publicadas em artigos ou livros especializados, que têm entre seus leitores tanto profissionais interessados na aplicação prática quanto acadêmicos interessados nos aspectos teóricos desses artefatos. Evidenciar as contribuições da metodologia para esses dois perfis de público pode aumentar a relevância e despertar o interesse de um público mais amplo.

- **Explicitar o tipo de ontologia que a metodologia deseja construir.** Na revisão de literatura, após a identificação das características e atributos das ontologias, observou-se que a metodologia usada para desenvolver a ontologia dependerá do tipo de ontologia desenvolvida. Entre as metodologias analisadas, o processo de desenvolvimento de ontologias combinou diferentes práticas metodológicas para criar um método que contemplasse todas as etapas do ciclo de vida das ontologias, incluindo o uso em ambientes computacionais. Já o *Ontology 101* abordou ontologias do tipo “criada a partir do zero” e, por isso, não contemplou atividades relacionadas ao mapeamento (reuso) de ontologias. Por sua vez, o modelo de referência lida com artefatos de sistemas de informações em ambientes de negócios, ou seja, “ontologias de aplicação”, que combinam ontologias de tarefa e de domínio com relações mais refinadas. Essa característica da ontologia determinou a representação da metodologia em linguagem BPMN, ainda que os autores tenham reforçado que a escolha da linguagem de representação é dependente do domínio de aplicação. Ainda que as três metodologias tenham explorado esse aspecto, existe potencial para explorar ainda mais as conexões entre os diferentes tipos de ontologia e as metodologias usadas para desenvolvê-las. A declaração de que o escopo da metodologia está limitado a determinados tipos de ontologias facilita a prospecção e poupa tempo dos designers de ontologia.
- **Definir objetivos em diferentes níveis.** Os objetivos do artefato são requisitos essenciais para definir suas especificações de desempenho e, assim, garantir que ele produza os efeitos desejados no mundo real. O referencial da DSR, exemplificado no modelo de referência de Ostrowski e Helfert, pode indicar caminhos interessantes para a definição de objetivos em diferentes níveis, que permitem verificar aspectos como relevância, rigor, aplicabilidade e outros apresentados ao longo dessa dissertação, como a ressonância, que mede a capacidade de comunicação do artefato, ou aptidão, que mede diferentes aspectos relacionados à sustentabilidade e à adaptabilidade do artefato. Em função de sua natureza de método, alguns objetivos específicos dos métodos para desenvolver ontologias devem ser sempre evidenciados, como o rigor, a

relevância (utilidade) e a ressonância (facilidade de comunicação e compreensão do método por seus usuários).

São recomendações relacionadas ao espaço da solução:

- **Definir especificações alinhadas aos objetivos das metodologias.** As especificações traduzem os níveis de desempenho esperado da metodologia, de forma que ela seja adequada e suficiente e para cumprir os objetivos para os quais foi criada e resolver a situação-problema. Tomando como exemplo o processo de desenvolvimento de ontologias dos pesquisadores brasileiros, um dos objetivos era alcançar todas as etapas do ciclo-de-vida de uma ontologia, incluindo seu uso em ambientes computacionais. Em decorrência desse objetivo, os autores especificaram a aplicação dos processos nas ferramentas ontoKEM e Protégé.
- **Representar graficamente as etapas e atividades da metodologia.** O recurso de representação visual de uma metodologia é importante para reduzir o esforço de cognição das partes interessadas para entendê-la. Nas três metodologias analisadas, foi possível identificar recursos aplicáveis em outras situações, como a representação de atividades e tarefas em linguagem BPMN usada no modelo de referência, que faz a ponte entre a modelagem do processo e sua execução e permite comunicar a metodologia para diferentes perfis de partes interessadas, ou ainda o tutorial apresentado na *Ontology 101*, composto pela descrição das atividades, códigos de linguagem formal e procedimentos para operacionalização no editor de ontologias, com imagens das telas dos aplicativos anotadas, detalhando o passo-a-passo da metodologia.

São recomendações relacionadas ao espaço do conhecimento:

- **Analisar o conhecimento do domínio de forma crítica e compreensiva.** A análise crítica e compreensiva do domínio de aplicação das metodologias para desenvolver ontologias é importante para que seu usuário tenha certeza de que o pesquisador entende do assunto sobre o qual está falando, e de que suas propostas estão respaldadas em experiências anteriores.
- **Diversificar o conhecimento sobre o domínio de aplicação.** A diversificação desse tipo de conhecimento pode gerar novas ideias para aperfeiçoar as metodologias,

agregando elementos desconsiderados ou até então desconhecidos pelos especialistas de uma determinada área. Esse conhecimento foi bem exemplificado na *Ontology 101*, que usou conhecimento sobre modelagem de dados para criar a metodologia, e no modelo de referência, que usou conhecimentos da engenharia de processos participativos, da revisão de literatura e da engenharia de ontologias em um trabalho realizado no domínio da *design science*.

- **Usar teorias e instanciações de design para desenvolver artefatos mais efetivos e economizar recursos.** As teorias de design são importantes porque oferecem um acúmulo do estudo de diversos pesquisadores sobre os construtos, modelos, métodos e instanciações que podem ajudar o designer a desenhar um novo artefato, descobrir um novo uso para um artefato já existente ou aplicá-lo em um domínio distinto daquele para o qual foi criado. As teorias de design também oferecem um arcabouço importante para avaliar os artefatos, conforme exemplificado no modelo de referência de Ostrowski e Helfert.
- **Usar conhecimento da prática do design.** As metodologias fazem parte de uma categoria de artefatos que, em última instância, têm o objetivo de representar de forma detalhada um processo para desenvolver outros artefatos para que outras pessoas possam fazê-lo e alcançar resultados semelhantes. Nesse sentido, uma metodologia é um artefato de aplicação prática, que pode se beneficiar da experiência e do conhecimento acumulado dos designers sobre esse processo.

São recomendações relacionadas ao espaço da implementação:

- **Usar diferentes meios para instanciar os artefatos.** Uma instanciação ocorre quando uma ideia deixa de ser abstrata e passa a produzir efeitos no mundo real, e serve para comunicar o artefato para usuários, clientes e partes interessadas. A instanciação de uma metodologia permite que seu usuário faça a ponte entre as instruções teóricas e a aplicação prática do artefato, permitindo antever seus resultados no mundo real. Nos casos analisados, as ontologias foram instanciadas em pesquisas exploratórias, em protótipos e em aplicações reais, o que dá uma boa ideia das alternativas possíveis de instanciação. A análise das metodologias para desenvolver ontologias demonstrou que as instanciações agregam valor para

a compreensão da metodologia, e que existem diferentes formas para instanciar um artefato, cada uma delas mais útil para um determinado tipo de situação.

