



Universidade Federal da Bahia
Instituto de Matemática e Estatística

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação

**AMORTISSE (MATURITY MODEL FOR
INTEROPERABILITY IN SOFTWARE
SYSTEMS)**

Erasmio Leite Monteiro

TESE DE DOUTORADO

Salvador
04 de Dezembro de 2020

ERASMO LEITE MONTEIRO

**AMORTISSE (MATURITY MODEL FOR INTEROPERABILITY IN
SOFTWARE SYSTEMS)**

Esta Tese de Doutorado foi apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Ciência da Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Rita Suzana Pitangueira Maciel

Salvador
04 de Dezembro de 2020

Sistema de Bibliotecas - UFBA

L Monteiro, Erasmo.

Amortisse (mAturity Model fOR inTeroperability In Software SysTEms) / Erasmo Leite Monteiro – Salvador, 2020.

135p.: il.

Orientadora: Prof. Dr. Profa. Dra. Rita Suzana Pitangueira Maciel.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Matemática e Estatística, 2020.

1. Engenharia de Software. 2. Modelos de Maturidade. 3. Interoperabilidade. I. Maciel, Rita Suzana Pitangueira. II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Matemática e Estatística. III Título.

CDD – XXX.XX

CDU – XXX.XX.XXX

TERMO DE APROVAÇÃO

ERASMO LEITE MONTEIRO

AMORTISSE (MATURITY MODEL FOR INTEROPERABILITY IN SOFTWARE SYSTEMS)

Esta Tese de Doutorado foi julgada adequada à obtenção do título de Doutor em Ciência da Computação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal da Bahia.

Salvador, 04 de Dezembro de 2020

Profa. Dra. Daniela Claro
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dr. Ivan Machado
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Profa. Dra. Rita Suzana
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Prof. Dr. Paulo Masiero
Universidade de São Paulo - USP

Prof. Dr. José Maria N. David
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Aos meus pais, João (In memoriam) e Lede; A minha irmã, Cíntia (In memoriam); A grande amiga e orientadora Rita Suzana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela vida e pela oportunidade de estar concluindo mais esta etapa.

Aos meus pais e toda minha família, que me apoiaram em todos os momentos e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Agradeço a professora Dra. Rita Suzana Pitangueira Maciel, por toda orientação, pelo grande incentivo, compreensão e por toda confiança no meu trabalho.

A Universidade Federal da Bahia, pela oportunidade e pelo suporte para realização do doutorado. A CAPES, pela bolsa de estudos a qual foi imprescindível para a realização e conclusão do doutorado.

Aos professores e funcionários do curso de Pós Graduação em Ciências da Computação, pela oportunidade de convívio e pelos ensinamentos.

A todos os colegas da Pós Graduação em Ciências da Computação, com quem passei bons momentos no decorrer do curso.

MUITO OBRIGADO.

" Se enxerguei mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes."

—ISAAC NEWTON (Frase)

RESUMO

Interoperabilidade é a capacidade de sistemas heterogêneos de se comunicarem de forma transparente e pode ser alcançada por meio de níveis, tais como: (i) sintático, (ii) semântico, (iii) pragmático e (iv) organizacional. No entanto, há vários desafios para os sistemas fornecerem interoperabilidade, como quais requisitos são necessários para atingir a interoperabilidade desejada. Várias propostas têm sido feitas para resolver aspectos de um determinado nível de interoperabilidade ou para um determinado domínio. Contudo, a interoperabilidade de um sistema é um aspecto que pode evoluir ao longo do seu ciclo de vida, sendo então necessário apoio para auxiliar este processo. Os modelos de maturidade podem ajudar neste cenário pois têm sido usados em vários domínios para avaliar a maturidade do sistema de acordo com aspectos específicos (interoperabilidade, por exemplo). Este trabalho apresenta o AMortisse (mAturity Model fOR inTeroperability In Software SystEms), um modelo de maturidade para avaliar a interoperabilidade em sistemas de software que se utiliza de uma metodologia previamente especificada para sua definição. Esta metodologia visa auxiliar os desenvolvedores de modelos de maturidade, apresentando um ciclo de vida de desenvolvimento aplicável a diferentes domínios. Nosso objetivo foi sistematizar as tarefas envolvidas no desenvolvimento destes modelos, como os requisitos de domínio, relacionados em níveis, dimensões e o caminho para a maturidade, alavancando assim a qualidade de um modelo de maturidade produzido. Apesar de sua popularidade, os modelos de maturidade têm sido criticados devido à falta de validação empírica e métodos eficazes para auxiliar em sua definição. Uma validação foi realizada por meio da aplicação em um sistema de uma organização para atestar a capacidade do Amortisse em indicar a maturidade do sistema. O Amortisse foi capaz de mensurar o nível de interoperabilidade dos sistemas e indicar quais requisitos devem ser alcançados a fim de evoluir entre os níveis de maturidade. Os resultados desta investigação mostram que o Modelo de Maturidade Amortisse e a metodologia são viáveis. Esperamos que a metodologia apresentada forneça clareza na obtenção deste modelo e possa auxiliar no desenvolvimento de novos modelos de maturidade em diferentes domínios. Esperamos também que o Amortisse seja capaz de indicar o nível de interoperabilidade e indicar os requisitos ausentes.

Palavras-chave: Modelo de maturidade, Interoperabilidade, metodologia de design.

ABSTRACT

Interoperability is the ability of heterogeneous systems to communicate transparently and can be achieved through levels, such as: (i) syntactic, (ii) semantic, (iii) pragmatic, and (iv) organizational. However, there are several challenges for systems to provide interoperability such as what requirements are necessary to achieve the desire interoperability. Several proposals have been made to discuss aspects of a specific level of interoperability or for a given domain. However, the interoperability of a system is an aspect that can evolve throughout its life cycle, so support is needed to aid this process. Maturity models can help in this case as they have been used in several domains to assess the maturity of the system according to specific aspects (e.g, interoperability). This work presents Amortisse (mAturity Model fOR inTeroperability In Software SystEms), a maturity model to check interoperability in software systems towards the specification of a methodology for maturity model definition. This methodology aims to aid Maturity Model (MM) developers by presenting a MM development life-cycle applicable for different domains. We aim to systematize tasks involved in MM development, such as MM domain requirements, organization of related concepts into levels, dimensions, and the path to maturity, therefore leveraging the produced MM quality. Despite their popularity, maturity models have been criticized due to lack of empirical validation and effective methods to aid in their definition. A validation was performed by applying it to an organization's system to attest Amortisse's ability to indicate the system's maturity. As a result, Amortisse was able to measure the level of interoperability of the system and show which requirements must be met to evolve between levels of maturity. The results of this investigation show that the Amortisse and the methodology are feasible. We hope the presented methodology provides clarity while obtaining this model and may help the development of new maturity models in different domains. We hope that Amortisse will be able to show systems interoperability level and indicate missing requirements.

Keywords: Maturity model, interoperability, design methodology.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| Capítulo 1—Introdução | 1 |
| 1.1 Problema de Pesquisa | 3 |
| 1.2 Justificativa | 3 |
| 1.3 Objetivo geral | 4 |
| 1.3.1 Objetivos Específicos | 4 |
| 1.4 Metodologia | 4 |
| 1.5 Contribuições | 5 |
| 1.6 Publicações | 6 |
| 1.7 Organização da Tese | 7 |
| Capítulo 2—Background | 9 |
| 2.1 Modelo de Maturidade | 9 |
| 2.2 Interoperabilidade | 16 |
| Capítulo 3—Mapeamento Sistemático da Literatura | 25 |
| 3.1 Modelos de maturidade: Mapeamento sistemático | 25 |
| 3.1.1 Questões de Pesquisa | 25 |
| 3.1.2 Estratégias de Pesquisa | 26 |
| 3.1.3 Escopo e Critérios de Extração | 26 |
| 3.1.4 Método de Pesquisa | 28 |
| 3.1.5 Triagem dos Artigos | 28 |
| 3.1.6 Execução | 30 |
| 3.1.7 Resultados e Discussões do Mapeamento Sistemático da Literatura | 30 |
| 3.1.7.1 QP 01: Como os modelos de maturidade foram especificados? | 36 |
| 3.1.7.2 QPS 2: Quais são as características e definições ao desenvolver modelos de maturidade? | 38 |
| 3.1.7.3 QPS 1: Quais são os tipos de modelos de maturidade - existem métodos genéricos para desenvolver modelos de maturidade? | 40 |
| 3.1.7.4 QPS 3: Quais são as considerações teóricas que ajudam no desenvolvimento dos modelos de maturidade? | 41 |
| 3.1.7.5 QP 02: De qual forma os modelos de maturidades foram avaliados? | 42 |
| 3.1.8 Discussão | 43 |

| | | |
|-------------------|--|------------|
| 3.1.9 | Limitações e ameaças à validade | 47 |
| Capítulo 4 | —Trabalhos Relacionados | 49 |
| 4.1 | Modelos de maturidade para Interoperabilidade | 49 |
| 4.2 | Metodologias para desenvolvimento de um modelo de maturidade de âmbito geral | 50 |
| 4.3 | Considerações finais | 52 |
| Capítulo 5 | —Metodologia para Desenvolvimento de Modelos de Maturidade | 53 |
| 5.1 | Processo de Desenvolvimento do Amortisse | 53 |
| 5.1.1 | Fase 1: Escopo | 55 |
| 5.1.2 | Fase 2: Design | 57 |
| 5.1.3 | Fase 3: Conteúdo | 59 |
| 5.1.4 | Fase 4: Obter | 60 |
| 5.1.5 | Fase 5: Implementação | 63 |
| 5.1.6 | Fase 6: Manutenção | 64 |
| Capítulo 6 | —AMortisse (mAturity Model fOR inTeroperability In Software Systems) | 67 |
| 6.1 | AMORTISSE | 67 |
| 6.1.1 | Fase 1: Escopo | 68 |
| 6.1.2 | Fase 2: Design | 69 |
| 6.1.3 | Fase 3: Definição do Conteúdo | 70 |
| 6.1.4 | Fase 4: Obter | 74 |
| 6.1.4.1 | Exemplo de uso do modelo de maturidade | 80 |
| Capítulo 7 | —Avaliação do Modelo de Maturidade AMORTISSE | 87 |
| 7.1 | Visão Geral | 87 |
| 7.2 | Primeira Avaliação - Aplicabilidade do Modelo | 88 |
| 7.2.1 | Fase 5 - Implementação | 90 |
| 7.2.2 | Fase 6: Manutenção | 94 |
| 7.3 | Avaliação 2: reutilização dos Requisitos (generalização) | 103 |
| 7.3.1 | Preparação dos dados | 104 |
| 7.3.2 | Compilação dos dados e resultados da avaliação estatística | 106 |
| 7.4 | Avaliação 3: Aspectos estruturais do modelo | 108 |
| 7.5 | Limitações e ameaças à validade | 114 |
| 7.6 | Considerações finais | 115 |
| Capítulo 8 | —Conclusão | 117 |
| Apêndice A | —Itens dos requisitos: Interoperabilidade Organizacional | 125 |

| | |
|---|-----|
| Apêndice B—Itens dos requisitos: Interoperabilidade Pragmática | 127 |
| Apêndice C—Itens dos requisitos: Interoperabilidade Semântica | 129 |
| Apêndice D—Itens dos requisitos: Interoperabilidade Sintática | 131 |
| Apêndice E—Questionário: avaliação do modelo | 133 |

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------|---|----|
| 1.1 | Etapas empregadas nesta tese | 5 |
| 2.1 | CMM: Níveis (GODFREY, 2008) | 10 |
| 2.2 | CMM: Nível 1 (GODFREY, 2008) | 11 |
| 2.3 | CMM: Nível 2 (GODFREY, 2008) | 11 |
| 2.4 | CMM: Nível 3 e 4 (GODFREY, 2008) | 12 |
| 2.5 | CMM: Nível 5 (GODFREY, 2008) | 12 |
| 2.6 | Exemplo de um Modelo de Excelência da Gestão (MEG, 2011) | 13 |
| 2.7 | Exemplo de uso: ISO 9001 e ISO 9004 (ISO, 2012) | 14 |
| 2.8 | Ciclo de vida para o desenvolvimento de um modelo de maturidade (BRUIN et al., 2005). Tradução do autor | 15 |
| 2.9 | Diferenciação: integração, interoperabilidade e compatibilidade (CORREA, 2012) | 17 |
| 2.10 | Exemplo de estratégia de integração (CORREA, 2012). | 18 |
| 2.11 | Exemplo de estratégia de compatibilidade (KASUNIC, 2001). | 19 |
| 2.12 | Exemplo de uma arquitetura de interoperabilidade (SAYÃO; MARCONDES, 2008). | 19 |
| 2.13 | Níveis de interoperabilidade | 20 |
| 2.14 | Cenário: Interoperabilidade sintática | 21 |
| 2.15 | Cenário: Interoperabilidade semântica | 22 |
| 2.16 | Cenário: Interoperabilidade pragmática | 22 |
| 3.1 | Visão geral do método de pesquisa(KITCHENHAM, 2004) | 28 |
| 3.2 | Etapas do processo de seleção dos estudos | 29 |
| 3.3 | Distribuição de estudos primários por ano de publicação | 31 |
| 3.4 | Distribuição por tipo de eventos | 31 |
| 3.5 | Abordagens | 38 |
| 3.6 | Tipos de modelos de maturidade | 41 |
| 3.7 | Teoria dos processos | 43 |
| 3.8 | Métodos de avaliação e validação | 45 |
| 5.1 | Ciclo de vida utilizado para construção do modelo <i>AMORTISSE</i> . Adaptado de (BRUIN et al., 2005) e (LAHRMANN et al., 2011) | 55 |
| 5.2 | Fluxo do processo utilizado para construção do modelo <i>AMORTISSE</i> . Figura do autor. | 56 |
| 5.3 | Ilustração de cenários (não) pragmaticamente interoperáveis. Adaptado de (ASUNCION, 2011) | 62 |

| | | |
|-----|---|-----|
| 5.4 | Arquitetura do sistema. Figura do autor. | 63 |
| 6.1 | Componentes de interoperabilidade (fase de escopo: saída) | 69 |
| 6.2 | Sistema fictício: Esquema (FILHO, 2012) | 82 |
| 7.1 | Topologia do sistema | 89 |
| 7.2 | Arquitetura Lógica do ambiente | 97 |
| 7.3 | Experimento: Avaliação geral do Amortisse | 101 |
| 7.4 | Avaliação 2: etapas e artefatos | 103 |
| 7.5 | Teste-t: Nível de significância | 107 |
| 7.6 | Avaliação 3: etapas e artefatos | 110 |
| A.1 | Interoperabilidade Organizacional | 126 |
| B.1 | Interoperabilidade Pragmática | 128 |
| C.1 | Interoperabilidade Semântica | 130 |
| D.1 | Interoperabilidade Sintática | 132 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | Métodos para desenvolver um modelo de maturidade (LAHRMANN et al., 2011). Tradução do autor. | 16 |
| 3.1 | Critérios de qualidade | 27 |
| 3.2 | Resumo dos Trabalhos Encontrados | 30 |
| 3.3 | Artigos relacionados via mapeamento (Nas décadas de 1970 e 1980) | 32 |
| 3.4 | Artigos relacionados via mapeamento (de 1995 a 2005) | 33 |
| 3.5 | Artigos relacionados via mapeamento (de 2006 a 2016) | 35 |
| 3.6 | Vocabulário e diretrizes | 39 |
| 3.7 | Métodos e Instrumentos ao projetar e desenvolver constructos | 42 |
| 3.8 | Modelos de maturidade visualizados através da teoria dos processos | 44 |
| 3.9 | Métodos e Instrumentos (de avaliação) ao projetar e desenvolver constructos | 46 |
| 5.1 | Decisões ao Escopo de um Modelo de Maturidade. Tabela do autor. | 57 |
| 5.2 | Fase escopo: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 57 |
| 5.3 | Decisões ao projetar um modelo de maturidade. Tabela do autor. | 58 |
| 5.4 | Fase design: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 59 |
| 5.5 | Fase conteúdo: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 59 |
| 5.6 | Fase obter: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 61 |
| 5.7 | Exemplo de requisito com a escala Likert. Tabela do autor. | 62 |
| 5.8 | Fase implementação: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 64 |
| 5.9 | Fase manutenção: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor. | 65 |
| 6.1 | Modelo de Maturidade: esquema | 70 |
| 6.2 | Itens dos requisitos: Interoperabilidade Organizacional | 71 |
| 6.3 | Itens dos requisitos: Interoperabilidade Pragmática | 72 |
| 6.4 | Itens dos requisitos: Interoperabilidade Semântica | 73 |
| 6.5 | Itens dos requisitos: Interoperabilidade Sintática | 73 |
| 6.6 | Exemplo de um questionário para a elegibilidade dos requisitos | 74 |
| 6.7 | Questionário da Interoperabilidade Organizacional | 75 |
| 6.8 | Resultado do algoritmo Rasch e análise cluster hierárquica | 76 |
| 6.9 | Modelo de Maturidade: Dimensão organizacional | 77 |
| 6.10 | Modelo de Maturidade: Dimensão pragmática | 78 |
| 6.11 | Modelo de Maturidade: Dimensão semântica | 78 |
| 6.12 | Modelo de Maturidade: Dimensão sintática | 78 |
| 6.13 | AMORTISSE: Escala de avaliação | 80 |
| 6.14 | Relação entre a escala NPLF e Likert. Adaptado de ((GALIN, 2004)) | 80 |

| | | |
|------|---|-----|
| 6.15 | Respostas do questionário pelos respondentes do piloto | 81 |
| 6.16 | Exemplo de uso: relacionamento com os requisitos | 84 |
| 7.1 | Formulário: Aderência dos requisitos ao cenário | 89 |
| 7.2 | Respostas do questionário pelos respondentes da Entrevista | 91 |
| 7.3 | AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p1 | 92 |
| 7.4 | AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p2 | 93 |
| 7.5 | AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p3 | 93 |
| 7.6 | AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p4 | 93 |
| 7.7 | Arquitetura na nuvem: principais componentes | 95 |
| 7.8 | Arquitetura na nuvem: requisitos | 98 |
| 7.9 | Arquitetura na nuvem: requisitos categorizados | 100 |
| 7.10 | Experimento: comentários dos participantes | 102 |
| 7.11 | Experimento: Requisitos candidatos à remoção | 102 |
| 7.12 | Questionário: Aplicabilidade dos requisitos | 104 |
| 7.13 | Conversão: respostas dos pesquisadores em escala NPLF | 105 |
| 7.14 | Conversão: respostas dos pesquisadores com soma ponderada | 106 |
| 7.15 | Resultado: respostas dos pesquisadores com soma ponderada | 107 |
| 7.16 | Conversão: respostas dos respondentes em escala NPLF | 108 |
| 7.17 | Conversão: respostas dos respondentes com soma ponderada | 109 |
| 7.18 | Resultado: respostas dos respondentes com soma ponderada | 110 |
| 7.19 | Compilado dos resultados: piloto e estudo exploratório | 111 |
| 7.20 | Resultado: Teste-t | 112 |
| 7.21 | Resultado: Aspectos do AMORTISSE | 113 |
| 7.22 | Resumo do resultado: Aspectos do AMORTISSE | 114 |

LISTA DE ACRÔNIMOS

| | |
|-------|---|
| ACM | Association for Computing Machinery |
| AIS | Association for Information Systems |
| API | Application Programming Interface |
| BI | Business Intelligence |
| BPMM | Business Process Maturity Model |
| CMM | Capability Maturity Model |
| DRG | diagnosis-related groups |
| DyAMM | Dynamic Architecture Maturity Matrix |
| EFQ | European Foundation Quality Management |
| HL7 | Health Level 7 |
| IEEE | Institute of Electrical and Electronics Engineers |
| IMM2S | Interoperability Maturity Model for System and Software |
| ISO | International Organization for Standardization |
| JIS | Japanese Industrial Standards |
| OPM3 | Organizational Project Management Maturity Model |
| PDCA | Plan, Do, Check, Act or Adjust |
| PMMM | Project Management Maturity Model |
| SBSI | Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação |
| SCPM3 | Supply Chain Process Management Maturity Model |
| SEI | Software Engineering Institute |
| SOA | Service-Oriented Architecture |
| SOAP | Simple Object Access Protocol |
| SoS | Systems of Systems |
| WS | Web Service |
| WSDL | Web Services Description Language |
| XML | Extensible Markup Language |

INTRODUÇÃO

A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de sistemas se comunicarem de forma transparente e pode ser vista por uma perspectiva de níveis hierárquicos: (i) sintático, abrangendo a estrutura da mensagem; (ii) semântico, que garante o significado da mensagem; (iii) pragmático, que abarca as expectativas comuns entre os participantes da colaboração; e (iv) organizacional, que abrange as regras de negócios e políticas organizacionais desejadas. A interoperabilidade total ou plena é atingida quando todos os níveis de interoperabilidade são alcançados e é considerada um dos grandes desafios para a comunidade brasileira de Sistemas de Informação (BOSCARIOLI; ARAUJO; MACIEL, 2017). Alguns cenários exigirão interoperabilidade sintática e semântica, enquanto outros, pragmática e organizacional, dependendo da maturidade e conhecimento acerca do sistema. Vários são os desafios para que os sistemas forneçam o requisito não funcional de interoperabilidade, como indicado em (BOSCARIOLI; ARAUJO; MACIEL, 2017): (i) quais são os níveis de interoperabilidade? (ii) qual é a interoperabilidade desejada? (iii) qual é o estágio atual da interoperabilidade dos meus sistemas? (iv) como alcançar outros níveis de interoperabilidade?

A barreira que se evidencia para atingir a interoperabilidade é que muitas tecnologias que precisam compor a base mínima de interoperabilidade nem sempre foram projetadas para tal. As denominadas camadas de interoperabilidade podem impedir o intercâmbio de informações entre sistemas se não forem bem trabalhadas (DESOURDIS, 2009). Em contrapartida, estas camadas podem ser arranjadas de modo a evidenciar um possível caminho a ser percorrido para o desenvolvimento da interoperabilidade. Estas barreiras combinam elementos de rede, plataforma, sistema, dados, mensagens, arquitetura de aplicativos e políticas organizacionais. Por exemplo, em nível sintático, os sistemas devem conhecer o formato dos dados (XML) e entrega (Web Services), e os protocolos; em nível semântico, os sistemas devem conhecer a linguagem, taxonomia e ontologias; em nível pragmático, os sistemas devem conhecer o contexto e a intenção da transação; por fim, em nível organizacional, é necessário conhecer as regras e políticas do negócio (DESOURDIS, 2009). Neste cenário, modelos de maturidade podem ser usados como uma maneira de

avaliar a qualificação de um aspecto específico, como o nível de interoperabilidade atual dos sistemas e como alcançar os próximos níveis.

A maturidade pode ser entendida como um estado ou uma condição que é explicitamente definido, gerenciado, medido e controlado (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010). Os modelos de maturidade são utilizados para facilitar a avaliação dos processos internos e externos e fornecem diretrizes para o crescimento organizacional e para futuras melhorias. Sistemas atuais têm demandado, cada vez mais o suporte à interoperabilidade, então a maturidade em relação à interoperabilidade é fundamental, caso contrário eles não poderão interagir. Comumente, os modelos de maturidade propõem um crescimento em etapas, apresentando níveis de maturidade lineares e unidirecionais, ou seja: do mais baixo nível ao mais alto (DUANE; OREILLY, 2012). Os modelos de maturidade podem ser aplicados em diferentes domínios e geralmente são utilizados para a compreensão da evolução dos sistemas e seus processos de maturação.