- **Documentar a metodologia usando diferentes recursos e agregar documentos relacionados.** O uso de diferentes recursos para documentar as metodologias é importante para sua compreensão e aplicação. Os casos analisados demonstraram o uso de diferentes recursos para documentar as metodologias, que incluíram, além de informações textuais, os códigos de linguagem formal usados no editor de ontologias, imagens dos aplicativos, representações de processos em diagramas e gráficos de resultados, entre outros. Agregar documentos como anexo das metodologias, como formulários, também pode ajudar na instanciação desses artefatos.

São recomendações relacionadas ao espaço de avaliação:

- **Avaliar as metodologias.** Essa é uma recomendação básica, porém necessária. Todos as metodologias para desenvolver ontologias recomendam fortemente a avaliação das ontologias ao final do seu processo de criação, porém não aplicaram esse mesmo princípio quando desenvolveram as metodologias. A exceção para o caso é o modelo de referência - em razão de sua origem na DSR, o modelo reconhece que a avaliação de um artefato (ou meta-artefato) é uma atividade indissociável do processo de design.
- **Formular hipóteses testáveis.** O primeiro passo para avaliar as metodologias é formular hipóteses testáveis, que sejam verificáveis e mensuráveis por meio de indicadores empíricos. As hipóteses testáveis devem refletir o propósito e os objetivos das metodologias, servindo para avaliar em que medida elas produzem os efeitos desejados para resolver o problema declarado.
- **Comunicar resultados da avaliação para promover aprendizagem.** À medida que um artefato tem seus efeitos avaliados e comprovados, eles podem ser comunicados para as partes interessadas. Os resultados da avaliação podem ser usados como insumo de aprendizagem dos designers do artefato, sugerindo novas características, novos usos ou necessidades não atendidas pela metodologia.

## 4. CONCLUSÃO

A conclusão apresenta a análise do alcance dos objetivos de pesquisa, as contribuições e limitações da pesquisa, as recomendações para trabalhos futuros e as considerações finais do autor sobre o trabalho realizado.

### 4.1. Alcance dos objetivos de pesquisa

Nesta seção, os objetivos serão confrontados com os resultados da pesquisa, buscando evidenciar em que medida eles foram alcançados para, em seguida, verificar se eles foram adequados e suficientes para responder às perguntas de pesquisa. A confrontação começará pelos objetivos específicos até chegar ao objetivo geral.

- **Objetivo 1:** definir conceitualmente as ontologias, considerando como elas vêm sendo estudadas em diferentes campos e na CI, suas características distintivas em relação a outros tipos de SOC, as diferentes tipologias de classificação e os componentes relacionados ao seu desenvolvimento.

A seção Ontologias apresentou a origem das ontologias, seu desenvolvimento e uso em sistemas de informação e na CI, mais especificamente na Organização do Conhecimento (OC). A análise dessas informações, apresentada na subseção 2.1.4 Síntese, criou conhecimentos relevantes sobre esses artefatos, relacionados ao correto uso do termo, à compreensão de suas características distintivas e aos meios usados para desenvolvê-los.

As ontologias foram caracterizadas como um tipo de Sistema de Organização do Conhecimento (SOC), diferentes de taxonomias, tesauros e outros sistemas de classificação. A caracterização de outras perspectivas sobre as ontologias na CI, como corpos de conhecimentos ou teorias de conteúdos, linguagens documentárias e vocabulários controlados, permitiu entender porquê diferentes termos são usados para designar as ontologias na CI, gerando novas questões sobre a origem dessas distinções e sobre as relações entre os diferentes termos usados para designá-las. A sistematização de diferentes tipologias para classificar as ontologias também foi contribuição importante dessa dissertação, uma vez que as tipologias existentes nem sempre eram claras em relação aos critérios de classificação. Por sua vez, entender as diferentes características das ontologias foi importante para a análise

das metodologias de desenvolvimento, que também apresentam diferentes características, de acordo com a ontologias que buscam desenvolver.

- **Objetivo 2:** identificar variáveis para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, considerando o referencial teórico da CI sobre ontologias e as ideias dos principais autores da DSR.

As variáveis de análise das metodologias foram representadas na criação da MAA, na seção 3.2. Criação da Metodologia de Análise de Artefatos. Os espaços representados no modelo são fundamentados diretamente na síntese apresentada ao final da seção 2.2.4. Síntese (p. 114), mais especificamente na Figura 15. Componentes da DSR (p. 115) e no Quadro 4. Estratégias e métodos de avaliação na DSR (p. 116), que sintetizam as ideias dos principais autores da DSR.

- **Objetivo 3:** propor uma metodologia de análise de artefatos para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, considerando os objetivos, as funções e as características das ontologias, assim como as diretrizes, etapas e atividades necessárias para o seu desenvolvimento.

Fundamentada teoricamente na DSR, a MAA permite analisar e gerar conhecimentos sobre artefatos de design, como as metodologias de desenvolvimento de ontologias. A metodologia é constituída por três componentes básicos, um construto, representado pela DSR, um modelo, que apresenta a relação entre os conceitos do construto (espaços e componentes de design), e um processo, que descreve as etapas, atividades e técnicas para implementar a metodologia. A MAA cria uma linguagem-padrão para analisar artefatos, e sua aplicação deve gerar conhecimentos úteis, novos ou únicos e recomendar ações para aperfeiçoar os artefatos analisados. A metodologia foi apresentada integralmente na seção 3.2. Criação da Metodologia de Análise de Artefatos.

- **Objetivo 4:** validar a metodologia por meio do teste em três diferentes metodologias de desenvolvimento de ontologias, identificando semelhanças, diferenças, pontos fortes e pontos fracos entre elas.

A MAA foi testada em três artefatos, a *Ontology 101*, de Noy e McGuinness (2001), o processo de desenvolvimento de ontologias, de Todesco, Rautenberg e Gauthier (2009) e o modelo de referência para reunir e modelar informações, de Ostrowski e Helfert (2012). As

metodologias foram escolhidas para representar a diversidade dos campos que estudam as ontologias, e sua análise permitiu identificar semelhanças e diferenças entre elas, além dos pontos fortes e fracos de cada uma em relação aos diferentes espaços e componentes de design. A análise das metodologias de desenvolvimento de ontologias foi apresentada na seção 3.3. Aplicação da Metodologia de Análise de Artefatos.