Os modelos de maturidade assumem a existência de padrões que são contextualizados em termos de estágios, níveis ou fases. Estes, por sua vez, (i) são por natureza sequenciais, (ii) desenvolvem-se por meio de certa progressão hierárquica, (iii) envolvem uma gama de atividades organizacionais e estruturais e (iv) pressupõem o alcance de um estágio como pré-requisito para o desenvolvimento dos estágios imediatamente subsequentes. Esses modelos podem ser usados como uma maneira de avaliar a qualificação de um aspecto específico, como a maturidade da interoperabilidade dos sistemas atuais. Nas últimas décadas, os modelos de maturidade têm sido empregados em diferentes domínios, tais como: web e mídias sociais (DUANE; OREILLY, 2012), (LEHMKUHL; BAUMÖL; JUNG, 2013), análise de sistemas (DAVENPORT; HARRIS, 2017), (COSIC; SHANKS; MAYNARD, 2012), consultoria (DELOITTE, 2012), (ACCENTURE, 2013) e processos de *software* (GODFREY, 2008), (SANTOS et al., 2012). Além disso, várias investigações sobre metodologias para criação de modelos de maturidade têm sido feitas, como em ciência de projeto, que auxilia no desenvolvimento desses modelos (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009), (BRUIN et al., 2005), (SOLLI-SÆTHER; GOTTSCHALK, 2010). As certificações, que começaram com o advento do Modelo de Maturidade da Capacidade (PAULK, 2002; TEAM, 2010), motivaram consultores a desenvolver modelos para domínios distintos.

Apesar da popularidade, os modelos de maturidade têm sido imersos em críticas por falta de validação empírica e suposições estruturais equivocadas acarretando em modelos com fraca fundamentação teórica e avaliação, como indicado em (PLATTFAUT et al., 2011). Como resultado, alguns questionamentos surgiram: (i) quais foram os métodos utilizados para originar o modelo? (ii) como eles foram avaliados e validados? (iii) quais foram os pressupostos teóricos que embasaram o modelo? O estabelecimento de uma metodologia para especificar e validar um modelo de maturidade é importante por indicar quais métodos foram utilizados na coleta dos dados e permite que estes modelos sejam avaliados e comparados, bem como possibilita identificar possíveis equívocos e omissões em sua concepção. Vários modelos de maturidade vem sendo desenvolvidos baseados em práticas comuns ou nas melhores práticas, no entanto, estes apresentam lacunas, como: deficiências metodológicas, documentação inadequada ou falta de fundamentação teórica (LAHRMANN et al., 2011), (RABER; WORTMANN; WINTER, 2013), (WENDLER,

2012). A especificação de uma metodologia para criação de um modelo de maturidade no qual os artefatos são justificáveis pode auxiliar nestas questões. Um modelo de maturidade bem especificado e que segue um processo metodológico bem definido, pressupostos teóricos são justificáveis, tem o potencial para ser utilizado como uma forma de avaliar a capacidade de uma organização em gerenciar o nível de interoperabilidade dos sistemas (maturidade atual) e ajudar a definir os caminhos para se evoluir nos níveis de interoperabilidade. Este modelo de maturidade pode ser aplicado em outros domínios de atuação mediante atualização dos requisitos que foram definidos na concepção da metodologia, ou seja: ambientes de nuvem, por exemplo, podem exigir requisitos adicionais de interoperabilidade ou a retirada de alguns requisitos que foram propostos.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

A interoperabilidade é um requisito fundamental para os sistemas atuarem entre si de modo cooperativo. Porém identificar o nível desejado de interoperabilidade para um determinado sistema não é uma tarefa trivial.

Apesar de vários trabalhos proporem soluções para disponibilizar o requisito não-funcional da interoperabilidade, eles oferecem soluções de maneira isolada preocupando-se apenas com um determinado nível, como sintático, semântico e/ou pragmático (ASUNCIÓN, 2011; CORREA, 2012; KERZNER, 2019; KALE, 2019). Contudo, a interoperabilidade de um sistema é um aspecto que pode evoluir ao longo do seu ciclo de vida, sendo então necessário apoio neste processo. Além de identificar o estágio atual da interoperabilidade dos sistemas, é necessário indicar como alcançar outros níveis de interoperabilidade.

A ausência de um instrumento para avaliação da maturidade devidamente fundamentado, que permita às organizações avaliar a interoperabilidade dos sistemas, pode criar barreiras na comunicação, dificultando a colaboração efetiva, podendo também dificultar a capacidade de prover informações que possibilitem a tomada de decisões operacionais e estratégicas.

Esta tese pretende responder às questões: É possível avaliar/determinar a interoperabilidade de sistemas através de um modelo de maturidade? O modelo obtido auxilia na identificação do nível de interoperabilidade de um sistema? Quais os pressupostos para a concepção de um modelo de maturidade para a interoperabilidade em sistemas?

1.2 JUSTIFICATIVA

A concepção de um modelo de maturidade permitirá às organizações identificarem as áreas de interesse dos sistemas em relação ao requisito não funcional de interoperabilidade, identificando os pontos fracos e indicação de melhorias.

Portanto, um modelo de maturidade para a interoperabilidade em sistemas, difundido, aceito e avaliado, poderá ser utilizado para fornecer subsídios que possibilitem à tomada de decisões operacionais e estratégicas em um domínio. Neste sentido, este trabalho torna-se relevante, mediante a necessidade de elaborar um instrumento que possibilite avaliar a maturidade da interoperabilidade em sistemas, vislumbrando proporcionar às organizações apoio para a melhoria contínua e gestão eficaz.

Uma definição prévia de uma metodologia pode proporcionar clareza na concepção do modelo, podendo auxiliar no desenvolvimento de novos modelos para domínios ou cenários distintos.

Em relação ao escopo, nossa proposta abrange os níveis sintático e semântico, que possuem bases teóricas bem definidas na literatura, e os níveis pragmático e organizacional, que atualmente possuem um grande interesse por parte da academia e trabalhos emergentes (ASUNCIÓN; van Sinderen, 2010). Estes quatro níveis de interoperabilidade podem potencialmente ajudar realizar uma colaboração realmente eficaz. Como efeito colateral da criação de uma versão do modelo de maturidade, Amortisse, procedimentos metodológicos foram propostos para auxiliarem na criação deste modelo, onde estes pressupostos teóricos são explicáveis, como a especificação das dimensões, seus requisitos e caminhos para a evolução da maturidade no modelo criado. Consideramos que uma das vantagens deste modelo, ao tratar este níveis de interoperabilidade, é oferecer aos *stakeholders* oportunidades de interoperar com outros sistemas, contribuindo para que outras oportunidades de negócios sejam contempladas.

1.3 OBJETIVO GERAL

Esta tese de doutorado *propõe um modelo de maturidade para a interoperabilidade especificado através de uma metodologia pré-definida*. Esta metodologia é dividida em fases que auxiliaram na concepção de um modelo onde seu conteúdo e pressupostos teóricos são explicáveis.

1.3.1 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral, algumas etapas devem ser percorridas:

- Objetivo 1 – identificar as características de um modelo de maturidade, suas metodologias e técnicas para desenvolvimento
- Objetivo 2 - identificar as características do requisito não-funcional de interoperabilidade, seus componentes e elementos
- Objetivo 3 – especificar uma metodologia para desenvolvimento de MM e aplica-la para o domínio da interoperabilidade
- Objetivo 4 – desenvolver um modelo de maturidade para o domínio de interoperabilidade compreendendo os níveis sintático ao organizacional
- Objetivo 5 – avaliar a operacionalização do modelo de maturidade obtido

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se, quanto à sua natureza, como uma investigação aplicada, ou seja: gerando conhecimentos direcionados à aplicação prática, permitindo o mapeamento de uma situação real. Uma investigação aplicada tem a finalidade de produzir conhecimentos e colocá-los em execução. Quanto à forma de abordagem, este trabalho

consiste em uma pesquisa qualitativa. De acordo com os objetivos, este trabalho possui um caráter exploratório e descritivo. Os procedimentos técnicos realizados nesta pesquisa são de abrangência bibliográfica e levantamento de campo. A Figura 1.1 apresenta as etapas que foram empregadas nesta tese.

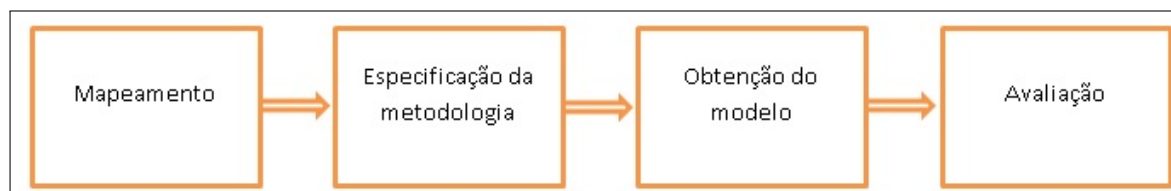


Figura 1.1 Etapas empregadas nesta tese

Uma revisão sistemática da literatura foi realizada (MONTEIRO; MACIEL, 2019) a fim de obter as especificações e métodos para avaliação de modelos de maturidade, bem como obter as características, definições e considerações teóricas. Como resultado, recomendamos a utilização de alguns métodos para criação de um modelo de maturidade. Uma revisão da literatura foi realizada com a finalidade de obtenção dos conceitos, aplicações, dimensões, componentes e elementos da interoperabilidade e compôs uma publicação recente (RIBEIRO et al., 2019). Então, sugerimos uma definição de interoperabilidade pragmática, visto que ainda não existe um consenso na literatura. Após isso, definimos a metodologia para o desenvolvimento do modelo de maturidade. Para validar esta metodologia, realizamos um estudo preliminar para averiguar se esta metodologia nos conduziria à criação de um modelo. Como obtemos o modelo, o testamos em um sistema real em uma empresa.

Uma versão do modelo foi especificada e aplicada em um cenário real. Como previsto na etapa de manutenção, a evolução do modelo ocorrerá à medida que o conhecimento do domínio e a compreensão do modelo se ampliarem e se aprofundarem. Espera-se que a metodologia possa proporcionar clareza na concepção do modelo, podendo auxiliar no desenvolvimento de novos modelos para domínios distintos.

Avaliamos o modelo de maturidade através de três perspectivas: (i) *aplicabilidade*, que avaliou a operacionalização e evolução do modelo; (ii) *reutilização dos requisitos - generalização*, que avaliou se os requisitos de interoperabilidade que foram definidos para o modelo de maturidade são suficientes para mensurar a interoperabilidade em outros cenários ou domínios; (iii) *aspectos estruturais*, onde o modelo foi avaliado com base em aspectos estruturais. Estes aspectos se basearam em atividades e produtos gerados dentro das fases do modelo. Estas três avaliações serão detalhadas no Capítulo 7.

1.5 CONTRIBUIÇÕES

Entende-se que as principais contribuições desta pesquisa são:

- Definição de requisitos para cada dimensão de interoperabilidade, das quais: sintática, semântica, pragmática e organizacional.

- Adaptação de uma metodologia para criação de um modelo de maturidade para a interoperabilidade em sistemas.
- Definição de um modelo de maturidade para a interoperabilidade.

A partir destas contribuições, espera-se alcançar os seguintes benefícios:

- Indicação do estágio atual da maturidade de interoperabilidade dos sistemas.
- Indicação das fraquezas que impedem a evolução dos sistemas em termos de interoperabilidade.
- Indicação de quais requisitos devem ser atendidos por sistemas a fim de evolução em interoperabilidade.
- Apoio na construção de sistemas ao estabelecer o nível de interoperabilidade necessário.

1.6 PUBLICAÇÕES

Durante o desenvolvimento deste trabalho, artigos científicos foram submetidos para diferentes eventos, com o objetivo de validar na comunidade acadêmica as contribuições deste trabalho. Desta forma, as ideias propostas podem ser avaliadas pela comunidade científica, contribuindo para o desenvolvimento da tese. Tais publicações são listadas a seguir:

- Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), 2019. “*A Conceptual Framework for Pragmatic Interoperability*” (RIBEIRO et al., 2019). Neste trabalho apresentamos artefatos que podem ser utilizados para representar a interoperabilidade pragmática, visto que ainda não existe um consenso na literatura. (Aceito)
- iSys - Revista Brasileira de Sistemas de Informação, 2019. “*Maturity Models Architecture: A large systematic mapping*” (MONTEIRO; MACIEL, 2019). Neste trabalho apresentamos recomendações para criação de um modelo de maturidade seguindo métodos que foram encontrados na revisão sistemática. (Aceito, Primeiro Autor).
- SBQS 2020: XIX Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software, 2020. “*Towards a methodology for maturity models development: an exploratory study in software systems interoperability domain*”. Como contribuição, apresentamos uma metodologia que servirá como base para criação de um modelo de maturidade para a interoperabilidade. (Aceito, Primeiro Autor)
- SOSYM (Software and Systems Modeling). “*CAPITAL: A Conceptual Framework for Pragmatic Interoperability*”. Neste artigo apresentamos o CAPITAL que permite representar computacionalmente a interoperabilidade pragmática. (Submetido).

- SBSI 2021: XVII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. *On the way to a Interoperability Maturity model for Software Systems*. Neste artigo apresentamos o Amortisse, que é o modelo de maturidade proposto nesta tese. (Submetido).

1.7 ORGANIZAÇÃO DA TESE

Este documento está estruturado em sete Capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução ao tema. O Capítulo 2 corresponde aos conceitos básicos. O Capítulo 3 apresenta o mapeamento sistemático da literatura. O Capítulo 4 apresenta os trabalhos relacionados a esta tese. O Capítulo 5 apresenta a metodologia de desenvolvimento utilizada para a concepção do modelo. O Capítulo 6 apresenta o Amortisse (*mAturity Model fOR inTeroperability In Software SystEms*). O Capítulo 7 apresenta as avaliações realizadas na proposta. O Capítulo 8 apresenta as conclusões deste trabalho.

BACKGROUND

Neste capítulo serão analisados os conceitos fundamentais para a realização do trabalho: modelo de maturidade e interoperabilidade.

2.1 MODELO DE MATURIDADE

Os modelos de maturidade são usados para facilitar o *benchmarking* de processos organizacionais internos e / ou externos e podem fornecer diretrizes para o crescimento organizacional. Geralmente, os modelos de maturidade são compostos de: (i) níveis de maturidade; (ii) um resumo das características e uma indicação do que a organização deve focar em cada nível; e (iii) um método para determinar a posição da organização dentro do modelo (LACERDA; WANGENHEIM, 2018). Normalmente, os modelos têm alcance de 3 a 6 níveis e podem ser diferenciados pelo paradigma / abordagem utilizada como base, bem como pelo conteúdo de dimensões e níveis (MONTEIRO; MACIEL, 2019). Algumas propostas de modelos de maturidade podem ser encontradas na literatura: (a) CMM-*Capability Maturity Model* e baseado no CMMI (*Capability Maturity Model Integration*), como o MPS.BR; (b) SCPM3 (Supply Chain Process Management Maturity Model); (c) OPM3 (*Organizational Project Management Maturity Model*); (d) PMMM (*Project Management Maturity Model*) (CROSBY, 1979) , (BESSANT; CAFFYN; GALLAGHER, 2001) , (RENDON; GARRETT, 2005) , (LOCKAMY; MCCORMACK, 2004) , (MCCORMACK et al., 2009), (BENTLEY; TEEGUARDEN, 2018).

Os níveis de maturidade, que também são chamados de estágios, são usados para descrever a maturidade da entidade analisada. As dimensões são fatores críticos para o sucesso ou área de processo e também podem conter subcategorias, que são variáveis de segundo nível das quais dependem as dimensões (CARVALHO et al., 2019). Finalmente, o caminho de maturidade geralmente segue linearmente, do menor para o maior nível de maturidade e o crescimento é evolutivo (Carvalho et al., 2017). Portanto, é possível perceber que os modelos de maturidade podem ser compostos de duas partes: a primeira, compreendendo os estágios, dimensões e subcategorias, e a segunda, descrevendo

as relações hierárquicas entre os componentes típicos do modelo de maturidade. Embora os níveis de maturidade sugiram uma melhoria nos processos, conforme descrito nos modelos de maturidade, houve pouca evidência de que a progressão entre os níveis realmente proporcione melhorias na maturação do processo (MULLALY, 2014). De acordo com Andersen (2006), as pontuações, estágios ou níveis, são medidas especulativas que devem ser usadas para uma avaliação de processo comparativo em uma empresa.

O Capability Maturity Model (CMM) foi desenvolvido pelo *Software Engineering Institute* (SEI) e tem como objetivo específico o amadurecimento do processo de software (ROYCE, 2002), (SANTOS-NETO; COSTA, 2019) e (KERZNER, 2019). No entanto e devido a sua adoção bem sucedida, o CMM tem sido utilizado em diferentes domínios, adaptado e desenvolvido para disciplinas e funções mais específicas, como engenharia de sistemas, pessoas, desenvolvimento de produtos integrados, aquisição de software, entre outros (ROYCE, 2002). Alguns casos associados à prática de CMM mostraram sintomas do modelo tradicional em cascata, com processos excessivamente baseados em gerenciamento. Isso acabou ligando as organizações baseadas em CMM aos princípios da mentalidade em cascata, dando-lhes uma conotação negativa. A Figura 2.1 ilustra os níveis abarcados por CMM.



Figura 2.1 CMM: Níveis (GODFREY, 2008)

O nível 1, inicial, representa uma organização imatura e com processos de *Software* desorganizados. Então, existem poucos ou nenhum processos definidos e o sucesso do

desenvolvimento é oriundo do esforço individual. Os requisitos fluem para dentro do processo e o produto para fora do processo e espera-se que o produto de *Software* funcione. Por outro lado, contemplando este nível, é possível evitar que haja atraso nas entregas de um determinado projeto, gasto excessivo e definição de metas não muito claras para os colaboradores. A Figura 2.2 a seguir ilustra este contexto.

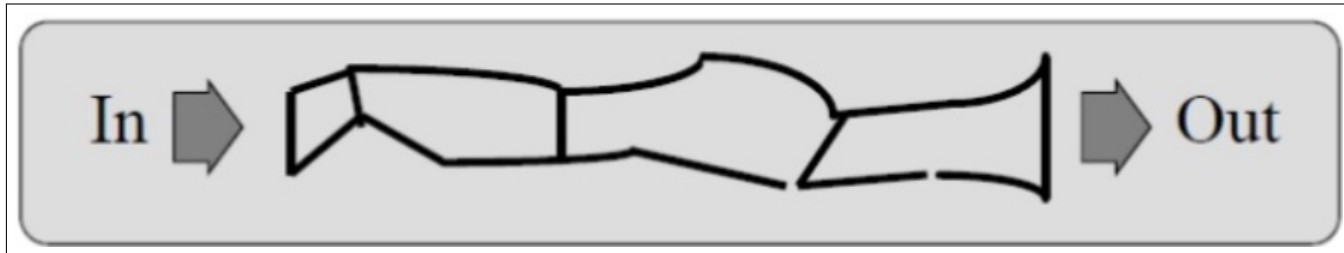


Figura 2.2 CMM: Nível 1 (GODFREY, 2008)

O nível 2, repetível, representa uma organização com gerenciamento básico de projetos de *Software*, com boas possibilidades de uma produção de qualidade por controlar com mais facilidade os custos e os prazos dos projetos para entregas de produtos e serviços. Apesar disso, os processos são caixa preta, com pontos de verificação. A Figura 2.3 mostra este contexto.

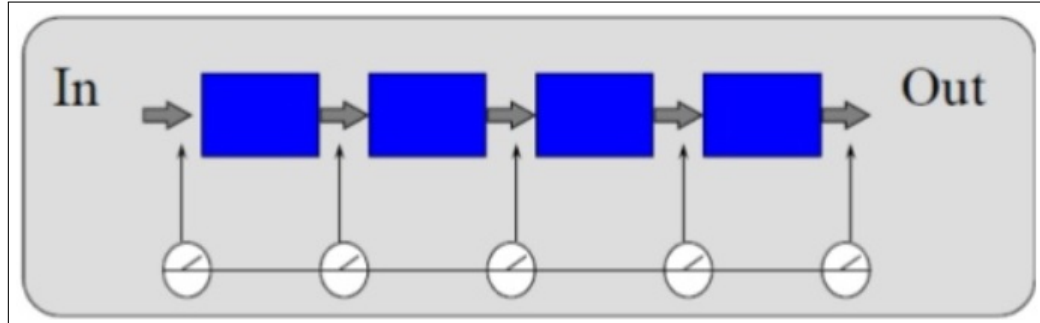


Figura 2.3 CMM: Nível 2 (GODFREY, 2008)

O nível 3, definido, representa uma organização com desenvolvimento de *Software* bem definido (gerenciamento e engenharia), com a definição de como cada processo deve ser feito. Neste nível, indicadores variados, como fluxogramas e gráficos de *Gantt* podem ser aplicados e estarem relacionados a qualidade e produtividade em um projeto. A Figura 2.4 ilustra este contexto.

No nível 4, gerenciado, uma organização realiza medições detalhadas do processo de *Software* e qualidade do produto, sendo estes processos gerenciados e controlados quantitativamente. Então, a gerência é capaz de prever o desempenho dentro de limites quantificados já que o planejamento é mais claro, e as metas são estabelecidas de forma possível e conhecida por todos os envolvidos. Também, o controle sobre os processos

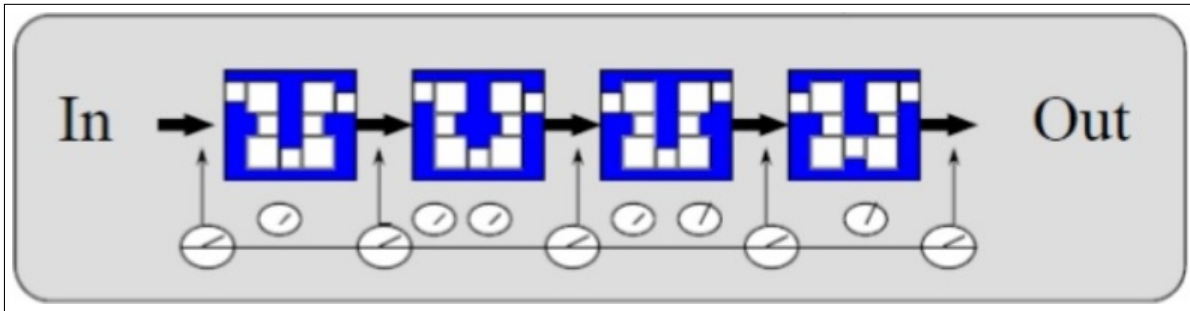


Figura 2.4 CMM: Nível 3 e 4 (GODFREY, 2008)

ajuda na qualidade da entrega, e a incidência de erros é ainda menor. Basicamente a representação do contexto é a mesma da Figura 2.4.

Por fim, nível 5, otimização, foca na melhoria contínua do processo com realimentação quantitativa dele através de ideias e tecnologias inovadoras. Neste nível, é constante a busca para melhorar o desempenho dos processos e qualidade dos produtos entregues. Isto é feito através da análise das perdas e desperdícios e eliminação de atividades que não agregam valor. Como resultado direto, as empresas obtêm ganhos expressivos em produtividade e redução de custos. A Figura 2.5 mostra este contexto.

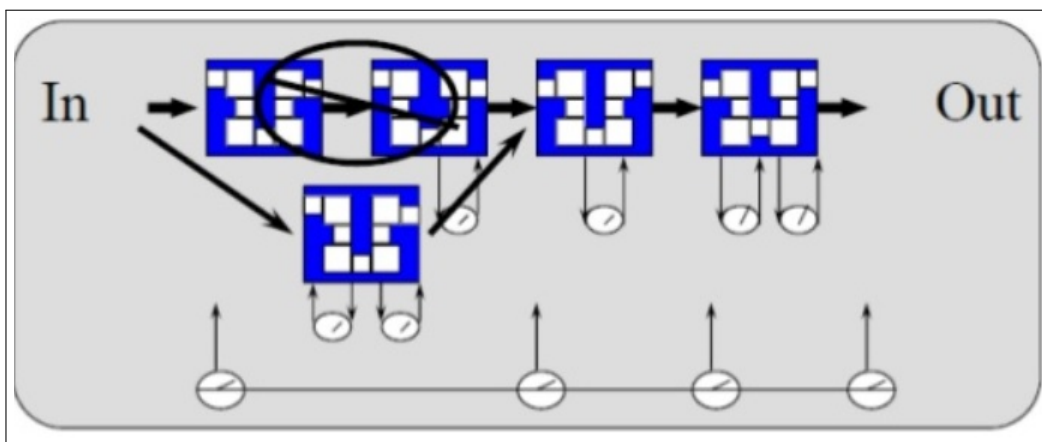


Figura 2.5 CMM: Nível 5 (GODFREY, 2008)

Prêmios Nacionais de Qualidade e padrões de qualidade são frequentemente usados como sinônimos de Modelo de Maturidade na literatura. Embora tenham alguma semelhança, há várias diferenças importantes entre eles (SINGH; SMITH, 2006).