- **Objetivo 5:** propor recomendações para aumentar o rigor e a efetividade das metodologias de desenvolvimento de ontologias, bem como para realização de pesquisas futuras no campo.

Ao final da análise, recomendou-se um conjunto de 15 diretrizes para aperfeiçoar as metodologias de desenvolvimento de ontologias. As recomendações estão apresentadas no 3.3.8. Recomendações para aperfeiçoar as metodologias constituem uma das principais contribuições dessa dissertação.

- **Objetivo geral:** Desenvolver uma metodologia baseada na DSR para analisar artefatos, a exemplo das metodologias de desenvolvimento de ontologias.

Após a confrontação dos objetivos específicos com os resultados alcançados, é possível afirmar que o objetivo geral da dissertação foi integralmente alcançado, ainda que com limitações, conforme explicado logo adiante na seção 4.3. Limitações da pesquisa.

## 4.2. Consistência interna da pesquisa

Após verificar se os objetivos foram alcançados, é necessário testar a consistência interna da pesquisa antes de certificar suas contribuições. A consistência da pesquisa pode ser testada mediante uma simples pergunta: uma vez que os objetivos foram integralmente alcançados, eles foram suficientes para responder as perguntas de pesquisa?

- **Pergunta 1.** O que são ontologias? Como elas vêm sendo estudadas pela CI? De que forma as ontologias se diferenciam de outros tipos de SOC, como as taxonomias e tesouros? Quais são os tipos de ontologias? Quais são as etapas e os métodos usados para desenvolvê-las?

Relacionada diretamente ao primeiro objetivo alcançado, pode-se afirmar que esse primeiro conjunto de perguntas foi respondido na seção 2.1.4. Síntese.

- **Pergunta 2.** O que é DSR, e como o design pode contribuir para aperfeiçoar as metodologias usadas para desenvolver ontologias?

A segunda pergunta foi respondida em duas etapas. Na primeira, para responder o que é a DSR, a seção 2.2 apresentou os fundamentos teóricos da DSR. Na segunda, buscando responder como a DSR pode contribuir para aperfeiçoar as metodologias, a subseção O design no desenvolvimento de métodos de pesquisa apresentou informações sobre os objetivos, os componentes e a avaliação de métodos de pesquisa, e a subseção 3.3. Aplicação da Metodologia de Análise de Artefatos permitiu demonstrar, de forma aplicada, as contribuições da DSR para aperfeiçoar as metodologias para desenvolver ontologias.

- **Pergunta 3.** Usar a metodologia de análise de artefatos para analisar metodologias de desenvolvimento de ontologias revela algo útil, novo ou único?

As recomendações para aperfeiçoar as metodologias para desenvolver ontologias, apresentadas na subseção 3.3.11. Recomendações para aperfeiçoar ontologias são úteis ao apontar ações que podem contribuir para aumentar a efetividade desses artefatos. Para dizer se o conhecimento gerado é novo, ou único, é necessário dar um passo adiante e confrontar os resultados da pesquisa com outros estudos. Independente disso, o uso de uma metodologia fundamentada na DSR para analisar um objeto de estudo da Ciência da Informação é um fenômeno que, se não é novo, encontra poucos precedentes na literatura.

#### **4.3. Limitações da pesquisa**

Apesar dos resultados alcançados, é possível apontar algumas limitações da pesquisa, relacionadas ao seu rigor e relevância:

**Subjetividade da análise:** uma vez que a aplicação da MAA não gera resultados quantitativos, não é possível excluir totalmente a influência do pesquisador sobre o objeto analisado e os resultados apresentados. Em diferentes graus, é possível observar elementos de subjetividade na composição da amostra (tamanho e critérios de seleção), na criação da MAA e na análise das metodologias de desenvolvimento de ontologias. Como estratégia para reduzir a subjetividade, o estudo se valeu de uma análise crítica e abrangente da literatura de diferentes áreas, que serviu para esclarecer conceitos fundamentais, destacar elementos comuns nas ideias de diferentes autores e confrontar os resultados das análises das metodologias de desenvolvimento de ontologias.

**Ausência de avaliação.** Um dos principais fundamentos da DSR é que a avaliação dos artefatos criados é condição essencial para produzir níveis mais altos de conhecimento de design (modelos, construtos e teorias de design). Mais do que uma opção, não avaliar a MAA foi uma imposição do escopo e da natureza do estudo. O caráter exploratório e interdisciplinar da dissertação, que aproxima a CI da DSR, exigiu concentrar esforços na fundamentação teórica dos campos e conceitos utilizados.

**Relevância das recomendações.** As recomendações para desenvolver ontologias foram elaboradas a partir da aplicação da MAA, um artefato que até então não foi avaliado em relação à sua relevância, rigor ou outras qualidades. Além disso, a amostra de três metodologias de desenvolvimento de ontologias é relativamente pequena, ainda que as metodologias analisadas sejam bastante representativas de seu universo. Assim, o tamanho da amostra, apesar de adequado à abordagem qualitativa da pesquisa, impede uma ampla generalização de seus resultados. Por fim, as recomendações precisam ser confrontadas com a literatura para provar que a MAA, além de conhecimentos úteis, produz conhecimentos novos ou únicos.

#### **4.4. Contribuições da pesquisa**

Considerando que os objetivos foram alcançados, as perguntas de pesquisa respondidas, e as limitações identificadas, é possível identificar as contribuições desta pesquisa.

Diferentes referenciais teóricos foram usados para investigar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, incluindo a CI, a DSR, a SI e outras disciplinas que estudam as ontologias. Antes de explicitar as contribuições da pesquisa, convém lembrar que, apesar de áreas distintas, todas atuam no campo da informação, caracterizado pelos elementos tecnologia, informação, pessoas e organizações/sociedade. Como observou Iivari, o propósito de um sistema de informação é fornecer aos seus grupos de usuários informações sobre um conjunto de tópicos para apoiar suas atividades, e os conteúdos de informação, a exemplo das ontologias, são um *“aspecto central de qualquer sistema de informação a ser projetado”* (IIVARI, 2007, p. 7).