Os Prêmios Nacionais de Qualidade baseiam-se em critérios para avaliar uma determinada empresa e referem-se à excelência em gestão. Tem como objetivo apresentar as práticas de gestão e são utilizadas para estimular o desenvolvimento da cultura corporativa, conferindo reconhecimento público às empresas com resultados satisfatórios. Alguns exemplos: (i) *Malcolm Baldrige National Quality Award* (Estados Unidos); ii)

European Foundation Quality Management (EFQ) (KIM; KUMAR; MURPHY, 2010), (BEMOWSKI, 1996). A Figura 2.6 mostra um exemplo de um modelo de excelência de gestão. Os modelos servem para ajudar os gestores a representar, comunicar e compreender melhor ideias e fenômenos complexos.

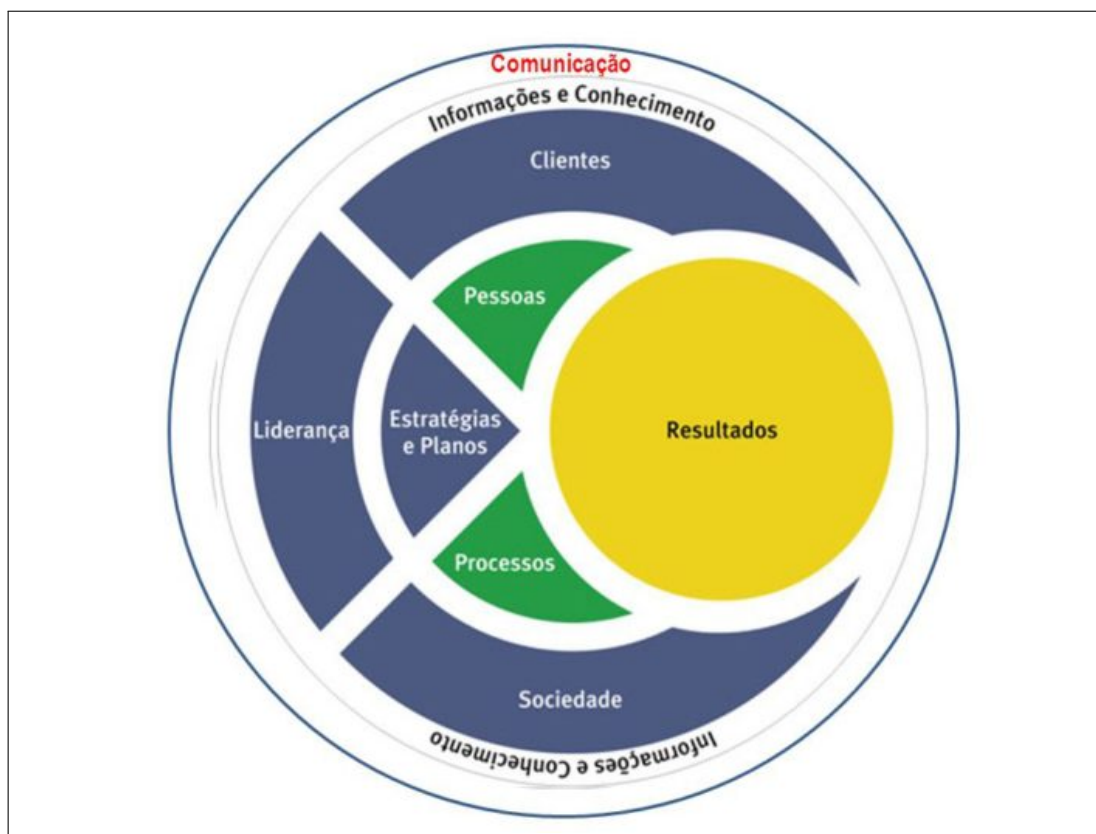


Figura 2.6 Exemplo de um Modelo de Excelência da Gestão (MEG, 2011)

Os padrões fornecem orientação às organizações para alcançar o sucesso, confiando em uma abordagem de gerenciamento de qualidade - uma evolução do modelo prescrito pela ISO 9001 - e são aplicáveis a qualquer organização, independentemente do tamanho, tipo e atividade. Algumas abordagens que estão nesta classe: (i) ISO 9004; (ii) JIS Q 9005 (ABNT, 2010), (JIS, 2005). Os padrões determinam os requisitos com base no ciclo de melhoria contínua, conhecido como o PDCA (Plan, Do, Check, Act ou Adjust). A partir de um modelo básico, a empresa estabelece seu próprio sistema de gestão em função do negócio. A Figura 2.7 ilustra a ISO 9001 e ISO 9004.

Para auxiliar na especificação do modelo de maturidade, foram identificadas duas abordagens: (i) de cima para baixo, definindo etapas, criando dimensões, ajustando medidas e definições; (ii) de baixo para cima, os requisitos e medidas são inicialmente determinados e após a conclusão, definir as etapas. No entanto, não há consenso entre os desenvolvedores de modelos de maturidade sobre o que e quando uma abordagem deve ser aplicada. Em (BRUIN et al., 2005) é mostrado que a abordagem de cima para

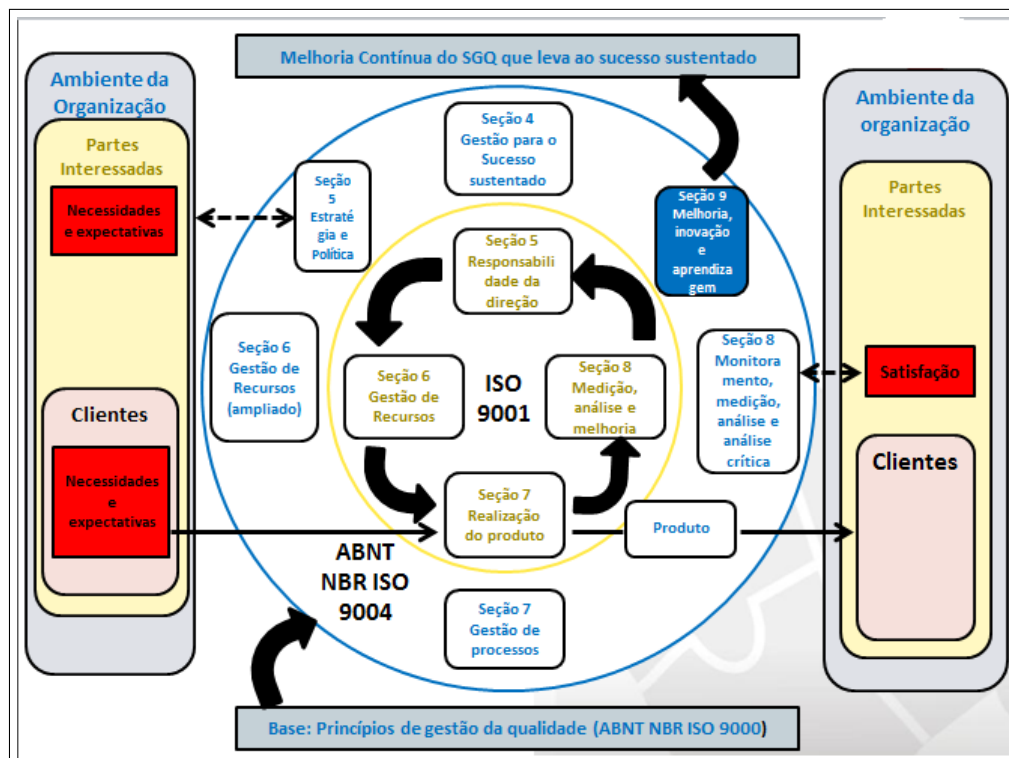


Figura 2.7 Exemplo de uso: ISO 9001 e ISO 9004 (ISO, 2012)

baixo funciona para um domínio relativamente novo, pois há pouca evidência do que é a maturidade entre a comunidade. Caso contrário, em um domínio bem estabelecido, o foco seria em como a maturidade é medida em vez do que representa a maturidade, exigindo, portanto, a abordagem de baixo para cima. Dito isso, em (SOLLI-SÆTHER; GOTTSCHALK, 2010) propõe um método sequencial passo a passo, independentemente da maturidade do domínio. Portanto, pode-se concluir que não existem regras rígidas e rápidas para decidir a abordagem, mas é importante utilizar a literatura existente e validar empiricamente as dimensões e construtos de um modelo de maturidade. A Figura 2.8 ilustra um ciclo genérico para desenvolvimento de um modelo de maturidade. Embora essas fases pareçam genéricas, sua ordem é importante. Por exemplo, as decisões tomadas quando o escopo foi criado afetará os métodos de pesquisa selecionados para preencher o modelo ou a maneira pela qual o modelo pode ser testado. Então, na fase de escopo determina-se o âmbito de aplicação do modelo desejado e o seu limite. A fase de projeto define a quantidade de níveis, as dimensões e a topologia do modelo, ou seja: o seu enquadramento. Com o escopo e projeto definidos, o conteúdo do modelo deve ser decidido na fase povoar. Nesta fase, o conteúdo do modelo deve ser decidido. Então, é necessário identificar o que o modelo de maturidade irá medir, por exemplo, sistema ou processo, e como isso será feito. Na fase de teste, o modelo deve ser testado para a relevância no domínio e o rigor da sua concepção. Na fase de implementação, o modelo deve ser disponibilizado para utilização e para se verificar a extensão da generalização. Por fim, na fase manutenção, é o momento de obter os recursos necessários para manter o crescimento e uso do modelo.



Figura 2.8 Ciclo de vida para o desenvolvimento de um modelo de maturidade (BRUIN et al., 2005). Tradução do autor

Já em (LAHRMANN et al., 2011) é realizado um quadro apresentando as principais fases e métodos para o desenvolvimento de um modelo de maturidade. Seu quadro foi desenvolvido apresentando convergência entre os cinco processos de desenvolvimento mais discutidos na literatura. A Tabela 2.1 apresenta estes métodos.

A fase de identificação da necessidade ou oportunidade indica a necessidade de se desenvolver um modelo pois a demanda por um novo modelo de maturidade depende fortemente da difusão e maturidade da necessidade empresarial, uma vez que os temas maduros geralmente exigem menos explicações do que os emergentes. Já na fase de definição do escopo, é preciso decidir se certas suposições e características do modelo são incluídas ou não. Na fase de *design* os artefatos utilizados para compor o modelos são definidos. Na fase de avaliar o modelo, é necessário avaliar a utilidade, validade, confiabilidade e generalização do modelo. Por fim, na fase de refletir a evolução, o modelo deve ser mantido e será necessário um maior desenvolvimento, pois alguns elementos do

Tabela 2.1 Métodos para desenvolver um modelo de maturidade (LAHRMANN et al., 2011). Tradução do autor.

| Fases | Método para o desenvolvimento |
|---|---|
| Identificar a necessidade ou a oportunidade | <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de criatividade; • Os grupos de foco; • Estudos de caso; • Revisão da literatura; • Levantamento. |
| Definir o escopo | <ul style="list-style-type: none"> • argumentos bem informados; • Cenários. |
| Desenho do modelo | <ul style="list-style-type: none"> • Topo para baixo: <ul style="list-style-type: none"> - Método Delphi; - Estudos de caso; - Revisão da literatura. • Baixo para cima: <ul style="list-style-type: none"> - Análise de algoritmo; - Argumentos; - Ontologias. |
| Avaliar o modelo | <ul style="list-style-type: none"> • O teste funcional; • O teste estrutural; • Pesquisa; • Grupos de foco; • Entrevistas. |
| Refletir a evolução | <ul style="list-style-type: none"> • Estudo de campo; • Entrevistas. |

modelo ficarão obsoletos, novas construções surgirão e suposições sobre os diferentes níveis de maturidade serão afirmadas ou refutadas.

2.2 INTEROPERABILIDADE

A interoperabilidade tem se tornado cada vez mais um requisito não-funcional fundamental, na medida em que a computação distribuída, web e arquitetura orientada a serviços ultrapassaram as barreiras organizacionais, conectando os dados corporativos, que antes eram isolados. A interoperabilidade está relacionada à colaboração de aplicativos, independentemente das tecnologias utilizadas (métodos, linguagens de programação e ambientes). Neste sentido, a interoperabilidade é possível a partir da aplicação de normas e utilização de padrões. Então, a interoperabilidade está vinculada a cooperação, normalizada por especificações, políticas e padrões que viabilizem o intercâmbio de informações. É fundamental a distinção de seu conceito frente aos demais termos que, à primeira vista, poderiam ser considerados sinônimos: integração e compatibilidade. Além disso, percebe-se que, intuitivamente, interoperabilidade pode estar ligada à simples ideia de conectividade, no entanto, o conceito abarca mais do que isso (CORREA, 2012).

Compatibilidade é um conceito mais limitado do que interoperabilidade: por sua vez, a interoperabilidade é algo mais limitado do que integração (KASUNIC, 2001). Logo, con-

ceitualmente, interoperabilidade encontra-se em uma posição intermediária em relação aos demais termos. A Figura 2.9 ilustra o posicionamento destes para efeito da diferenciação dos termos no domínio de sistemas, redes, dispositivos ou tecnologias.

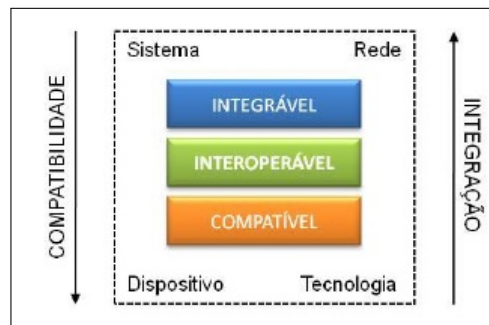


Figura 2.9 Diferenciação: integração, interoperabilidade e compatibilidade (CORREA, 2012)

A Integração envolve algum grau de dependência funcional, como em sistemas integrados de gestão empresarial estruturados em módulos departamentais. Como por exemplo, o módulo responsável por folha de pagamento depende do módulo que controla as finanças; este, por sua vez, depende do módulo de contabilidade, e assim em diante. Enquanto os sistemas integrados perdem sentido se o fluxo de informações for interrompido, sistemas interoperáveis podem funcionar de forma independente (CORREA, 2012). Então, uma família de sistemas integrados deve ser necessariamente interoperável, porém sistemas interoperáveis não precisam ser integrados. A Figura 2.10 ilustra um ambiente de integração.

A compatibilidade pressupõe que um sistema não interfira no funcionamento de outro, mas não implica na habilidade de trocar informações e serviços entre si. Sistemas interoperáveis são obrigatoriamente compatíveis, mas a recíproca não é necessariamente verdadeira. Para uma troca robusta de informações e serviços em redes, é necessário ir além da compatibilidade (KASUNIC, 2001). A Figura 2.11 ilustra um ambiente de compatibilidade.

Embora importante, definir a interoperabilidade ainda é um desafio. O *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE) define a interoperabilidade como a capacidade de um sistema de funcionar com outros sistemas, sem nenhum tipo de esforço especial. Nas áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação, a interoperabilidade é dita como a capacidade que um sistema possui de compartilhar e trocar informações e aplicações com outro sistema (SAYÃO; MARCONDES, 2008). A Figura 2.12 ilustra uma arquitetura de interoperabilidade.

Vários problemas podem surgir quando precisamos realizar o intercâmbio de informações entre os sistemas, como diferença de linguagem, ambiguidade no ambiente e contexto de atuação, então, para mitigar estes diferentes tipos de problemas, foram criados níveis ou tipos de cooperação, como podemos ver na Figura 2.13, criada pelo autor deste trabalho, que ilustra uma maneira de representar os níveis de interoperabilidade. Nesta Figura, o nível 0 representa sistemas não interoperáveis.

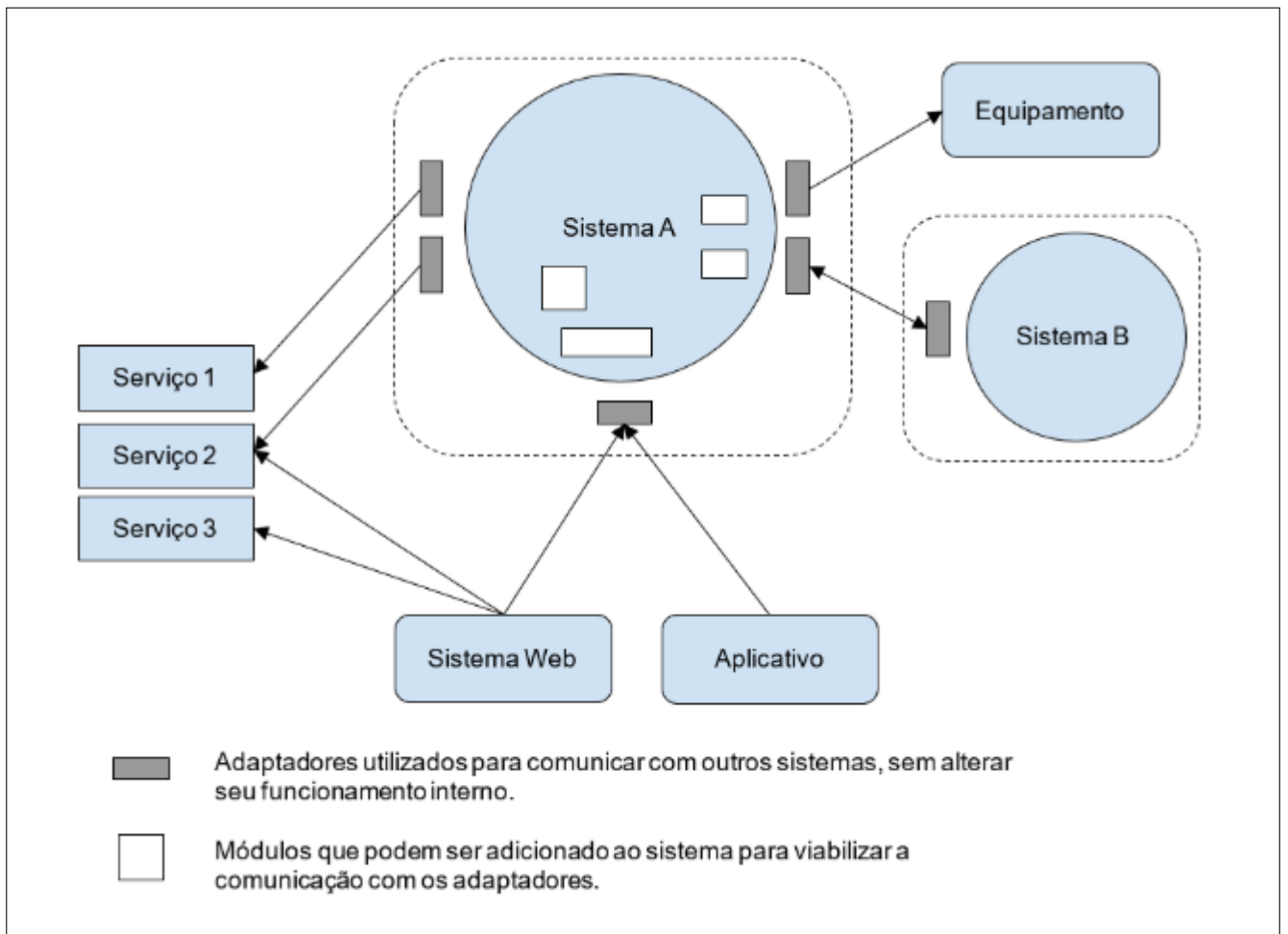


Figura 2.10 Exemplo de estratégia de integração (CORREA, 2012).

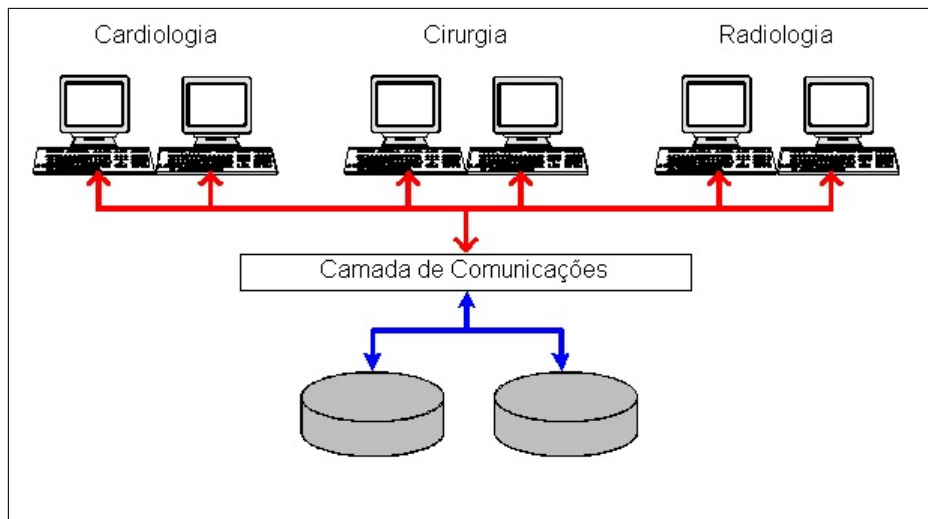


Figura 2.11 Exemplo de estratégia de compatibilidade (KASUNIC, 2001).

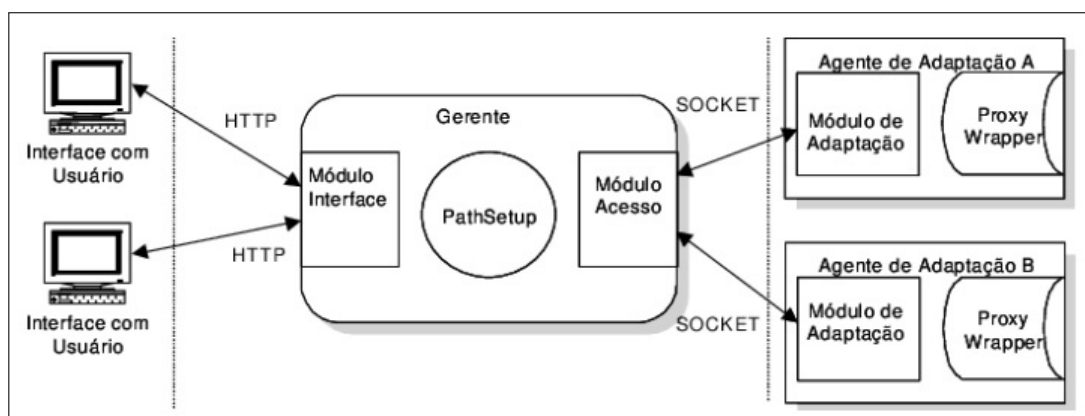


Figura 2.12 Exemplo de uma arquitetura de interoperabilidade (SAYÃO; MARCONDES, 2008).

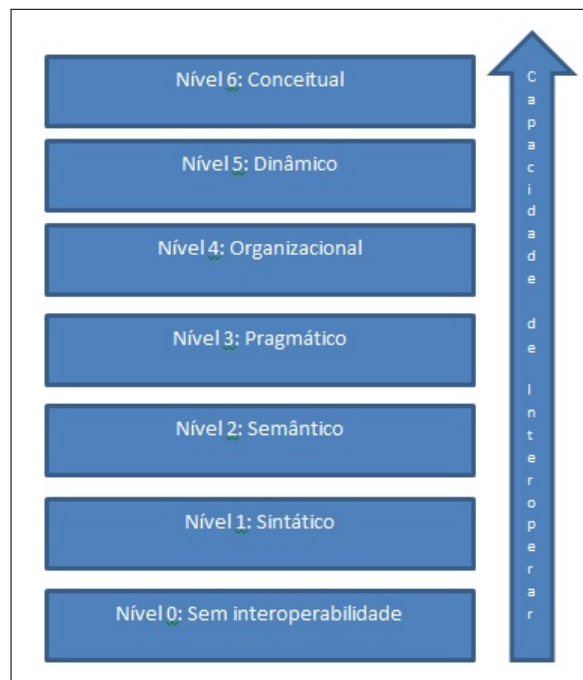


Figura 2.13 Níveis de interoperabilidade

A interoperabilidade sintática está associada à formatação de mensagens para troca entre diferentes sistemas que colaboram para realizar uma atividade. Interoperabilidade sintática se preocupa em garantir que os dados das mensagens trocadas estejam em formatos compatíveis. O remetente da mensagem codifica os dados em uma mensagem usando regras sintáticas, especificadas em alguma gramática. O receptor da mensagem decodifica a mensagem recebida usando regras sintáticas definidas na mesma ou em alguma outra gramática. Os problemas de interoperabilidade sintática surgem quando as regras de codificação do remetente são incompatíveis com as regras de decodificação do receptor, o que leva à (construção de) árvores de análise de mensagens incompatíveis. Os padrões de serviços da Web abordam a interoperabilidade sintática fornecendo padrões baseados em XML (BOSCARIOLI; ARAUJO; MACIEL, 2017). Esta dimensão cobre tecnicamente questões de conectividade entre redes e sistemas de computadores. Estas incluem, por exemplo, interfaces abertas, interconexão de serviços, integração de dados e *middleware*, apresentação e troca de dados, acessibilidade e segurança de serviços. A Figura 2.14 ilustra um cenário de interoperabilidade sintática.