**Contribuições para o estudo das ontologias.** As contribuições da pesquisa para o estudo das ontologias aconteceram em vários níveis, começando pela desambiguação do

termo ontologia, sua caracterização como um tipo único de sistema de organização do conhecimento (SOC), a construção de diferentes tipologias para classificar as ontologias e a identificação de seus componentes e das metodologias de desenvolvimento. Além disso, o estudo gerou contribuições diretas para aperfeiçoar as metodologias de desenvolvimento de ontologias, na forma de quinze recomendações que, em última instância, permitem gerar ontologias melhores e mais efetivas. Por fim, a linguagem-padrão da DSR cria um vocabulário comum que permite o diálogo e favorece a aproximação de profissionais de diferentes campos que estudam as ontologias, da forma idealizada por Simon (SIMON, 1997).

**Contribuições para a SI.** Fortalecer a ideia de que DSR é um referencial epistemológico extensível a outros “campos da informação” reforça a relevância do design como paradigma científico de SI. Além disso, o uso da DSR para investigar artefatos de informação, como as ontologias, reforça uma tendência importante na área, que vêm valorizando os conteúdos de informação em relação aos mecanismos tecnológicos. Se os conteúdos de informação são centrais em um sistema de informação, o conhecimento gerado sobre as ontologias e as metodologias usadas para desenvolvê-las também é uma das contribuições desta dissertação para o avanço da SI.

**Contribuições para a DSR.** A Metodologia de Análise de Artefatos (MAA) consolida as ideias de diferentes autores da DSR para apresentar um modelo e um processo para análise de categorias de artefatos. Sua instanciação em três metodologias de desenvolvimento de ontologias serviu para criar um precedente de design, um tipo de conhecimento usado para comparar, aperfeiçoar e construir novos artefatos. As áreas de conhecimento em que a MAA pode ser aplicada não se restringem à CI, a SI ou àquelas que investigam as ontologias, mas abrangem quaisquer áreas em que seja possível encontrar pesquisadores interessados em conhecer novas formas para aperfeiçoar as metodologias que usam em suas atividades. Além disso, a pesquisa ajuda a disseminar o design em novas áreas conhecimento, o que é bastante importante no Brasil, país em que o campo ainda é pouco desenvolvido.

**Contribuições para a CI.** Na CI, no contexto da Organização do Conhecimento (OC), a distinção entre ontologias e outros SOC, e a apresentação das diferentes perspectivas em que elas são estudadas (ontologias como corpos de conhecimento ou teorias de conteúdo, linguagens documentárias e vocabulários controlados), é relevante para criar um entendimento comum do termo na CI. Além disso, usar o referencial teórico e metodológico

da DSR para investigar metodologias de desenvolvimento de ontologias gera *insights* diferentes das abordagens tradicionais da CI, revelando que determinadas formas de conhecimento e práticas dos profissionais da informação, inválidas em outros contextos científicos, são válidas na DSR. Ainda, a própria MAA é uma importante contribuição para a CI, uma vez que é uma metodologia versátil, que pode ser utilizada para analisar outras categorias de artefatos, incluindo documentos. Nessas perspectivas, a pesquisa contribui para uma discussão ainda mais ampla, que considera a CI, pelo menos em parte, uma ciência do artificial.

#### **4.5. Recomendações para trabalhos futuros**

As recomendações compreendem um conjunto de ações para desenvolver o conhecimento nos campos investigados ao longo desta dissertação.

**Expandir o conhecimento sobre as ontologias.** As ontologias têm um grande potencial de aplicação ainda inexplorado. O esforço realizado nessa dissertação, apesar de relevante, é pequeno em relação ao tamanho do desafio relacionado ao aperfeiçoamento das ontologias e de seus processos de desenvolvimento. Além de responder algumas questões, essa dissertação gerou novas perguntas que podem ser usadas como ponto de partida para outras pesquisas na área.

**Aperfeiçoar a MAA por meio de instanciações e avaliações mais precisas, específicas e rigorosas.** Apesar do sucesso da aplicação da MAA neste trabalho, há muito espaço para aperfeiçoar a metodologia. Instanciar a metodologia em outros contextos, principalmente em situações reais de uso, com usuários reais, permite compreender melhor as necessidades desses usuários e a capacidade da MAA para atendê-las. Além disso, confrontar os resultados apresentados nas recomendações para o desenvolvimento de ontologias com os referenciais da literatura especializada é importante para verificar o nível das contribuições de conhecimento da MAA (conhecimentos úteis, novos ou únicos). Essa confrontação, que aumenta o rigor e a relevância dos resultados da análise, pode ser incluída no próprio processo de análise de artefatos, como parte integrante da MAA.

**Aplicar a MAA em outros contextos e em outros artefatos estudados pela CI.** A aplicação da MAA para analisar as metodologias de desenvolvimento de ontologias é um primeiro passo para aproximar a CI da DSR. Essa aproximação está inserida em um contexto

maior, que acredita que a CI é, pelo menos em parte uma ciência do artificial. Com a realização novas pesquisas, e a aplicação da MAA em artefatos de informação, será possível avaliar em que medida a DSR contribui para gerar conhecimento e aperfeiçoar a prática profissional dos cientistas da informação. No futuro, caso a DSR seja aceita como um paradigma de pesquisa na CI, será necessário reorientar o ensino e a prática dos cientistas da informação, reconhecendo que esses profissionais são os legítimos criadores serviços e produtos de informação.

#### **4.6. Considerações finais**

Esse estudo percorreu um longo caminho até demonstrar que a *Design Science*, ou Ciência do Design, serve para analisar e gerar conhecimento sobre as metodologias de desenvolvimento de ontologias, uma categoria de artefatos estudada não só pela Ciência da Informação, mas pela Engenharia do Conhecimento, Modelagem de Dados, Inteligência Artificial, Ciência da Computação e Sistemas de Informação, entre muitos outros campos interessados na representação efetiva do conhecimento em linguagem formal.

Usar ideias da Ciência da Informação e da Organização do Conhecimento para esclarecer o que são, para que servem e como funcionam foi importante para definir as ontologias como um tipo específico de artefato de informação – “um tipo único de Sistema de Organização do Conhecimento”. Com isso, a pesquisa fortalece a ideia de que a Ciência da Informação possui um referencial teórico bastante desenvolvido e útil para estudar as ontologias.

As metodologias para desenvolver ontologias foram usadas como ponte para introduzir a *Design Science*, cujo uso permitiu analisar e produzir conhecimentos úteis sobre as metodologias de desenvolvimento de ontologias. Aproximar diferentes campos do conhecimento gerou mais trabalho de pesquisa, mas foi importante para, em conjunto com outros autores, ajudar a estabelecer a ideia de que a CI é, pelo menos em parte, uma Ciência do Artificial.

## 5. BIBLIOGRAFIA

ALMEIDA, M. B. Revisiting Ontologies: A Necessary Clarification. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 64, n. 8, p. 1682–1693, 2013.

ALMEIDA, M. B. Uma Abordagem Integrada Sobre Ontologias: Ciência da Informação, Ciência da Computação e Filosofia. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 3, p. 242–258, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-99362014000300013&lng=pt&tln=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362014000300013&lng=pt&tln=pt)>.

ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma Visão Geral Sobre Ontologias: Pesquisa Sobre Definições, Tipos, Aplicações, Métodos De Avaliação E De Construção. **Ciência da Informação**, v. 32, n. 3, p. 7–20, 2003. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-19652003000300002&lng=pt&nrm=iso&tln=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19652003000300002&lng=pt&nrm=iso&tln=pt)>.

BAILEY, K. D. **Typologies And Taxonomies: An Introduction To Classification Techniques**. 1ª ed. Londres, Reino Unido; Nova Delhi, Índia.: Sage Publications, 1994.

BARBOSA, D. M. **Um Modelo De Gestão Da Informação E Do Conhecimento Para O Contexto Da Avaliação De Cursos De Graduação**. 2016. Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

BARBOSA, D. M.; BAX, M. P. Fundamentações Teóricas Para A Criação De Um Modelo De Gestão Da Informação Para O Contexto Da Avaliação De Cursos De Graduação. **Biblionline**, v. 12, n. 2, p. 37–52, 2016.

BATISTA, F.; PAULO, J.; MAMEDE, N.; VAZ, P.; RIBEIRO, R. Ontology Construction: Cooking Domain. **Artificial Intelligence: Methodology, Systems, and Applications**, v. 41, n. 1, p. 1–30, 2006.

BAX, M. P. Design Science: Filosofia Da Pesquisa Em Ciência Da Informação E Tecnologia. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB), Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil: 2014.

BEN-ELI, M. **Design Science: A Framework For Change**. 1ª ed. Nova Iorque, Estados Unidos: The Sustainability Laboratory, 2007.

BENJAMINS, V. R.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Overview of Knowledge Sharing and Reuse Components: Ontologies and Problem-Solving Methods. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence, Estocolmo, Suécia. **Anais...** Estocolmo, Suécia.: 1999.

BEREJO, A. Theoretical Foundations Of Library And Information Science: An Epistemological And Methodological Approach. **Revue de l'ensib**, n. 1, p. 1–9, 2013. Disponível em: <<http://revue.ensib.fr/theoretical-foundations-library-and-information-science-epistemological-and-methodological-approach>>.

BONIFACIO, A. S. **Ontologias e Consulta Semântica: Uma Aplicação Ao Caso Lattes**. 2002. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ailton/Trabalhos/Dissertação de Mestrado-Ailton-Final.pdf>>.

BRANK, J.; GROBELNIK, M.; MLADENI, D. **A Survey of Ontology Evaluation Techniques**. [s.l.: s.n.].

BROUGHTON, V.; HANSSON, J.; HJØRLAND, B.; LÓPEZ-HUERTAS, M. J. Knowledge

Organization. In: **European Curriculum Reflections on Library and Information Science Education**. Copenhagen, Dinamarca.: Royal School of Library and Information Science, 2005. p. 133–148.

BROWN, H.; COOK, R.; GABEL, M. **Environmental Design Science Primer**. [s.l.: s.n.]

BUCKLAND, M. K. Entrevista: Michael Buckland. **Revista da Ciência da Informação e Documentação**, v. 2, n. 1, p. 230–242, 2011.

BUCKLAND, M. K. What Kind Of Science Can Information Science Be? **Journal of Information Science & Technology**, v. 1, n. 63 (1), p. 1–7, 2012.

BUSH, V. As We May Think. **The Atlantic Magazine**, n. 1, p. 94–103, 1945. Disponível em: <<http://www.theatlantic.com/magazine/archive/1945/07/as-we-may-think/303881/>>.

CAGLE, K. **Why “Ontology” Will Be A Big Word In Your Company’s Future**. Disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2018/07/20/why-ontology-will-be-a-big-word-in-your-companys-future/#551323807b94>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

CAMPOS, M. L. de A.; GOMES, H. E. Taxonomia E Classificação: A Categorização Como Princípio. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB), **Anais...2007**. Disponível em: <<http://www.enancib.ppgci.ufba.br/artigos/GT2--101.pdf>>.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, J. R.; BENJAMINS, V. R. What Are Ontologies, And Why Do We Need Them? **IEEE Intelligent Systems**, v. 14, n. 1, p. 20–26, 1999.

CLARKE, R. **It’s Not Rocket Library Science: Design Epistemology And American Librarianship**. 2016. University of Washington, 2016. Disponível em: <[https://search.proquest.com/docview/1842259998?accountid=26642%0Ahttp://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?url\\_ver=Z39.88-2004&rft\\_val\\_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissertations+%26+theses&sid=ProQ:ProQuest+Dissertations+%26+Theses+Globa](https://search.proquest.com/docview/1842259998?accountid=26642%0Ahttp://link.periodicos.capes.gov.br/sfxlcl41?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:dissertation&genre=dissertations+%26+theses&sid=ProQ:ProQuest+Dissertations+%26+Theses+Globa)>.

CORCHO, O.; FERNÁNDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Methodologies, Tools and Languages for Building Ontologies: Where is Their Meeting Point ? **Data & Knowledge Engineering**, v. 46, p. 41–64, 2003.

CROSS, N. Designerly Ways Of Knowing: Design Discipline Versus Design Science. **Design Issues**, v. 17, n. 3, p. 49–55, 2001a. Disponível em: <<http://www.mitpressjournals.org/doi/10.1162/074793601750357196>>.

CROSS, N. Design, Science, Research: Developing A Discipline. In: 5th Asian Design Conference: International Symposium on Design Science, Taejon, Coréia do Sul. **Anais... Taejon, Coréia do Sul: 2001b**.