A interoperabilidade semântica diz respeito à capacidade de entidades distintas (transmissor e receptor) compreenderem o significado do conteúdo da mensagem. Alguns problemas surgem quando o remetente e o destinatário da mensagem têm uma conceituação diferente ou usam uma representação diferente dos tipos de entidade, propriedades e valores de seus domínios de assunto. Alguns exemplos dessas diferenças semânticas incluem: (i) nomenclatura, onde existem sinônimos e antônimos entre os dados, (ii) escalas e unidades, quando diferentes escalas são usadas para quantificar ou avaliar os mesmos

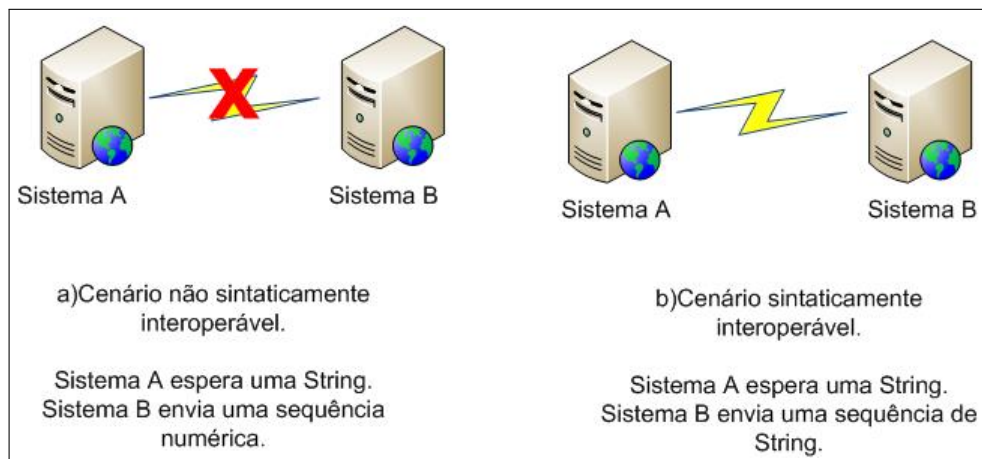


Figura 2.14 Cenário: Interoperabilidade sintática

dados, (iii) divergência de conceitos similares, onde diferentes definições são trocadas, (iv) domínio, quando envolve diferenças de cultura e conhecimento específico sobre o domínio, e (v) integridade, quando há disparidade entre a integridade dos dados dos aplicativos. É importante notar que, para fornecer interoperabilidade semântica, as informações trocadas devem garantir o mesmo significado para o emissor e o receptor da mensagem. Os dados em ambas as mensagens têm significado apenas quando interpretados em relação aos respectivos modelos de domínio de assunto. No entanto, o remetente da mensagem nem sempre conhece o modelo de domínio do destinatário da mensagem. Dependendo de seu conhecimento, o remetente da mensagem faz suposições sobre o modelo de domínio do receptor e as utiliza para construir uma mensagem (BOSCARIOLI; ARAUJO; MACIEL, 2017). Então, esta dimensão concentra-se no significado da informação trocada, de modo que seja entendível pelas partes e possibilita que informações recebidas sejam combinadas com outros recursos para serem processadas de forma significativa. A Figura 2.15 ilustra um cenário de interoperabilidade semântica.

A interoperabilidade pragmática garante que o remetente e o destinatário da mensagem compartilhem a mesma expectativa sobre o efeito das mensagens trocadas. Quando um sistema recebe mensagens, ele muda de estado, envia uma mensagem de volta ao ambiente ou ambas (ASUNCION, 2011). Na maioria dos casos, as mensagens enviadas para o sistema alteram ou solicitam o estado do sistema, e as mensagens enviadas do sistema mudam ou solicitam o estado do ambiente. Ou seja, as mensagens são sempre enviadas com a intenção de obter algum efeito desejado. Na maioria dos casos, o efeito é percebido não apenas por uma única mensagem, mas também por várias mensagens enviadas em alguma ordem. Problemas de interoperabilidade pragmática surgem quando o efeito pretendido difere do efeito real. Portanto, esse tipo de interoperabilidade é geralmente associado ao contexto no qual as informações são transmitidas. No entanto, observamos que a definição de interoperabilidade pragmática permanece em grande parte instável. Ao contrário das definições de interoperabilidade sintática e semântica, parece haver uma falta de compreensão canônica neste nível de interoperabilidade. Outras definições de

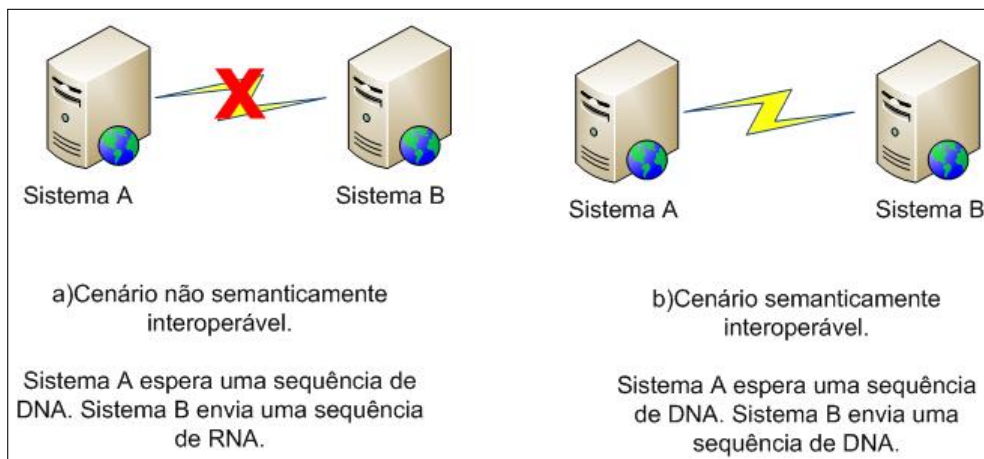


Figura 2.15 Cenário: Interoperabilidade semântica

interoperabilidade podem ser encontradas na literatura. Por exemplo, as definições geralmente são agrupadas em duas categorias: níveis de sistema e de negócios. Por nível de sistema, queremos dizer que a interação é principalmente entre aplicativos através da troca de mensagens. Por nível de negócios, queremos dizer que a colaboração é principalmente entre organizações, unidades de negócios, processos de negócios ou até mesmo atores humanos (ASUNCION, 2011). A Figura 2.16 mostra um cenário de interoperabilidade pragmática.

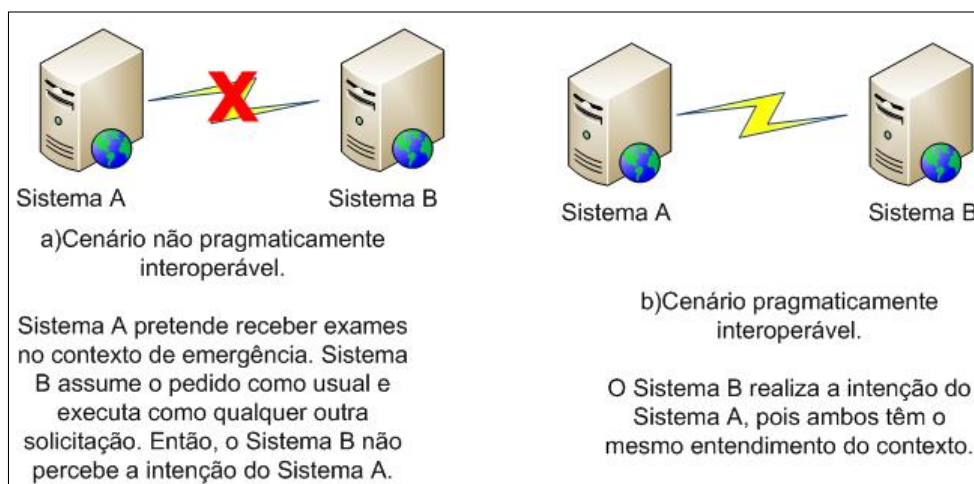


Figura 2.16 Cenário: Interoperabilidade pragmática

Os próximos níveis de interoperabilidade abarcam outras questões além do sistema.

A interoperabilidade organizacional abrange as regras de negócios e políticas organizacionais e pode ser voltada para a modelagem de processos e o realinhamento de arquiteturas de informação das organizações com objetivos e estratégias que promovam o trabalho em cooperação (CORREA, 2012). Então, a interoperabilidade organizacional lida com

a compatibilidade entre os requisitos de negócios das partes colaboradoras, expressa por meio de suas intenções de negócios, regras de negócios e políticas organizacionais. Colaboradores também devem ter uma compreensão compartilhada dos serviços que oferecem e do contexto no qual esses serviços serão usados. Além disso, eles também devem estabelecer de antemão e manter durante a colaboração problemas de confiança e reputação. Alguns autores até argumentam que a interoperabilidade pragmática não pode existir se a disposição das partes colaboradoras não for estabelecida no início (ASUNCION, 2011). Para cidades inteligentes, computação onipresente e sistemas de sistemas, a Interoperabilidade Organizacional é um requisito desejado. Então, esta dimensão engloba a definição dos objetivos e a modelagem dos processos de negócio, de forma a evidenciar a colaboração entre agências que têm diferentes processos e estruturas internas de funcionamento.

À medida que um sistema opera com dados ao longo do tempo, o estado deste sistema mudará e isso inclui as suposições e restrições que afetam seu intercâmbio de dados. Se os sistemas alcançaram a Interoperabilidade Dinâmica, eles são capazes de compreender as mudanças de estado que ocorrem nas suposições e restrições que cada uma está fazendo ao longo do tempo, e são capazes de tirar proveito dessas mudanças (TURNITSA, 2007). Em particular, quando interessados nos efeitos de operações, isso se torna cada vez mais importante; o efeito da troca de informações dentro dos sistemas participantes é definido sem ambiguidade.

Finalmente, se o modelo conceitual - ou seja, as suposições e restrições da abstração significativa da realidade - estiverem alinhados, o nível mais alto de interoperabilidade é alcançado: Interoperabilidade Conceitual. Isso requer que os modelos conceituais sejam documentados com base em métodos de engenharia, permitindo sua interpretação e avaliação por outros engenheiros. Em outras palavras, precisamos de um modelo totalmente especificado, mas independente da implementação (TURNITSA, 2007).

MAPEAMENTO SISTEMÁTICO DA LITERATURA

Para alcançar os objetivos deste trabalho, um mapeamento sistemático que será apresentado em seguida, foi realizado com o intuito de identificar, compreender e comparar as literaturas existentes, a fim de obter uma fundamentação relevante e identificar estratégias para propor um novo modelo de maturidade para a interoperabilidade em sistemas (MONTEIRO; MACIEL, 2019).

De acordo com as melhores práticas, quando possível, o novo modelo de maturidade deve ser constituído do aperfeiçoamento de outros modelos. O exaustivo fluxo de informações e modelos já testados reduz as incertezas (BRUIN et al., 2005).

3.1 MODELOS DE MATURIDADE: MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

A seguir, apresentaremos um resumo do mapeamento sistemático que foi recentemente publicado (MONTEIRO; MACIEL, 2019).

3.1.1 Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa foram identificadas para atender ao propósito deste estudo. O objetivo dessas perguntas é propiciar uma compreensão do contexto apresentado no desenvolvimento de um modelo relacionado à interoperabilidade em sistemas.

Abordaremos os seguintes objetivos: (a) revisar o estado da arte, (b) identificar como os modelos foram avaliados, (c) identificar os tipos dos modelos, com base na criação/derivação das dimensões e seus níveis, (d) identificar uma representação genérica estrutural do modelo de maturidade, (e) identificar quais fundamentações teóricas foram utilizadas para desenvolver os modelos.

Como questões de pesquisa principais: (i) QP 01: Como os modelos de maturidade foram especificados? (ii) QP 02: Como os modelos de maturidade foram avaliados?

O que segue representa as questões de pesquisa secundárias: (a) QPS 1: Quais são os tipos de modelos de maturidade - existem métodos genéricos para desenvolver modelos de maturidade? (b) QPS 2: Quais são as características e definições ao desenvolver

modelos de maturidade? (c) QPS 3: Quais são as considerações teóricas que ajudam no desenvolvimento dos modelos de maturidade?

O objetivo dessas questões de pesquisa é obter resultados sobre design (estratégias, vocabulário e metodologias utilizadas nos processos de especificação dos modelos de maturidade) e métodos para sua validação.

3.1.2 Estratégias de Pesquisa

A fim de recuperar os artigos, uma *string* de busca foi aplicada aos bancos de dados digitais, incluindo ACM, IEEE Explore e Springer. Como existem algumas diferenças de sintaxe entre estes mecanismos de busca, uma *string* de busca entre as bases foi definida para garantir a consistência da busca, observando a possibilidade de combinações e inserção de critérios de seleção como título, resumo e palavras-chave. A *string* genérica de busca visa encontrar estudos que auxiliem responder as questões propostas. Para obter mais precisão na Biblioteca Digital ACM, criamos uma *string* especializada.

- Generic Search string: (“maturity model” OR “stage of growth” OR “capability maturity” OR “maturity grid” OR “standard” OR “framework”) AND (“design” “construction” “development” “architecture”) AND (“evaluation OR assessment”)
- ACM Digital Library: TITLE-ABSTR-KEY+(“maturity modelstage of growth capability maturity maturity grid”standard framework) +(design construction development architecture) +(evaluation assessment)

Neste estudo não houve critério de seleção de artigos referentes ao ano. Foram considerados todos os artigos publicados e que tiveram o tema abordado no resumo / título / introdução. O ano de publicação foi considerado para identificar a evolução das investigações relacionadas aos modelos de maturidade.

3.1.3 Escopo e Critérios de Extração

Na seção a seguir, serão mostrados os critérios de seleção (sobre o conteúdo dos artigos). Os documentos tinham que preencher um dos critérios para serem selecionados:

- Documentação detalhada do processo de desenvolvimento; por exemplo, os artigos devem construir um novo modelo de maturidade.
- Uso de métodos empíricos na construção ou implementação dos modelos de maturidade.
- Discussão sobre o processo de criação dos modelos, informando os princípios e diretrizes.

A busca recuperou um total de 638 artigos acadêmicos, indicando, portanto, a popularidade do conceito de modelos de maturidade. Uma quantidade considerável de literatura foi publicada nas últimas duas décadas devido à evolução tecnológica e surgimento de novos domínios de aplicação.

Alguns filtros foram utilizados para garantir a qualidade dos trabalhos selecionados: (i) filtro 1: remoção de artigos duplicados; (ii) no filtro 2, os títulos e resumos foram lidos para verificar se o propósito do artigo estava de acordo com nossas questões de pesquisa; (iii) no filtro 3: Introdução, *background* e conclusão foram lidos, e a qualidade foi avaliada através de uma lista de verificação, vista na Tabela 3.1, adaptada de (KITCHENHAM; MENDES; TRAVASSOS, 2006). Um dos pesquisadores aplicou os filtros 1 e 2, removendo as duplicatas, lendo o título, resumo e selecionando os artigos candidatos, enquanto o outro pesquisador usava o filtro 3. Às vezes, havia discordâncias e elas eram resolvidas por meio de uma reunião presencial na qual o artigo inteiro era lido.

Tabela 3.1 Critérios de qualidade

| Questão | Marcação |
|---|---------------|
| Os objetivos da pesquisa são claramente especificados? | S/ N/ Parcial |
| O estudo foi desenhado para atingir esses objetivos? | S/ N/ Parcial |
| As técnicas utilizadas são claramente descritas e a seleção delas é justificada? | S/ N/ Parcial |
| As variáveis consideradas pelo estudo são medidas adequadamente? | S/ N/ Parcial |
| Os métodos de coleta de dados são adequadamente descritos? | S/ N/ Parcial |
| Os dados coletados são adequadamente descritos? | S/ N/ Parcial |
| O objetivo da análise de dados é claro? | S/ N/ Parcial |
| As técnicas estatísticas usadas para analisar os dados são adequadamente descritas e seu uso justificado? | S/ N/ Parcial |
| Os resultados negativos (se houver) são apresentados? | S/ N/ Parcial |
| Os pesquisadores discutem algum problema com a validade/confiabilidade de seus resultados? | S/ N/ Parcial |
| Todas as questões de pesquisa são respondidas adequadamente? | S/ N/ Parcial |
| Quão claras são as ligações entre dados, interpretação e conclusões? | S/ N/ Parcial |
| As descobertas são baseadas em vários projetos? | S/ N/ Parcial |

A Tabela 3.1 apresenta as questões e que cada uma das 13 questões possuem 1.0 ponto, caso a resposta seja “sim”, 0.5 pontos se a resposta for “parcial” e 0 pontos se a resposta for “não”. Utilizando este esquema, cada artigo poderia obter entre 0 e 13 pontos.

O primeiro quartil de perguntas (13/4: 3,25) foi utilizado como ponto de corte para a inclusão dos artigos por se tratar dos procedimentos metodológicos do estudo. Um artigo com pontuação final inferior a 3,25 foi excluído da lista final a fim de evitar trabalhos de baixa qualidade. O critério de exclusão foi usado para garantir que os trabalhos selecionados obtivessem uma pontuação mínima na metodologia utilizada (rigor).

3.1.4 Método de Pesquisa

O mapeamento sistemático foi realizado por dois pesquisadores da área (estudante de doutorando e seu orientador) e segue as diretrizes adaptadas de (KITCHENHAM, 2004), que são compostas por três fases: planejamento, execução e resumo. A Figura 3.1 mostra uma visão geral do método de busca adotado.

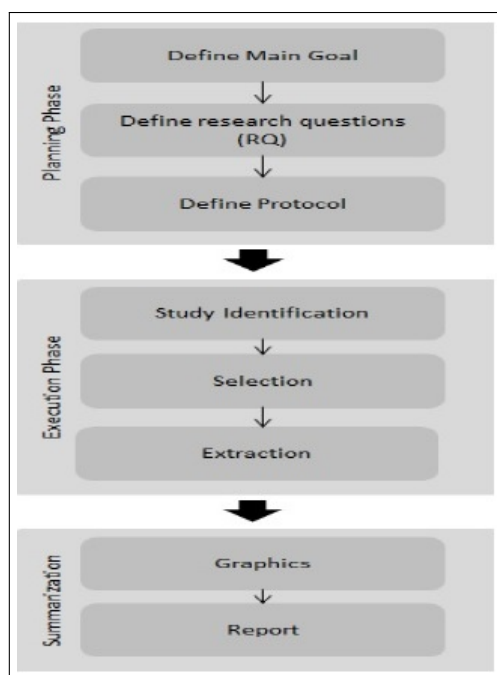


Figura 3.1 Visão geral do método de pesquisa(KITCHENHAM, 2004)

O objetivo principal foi definido na fase de planejamento. A execução foi baseada na fase de execução. A fase de resumo foi utilizada para relatar os resultados.

3.1.5 Triagem dos Artigos

A pesquisa foi realizada metodicamente para melhorar o rigor e sua validade. Os parágrafos seguintes descrevem as etapas realizadas de procura, seleção da literatura e análise dos documentos.

Durante a fase de planejamento, definimos o objetivo principal do mapeamento sistemático. Em seguida, cinco questões de pesquisa (duas principais e três secundárias) foram especificadas, expressando aspectos a serem observados na literatura, a fim de responder ao objetivo principal, seguido das strings de busca, bases de busca e especificações de inclusão / exclusão. A fim de analisar os artigos selecionados, utilizamos uma lista de verificação adaptada de (KITCHENHAM; MENDES; TRAVASSOS, 2006), Seção "*Study Quality Assessment Checklists*".

Na segunda fase, a fase de execução, o mapeamento sistemático foi executado de acordo com o protocolo. Na primeira etapa, identificação dos estudos, a *string* de busca

foi utilizada para checar automaticamente os artigos em cada base e, assim, foram encontrados 638 artigos. Em seguida, os principais dados desses trabalhos (título, autor, palavra-chave, resumo e ano) foram extraídos para proceder à seleção. Na fase de seleção, os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados para identificar os estudos relevantes. Este processo envolveu a análise do título, resumo e introdução. Então, inicialmente, analisamos o título para verificar a relevância da pesquisa. Assim, prosseguimos com a leitura do resumo. Para os artigos que não pudemos garantir a relevância por meio da análise de títulos e resumos, a introdução foi lida. Para os artigos selecionados, 66, examinamos a lista de publicações do autor para garantir que estivessem usando suas publicações mais recentes. Finalmente, na terceira etapa, extração, analisamos o texto completo dos artigos selecionados, 38. A terceira fase, o resumo / sumarização, tem como objetivo relatar os resultados do estudo. A figura 3.2 mostra as etapas do processo de seleção do estudo.

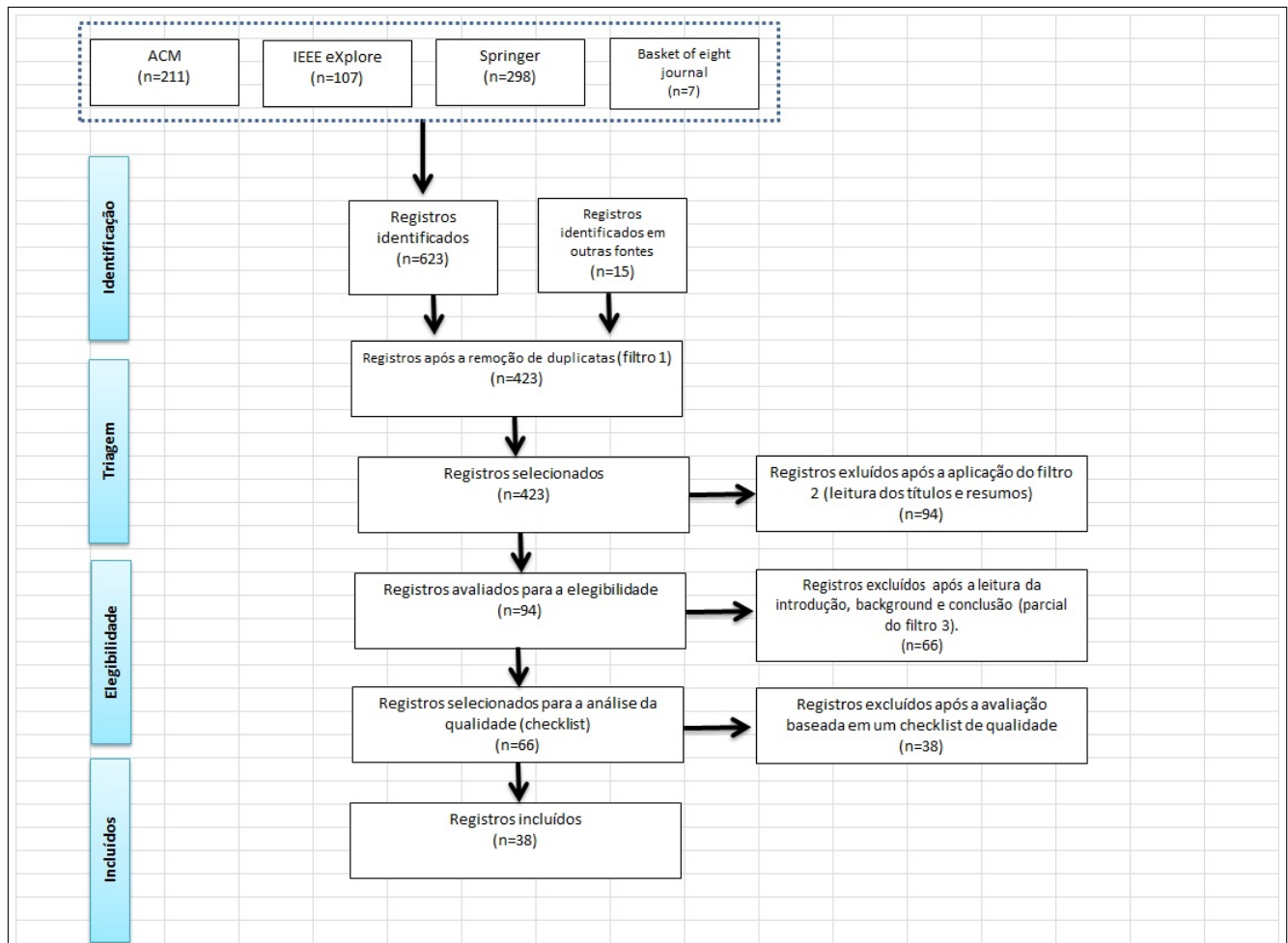


Figura 3.2 Etapas do processo de seleção dos estudos

3.1.6 Execução

A Tabela 3.2 resume os dados estatísticos de nosso procedimento de extração em cada base de pesquisa.