CROSS, N. **Strategies for product design**. [s.l.: s.n.]

CUNHA, J. H. da C.; ARAÚJO JÚNIOR, R. H. de. Taxonomia De Distorções Contábeis. **Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 22, n. 49, p. 127, 2017.

CURRÁS, E. Ontologias, Taxonomias E Tesouros Em Teoria de Sistemas E Sistemática. **Informação Informação**, v. 16, n. 3, p. 202–206, 2011.

DING, Y.; FOO, S. Ontology Research And Development. Part 1 - A Review Of Ontology Generation. **Journal of Information Science**, v. 28, n. 2, p. 123–136, 2002a.

- DING, Y.; FOO, S. Ontology Research And Development. Part 2 - A Review Of Ontology Mapping And Evolving. **Journal of Information Science**, v. 28, n. 5, p. 375–388, 2002b. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/016555150202800503>>.
- DRECHSLER, A. Designing For Change And Transformation: Exploring The Role Of IS Artefact Generativity. In: Australasian Conference on Information Systems (ACIS), Hobart, Austrália. **Anais...** Hobart, Austrália: 2017.
- DRECHSLER, A.; HEVNER, A. R. A Four-Cycle Model Of IS Design Science Research. In: Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST), St. John, Newfoundland e Labrador, Canada. **Anais...** St. John, Newfoundland e Labrador, Canada: 2016.
- DRECHSLER, A.; HEVNER, A. R.; GILL, T. G. Beyond Rigor And Relevance: Exploring Artifact Resonance. In: 49th Hawaii International Conference on IEEE, **Anais...**2016.
- DUQUE, C. G.; SILVA, M. de F. S.; MORI, A. Towards An Ontology Of Public Housing Policies In Brazil. **The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI) em conjunto com o 14th International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis (ISAS)**, v. 6, 2008.
- ELLIS, D.; ALLEN, D.; WILSON, T. Information Science And Information Systems: Conjoint Subjects Disjunct Disciplines. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 50, n. 12, p. 1095–1107, 1999.
- FERNÁNDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. **AAAI Technical Report**, v. 6, p. 33–40, 1997.
- FONSECA, F. The Double Role Of Ontologies In Information Science Research. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 58, n. 6, p. 786–793, 2007.
- FRIEDMAN, K. Creating Design Knowledge: From Research Into Practice. In: International Conference on Design and Technology Educational Research and Curriculum Development (IDATER), Loughborough, Austrália. **Anais...** Loughborough, Austrália: 2000.
- FRIEDMAN, K. Theory Construction In Design Research: Criteria, Approaches, And Methods. **Design Studies**, v. 24, n. 6, p. 507–522, 2002.
- FRIEDMAN, K. Research Into, By And For Design. **Journal of Visual Arts Practice**, v. 7, n. 2, p. 153–160, 2008.
- GANGEMI, A.; CATENACCI, C.; CIARAMITA, M.; LEHMANN, J. Modelling Ontology Evaluation and Validation. (Y. S. and J. Domingue, Ed.) In: European Semantic Web Conference (ESWC), Budva, Montenegro. **Anais...** Budva, Montenegro: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006.
- GARSHOL, L. M. Metadata? Thesauri? Taxonomies? Topic Maps! Making Sense of it All. **Journal of Information Science**, v. 30, n. 4, p. 378–391, 2004.
- GASEVIC, D.; DJURIC, D.; DEVEDZIC, V. **Model-Driven Architecture And Ontology Development**. 1ª ed. Leipzig, Alemanha: Springer Berlin Heidelberg New York, 2006.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1. ed. Porto Alegre, Brasil: UFRGS Editora, 2009.
- GILCHRIST, A. Thesauri, Taxonomies And Ontologies - An Etymological Note. **Journal of Documentation**, v. 59, n. 1, p. 7–18, 2003.
- GILL, T. G.; BHATTACHERJEE, A. Whom Are We Informing? Issues And Recommendations For

- MIS Research From An Informing Sciences Perspective. **MIS Quarterly**, v. 33, n. 2, p. 217–235, 2009.
- GILL, T. G.; HEVNER, A. R. A Fitness-Utility Model For Design Science Research. **ACM Transactions on Management Information Systems**, v. 4, n. 2, p. 1–24, 2013. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2499962.2499963>>.
- GOLDEN, P.; SHAW, R.; BUCKLAND, M. K. Decentralized Coordination Of Controlled Vocabularies. In: ASIS&T Annual Meeting, Seattle, Estados Unidos. **Anais...** Seattle, Estados Unidos: 2014.
- GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M. Overview and Analysis of Methodologies for Building Ontologies. **The Knowledge Engineering Review**, v. 17, n. 2, p. 1–29, 2002.
- GREGOR, S. The Nature of Theory In Information Systems. **MIS Quarterly**, v. 30, n. 3, p. 611–642, 2006.
- GREGOR, S.; HEVNER, A. R. Positioning And Presenting Design Science Research For Maximum Impact. **MIS Quarterly**, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013.
- GREGOR, S.; JONES, D. The Anatomy Of A Design Theory. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 8, n. 5, p. 312–335, 2007.
- GRUBER, T. R. A Translation Approach To Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199–220, 1993. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1042814383710083>>.
- GRUNINGER, M.; FOX, M. S. Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence, Montreal, Canadá. **Anais...** Montreal, Canadá: 1995.
- GUARINO, N. Formal Ontology And Information Systems. In: Formal Ontology in Information Systems (FOIS), June, **Anais...**1998. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.29.1776&rep=rep1&type=pdf>>.
- GUARINO, N.; OBERLE, D.; STAAB, S. What Is An Ontology? In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). **Handbook on ontologies**. 1ª ed. [s.l.] Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. p. 1–17.
- GUEDES, W.; ARAÚJO JÚNIOR, R. H. de. Estudo das Similaridades entre a Teoria Matemática da Comunicação e o Ciclo Documentário. **Informação e Sociedade**, v. 24, n. 2, p. 71–81, 2014.
- GUIMARÃES, R. C. M. **Nomeação de Elementos Ontológicos Para Criação De Ontologias: Uma Proposta Metodológica**. 2015. Universidade de Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.repositorio.unb.br/handle/10482/22049>>.
- HEVNER, A. R. A Three-Cycle View Of Design Science Research. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v. 19, n. 2, p. 87–92, 2007.
- HEVNER, A. R.; MARCH, S. T. The Information Systems Research Cycle. **Computer**, v. 36, n. 11, p. 111–113, 2003. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=1244541>>.
- HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science In Information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.
- HICKS, A. Metrics and Methods for Comparative Ontology Evaluation. **Ciência da Informação**,

v. 46, n. 1, p. 22–33, 2017.

HJØRLAND, B. Theory And Metatheory Of Information Science: A New Interpretation. **Journal of Documentation**, v. 54, n. 5, p. 606–621, 1998.

HJØRLAND, B. **What is Knowledge Organization**, 2008. .

HJØRLAND, B. Theories Are Knowledge Organizing Systems (KOS). **Knowledge Organization**, v. 42, n. 2, p. 113–128, 2015.

HJØRLAND, B.; PEDERSEN, K. N. A Substantive Theory Of Classification For Information Retrieval. **Journal of Documentation**, v. 61, n. 5, p. 582–597, 2005.

HLOMANI, H.; STACEY, D. Approaches, Methods, Metrics, Measures, and Subjectivity in Ontology Evaluation: A Survey. **Semantic Web Journal**, v. 1, n. 5, p. 1–11, 2014.

IIVARI, J. A Paradigmatic Analysis Of Information Systems As A Design Science. **Scandinavian Journal of Information Systems**, v. 19, n. 2, p. 39–64, 2007.

JONES, D.; BENCH-CAPON, T.; VISSER, P. Methodologies for Ontology Development. 2012.

KHOTARI, C. R. **Research Methodology: Methods and Techniques**. 2. ed. Nova Delhi, India: New Age International Publishers, 2004.

KOTHARI, C. R. **Research Methodology: Methods And Techniques**. 2<sup>a</sup> ed. Nova Delhi, India: New Age International Publishers, 2004.

LACERDA, A. P. de. **Pioneiros Dos Métodos De Projeto (1962-1973): Redes Na Gênese Da Metodologia Do Design**. 2012. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.

LARA, M. L. G. de. Documentary Language And Terminology. **Transinformação**, v. 16, n. 3, p. 231–240, 2004.

LEWEN, H.; SUPEKAR, K.; NOY, N. F.; MUSEN, M. A. Topic-Specific Trust and Open Rating Systems: An Approach for Ontology Evaluation. p. 1–8, 2006.

LI, Z.; YANG, M. C.; RAMANI, K. A Methodology for Engineering Ontology Acquisition and Validation. **Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing**, v. 23, p. 37–51, 2009.

LOZANO-TELLO, A.; GÓMEZ-PÉREZ, A. ONTOMETRIC: A Method to Choose the Appropriate Ontology. **Journal of Database Management (JDM)**, v. 15, n. 2, p. 1–18, 2004.

MAI, J. Actors, Domains And Constraints In The Design And Construction Of Controlled Vocabularies. **Knowledge Organization**, v. 35, n. 1, p. 16–29, 2008.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design And Natural Science Research On Information Technology. **Decision Support Systems**, v. 15, n. 4, p. 251–266, 1995.

MARCH, S. T.; STOREY, V. C. Design Science In The Information Systems Discipline: An Introduction To The Special Issue on Design Science Research. **MIS Quaterly**, v. 32, n. December, p. 725–730, 2008.

MENDONÇA, F. M.; ALMEIDA, M. B. OntoForInfoScience: Uma Metodologia Detalhada Para Construção de Ontologias e Sua Aplicação no Domínio da Biomedicina. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (ENANCIB), João Pessoa, Brasil. **Anais...** João Pessoa, Brasil: 2015.

MENDONÇA, F. M.; SOARES, A. L. Construindo Ontologias Com a Metodologia

OntoForInfoScience: Uma Abordagem Detalhada Das Atividades do Desenvolvimento Ontológico. **Ciência da Informação**, v. 46, n. 1, p. 43–59, 2017.

MILTON, S. K.; SMITH, B. Top-Level Ontology: The Problem With Naturalism. (N. Guarino, Ed.) In: Formal Ontology in Information Systems (FOIS), Torino, Itália. **Anais...** Torino, Itália: 2004.

MIZOGUCHI, R.; VANWELKENHUYSEN, J.; IKEDA, M. Task Ontology For Reuse Of Problem-Solving Knowledge. In: MARS, N. J. I. (Ed.). **Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing**. 1ª ed. Amsterdam, Holanda: IOS Press, 1995. p. 46–59.

MONARCH, I. Information Science And Information Systems: Converging Or Diverging. In: Annual Conference of CAIS/Actes du congrès annuel de l'ACSI, **Anais...**2000. Disponível em: <[http://www.cais-acsi.ca/proceedings/2000/monarch\\_2000.pdf](http://www.cais-acsi.ca/proceedings/2000/monarch_2000.pdf)>.

MOR, Y.; WINTERS, N. Design Approaches In Technology Enhanced Learning. **Environments**, v. 15, n. 1, p. 61–75, 2006.

MORI, A. **Modelagem De Conhecimento Baseada Em Ontologias Aplicada Às Políticas Públicas De Habitação**. 2009. Universidade de Brasília, 2009.

MUNN, K.; SMITH, B. **Applied Ontology: An Introduction**. [s.l.: s.n.]

NICKERSON, R. C.; MUNTERMANN, J.; VARSHNEY, U.; ISAAC, H. Taxonomy Development In Information Systems: Developing A Taxonomy Of Mobile Applications. In: European Conference on Information Systems (ECIS), Verona, Verona, Itália. **Anais...** Verona, Verona, Itália: 2009.

NICOLAUS, P. **How Common Data Could Lead To Uncommon Alzheimer's Discoveries**. Disponível em: <<http://www.bio-itworld.com/2019/01/14/how-common-data-could-lead-to-uncommon-alzheimers-discoveries.aspx>>. Acesso em: 15 jan. 2019.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology Development 101: A Guide To Creating Your First Ontology. **Stanford Knowledge Systems Laboratory**, p. 1–25, 2001.

OBRST, L.; CEUSTERS, W.; MANI, I.; RAY, S.; SMITH, B. The Evaluation of Ontologies - Toward Improved Semantic Interoperability. In: S (Ed.). **Semantic Web: Revolutionizing Knowledge Discovery in the Life Sciences**. Nova Iorque, Estados Unidos: Springer-Verlag, 2006. p. 139–158.