Verificamos o "Basket of Eight" e resultou em 7 artigos, contudo, apenas um deles, (DAMSGAARD; SCHEEPERS, 2000), satisfaz os critérios e foi incluído neste mapeamento. A pesquisa foi então expandida para outras revistas na biblioteca eletrônica AIS, resultando em mais 11 artigos, dos quais foram selecionados quatro, como (STEENBERGEN et al., 2013), (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009), (POEPELBUSS et al., 2011) e (WENDLER, 2012). Devido à pequena quantidade dos artigos, expandimos a pesquisa para as conferências, resultando em 138 artigos que foram lidos e analisados em detalhes, dos quais 15 foram selecionados. Após outra revisão nas bases anteriores, 9 artigos foram incluídos. Estes artigos foram adicionados à lista, que foi novamente revisada. Além disso, artigos fundamentais, como (GIBSON; NOLAN, 1974), (CROSBY, 1979), (KING; KRAEMER, 1984), (PAULK, 2002), dentre outros, também foram adicionados. Finalmente, utilizamos 38 artigos para fazer as recomendações finais. O termo "Outros" foi usado para descrever uma pesquisa manual em outras bases, como o Google Acadêmico e Scopus.

Tabela 3.2 Resumo dos Trabalhos Encontrados

| Bases de pesquisa | Sem filtro | Filtro 1 | Filtro 2 | Filtro 3 |
|-------------------------|------------|----------|----------|----------|
| ACM | 211 | 139 | 28 | 15 |
| IEEE eXplore | 107 | 71 | 16 | 11 |
| Springer | 298 | 197 | 39 | 5 |
| Basket of eight journal | 7 | 5 | 1 | 1 |
| Outros | 15 | 11 | 10 | 6 |
| Total | 638 | 423 | 94 | 38 |

3.1.7 Resultados e Discussões do Mapeamento Sistemático da Literatura

A seguir, um resumo dos resultados encontrados no mapeamento sistemático. A Figura 3.3 mostra uma distribuição dos estudos primários por ano de publicação.

A figura 3.3 apresenta a distribuição dos artigos. Os anos de 2010, 2011 e 2017 apresentam as maiores publicações. O que mais chama a atenção é a variabilidade de interesse por modelos de maturidade que pode ser motivada pelo surgimento e desaparecimento de novas tecnologias e pela variação do domínio de aplicação.

Os resultados obtidos a partir da análise de distribuição por tipo de eventos são apresentados na Figura 3.4, sendo *Journal* representado por trabalhos científicos publicados e revista em publicações que se concentram em interesses específicos, como por exemplo, revistas que publicam trabalhos que analisem sistemas de informação sob três perspectivas: desenvolvimento, gestão e infra-estrutura.

A Figura 3.4 apresenta um resumo, destacando a distribuição temporal de nossos artigos selecionados, separados por publicação e mostrando o número de publicações



Figura 3.3 Distribuição de estudos primários por ano de publicação

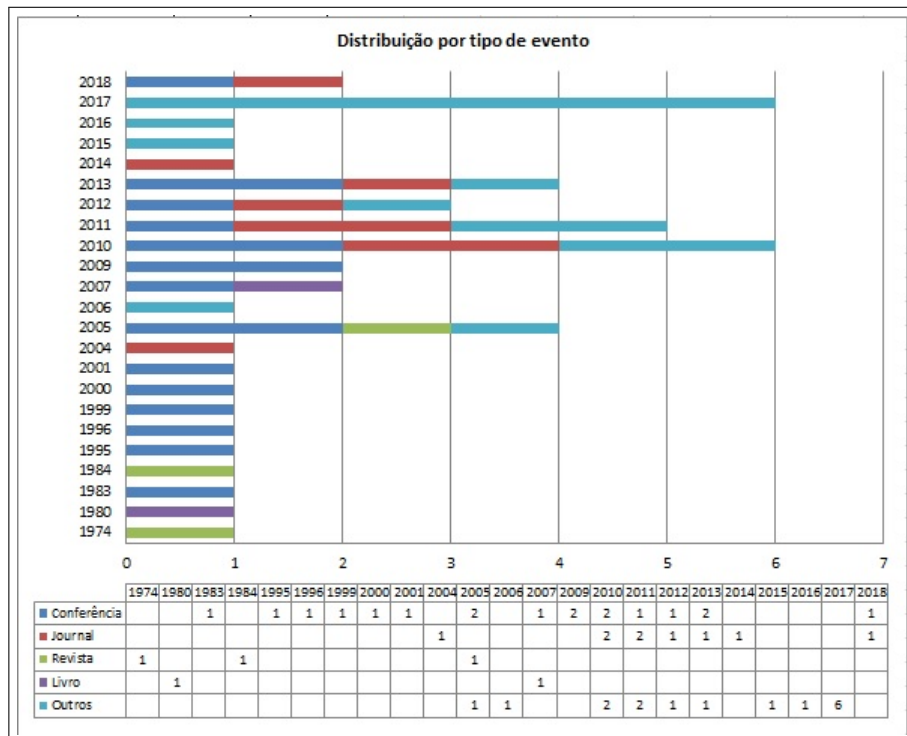


Figura 3.4 Distribuição por tipo de eventos

por ano e tipo de evento. A partir da Figura 3.4, pode-se ver que, de longe, a maior publicação é para a conferência, provavelmente porque exige menos rigor acadêmico. As Tabelas abaixo apresentam os trabalhos selecionados neste mapeamento sistemático.

Tabela 3.3 Artigos relacionados via mapeamento (Nas décadas de 1970 e 1980)

| Década | Artigos |
|-----------|---|
| 1974-1984 | [S1] [Nolan e Gibson 1974] Managing the Four Stages of EDP Growth; [S2] [Crosby] Quality Is Free: The Art of Making Quality Certain; [S3] [Drury] An Empirical Assessment of the Stages of DP Growth; [S4] [King e Kraemer] Evolution and organizational information systems: an assessment of Nolan's stage model |

Como pode ser visto na Tabela 3.3, ela é bastante reveladora de várias maneiras. Primeiro, os trabalhos mostraram a necessidade de gerenciar por etapas o crescimento organizacional. Em segundo lugar, é demonstrado que o controle de processos é crítico e importante para a qualidade geral da organização. Terceiro, o modelo proposto por Nolan foi investigado e, como resultado, foram encontrados problemas na formulação, o que poderia explicar a falta de validação do modelo.

Em S1, os autores mostraram a necessidade de se gerenciar através de estágios o crescimento dos setores da empresa, nos quesitos de hardware, software e pessoas. Um modelo de maturidade de 4 estágios é apresentado e apresentado quais requisitos são necessário para alcançar os estágios mais elevados.

Em S2, é demonstrado que o controle dos processos é fundamental para a qualidade geral da organização e pode auxiliar no alcance do sucesso.

Em S3 existiu uma tentativa de validar as hipóteses formuladas por Nolan (S1), através da análise de dados obtidos nos *benchmarks*.

Em S4 foi investigado o modelo proposto por Nolan (S1), através de uma análise empírica. Como resultado, problemas na formulação foram encontrados, o que poderia explicar a falta de validação do modelo.

Uma inspeção mais detalhada da Tabela 3.4 mostra que quatro teorias (ciclo de vida, teleologia, dialética e evolução) foram apresentadas e que essas teorias podem colaborar com o desenvolvimento organizacional. Em segundo lugar, foram apresentadas novas métricas que podem medir o desempenho de crescimento de uma empresa. Em terceiro lugar, foram apresentadas algumas propostas para o desenvolvimento de um modelo de maturidade, bem como um modelo de referência, indicando um crescente interesse em metodologias de desenvolvimento.

Em S5, quatro teorias foram apresentadas: ciclo de vida, teleologia, dialética e evolução. No artigo, a aplicação de cada teoria é demonstrada e o autor propõe uma interação entre elas a fim de colaborar para o desenvolvimento organizacional.

Em S6, foram apresentadas novas métricas que podem medir o desempenho do crescimento de uma empresa, diminuindo a redundância, aumentando a usabilidade e tornando os critérios mais genéricos.

Em S7 é proposto um modelo de crescimento de quatro estágios para implementação e gerenciamento de intranet a fim de garantir o planejamento, organização e controle das

Tabela 3.4 Artigos relacionados via mapeamento (de 1995 a 2005)

| Década | Artigos |
|-----------|---|
| 1995-2005 | <p>[S5] [Van De e Poole] Explaining Development and Change in Organizations;</p> <p>[S6] [Bemowski] Baldrige award celebrates its 10th birthday with a new look;</p> <p>[S7] [Damsgaard e Scheepers] Managing the crises in intranet implementation: a stage model;</p> <p>[S8] [Luftman] Assessing Business-IT Alignment Maturity;</p> <p>[S9] [Bessant, Caffyn e Gallagher] An evolutionary model of continuous improvement behavior;</p> <p>[S10] [Renken] Developing an IS/ICT management capability maturity framework;</p> <p>[S11] [Lockamy e McCormack] The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation;</p> <p>[S12] [De Bruin et al.] Understanding the Main Phases of Developing a Maturity Assessment Model;</p> <p>[S13] [Garrett e Rendon] Managing contracts in turbulent times: the contract management maturity model;</p> <p>[S14] [JIS] Quality Management System: guidelines for sustainable growth;</p> <p>[S15] [De Bruin et al.] Towards a Business Process Management Maturity Model</p> |

atividades associadas ao gerenciamento do recurso computacional.

S8 apresentou uma abordagem que avalia a maturidade entre negócios e tecnologia da informação a fim de identificar as oportunidades de melhoria, incrementando a maturidade atual.

S9 apresentou um estudo de caso que demonstrou a relação da melhoria contínua com a evolução da capacidade. Então, foi proposto um modelo de referência com o intuito de avaliar este progresso.

Em S10, um *framework* é proposto e sete indicadores, que os compõem, são combinados. Então é realizada uma avaliação do nível de maturidade utilizando-se os sete indicadores a fim de obter um perfil organizacional. O autor afirma que o *framework* é uma ferramenta importante para avaliar a capacidade de uma empresa e pode ser utilizado para comparação ou obtenção de um perfil de maturidade para um determinado domínio.

S11, este artigo examinou a relação entre a maturidade e a cadeia de suprimentos, com foco no seu desempenho do processo de gerenciamento. Então, é proposto um modelo de maturidade a fim de garantir um melhor desempenho nos processos da cadeia de suprimentos.

Em S12, o autor indicou que as fases de desenvolvimento de um modelo não foram generalizadas para qualquer domínio e então propõe uma metodologia, descrevendo as principais fases para o desenvolvimento de um modelo genérico.

Em S13, foi proposto um modelo de maturidade baseado em estágios para gerenciar os contratos com o intuito de melhorar a vantagem competitiva da organização.

Em S15, foi proposto um modelo de maturidade para os processos de negócios da organização.

O que é interessante sobre os dados nesta Tabela 3.5 é o aumento de propostas usando uma perspectiva sistêmica e holística para a construção e teste de modelos de maturidade. Alguns autores apresentaram uma perspectiva crítica sobre modelos de maturidade e conduziram um estudo de caso para validação.

S17, este artigo apresentou as características e práticas estatísticas e descreveu algumas mudanças nos processos que as empresas devem aderir com o intuito de obter vantagens competitivas em território quantitativo.

S18, o objetivo deste trabalho foi apresentar as circunstâncias em que as organizações podem acreditar e confiar nos resultados após a aplicação de algum modelo de maturidade.

S19, este artigo apresenta os resultados da pesquisa sobre a precedência dos fatores de maturidade ou os principais pontos decisivos nos esforços de implementação do processo de maturidade do processo (BPM).

S20, este artigo apresentou uma proposta de um modelo que apoie o desenvolvimento dos modelos de maturidade, objetivando melhorar o processo.

S23 apresentou e testou um método para desenvolver modelos devido a importância de se ter algo teórico e validado empiricamente.

S24 apresentou uma abordagem para a classificação dos modelos de maturidade a fim de facilitar a busca e seleção deles.

Em S25, os autores propõem uma perspectiva mais sistêmica e holística para a construção e teste de teoria na área de estratégia em sistema de informação e métodos cor-

Tabela 3.5 Artigos relacionados via mapeamento (de 2006 a 2016)

| Década | Artigos |
|-----------|--|
| | <p>[S16] [Paulk et al.] Capability maturity model, version 1.2;</p> <p>[S17] [Davenport e Harris] Competing on Analytics: The New Science of Winning;</p> <p>[S18] [Kitchenham, Mendes e Travassos] A Systematic Review of Cross- vs. Within-Company Cost Estimation Studies;</p> <p>[S19] [McCormack et al.] A global investigation of key turning points in business process maturity;</p> <p>[S20] [Becker, Knackstedt e Pöppelbuß] Developing Maturity Models for IT Management;</p> <p>[S21] [CMMI] CMMI for Development, Version 1.3 (CMU/SEI-2010-TR-033);</p> <p>[S22] [ABNT] NBR ISO 9004;</p> <p>[S23] [Solli-Sæther e Gottschalk] The modeling process for stage models;</p> <p>[S24] [Mettler, Rohner e Winter] Towards a Classification of Maturity Models in Information Systems;</p> <p>[S25] [El Sawy et al.] Research Commentary Seeking the Configurations of Digital Ecodynamics: It Takes Three to Tango;</p> <p>[S26] [Becker et al.] Maturity Models in IS Research;</p> |
| 2006-2016 | <p>[S27] [Pöppelbuß et al.] Maturity Models in Information Systems Research: Literature Search and Analysis;</p> <p>[S28] [Fiss] Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research;</p> <p>[S29] [EFQM] EFQM;</p> <p>[S30] [Back e Haager] Assessing Degrees of Web-2.0-ness for Websites: Model and Results for Product Websites in the Pharmaceutical Industry;</p> <p>[S31] [Plattfaut et al.] Development of BPM capabilities – Is maturity the right path?</p> <p>[S32] [Wendler] The maturity of maturity model research: A systematic mapping study</p> <p>[S33] [Duane e O'Reilly] A Conceptual Stages of Growth Model for Managing an Organization's Social Media Business Profile (SMBP);</p> <p>[S34] [Deloitte] EuropeaneCommerce Assessment 2012 Benchmarking the top 200 in online retail;</p> <p>[S35] [van Steenbergen] Improving IS Functions Step by Step: the Use of Focus Area Maturity Models;</p> <p>[S36] [Raber, Wortmann e Winter] Situational Business Intelligence Maturity Models: An Exploratory Analysis;</p> <p>[S37] [Lehmkuhl, Baumol e Jung] Towards a Maturity Model for the Adoption of Social Media as a Means of Organizational Innovation;</p> <p>[S38] [Delta] The Accenture Netherlands Analytics DELTA Survey 2013;</p> <p>[S39] [Cleven et al.] Process management in hospitals: an empirically grounded maturity model.</p> |

respondentemente apropriados que capturam a complexidade desse fenômeno.

S26 apresentou as implicações ao se aplicar os modelos de maturidade.

S27, este artigo coletou e analisou setenta e seis artigos sobre modelos de maturidade que foram publicados em revistas de Sistemas de Informação e em conferências, durante os últimos quinze anos. Os autores analisaram os artigos através de três perspectivas: de pesquisa, de publicação e de profissional.

S30, este artigo descreveu o desenvolvimento de um modelo de maturidade para avaliar a Web-2.0. O modelo baseou-se nos princípios e padrões da Web 2.0 de O'Reilly.

Em 31, os autores apresentaram uma perspectiva crítica sobre os modelos de maturidade baseados em BPM e conduziram um estudo de caso. Como resultado, a orientação baseada nos modelos de maturidade pode se tornar inadequado caso não se considere o ambiente da organização.

Em S32 é analisado o estado da arte sobre os modelos de maturidade e suas lacunas de pesquisa.

S33, neste artigo, os autores propuseram um modelo conceitual de Estágios de Crescimento para gerenciar o Perfil de Negócios de Mídia Social de uma organização.

S35, neste artigo, os autores apresentaram o conceito de "*focus area maturity model*". Os modelos de maturidade da área de foco são diferenciados dos modelos de maturidade de nível fixo, como o CMM, pois são especialmente adequados para a melhoria incremental de domínios funcionais.

S36, os modelos de maturidade são um instrumento estabelecido para identificar pontos fortes e fracos de certos domínios. Tendo construído esse modelo de maturidade para *Business Intelligence (BI)* em pesquisas anteriores, os autores exploraram a influência dos fatores contextuais na evolução da maturidade em *Business Intelligence*.

S37 desenvolveu um modelo de maturidade para a adoção organizacional das mídias sociais.

Em S39 e a fim de melhorar a transparência e estabilizar os custos dos cuidados de saúde, vários países decidiram reformar o seu sistema de saúde com base em *diagnosis-related groups (DRG)*. Os DRGs não são usados apenas para classificar os tratamentos médicos, mas também para o reembolso baseado em casos, portanto, induzem a competição entre os hospitais, forçando-os a se tornarem mais eficientes e eficazes. Em consequência, os hospitais estão investindo consideravelmente na orientação e gerenciamento do processo. No entanto, até o momento, não há consenso sobre as capacidades que os hospitais precisam adquirir para se tornarem orientados a processos, nem um acordo geral sobre a sequência de estágios de desenvolvimento que devem percorrer. Para este fim, este artigo propõe uma conceitualização empiricamente fundamentada das capacidades de gestão de processos e apresenta um modelo de maturidade de capacidade derivado algoritmicamente com base em dados empíricos de 129 hospitais na Suíça.

A parte seguinte segue descrevendo em maior detalhe o resultado destas questões de pesquisa.

3.1.7.1 QP 01: Como os modelos de maturidade foram especificados? As descobertas após análise dos artigos sugerem que existem algumas abordagens dominantes para o suporte à especificação dos modelos de maturidade: teorias normativas,

melhores práticas ou mecanismo de certificação e ferramenta de *benchmarking*. Uma crítica de grande parte da literatura sobre esta questão é a dificuldade em determinar qual abordagem foi usada para especificar o modelo. Essas abordagens determinam o propósito e as metas de uso, bem como a motivação para desenvolver os modelos de maturidade:

- Teorias normativas (normative theories) que são predominantemente fundamentadas como teorias de processo. Os eventos ocorrem em uma sequência de tempo, tornando-se maduros para alcançar a melhoria do processo. Os eventos ocorrem em torno de uma entidade principal, como uma empresa. A maioria dos modelos usa essa estrutura, mesmo que indiretamente (DAMSGAARD; SCHEEPERS, 2000) , (GIBSON; NOLAN, 1974) , (RENKEN, 2004).
- Guia de boas práticas ou mecanismo de certificação (Best practice) são baseados em práticas reais e refletem o melhor do estado da prática. Eles organizam as práticas, que já são consideradas eficazes, em uma estrutura que visa ajudar a organização a estabelecer prioridades para melhorias e também fornece um guia para a implementação dessas melhorias. Por exemplo, Capability Maturity Model (CMM) (PAULK, 2002) , (BRUIN et al., 2005) , (FISS, 2011).
- Ferramenta de benchmarking: retrata o modelo de maturidade como uma prática, em que as organizações são classificadas e comparadas umas com as outras usando uma escala de baixa a alta maturidade (LUFTMAN, 2004) , (RABER; WORTMANN; WINTER, 2013).

A Figura 3.5 apresenta estas abordagens.

Frequentemente, os termos estágio fixo ou contínuo foram usados para classificar um modelo de maturidade (STEENBERGEN et al., 2013). Essa classificação é difícil de definir porque depende de vários fatores, como escopo do modelo, nível de abstração e outras características. O objetivo dos modelos de maturidade é delinear o caminho para a maturação, incluindo a definição dos estágios e a relação entre esses estágios (RÖGLINGER; PÖPPELBUSS; BECKER, 2012). A premissa desses modelos é que um score maior ou grau de maturidade também significa uma mudança positiva em várias dimensões, o que fornece um constructo para medir a progressão. Três estruturas de design podem ser adotadas:

- Nolan's Stage of Growth Model: Modelo das etapas de crescimento. Através de estudos realizados em uma série de empresas, Nolan sugeriu que as empresas evoluíssem para seis etapas de crescimento da função de processamento de dados. A maioria dos modelos apresenta uma escala de maturidade que varia de 3 a 6 níveis e é diferenciada pelo método usado para calcular o resultado dos níveis de maturidade, dimensões e conteúdos avaliados de cada nível (GIBSON; NOLAN, 1974).
- Crosby's Grid: No modelo proposto por Crosby, são estabelecidas cinco fases sucessivas de maturação de qualidade: incerteza, despertar, esclarecimento, sabedoria e

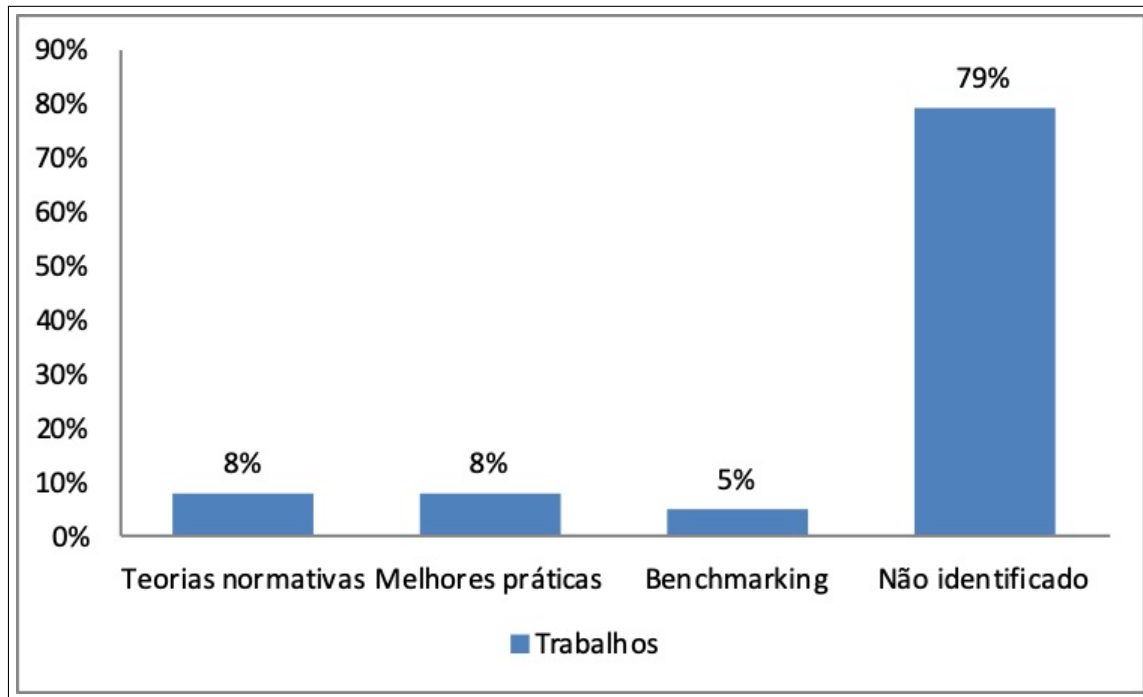


Figura 3.5 Abordagens

certeza. Assim como em Nolan's, a escala de maturidade pode variar de 3 a 6 níveis (CROSBY, 1979).

- Capability Maturity Model (CMM): Pode ser definido como sendo as melhores práticas para diagnóstico e avaliação de maturidade no desenvolvimento de softwares. O CMM não deve ser entendido como sendo uma metodologia, pois o CMM não diz exatamente como fazer, mas sim o que deve ser feito (melhores práticas) (PAULK, 2002)

3.1.7.2 QPS 2: Quais são as características e definições ao desenvolver modelos de maturidade?

- Níveis de Maturidade: também conhecidos como estágios, níveis, escore de maturidade, etc. usados para descrever o resumo geral ou maturidade da entidade e o nível de abstração no nível mais alto;
- Dimensões: Também denominadas como variáveis de referência, áreas de processo, capacidade e fatores críticos de sucesso;
- Subcategorias: Estas são variáveis de segundo nível das quais as dimensões dependem;
- Caminho para a maturidade: A maioria dos modelos revisados segue um caminho linear, unidirecional, de menor maturidade até maior maturidade;

- **Questões de Avaliação:** que normalmente estão diretamente ligadas às subcategorias, como o escore de maturidade ou nível, visualizado geralmente como uma representação gráfica.

Então, combinando todos os itens acima, apresentamos a estrutura genérica de um modelo de maturidade que é dividido em duas partes.

- A primeira parte descrevendo a estrutura de projeto genérico de modelos de maturidade, compreendendo os diferentes estágios, cada um com diferentes dimensões e subcategorias;
- A segunda parte descrevendo as relações hierárquicas entre os componentes típicos do modelo de maturidade.

Uma compilação das características dos modelos de maturidade e suas correspondentes definições podem ser encontradas na Tabela 3.6

Tabela 3.6 Vocabulário e diretrizes

| Conceito | Categorias | Características | Referências |
|---------------|-----------------------------|--|---|
| Representação | Composição | Modelos de estágio de crescimento; Modelo de área de foco; Baseados no CMM; Matriz de maturidade ou grades. | [Damsgaard e Scheepers 1999], [Spruit e Röling, 2014], [Mettler, Rohner e Winter 2010] |
| | Caminho da maturação | A maioria dos modelos revisados segue um caminho linear, unidirecional, da menor maturidade para a maior. | [Davenport et al 2007], [Nolan e Gibson 1974] |
| Constructos | Representação da maturidade | <ol style="list-style-type: none"> 1. Nível: Quanto maior o nível de abstração, menor o número de dimensões. 2. Estágios ou níveis: em torno de 3 a 6, dependendo do modelo e sua finalidade. Por exemplo: Grade de Crosby (5), Nolan (4), CMM (5), entre outros. 3. Estágio fixo ou contínuo: Modelos contínuos permitem uma pontuação das características em diferentes níveis; modelos de estágios fixos exigem que todos os elementos de um determinado nível sejam alcançados. 4. Valor numérico: Pontuação de maturidade representada usando números. O objetivo da utilização é comparativo, isto é, benchmarking. Tipo 1 - Modelos de maturidade da área de foco (menos populares). O tipo 2 - descreve as variáveis e dimensões de referência (mais popular). 5. Propósito de uso: Descritivo, prescritivo, comparativo ou combinação. | [De Bruin et al., 2005], [Crosby 1980], [Nolan e Gibson 1974], [Paulk et al., 2006], [Raber, Wortmann e Winter 2012], [CMMI 2010], [Spruit e Röling, 2014], [Van Steenberghe et al. 2011], [Ranken 2004], [Röglinger, Pöppelhuber e Becker 2012], [Mettler, Rohner e Winter 2010] |
| | Níveis de maturidade | Níveis são estados arquetípicos de maturidade do objeto que é avaliado. Cada nível deve ter um conjunto de características distintas que sejam empiricamente testáveis. | [Nolan e Gibson 1974], [Raber, Wortmann e Winter 2012] |
| | Dimensões | Também denominado como variáveis de referência, áreas de processo, capacidade e fatores críticos de sucesso. | [Mettler, Rohner e Winter 2010], [Karikkainen, Jussila e Lyytikä 2011] |
| | Subcategorias | Variáveis de segundo nível das quais as dimensões dependem. Por exemplo BPMM (com 30 subcategorias) ou ANM (com 16 dimensões). | [De Bruin et al., 2005], [Van Steenberghe et al. 2011] |
| Avaliação | Instanciação | A auto avaliação por meio de pesquisa e o instrumento mais amplamente adotado. A instanciação é principalmente através da ferramenta de software baseada na web ou um arquivo Excel. Avaliações de terceiros ou certificações são outras técnicas aplicadas neste caso. Por exemplo. As avaliações de CMM são feitas por especialistas bem treinados e certificados. | [De Bruin et al., 2005], [Wendler 2012], [Mettler, Rohner e Winter 2010], [Paulk et al. 2006]. |

3.1.7.3 QPS 1: Quais são os tipos de modelos de maturidade - existem métodos genéricos para desenvolver modelos de maturidade? Classificamos os modelos dependendo das dimensões e níveis, onde o processo de construção de derivações é classificado como: (i) conceitual, genérico ou específico, com fundamentação teórica; (ii) qualitativo, construído usando estudos de caso, entrevistas, grupos focais, etc. (iii) quantitativo, construído usando, por exemplo, levantamento seguido por análise de fator, análise *Rasch*, etc. (iv) derivado, genérico ou específico, sem uma fundamentação teórica.

- **Conceitual:** Modelos de maturidade que usam uma abordagem teórica para derivar dimensões. Uma forte base teórica é necessária. Por exemplo, modelo de intranet (DAMSGAARD; SCHEEPERS, 2000). No modelo de intranet, as dimensões foram determinadas com base em estudos dos fatores críticos de sucesso no domínio da intranet.
- **Qualitativo:** Modelos que predominantemente usam abordagem empírica qualitativa para derivar as dimensões e níveis, são classificados nesta categoria. Um estudo da literatura é geralmente seguido por um modelo conceitual de maturidade, que é então verificado e testado através de grupos focais, métodos Delphi e / ou entrevistas, antes da operacionalização. Por exemplo, modelo de maturidade de BI (*business intelligence*) (RABER; WORTMANN; WINTER, 2013). No modelo de maturidade de BI, as dimensões foram determinadas através de um questionário que determina as áreas de processo.
- **Quantitativo:** Modelos que utilizam predominantemente a abordagem quantitativa para derivar dimensões e níveis, são classificados nesta categoria. O uso da abordagem baseada no algoritmo *Rasch* é mais comum. Um exemplo deste tipo é o modelo *process management in hospital* (CLEVEN et al., 2014). Neste exemplo, as dimensões foram determinadas através dos processos chave.
- **Derivado:** Nessa categoria, os modelos que predominantemente usam a outros modelos de maturidade e ajustam problemas de domínio relevantes na estrutura, sem fortes fundamentos teóricos ou empíricos, são classificados aqui. Por exemplo, *Business-IT Alignment Maturity* (LUFTMAN, 2004).

A Figura 3.6 mostra esses tipos reconhecidos nos modelos de maturidade encontrados nos artigos.

A maioria dos modelos analisados por nós era predominantemente conceitual por natureza, quando se trata de obter dimensões e níveis de maturidade. A maior parte da literatura tem sido conceitual e / ou derivada e a validação empírica poderia definitivamente aumentar o rigor dos modelos de maturidade.

Uma compilação dos modelos de maturidade encontrados e seus Instrumentos correspondentes ao projetar e desenvolver os constructos pode ser encontrada na Tabela 3.7.

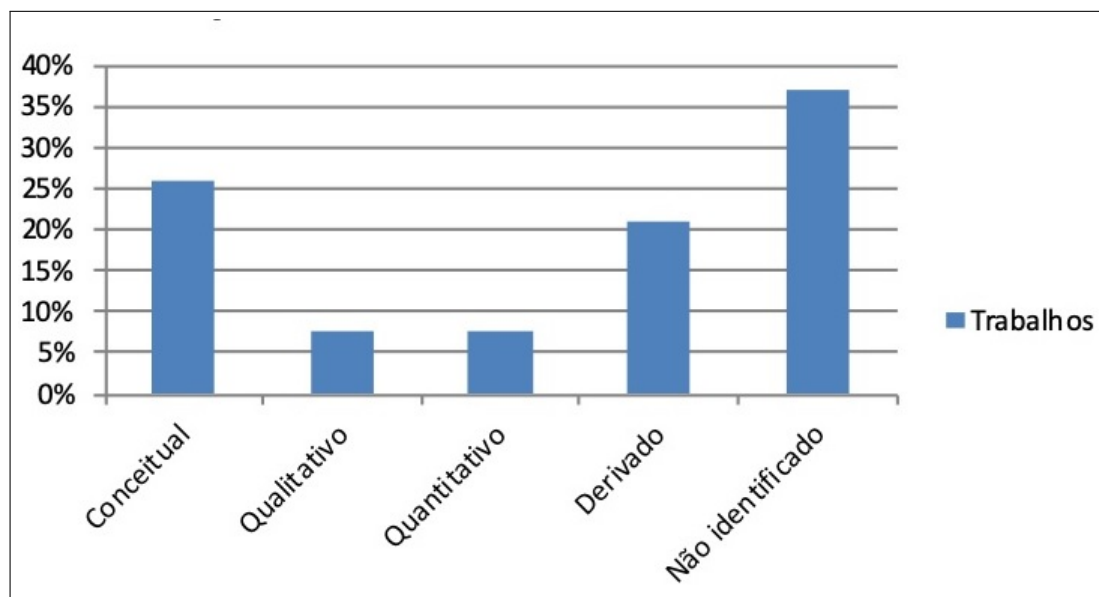


Figura 3.6 Tipos de modelos de maturidade

3.1.7.4 QPS 3: Quais são as considerações teóricas que ajudam no desenvolvimento dos modelos de maturidade? Torna-se claro que a principal crítica aos modelos de maturidade é em relação à falta de bases teóricas para determinar o caminho da maturidade e da evolução em estágios (PLATTFAUT et al., 2011). Para tentar diminuir essa crítica, uma teoria do processo pode ser empregada a fim de substanciar o caminho para a maturidade e os estágios. Teorias de processo são classificadas em quatro classes, como ciclo de vida, evolução, dialética e teleologia, e algumas dessas teorias poderiam ser usadas para conceituar a maturidade (PLATTFAUT et al., 2011).

De acordo com (VEN; POOLE, 1995), essas teorias podem ser descritas da seguinte maneira:

- *Life cycle*: são explicadas em termos de crescimento orgânico com uma entidade que se desenvolve desde a sua iniciação até o estado final. O caminho da mudança é iminente para a entidade, principalmente uma sequência unitária, cumulativa e conjuntiva. A progressão do evento é irreversível e linear e a força motriz geralmente vem de dentro da entidade.
- *Evolution*: empregam o mecanismo da sobrevivência competitiva para explicar a evolução das espécies. Assim, as entidades competem com entidades similares por recursos. A progressão do evento é uma sequência recorrente, cumulativa e probabilística de variação, seleção e retenção.
- *Dialectic*: impulsiona a teoria do conflito como uma força motriz, enquanto a *teleology* segue a lógica do estabelecimento de metas em direção a um estado imaginado.

Acreditamos que a utilização dessas teorias pode ser uma maneira de minimizar as

Tabela 3.7 Métodos e Instrumentos ao projetar e desenvolver constructos

| Abordagem / Modelo | Instrumento | | | | Referências |
|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|-----------------------------------|
| | Conceitual | Qualitativo | Quantitativo | Derivado | |
| Intranet Model | • | • | | | [Damsgaard e Scheepers 1999] |
| Analytics Maturity | • | | | | [Davenport et al 2007] |
| Business-IT alignment | • | | | • | [Luftman, 2000] |
| Social media Business | • | | | • | [Duane e O'Reilly 2012] |
| DyAMM | • | | | • | [Van Steenbergen et al. 2013] |
| BI maturity model | • | | • | • | [Lahmann et al. 2011] |
| BI maturity model | • | • | • | | [Mettler, Rohner e Winter 2010] |
| Business Intelligence Maturity | • | | | | [Raber, Wortmann and Winter 2013] |
| Capability Maturity Model | • | | | • | [Paulk et al. 2006] |
| Process Management in Hospitals | • | • | • | | [Cleven et al., 2014] |
| Consumer Cloud Maturity | | | | • | [Weiss et al., 2013] |
| Social media Innovation | | | | • | [Lehmkuhl, Baumol e Jung 2013] |
| BI | | | | • | [Dinter, 2012] |

críticas relativas à falta de considerações teóricas, como também é defendido por (PLATTFAUT et al., 2011).

A Figura 3.7 mostra essas teorias de processo reconhecidas nos modelos de maturidades encontrados nos artigos.

Uma compilação dos modelos de maturidade encontrados e seus Instrumentos correspondentes ao projetar e desenvolver constructos com a teoria dos processos pode ser encontrada na Tabela 3.8.

3.1.7.5 QP 02: De qual forma os modelos de maturidades foram avaliados?

Em Wendler (2012) foram estudados 237 artigos, extraíndo modelos de maturidade e categorizando-os como conceituais e orientados ao design. Uma lacuna na avaliação e validação dos modelos foi identificada. Além disso, semelhante a muitos outros autores no passado, Wendler também questionou o "rigor" dos modelos de maturidade, afirmando que apenas 7 dos 105 modelos de maturidade usavam métodos empíricos (qualitativos ou quantitativos) para sua construção. As validações empíricas desses modelos são escassas e os autores geralmente continuam a operacionalizar o modelo (ou seja, pesquisas ou experimentos controlados). Como resultado do mapeamento, 18% dos trabalhos foram avaliados por meio de entrevista, 33% avaliados por meio de *survey* e 49% avaliados por meio de um estudo de caso.

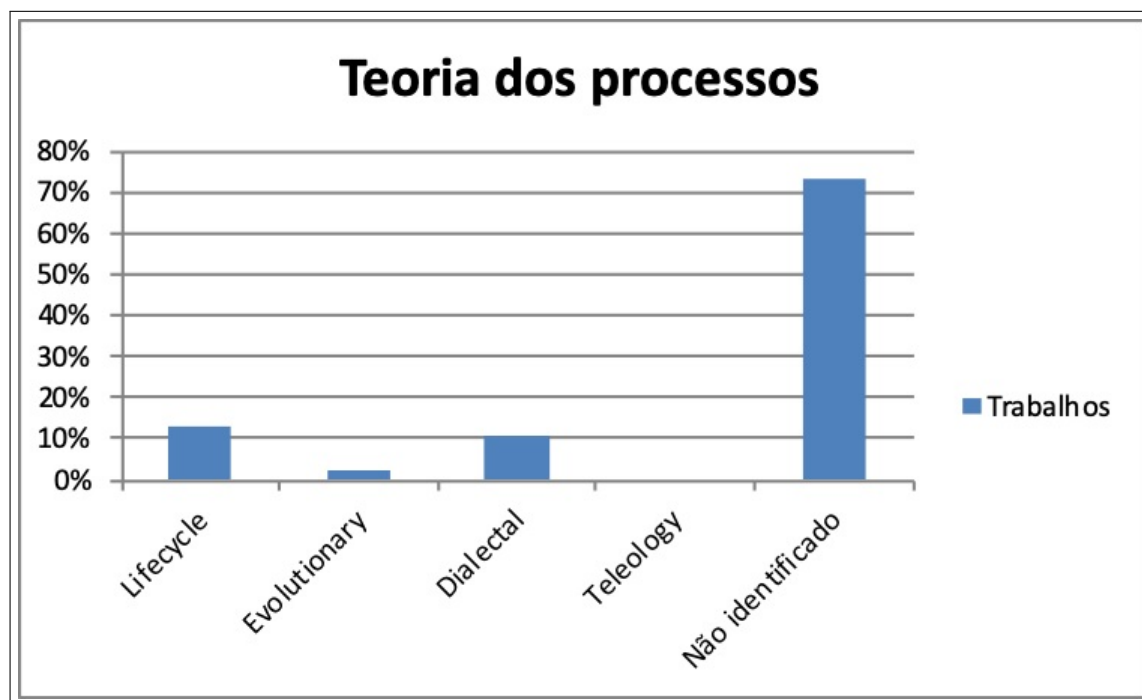


Figura 3.7 Teoria dos processos

Metade dos artigos publicados apresentam apenas o design conceitual do modelo de maturidade. Frequentemente os autores chamam a atenção para apresentar o modelo de maturidade e seu processo de desenvolvimento, mas nenhuma validação (empírica) é mostrada. Surpreendentemente, poucos trabalhos relataram que os modelos de maturidade desenvolvidos deveriam passar por qualquer avaliação (empírica). Uma pequena parte dos artigos conceituais introduziu os modelos de maturidade apenas como subproduto, além de outras contribuições. Muitas vezes, a construção e especificação de modelos de maturidade, sem validação empírica, são uma fraqueza.

A Figura 3.8 mostra esses métodos de avaliação e validação que foram reconhecidos nos modelos de maturidade encontrados nos artigos.

Uma compilação dos modelos de maturidade encontrados e seus correspondentes Instrumentos para avaliação podem ser encontrados na Tabela 3.9.

3.1.8 Discussão

Este capítulo descreve os resultados e as considerações finais. Os Achados do Mapeamento podem ser resumidos em (i) A alta taxa de modelos de maturidade conceitual é evidente quando se trata de obter dimensões e níveis de maturidade; (ii) As validações empíricas são escassas. Normalmente, os modelos são implementados e avaliados através de pesquisas ou experimentos; (iii) Métodos qualitativos são mais utilizados que os quantitativos no estágio de desenvolvimento. (iv) Métodos quantitativos são menos utilizados para construir modelos de maturidade, com alguns exemplos de uso da abordagem base-

Tabela 3.8 Modelos de maturidade visualizados através da teoria dos processos

| Abordagem / Modelo | Teoria dos processos | | | | Referências |
|-----------------------|----------------------|--------------|-----------|-----------|-------------------------------|
| | Lifecycle | Evolutionary | Dialectal | Teleology | |
| Intranet Model | • | | • | | [Damsgaard e Scheepers 1999] |
| Analytics Maturity | • | • | • | | [Davenport et al 2007] |
| Business-IT alignment | • | | • | | [Luftman, 2000] |
| Social media Business | • | | • | | [Duane e O'Reilly 2012] |
| DyAMM | • | | | | [Van Steenbergen et al. 2013] |

ada no algoritmo *Rasch*; (v) Finalmente, muitos pesquisadores recentemente usaram e / ou citaram a abordagem orientada ao design (ao invés de abordagens comportamentais) ao desenvolver um modelo de maturidade, no entanto, a maioria da literatura tem sido conceitual e / ou derivada e a validação empírica poderia definitivamente aumentar o rigor dos modelos de maturidade.

Relacionado às estruturas dos modelos de maturidade, a análise da literatura destacou quatro desafios principais para a criação de um instrumento para medir a maturidade: (i) como medir a distância entre os níveis de maturidade; (ii) qual é a escala e mensuração dos modelos de maturidade; (iii) como resolver o desafio da aditividade e calcular a maturidade global; (iv) origem das dimensões.

Alguns artigos encontrados focaram no desenvolvimento (diretrizes) de novos modelos de maturidade, como em (BACK; HAAGER, 2011), (BRUIN et al., 2005) e (DUANE; OREILLY, 2012) propondo diretrizes. No entanto, houve um esforço significativo de alguns pesquisadores para padronizar o desenvolvimento do modelo de maturidade e pesquisa através de diretrizes prescritivas, vocabulário padronizado e procedimento validado. O modelo de área de foco (STEENBERGEN et al., 2013) adota o paradigma da ciência do design, enquanto (BRUIN et al., 2005) propõem um modelo de desenvolvimento de 6 estágios, juntamente com o conceito de camadas e um esquema para definir características. (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009) propõem um modelo de oito etapas baseado em diretrizes de design científico. Além disso, (SOLLISÆTHER; GOTTSCHALK, 2010) propõem um processo de modelagem para modelos de maturidade baseados em cenários, ao mesmo tempo em que teorizam claramente sobre os tópicos centrais dos estágios de crescimento.

Algumas propostas defendem uma abordagem passo a passo iterativa e sequencial para o desenvolvimento de um modelo de maturidade. Além disso, as abordagens enfatizam a implementação e validação para garantir uma relevância prática. As três propostas seguintes para o desenvolvimento de um modelo de maturidade são: (i) abordagem dividida em seis etapas (scope, design, populate, deploy e maintain) (BRUIN et al., 2005); (ii) abordagem dividida em oito etapas (Problem definition, Study existing models, Design strategy, Iterative development process, Transfer concept evaluation, Implementation

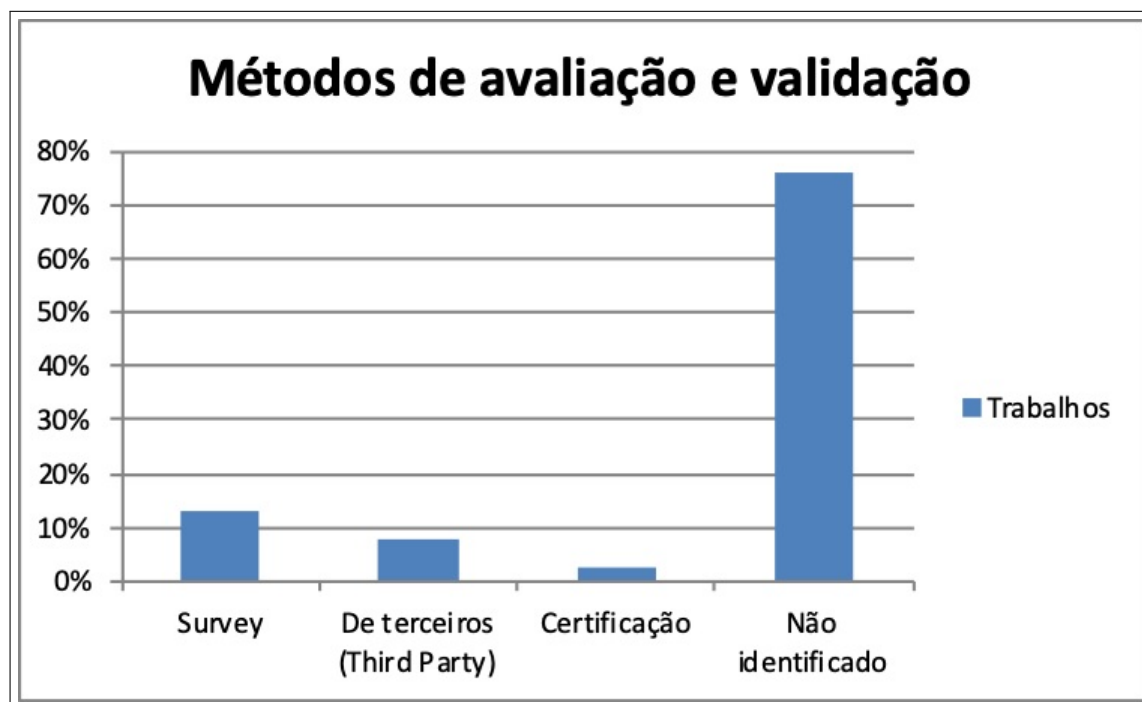


Figura 3.8 Métodos de avaliação e validação

of transfer media, Evaluation of results e Iterative continuation) (BECKER; KNACKS-TEDT; PÖPPELBUSS, 2009); (iii) por fim, abordagem dividida em cinco etapas (Suggested stage model, Conceptual model, Theoretical model, Empirical model e Revised stage model) (SOLLI-SÆTHER; GOTTSCHALK, 2010). Além disso, (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010) identificaram duas abordagens para construir um modelo: (i) top-down, inicialmente definindo os estágios de maturidade e, em seguida, criando as dimensões. Em seguida, ajustar as medidas e configurações; (ii) bottom-up, requisitos e medidas são determinados inicialmente, com definições de etapas, depois. Comumente, a primeira abordagem funciona para um domínio com pouca evidência do que é a maturidade da empresa. Em um domínio bem estabelecido, o foco seria em como medir a maturidade em vez do que ela representa, exigindo, assim, a segunda abordagem.