OLIVEIRA, M. **Design, Qual Seu Significado?** Disponível em: <<https://designculture.com.br/design-o-que-significa>>.

OSTROWSKI, L.; HELFERT, M. Reference Model In Design Science Research To Gather And Model Information. In: Americas Conference on Information Systems (AMCIS), Seattle, Washington, Estados Unidos. **Anais...** Seattle, Washington, Estados Unidos: 2012.

PAN, J. Z. Resource Description Framework. In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). **Handbooks On Ontologies**. 2ª ed. [s.l.] Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2007. p. 71–90.

PETTER, S. C.; KHAZANCHI, D.; MURPHY, J. D. A Design Science Based Evaluation Framework For Patterns. **The Data Base for Advances in Information Systems**, v. 41, n. 3, p. 9–26, 2010. Disponível em: <<https://digitalcommons.unomaha.edu/isqafacpub/13/>>.

PINTO, H. S.; STAAB, S.; TEMPICH, C. DILIGENT: Towards a fine-grained methodology for Distributed , Loosely-controlled and evolInG Engineering of oNTologies. In: 16th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI), **Anais...**2004.

PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. L.; VENABLE, J. R. Strategies For Design Science Research Evaluation. In: European Conference on Information Systems (ECIS), Galway, Connacht, Irlanda. **Anais...** Galway, Connacht, Irlanda: 2008.

RAUTENBERG, S.; GOMES FILHO, A. C.; TODESCO, J. L.; OSTUNI-GAUTHIER, F. Á. The ontoKEM tool: A Contribution For Information Science To The Ontology's Development. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 15, n. 1, p. 239–258, 2010.

RAUTENBERG, S.; TODESCO, J. L.; GAUTHIER, F. A. O. Processo de Desenvolvimento de Ontologias: Uma Proposta e Uma Ferramenta. **Revista Tecnologia**, v. 30, n. 1, p. 133–144, 2009. Disponível em: <[http://vm-ontokem.led.ufsc.br/joomla/pdf/Processo\\_de\\_desenvolvimento\\_de\\_ontologias\\_uma\\_proposta\\_e\\_uma\\_ferramenta.pdf](http://vm-ontokem.led.ufsc.br/joomla/pdf/Processo_de_desenvolvimento_de_ontologias_uma_proposta_e_uma_ferramenta.pdf)>.

REES, R. Van. Clarity In The Usage Of The Terms Ontology, Taxonomy And Classification. **CIB Report**, v. 284, n. 432, p. 1–8, 2003. Disponível em: <[http://reinout.vanrees.org/\\_downloads/2003\\_cib.pdf](http://reinout.vanrees.org/_downloads/2003_cib.pdf)&http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.105.4124&rep=rep1&type=pdf>.

SIMON, H. A. **The Sciences Of The Artificial**. 3ª ed. Cambridge, Estados Unidos; Londres, Inglaterra: MIT Press, 1997.

SMITH, B.; WELTY, C. Ontology: Towards A New Synthesis. In: International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS), **Anais...**2001. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=505168.505201>&http://dl.acm.org/citation.cfm?id=505168.505201>.

SOUSA, R. T. B. de; ARAÚJO JÚNIOR, R. H. De. A Classificação E A Taxonomia Como Instrumentos Efetivos Para A Recuperação Da Informação Arquivística. **Ciência da Informação**, v. 42, n. 1, p. 131–144, 2013.

STAAB, S.; STUDER, R. **Handbooks On Ontologies**. 2ª ed. [s.l.] Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2007.

SUBHASHINI, R.; AKILANDESWARI, J. A Survey On Ontology Construction Methodologies. **International Journal of Enterprise Computing and Business Systems**, v. 1, n. 1, p. 1–14, 2011.

SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R. On-To-Knowledge Methodology. In: **Handbook on Ontologies**. 1. ed. [s.l.] Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 117–132.

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M.; USCHOLD, M. Ontologies: Principles, Methods and Applications. **Knowledge Engineering Review**, v. 11, n. 2, p. 1–69, 1996.

USCHOLD, M.; KING, M. Towards a Methodology for Building Ontologies. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence, **Anais...**1995.

VENABLE, J. R. A Framework For Design Science Research Activities. **Emerging Trends and Challenges in Information Technology Management**, n. 2, p. 184–187, 2006a.

VENABLE, J. R. The Role Of Theory And Theorising In Design Science Research. In: Design Science Research in Information Systems and Technology (DESRIST), **Anais...**2006b.

VENABLE, J. R.; BASKERVILLE, R. L. Eating Our Own Cooking: Toward A Design Science Of Research Methods. **The Electronic Journal of Business Research Methods**, v. 10, n. 2, p. 141–153, 2012. Disponível em: <[www.ejbrm.com](http://www.ejbrm.com)>.

VENABLE, J. R.; PRIES-HEJE, J.; BASKERVILLE, R. L. A Comprehensive Framework For Evaluation In Design Science Research. In: PEFFERS, K.; ROTHENBERGER, M. A.; KUECHLER, B. (Ed.). **Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice**. 1ª ed. Berlim, Alemanha: Springer Heidelberg, 2012. 7286p. 423–438.

VITAL, L. P.; CAFÉ, L. M. A. Ontologias e Taxonomias: Diferenças. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 16, n. 2, p. 115–130, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-99362011000200008&lng=pt&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362011000200008&lng=pt&tlng=pt)>.

WALLS, J. G.; WIDMEYER, G. R.; EL-SAWY, O. A. **Building An Information System Design Theory For Vigilant EIS Information Systems Research**, 1992. Disponível em: <<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=buh&AN=4430789&site=ehost-live%5Cnhttp://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true%7B&%7Ddb=buh%7B&%7DAN=4430789%7B&%7Dsite=ehost-live>>.

WALLS, J. G.; WIDMEYER, G. R.; EL-SAWY, O. A. Assessing Information System Design Theory In Perspective: How Useful Was Our 1992 Initial Rendition? **Journal of Information Technology Theory and Application**, v. 6, n. 2, p. 43–58, 2004.

WESTERINEN, A.; TAUBER, R. Ontology Development by Domain Experts (Without Using the “O” Word). **Applied Ontology**, v. 12, n. 3–4, p. 299–311, 2017.

ZHANG, P.; BENJAMIN, R. I. Understanding Information Related Fields: A Conceptual Framework. **Journal of The American Society For Information Science and Technology**, v. 58, n. 13, p. 1934–1947, 2007.