Portanto, pode-se concluir que não existem regras rígidas para decidir a abordagem do desenvolvimento de um modelo, mas é importante utilizar a literatura existente para validar dimensões e desenvolvimento.

Os modelos de maturidade foram imersos em críticas, como dito em (SANTOS-NETO; COSTA, 2019), questionando a falta de validade empírica, pressupostos estruturais errados e sendo muito simplista para ser útil. Assim, algumas críticas podem ser encontradas em relação às abordagens de desenvolvimento dos modelos de maturidade: (i) ausência de justificativa teórica para os modelos seguidos; (ii) falta de validação empírica na seleção das dimensões; (iii) ausência de operacionalização da mensuração de maturidade (muito conceitual). Os modelos de maturidade desde a publicação de (GIBSON; NOLAN, 1974) adotaram, em sua maioria, um ciclo de vida baseado em estágios ou abordagem evolutiva,

Tabela 3.9 Métodos e Instrumentos (de avaliação) ao projetar e desenvolver constructos

| Abordagem / Modelo | Instrumento | | | | Referências |
|---------------------------------|-------------|-------------|--------------|--------|---------------------------------|
| | Survey | Third Party | Certificação | Nenhum | |
| Intranet Model | | | | • | [Damsgaard e Scheepers 1999] |
| Analytics Maturity | | | | • | [Davenport et al 2007] |
| Business-IT alignment | • | • | | | [Luftman, 2000] |
| Social media Business | | | | • | [Duane e O'Reilly 2012] |
| DyAMM | • | | | | [Van Steenbergem et al. 2013] |
| BI maturity model | | • | | | [Lahmann et al. 2011] |
| BI maturity model | | • | | | [Mettler, Rohner e Winter 2010] |
| Business Intelligence Maturity | • | | | | [Raber, Wortmann e Winter 2013] |
| Capability Maturity Model | | | • | | [Paulk et al. 2006] |
| Process Management in Hospitals | • | | | | [Cleven et al., 2014] |
| Consumer Cloud Maturity | | | | • | [Weiss et al., 2013] |
| Social media Innovation | | | | • | [Lehmkuhl, Baumol e Jung 2013] |
| BI | • | | | | [Dinter, 2012] |

ao descrever os caminhos das entidades até a maturidade. Nós identificamos que há uma dificuldade em encontrar um modelo de maturidade adequado que tenha sido validado na literatura. Uma das razões é a falta de considerações teóricas durante o desenvolvimento do modelo e a falta de vocabulário padrão para a descrição do modelo.

Neste contexto e análise, propomos as seguintes recomendações a serem adotadas pelos desenvolvedores de modelos de maturidade:

- Use qualquer uma das três abordagens / paradigmas para desenvolver o modelo de maturidade. Mesmo que as etapas não estejam necessariamente em uma ordem sequencial, é importante documentar a abordagem, pois isso ajudaria alcançar a padronização;
- Utilizar teorias de processos bem formuladas, abordagens teóricas, ou ambas, conceituando e apresentando o caminho para a maturidade, além de estabelecer definições precisas de maturidade, enfrentando desafios teóricos e possibilitando a interpretação teórica;
- Empregar métodos empíricos no desenvolvimento dos modelos e melhorar os esforços para validar os modelos de maturidade existentes e os novos, antes da disseminação;
- Use vocabulário e diretrizes durante a fase de desenvolvimento e na fase de disseminação (publicação) dos modelos de maturidade.

Existe uma oportunidade para pesquisas futuras na aplicação de métodos empíricos para construir modelos de maturidade e medir a própria maturidade.

Nesta tese, exploramos os modelos de maturidade, sua estrutura e padronização, bem como os processos para seu desenvolvimento e avaliação. Como conclusões:

- A maioria dos modelos de maturidade podem ser descritos usando uma estrutura genérica;
- Existem três paradigmas de modelos de maturidade: teorias normativas, diretrizes de melhores práticas e ferramentas de *benchmarking*;
- O caminho para a maturação (isto é, algo melhor, mais avançado, mais alto) é sempre linear, avançando (raramente retornando), na medida em que a entidade melhora consideravelmente em termos de resultados desejados, ou seja, capacidades, criação de valor, desempenho etc. A noção da equifinalidade não foi reconhecida até agora;
- Os pesquisadores estão utilizando a abordagem da ciência do design para desenvolver modelos de maturidade. A ciência do design é fundamentalmente um paradigma de solução de problemas que busca criar inovações que definam ideias, práticas, capacidades técnicas e produtos através dos quais a análise, projeto, implementação, gerenciamento e uso de sistemas de informação são efetivos e eficientemente alcançados;
- A maioria dos modelos de maturidade é predominantemente conceitual; Raramente encontramos modelos de maturidade que usam abordagens teóricas, causais ou testes de hipóteses;
- Há uma necessidade de ênfase nas dimensões derivadas empiricamente, bem como a validação dos níveis de maturidade;

3.1.9 Limitações e ameaças à validade

Nosso mapeamento sistemático considerou alguns bancos de dados digitais, como: ACM, IEEE Explore e Springer, além de busca manual. Apesar dos nossos esforços, alguns documentos importantes podem ter sido deixados de fora. Embora as bases de análise sejam confiáveis, isso é uma ameaça à validade em relação à generalização. Também pode haver algum viés no mapeamento. Para reduzir isso na seleção de artigos, seguimos um protocolo que indica como o mapeamento deve ser feito. Embora tenhamos realizado um processo sistemático, algumas ameaças potenciais podem limitar a validade de nossos resultados, sendo as mais importantes listadas abaixo.

A primeira ameaça está relacionada à cobertura da literatura existente. É difícil ser exaustivo sobre todo trabalho publicado de modelos de maturidade para problemas concretos. Para maximizar a cobertura, selecionamos a Springer, um dos bancos de dados de publicação mais completos. Mesmo que não possamos garantir a cobertura completa

do material publicado, nossa amostra é grande e representativa o suficiente para produzir resultados confiáveis.

A segunda limitação potencial é a codificação do escopo do estudo em uma consulta. De fato, não há termos consensuais concretos para se referir a propostas de modelos de maturidade. Para evitar a falta de um artigo relevante, optamos por uma consulta genérica, que inclui o “modelo de maturidade” e suas variantes, como capacidade e melhoria. Isso, no entanto, aumentou o número de artigos para triagem.

A terceira ameaça potencial à validade do nosso estudo está relacionada ao impacto dos critérios de exclusão. Por estarmos estudando os modelos de maturidade como principais contribuições de pesquisa, focamos apenas em artigos completos dos principais fóruns de pesquisa e negligenciamos outras contribuições, como relatórios técnicos. O segundo impacto dos critérios de exclusão é a subjetividade potencial da decisão sobre se um modelo de maturidade é a principal contribuição de um artigo. Um dos revisores trabalhou com uma interpretação mais relaxada desse critério, que produziu a maioria dos resultados conflitantes. Todos esses conflitos foram resolvidos em reuniões presenciais e não exigiram a intervenção de outro revisor.

TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo apresenta trabalhos que propõem modelos de maturidade para o domínio da interoperabilidade. Também é apresentado trabalhos que tiveram o foco em propor metodologias para o desenvolvimento de um modelo de maturidade para o âmbito geral.

4.1 MODELOS DE MATURIDADE PARA INTEROPERABILIDADE

Os modelos de maturidade têm sido propostos na literatura com objetivos diversos. Enquanto alguns trabalhos focaram em propostas para modelos de maturidade em um ambiente específico, outros abordaram níveis independentes, mas sem apresentar formas de evolução entre estes níveis. Através de uma revisão da literatura elencamos alguns trabalhos que podem ser vistos a seguir.

Em (GROUP, 1998) um Modelo de Maturidade de Interoperabilidade para atuar nos sistemas do departamento de defesa americano foi apresentado. Considerando cinco níveis crescentes: (a) isolado, onde o sistema computacional não está integrado; (b) conectado, onde existem serviços de redes homogêneos, como por exemplo, um serviço de transferência de arquivos; (c) funcional, onde algumas funções de redes são compartilhadas no ambiente, como um serviço de e-mail colaborativo; (d) domínio, onde os dados são compartilhados com colaboração (e) *enterprise*, onde os dados e aplicações são compartilhados. Este modelo fornece : (i) uma base comum para definição de requisitos e melhorias incrementais, (ii) identifica os estágios pelos quais os sistemas devem progredir para melhorar suas capacidades de interoperação. Cada nível superior representa um aumento demonstrável em recursos em relação ao nível anterior de interação entre sistemas. Apesar de lidar com a interoperabilidade, este modelo não considera as dimensões (sintática, semântica, pragmática e organizacional).

Em (STADEN, 2012) é apresentado um Modelo de Maturidade de Interoperabilidade Sintática para um ambiente governamental (*e-Government*). O governo Eletrônico (*e-Government*) reflete a visão final para os governos que lhes permitirá passar por uma enorme modernização e reorganização. O autor argumenta que havia a necessidade de um modelo de maturidade que focasse em mais detalhes sobre os aspectos técnicos da

interoperabilidade de sistemas em um domínio específico (por exemplo, serviço público). Este modelo abordou os seguintes aspectos de interoperabilidade do governo eletrônico: (i) compartilhamento de dados entre sistemas heterogêneos; (ii) *Software*, que refere-se à capacidade de diferentes softwares usados por organizações para trabalhar juntos na troca e compartilhamento de dados e as diferenças entre eles (iii) comunicação, que indica a habilidade de sistemas para conectar e se comunicar através protocolos comuns; (iv) física, que é a capacidade de diferentes computadores, dispositivos de rede e periféricos para funcionar de uma forma conectada. Este modelo se concentra mais em aspectos técnicos de interoperabilidade que permitem que os dados sejam trocados e compartilhados dentro de um ambiente de sistema de informação.

Em (CORREA, 2012) é proposto um modelo de maturidade para a interoperabilidade técnica com o objetivo de avaliar o efetivo uso de padrões de interoperabilidade e auxiliar engenheiros de softwares e de sistemas em um domínio específico, e-PING que atua com padrões de Interoperabilidade de governo eletrônico (interoperabilidade técnica entre as agências governamentais).

Já em (OSTADZADEH; SHAMS, 2014) é apresentado uma estrutura de um modelo de maturidade na interoperabilidade em sistemas de escala ultra-grande (*ULS - Ultra-Large-Scale*) com base na teoria de sistemas complexos. A escala de complexidade e incerteza no projeto de sistemas ULS é tão imensa que resiste aos tratamentos oferecidos pelos métodos tradicionais de interoperabilidade. A estrutura proposta é considerada capaz de atender aos requisitos de tais sistemas. Apesar de propor uma arquitetura para um modelo de maturidade, nenhuma metodologia é apresentada, o que é evidenciado na Seção de trabalhos futuros, onde o autor afirma que espera propor uma metodologia adequada para auxiliar no aumento do nível de maturidade em sistemas ULS.

4.2 METODOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE MATURIDADE DE ÂMBITO GERAL

Alguns trabalhos propuseram metodologias ou se basearam em outras abordagens consolidadas para apoiar o desenvolvimento de um modelo de maturidade. Estes processos para guiar o desenvolvimento de um MM já foram discutidos por diferentes autores na literatura (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009), (BRUIN et al., 2005), (STEENBERGEN et al., 2013), (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010), (MAIER; MOULTRIE; CLARKSON, 2009). Apesar do grande número de propostas de MM, ainda são necessárias metodologias ou se basear em outras abordagens para seu desenvolvimento.

Algumas abordagens para o desenvolvimento de MM se concentram em determinar o propósito e os objetivos de uso, bem como a motivação para desenvolver os modelos de maturidade: (i) *teorias normativas*: que são predominantemente fundamentadas como teorias de processo. Os eventos ocorrem em uma sequência de tempo, amadurecendo para os melhores níveis. Estes eventos ocorrem em torno de uma entidade, como uma empresa ou sistema. A maioria dos modelos usa esta estrutura, mesmo que indiretamente (RENKEN, 2004). (ii) *guia de melhores práticas*: é baseado em práticas reais, reflete o melhor do estado da prática. Este guia organiza as práticas, que já são consideradas eficazes, em uma estrutura que visa ajudar a organização a estabelecer prioridades de

melhoria e também fornece um guia para a implementação dessas melhorias (BRUIN et al., 2005). (iii) *benchmarking*: que retrata o modelo de maturidade como uma prática, onde as organizações são classificadas e comparadas entre si usando uma escala de baixa a alta maturidade (RABER; WORTMANN; WINTER, 2013).

Outros trabalhos abordam uma estrutura de design para desenvolver um modelo de maturidade. Três estruturas de design podem ser adotadas durante o desenvolvimento de um modelo de maturidade: (i) *Modelo de Estágio de Crescimento de Nolan*, onde os modelos utilizam uma escala que varia de 3 a 6 níveis e se diferem pelo método utilizado; (ii) *Crosby's Grid*, que é composto por cinco estágios ou níveis, indo da incerteza até a certeza; (iii) *Capability Maturity Model (CMM)*, que pode ser definido como um modelo para as melhores práticas. Estes trabalhos são descritos com maiores detalhes no próximo capítulo (mapeamento sistemático da literatura).

Finalmente, cinco distintos processos de desenvolvimento têm sido discutidos na literatura. Todos esses processos compartilham cinco fases genéricas: (1) *identificar as necessidades ou novas oportunidades*: desenvolver MMs através da realização de meios de pesquisa orientados para o design e encontrar padrões de solução para problemas importantes não resolvidos ou aconselhar na solução de problemas de formas mais eficazes ou eficientes (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010), (BRUIN et al., 2005). (2) *definir o escopo*: isso significa que deve ser decidido se certas suposições e características estão incluídas ou não (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010), (STEENBERGEN et al., 2013). (3) *design do modelo*: o artefato como tal é construído aqui. Uma abordagem de cima para baixo ou de baixo para cima pode ser usada. Becker et al. (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009) e de Bruin et al. (BRUIN et al., 2005) ambos sugerem uma abordagem de cima para baixo definindo principalmente um tipo de grade ou arquitetura. (4) *avaliação da proposta*: devido ao fato que a aceitação de um MM depende criticamente de sua utilidade, validade, confiabilidade e generalização, a avaliação é um passo crucial (METTLER; ROHNER; WINTER, 2010). (5) *evolução da proposta*: o MM deve ser mantido e mais desenvolvimento será necessário, uma vez que alguns elementos do modelo ficarão obsoletos, novas construções surgirão, e as suposições sobre os níveis de maturidade serão afirmados ou refutados (BECKER; KNACKSTEDT; PÖPPELBUSS, 2009).

Embora esses trabalhos apresentem conceitos úteis para o desenvolvimento de MM e novos modelos de maturidade, eles são difundidos e apresentados de forma não detalhada, o que os torna difíceis de serem reutilizados. Isso levanta questões para os desenvolvedores de modelos de maturidade: que abordagem usar e quando? qual modelo de maturidade é ideal para o meu ambiente? Pode-se concluir que não existem regras rígidas e rápidas para decidir a abordagem, mas é importante usar a literatura existente e validar empiricamente as dimensões e construtos (conteúdo) de um modelo de maturidade. Em nosso trabalho analisamos as propostas apresentadas na literatura, organizando-as em um *life-cycle* composto por tarefas, sequencialmente organizadas, técnicas e ferramentas relacionadas e artefatos de entrada e saída em cada fase de desenvolvimento do MM. Como resultado, definimos uma metodologia para auxiliar os desenvolvedores. Então realizamos um estudo exploratório para avaliar a metodologia e obter um modelo de maturidade, Amortisse, onde seus pressupostos são explicáveis, garantindo rigor.

4.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Enquanto os trabalhos de interoperabilidade propõem soluções específicas para realização de um nível específico de interoperabilidade (sintático, semântico ou pragmático), os trabalhos que tratam da interoperabilidade plena apenas apresentam os níveis de forma teórica, mas sem abordar propostas de como progredir nos níveis. A presente investigação difere dos apresentados por apresentar a construção de um modelo de maturidade para a interoperabilidade através de uma metodologia pré-definida e apresentando os procedimentos metodológicos e os constructos e abarcando os níveis do sintático ao organizacional. Esta Metodologia pode ser adaptada para atuar em outros domínios mediante alteração dos requisitos de interoperabilidade. Por exemplo, cenários de comunicação de sistemas em ambientes de nuvem podem exigir requisitos adicionais de interoperabilidade ou a retirada de alguns requisitos que foram propostos. O modelo de maturidade obtido pode auxiliar na determinação do estágio atual dos sistemas em nível de maturidade, indicando quais requisitos devem ser satisfeitos para que se progrida nos níveis superiores, procurando garantir a interoperabilidade em níveis elevados. Isso é importante por garantir uma comunicação realmente eficaz.

METODOLOGIA PARA DESENVOLVIMENTO DE MODELOS DE MATURIDADE

Neste capítulo apresentaremos a metodologia proposta para a concepção do modelo de maturidade objetivo desta tese. Esta metodologia foi concebida após um estudo piloto e baseada nos achados do mapeamento sistemático apresentados no capítulo 3.

5.1 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO AMORTISSE

Um dos objetivos específicos desta tese é desenvolver um modelo de interoperabilidade onde a arquitetura e o conteúdo possuam a origem e a concepção explicitamente definidas. Para alcançar este objetivo entendemos que é necessário esclarecer não apenas os conceitos teóricos do domínio, porém também como este modelo foi concebido. Ou seja, a metodologia para concepção deste modelo deve estar explicitamente definida. A metodologia favorece tanto a credibilidade quanto a evolução do modelo. A credibilidade pode ser obtida por exposição dos métodos e artefatos gerados em cada fase da geração do modelo de maturidade. Já a evolução é possível por mostrar quais requisitos foram utilizados para obter o modelo e como podemos moldá-los a fim de se adequar em outro domínio. A fase de manutenção prevê esta evolução e será explicada com detalhes no Capítulo 7, no qual apresentamos como os requisitos podem ser atualizados para se adequar a um ambiente de *cloud* (Cap 7.1.2).

As metodologias de desenvolvimento são de extrema importância quando se considera a finalidade para a qual um modelo pode ser aplicado, ou seja se o modelo de maturidade é descritivo, prescritivo ou comparativo por natureza.

Um modelo é puramente descritivo quando é visto como pontos de encontro de ponto único sem provisão para melhorar a maturidade ou fornecer relacionamentos para o desempenho. Este tipo de modelo objetiva avaliar o domínio na situação atual. Um modelo prescritivo fornece ênfase nas relações de domínio para o desempenho do negócio e indica como abordar a melhoria da maturidade para afetar positivamente o valor do negócio, ou seja, permite o desenvolvimento de um roteiro para melhoria. Um modelo comparativo permite

o *benchmarking* em setores ou regiões. Um modelo dessa natureza é capaz de comparar práticas semelhantes entre organizações para avaliar a maturidade em setores diferentes.

Embora esses tipos de modelo sejam vistos como distintos, eles podem representar fases evolutivas no ciclo de vida de um modelo. Inicialmente, um modelo é descritivo, de modo que uma compreensão mais profunda da situação do domínio é alcançada. Um modelo pode, então, evoluir para ser prescritivo, já que é apenas através de uma sólida compreensão da situação atual que melhorias substanciais e repetíveis podem ser feitas. Finalmente, para que um modelo seja usado comparativamente, ele deve ser aplicado em uma ampla gama de organizações, a fim de obter dados suficientes para permitir uma comparação válida.

A metodologia de desenvolvimento proposta forma uma base para guiar o desenvolvimento de um modelo através da fase descritiva, e depois permitir a evolução do modelo através das fases prescritiva e comparativa dentro de um dado domínio. Esta metodologia pode ser vista na Figura 5.1 e será detalhada nos próximos subcapítulos.

O mapeamento sistemático sobre os modelos de maturidade (MONTEIRO; MACIEL, 2019) evidenciou que apesar de existirem trabalhos que pretendem guiar o desenvolvimento de modelos de maturidade (BRUIN et al., 2005), (LAHRMANN et al., 2011), (BACK; HAAGER, 2011), (DUANE; OREILLY, 2012), estas propostas ainda estão em estágios iniciais, porém serviram como inspiração para concepção de nossa metodologia. Alguns deste trabalhos focaram em domínios específicos omitindo o detalhamento da metodologia utilizada na especificação, tornando difícil a adoção, padronização e comparação com outras metodologias. Embora sejam um ponto de partida, algumas perguntas permaneceram: Q1. Que tipo de artefato e dados devem ser usados como entrada para cada fase da metodologia proposta? Q2. Existem ferramentas de suporte para cada fase da metodologia proposta? Sendo assim, estabelecemos uma metodologia para concepção do nosso modelo, como mostra a Figura 5.1.

A metodologia detalha passos, artefatos e sequência de execução a serem seguidos pelos desenvolvedores de modelos de maturidade. Esta metodologia foi dividida em seis fases, sendo a primeira, escopo, utilizada para definir o foco do modelo, ou seja: o domínio de atuação. A segunda fase foi utilizada para definir a arquitetura do modelo, ou seja: a quantidade de níveis e a abordagem de atuação (de cima para baixo ou de baixo para cima). A terceira fase serviu para decidir qual conteúdo seria inserido no modelo, que neste caso foram os requisitos de interoperabilidade, do sintático ao organizacional. A quarta fase serviu para planejar formas de obter o modelo de maturidade, uma vez que seu conteúdo foi decidido. A fase de implementação serviu para operacionalizar o modelo e a fase de manutenção foi executada em um outro domínio de atuação a fim de demonstrar a evolução do modelo de maturidade Amortisse.

Já a Figura 5.2 mostra a representação gráfica da metodologia utilizada para a construção do modelo utilizando-se da notação BPMN (*Business Process Model and Notation*) que detalha as atividades a serem realizadas em cada fase. Então, na fase escopo, devemos decidir o domínio de atuação do modelo (foco), para depois decidir os componentes técnicos que participarão do conteúdo deste modelo (composição do modelo), componentes esses como o de rede, por exemplo. Em seguida, devemos decidir a abordagem adotada no modelo (*bottom-up ou top-down*, por exemplo). Após, devemos decidir a

quantidade de níveis que estarão no modelo (três, cinco, seis, etc.) de acordo com a abordagem escolhida. Com o foco do modelo e arquitetura decididos, o próximo passo é obter o conteúdo do modelo com base nos componentes que foram definidos no escopo. Basicamente serão definidos os requisitos não-funcionais para cada componente. Com o conteúdo decidido, devemos escolher estratégias para compor o modelo com estes requisitos. Uma abordagem através de algoritmos pode ser utilizada para mensurar o esforço ou capacidade de cada requisito, utilizando o algoritmo Rasch, por exemplo. Após esta etapa, devemos agrupar em níveis o quantificável de esforço ou capacidade que foram obtidos dos requisitos. A análise de cluster hierárquica pode ser utilizada aqui. Com isso o modelo de maturidade é obtido. De posse do modelo, devemos operacionalizá-lo a fim de medir a maturidade de um sistema em funcionamento para verificar se este modelo é utilizável. Por fim, devemos obter a evolução ou atualização do modelo, pois novos requisitos podem ser adicionados ou removidos, a depender do domínio ou cenário de aplicação.

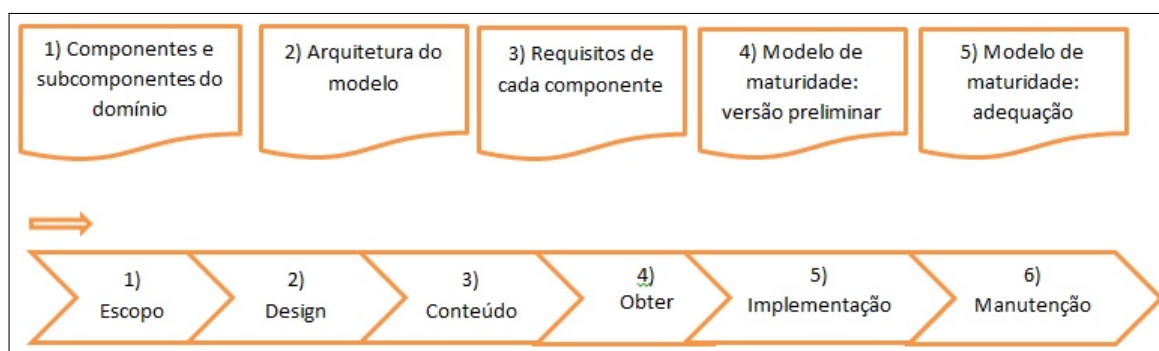


Figura 5.1 Ciclo de vida utilizado para construção do modelo *AMORTISSE*. Adaptado de (BRUIN et al., 2005) e (LAHRMANN et al., 2011)

Nos capítulos seguintes descreveremos a estrutura de desenvolvimento utilizada para obtenção do modelo. Já o detalhamento de cada fase é apresentado em seguida.

5.1.1 Fase 1: Escopo

A primeira etapa no desenvolvimento de um modelo de maturidade é determinar o escopo do modelo desejado. A combinação de decisões de escopo influenciará todas as fases restantes no ciclo de vida proposto. Determinar o escopo do modelo desejado definirá os limites externos para aplicação e uso do modelo. As principais decisões a serem abordadas nesta etapa estão refletidas na Tabela 5.1. A primeira coluna indica o critério que está sendo decidido. A segunda coluna indica as opções disponíveis para cada critério.

A decisão mais significativa tomada nesta etapa envolve o foco do modelo. O foco refere-se a qual domínio o modelo de maturidade será direcionado e aplicado. Focando o domínio irá distinguir o modelo proposto de outros modelos existentes. Focar o modelo dentro de um domínio também determinará a especificidade e a extensibilidade do modelo. Exemplos de modelos gerais incluem modelos de gestão, como o EFQM (que considera

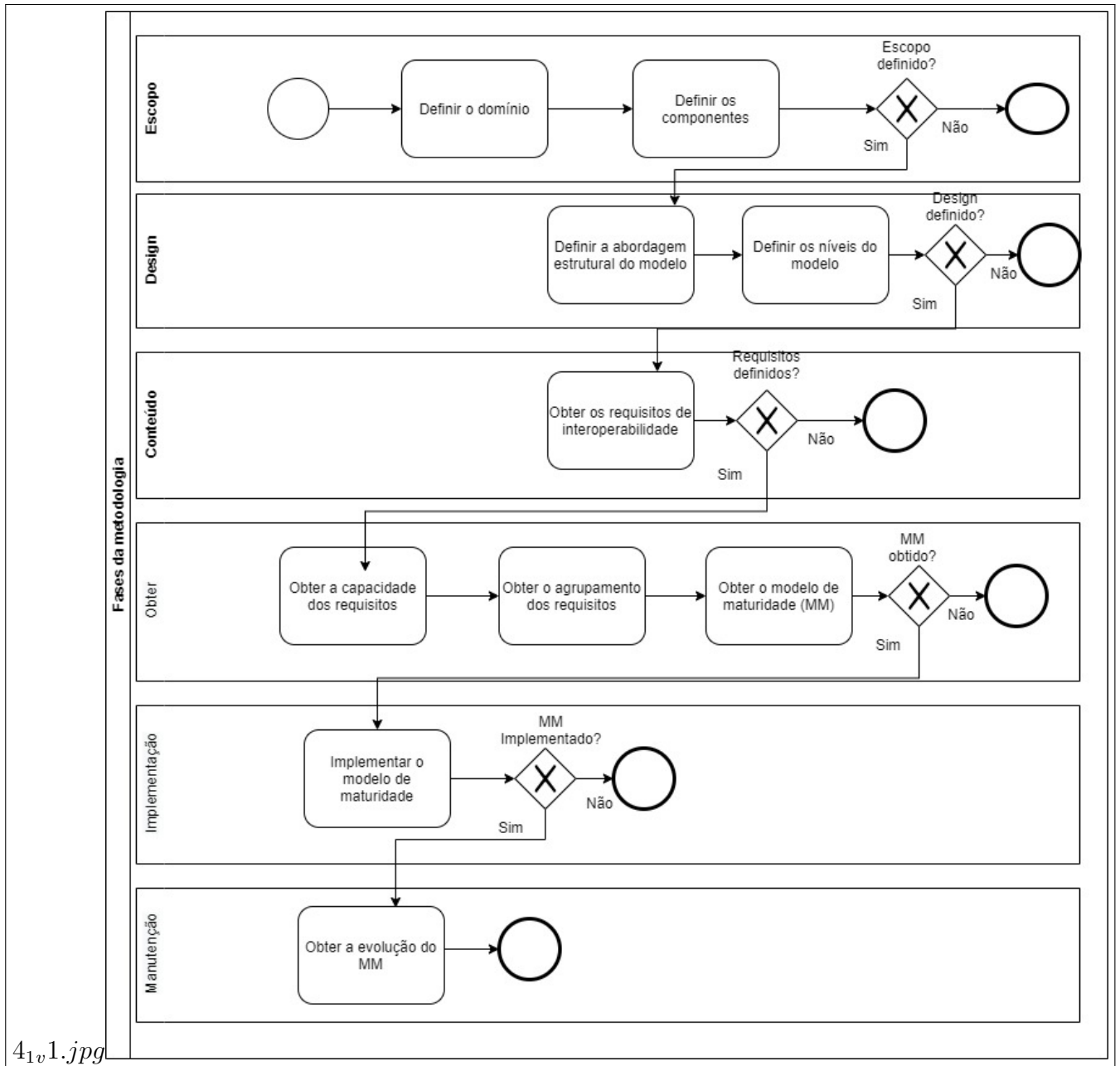


Figura 5.2 Fluxo do processo utilizado para construção do modelo *AMORTISSE*. Figura do autor.

Tabela 5.1 Decisões ao Escopo de um Modelo de Maturidade. Tabela do autor.

| Critério | Característica | | | |
|---|-----------------------|-------------|---------|------------|
| Foco do modelo | Domínio específico | | Geral | |
| Participantes do desenvolvimento | Academia | Praticantes | Governo | Combinação |

excelência nos negócios) e o *Total Quality Management* (que considera a qualidade dos processos). Um exemplo de modelo popular e mais específico foi o CMMi, que se aplica ao processo de desenvolvimento de *software*. Com o foco inicial do modelo identificado, os *stakeholders* da academia, indústria, organizações sem fins lucrativos e governo podem ser identificados para auxiliar no desenvolvimento do modelo.

As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 Fase escopo: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|--|---|--|
| Foco do Modelo: domínio específico | Componentes e subcomponentes de domínio | Revisão da literatura |
| Participantes do desenvolvimento: acadêmicos e profissionais | | |

A revisão da literatura é apenas um dos métodos possíveis, porém não é obrigatório. No entanto, tal revisão pode fornecer uma compreensão profunda das questões históricas e contemporâneas do domínio. Qualquer método de aquisição de conhecimento pode ser adotado, por exemplo, entrevista.

Nesta fase espera-se que os componentes que irão compor o modelo sejam obtidos, componentes estes que podem estar na categoria de redes, intercâmbio de dados, interface, etc.

5.1.2 Fase 2: Design

A segunda etapa determina o *design* (projeto ou arquitetura) para o modelo que forma a base para desenvolvimento e aplicação. A Tabela 5.3 mostra as principais decisões desta etapa.

Em particular, o *design* do modelo incorpora as necessidades do público-alvo e como essas necessidades serão atendidas. As necessidades do público-alvo são refletidas no motivo pelo qual elas procuram aplicar o modelo, como o modelo pode ser aplicado a estruturas organizacionais variáveis, quem precisa estar envolvido na aplicação do modelo e o que pode ser alcançado por meio da aplicação do modelo. Para atender às necessidades do público, o *design* do modelo precisa, portanto, encontrar um equilíbrio apropriado entre uma realidade muitas vezes complexa e a simplicidade do modelo. Um modelo que é super simplificado pode não refletir adequadamente as complexidades do domínio e pode não fornecer informações significativas suficientes para o público. Enquanto um

Tabela 5.3 Decisões ao projetar um modelo de maturidade. Tabela do autor.

| Critério | Característica | | |
|-----------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | Público | Interno | |
| Executivos e gestores | | Audidores e parceiros | |
| Método de aplicação | Auto avaliação | Por terceiros | Certificação |
| Driver de Aplicação | Requisito Interno | Requisito Externo | Ambos |
| Respondentes | Gestão | Funcionários | Parceiros de negócios |
| Aplicação | 1 entidade / 1 região | Múltiplas entidades / região única | Várias entidades / região múltipla |

modelo que parece muito complicado pode limitar o interesse ou criar confusão. Além disso, um modelo que é muito complicado aumenta o potencial de aplicação incorreta, resultando em resultados enganosos.

Nos modelos de maturidade existentes, um princípio de *design* comum é representar a maturidade como um número de estágios cumulativos em que os estágios mais altos se baseiam nos requisitos dos estágios inferiores, com 5 representando alta maturidade e 1 baixa. Esta prática foi popularizada pela CMM e parece ter ampla aceitação prática. O número de estágios pode variar de modelo para modelo, mas o importante é que os estágios finais são distintos e bem definidos e que há uma progressão lógica por etapas, caso o domínio permita esta linearidade. Estágios também devem ser nomeados com etiquetas curtas que dão uma indicação clara da intenção do estágio.

Um exemplo de estágios de maturidade definidos para um modelo de âmbito geral e com etiquetas:

- Nível 0: Não é possível: Há uma falta geral de compartilhamento de conhecimento.
- Nível 1: Possível: Há uma disposição geral para compartilhar conhecimento.
- Nível 2: Encorajados: Os ativos de conhecimento são armazenados / rastreados de alguma forma.
- Nível 3: Praticado: O compartilhamento de conhecimento é praticado.
- Nível 4: Gerenciado: As atividades fazem parte do fluxo de trabalho
- Nível 5: Melhoria Contínua: Sistemas / ferramentas são amplamente aceitos, monitorados / atualizados.

As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.4.

Para nossa metodologia, não existe limitação de público-alvo (audiência), portanto, os públicos interno e externo podem ser considerados. Uma única entidade (sistema e empresa) foi usada para conduzir este estudo. No entanto, a metodologia pode ser adaptada a várias entidades. Em seguida, a arquitetura do modelo foi definida.

Tabela 5.4 Fase design: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|---|--|--|
| Audiência: interna (executivos, gerência) e externa (auditores, parceiros). | Design ou arquitetura do modelo (quantidade de níveis ou estágios, número de dimensões, abordagem para desenvolvimento, etc.). | Revisão da literatura |
| Método de aplicação: auto aplicação | | Abordagem de baixo para cima |
| Aplicação em: 1 entidade | | Escala Likert |
| Componentes e subcomponentes de domínio | | |

5.1.3 Fase 3: Conteúdo

Uma vez que o escopo e o design do modelo estejam de acordo, a composição do modelo deve ser decidida. Nesta fase, é necessário identificar o que precisa ser medido na avaliação de maturidade e como isso pode ser medido. Ou seja: especificar os requisitos de cada componente do domínio (ou classe / categoria), identificados na fase de Escopo, para definir quais são as avaliações de maturidade dos mesmos e como isso pode ser medido.

Normalmente a composição do conteúdo será obtida através dos elementos constituintes dos componentes e subcomponentes do domínio que foram obtidos na revisão da literatura na fase de escopo. As decisões desta composição serão influenciadas de acordo com a arquitetura do modelo. As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.5.

Tabela 5.5 Fase conteúdo: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|---|--------------------------------|--|
| Componentes e subcomponentes de domínio | Os requisitos dos componentes | Questionários |
| Design ou arquitetura do modelo | A elegibilidade dos requisitos | |

Por exemplo, no domínio da interoperabilidade, a interoperabilidade sintática pode ser medida por meio de requisitos de rede e troca de dados. Portanto, as saídas desta fase são os requisitos obtidos para cada componente (ou classe / categoria) da fase Escopo e sua elegibilidade (se um determinado requisito deve ser considerado no cenário). Um pequeno questionário pode ser elaborado para ajudar as partes interessadas nesta fase.

5.1.4 Fase 4: Obter

O objetivo desta fase é obter um primeiro rascunho do modelo. Para obter essa versão preliminar, é necessário preencher o modelo definindo para cada requisito qual é o seu nível e sua respectiva dimensão. Um estudo piloto em um cenário pode auxiliar nesta fase.

A partir da entrada dos conteúdos que vão compor o modelo, uma versão inicial deve ser obtida. A questão importante ao preencher o modelo é selecionar a combinação de métodos de pesquisa mais apropriada para o desenvolvimento de um modelo. A título de exemplo, os componentes de domínio para o Amortisse foram identificados através de uma extensa revisão de literatura e mapeamento sistemático com a lista resultante validada através de questionários, 1 estudo piloto e 1 estudo prático em uma empresa.

Em seguida, é necessário determinar como a medição da maturidade pode ocorrer, ou seja, o (s) instrumento (s) utilizado (s) na condução de uma avaliação e a inclusão de questões e medidas apropriadas dentro deste instrumento. Ao selecionar um instrumento para conduzir uma avaliação, é necessário considerar a generalização do modelo, juntamente com os recursos disponíveis para a realização de avaliações. Um método quantitativo, como uma pesquisa que pode ser disponibilizada através de meios eletrônicos, é recomendado. O uso de uma pesquisa que incorpora medidas quantitativas permite a coleta de resultados que permitem uma análise estatística consistente e melhora a comparabilidade dos resultados. A entrega e a coleta de pesquisas por meios eletrônicos torna a pesquisa facilmente distribuível para uma ampla gama de respondentes através das fronteiras geográficas. Além disso, a entrega eletrônica e o agrupamento ajudam a reduzir os custos associados à distribuição da pesquisa e aumentam a confiabilidade das respostas, eliminando a necessidade de nova digitação. Com relação à determinação das questões, os componentes e subcomponentes de domínio fornecem uma boa orientação. Uma revisão da literatura existente pode resultar em uma lista abrangente de perguntas. Outra alternativa é usar perguntas que foram previamente determinadas e usadas em outra forma. O uso de escalas Likert (ou similares) pode melhorar a confiabilidade e consistência da resposta e permite que os resultados sejam facilmente mapeados para os estágios de maturidade. A título de exemplo, para nosso modelo, utilizamos os questionários com a escala Likert que são apresentados no apêndice deste trabalho.

É importante que as perguntas e respostas sejam válidas, ou seja, que elas meçam o que pretendem medir. Além disso, um equilíbrio no número de perguntas é importante. Perguntas simples são necessárias para garantir a medição completa, mas muitas perguntas podem reduzir a confiabilidade dos dados, resultando em uma redução no total de respostas da pesquisa ou em um aumento de pesquisas incompletas. A estrutura da pesquisa pode ajudar nesse esforço. Dependendo do entrevistado, é possível estruturar o levantamento para resultados diferentes. Por exemplo, uma entrevista pode ser projetada em seções distintas, com cada seção sendo concluída por um especialista no componente de domínio. Nesse caso, é possível aumentar o número de perguntas feitas, resultando em maiores *insights* sobre o componente de domínio, mas limitando o número de respondentes (e, portanto, a capacidade de generalizar) dentro da unidade de análise. Alternativamente, para outro modelo, a entrevista pode ser projetada para

ser completada por um grande número de indivíduos (aumentando assim a capacidade de generalização) dentro da unidade de análise, mas resultando em uma compreensão menos abrangente do componente de domínio, já que menos perguntas serão feitas a um respondente mais geral.

As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 Fase obter: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|--|---|---|
| Constructos (requisitos obtidos na fase de conteúdo) | Modelo de maturidade: versão preliminar | Estudo piloto |
| | | Cenários |
| | | Análise algorítmica (rasch e análise cluster) |

Ainda na etapa é preciso decidir quais técnicas e ferramentas seriam utilizadas para compor o conteúdo do modelo e priorizar a escolha das técnicas que possuem Software de apoio. Como exemplo de ferramentas utilizadas para o nosso modelo, o Software utilizado para executar o algoritmo *Rasch* foi o Ministep (LIU, 2010) e serviu para avaliar o nível de esforço para se obter um determinado requisito de um componente. Para agrupar os requisitos em seus respectivos níveis de maturidade foi escolhida a abordagem de análise *cluster* hierárquica e utilizamos o Software IBM SPSS Statistics (FIELD, 2013). Utilizamos também a escala Likert (JOSHI et al., 2015), como já informado, que é um tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, bem como em pesquisas de opinião. Esta escala é composta de cinco níveis (JOSHI et al., 2015), dos quais: discordo totalmente, discordo parcialmente, indiferente, concordo parcialmente e concordo totalmente. Porém, para o nosso contexto, os cinco níveis são compostos de: (i) 5 - extremamente difícil; (ii) 4 - difícil; (iii) 3 - sem opinião; (iv) 2 - fácil; (v) 1- extremamente fácil. Estes níveis foram definidos desta forma por representarem a dificuldade de obtenção de um determinado requisito em um cenário específico (sistema).

Depois que uma lista de requisitos inicial é desenvolvida, um questionário estruturado pode ser criado, contendo as dimensões do domínio desejado. O questionário deve conter perguntas relacionadas aos requisitos. No próximo Capítulo estes requisitos serão apresentados. Cada pergunta contém uma escala de até cinco pontos, que é assumida como tendo diferentes níveis de dificuldade, conforme mostrado na Tabela 5.7. Em seguida, os participantes devem indicar o nível de dificuldade para atingir esse requisito no cenário, sendo cinco para extremamente difícil e um para extremamente fácil.

Nesta fase é indicado que um cenário do domínio desejado seja utilizado para apoiar na construção do modelo. Para o nosso modelo, por exemplo, o cenário, que é bastante utilizado para representar a interoperabilidade, consiste de um hospital e um laboratório, no qual o hospital envia uma solicitação de um resultado de exame e após o processamento da solicitação, espera-se que o laboratório envie de volta um relatório (ASUNCION, 2011).

Tabela 5.7 Exemplo de requisito com a escala Likert. Tabela do autor.

| ID | Requisitos | Extremamente difícil | Difícil | Sem opinião | Fácil | Extremamente fácil |
|----|---|----------------------|---------|-------------|-------|--------------------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; | | | | | |

Então, para ser sintaticamente interoperável, ambos devem usar uma maneira compatível de estruturar sua mensagem (por exemplo, usando XML). Para ser semanticamente interoperável, ambos devem usar padrões (por exemplo, *Health Level 7* ou HL7) ou ontologias para alinhamento semântico. Para ser pragmaticamente interoperável, o laboratório deve ter uma compreensão do contexto em que uma solicitação foi feita para que ele possa realizar corretamente a intenção do hospital. Para ser organizacionalmente interoperável, o hospital e laboratório têm que ter um entendimento comum sobre as regras e processos de negócio. A Figura 5.3 caracteriza este cenário.

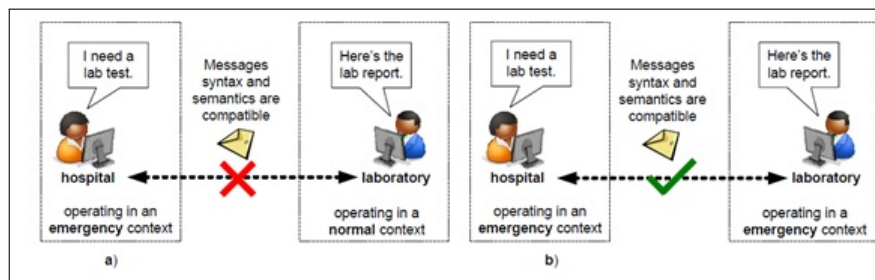


Figura 5.3 Ilustração de cenários (não) pragmaticamente interoperáveis. Adaptado de (ASUNCIÓN, 2011)

Além da utilização de um cenário, um sistema pode ser desenvolvido a fim de validar a parte teórica da análise. Como exemplo e para nosso modelo, um sistema foi construído para executar o cenário e foi desenvolvida na IDE eclipse utilizando-se a Java API para serviços web XML (JAX-WS), que fornece suporte a múltiplos protocolos, como o SOAP. O GitHub provisório do projeto pode ser visto neste link (GITHUB, 2017). A justificativa da utilização de SOA é por ser um modelo predominante em serviços web. A Figura 5.4 apresenta a arquitetura do sistema desenvolvido.

A premissa fundamental ao se construir este ambiente foi de manter o paradigma SOA inalterado. Este sistema realiza as seguintes operações: (1) A *controller* publica a descrição de seus serviços em um documento WSDL; (2) Os clientes recuperam as informações contidas no WSDL. Com a análise desse documento, a aplicação obtém as descrições dos serviços, localizações e formato para invocá-los; (3) A aplicação requisita os serviços disponibilizados pela *Controller*; (4) A *controller* comunica-se com a base

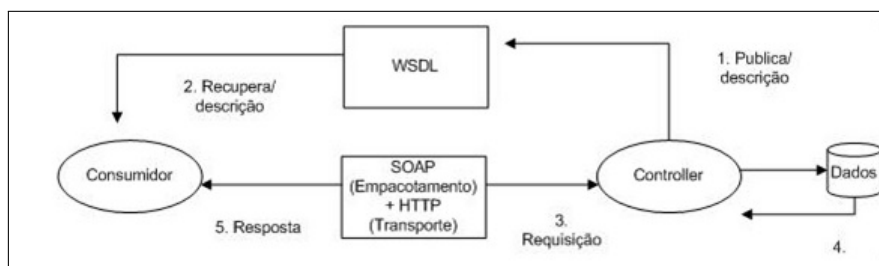


Figura 5.4 Arquitetura do sistema. Figura do autor.

de dados e armazena/recupera as informações enviadas/requisitadas. A depender do resultado da análise e do sucesso no armazenamento ou recuperação na base de dados, a *controller* envia uma mensagem de retorno.

5.1.5 Fase 5: Implementação

Após obter uma versão preliminar do modelo de maturidade para interoperabilidade, o modelo deve ser utilizado para verificar a extensão da generalização dele. Para quem é disponibilizado e de que maneira pode ser abordado proporcionará maior aceitação e melhorará a padronização do modelo. A implementação inclui questões como a aplicação organizacional e pode considerar os colaboradores como respondentes principais. Onde o modelo foi desenvolvido e testado utilizando os recursos de uma parte interessada envolvida (ou seja, uma entidade do setor, sem fins lucrativos ou governamental), é provável que a aplicação inicial do modelo seja com essa parte interessada. Este é o primeiro passo para determinar a questão crítica da generalização do modelo e pode levar à aceitação geral dele.

De uma maneira geral, após a obtenção do modelo e aplicação em um sistema e sendo submetido a análise por outros avaliadores, como especialistas na área, o modelo poderá sofrer alterações, como a adição ou subtração dos constructos, atualização de elementos obsoletos ou correção de algum pressuposto que auxiliou o modelo, que pode fornecer subsídios para a manutenção e evolução do modelo, caso aplicável. No entanto, até que o modelo tenha sido implementado em entidades independentes das atividades de desenvolvimento e teste, ou seja, o piloto, a generalização continuará sendo uma questão em aberto, independentemente de o modelo ter sido desenvolvido para um domínio específico ou para aplicação geral. Na etapa da implementação, é necessário aplicar o modelo a entidades independentes do desenvolvimento do modelo, ou seja: realizar uma aplicação em uma empresa real. Para modelos que foram desenvolvidos para domínios específicos em que partes interessadas organizacionais individuais estavam envolvidas, a identificação de firmas semelhantes em diferentes mercados pode fornecer a lista de potenciais “próximas” administrações. Para modelos desenvolvidos em domínios gerais onde existiam vários stakeholders organizacionais, o uso de consórcios para posterior aplicação pode ser apropriado. Dependendo do escopo original de aplicação do modelo, a seleção de uma série de entidades com base na indústria, região, setor, recursos financeiros e número de fun-

cionários ajudará melhorar a generalização do modelo. A identificação de organizações que podem se beneficiar da aplicação do modelo de maturidade e a capacidade de aplicar o modelo a múltiplas entidades fornece os passos finais para a padronização e aceitação global do modelo desenvolvido.

As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 Fase implementação: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|-------------------|---|--|
| Sistema analisado | Resultados da aplicação do modelo em um sistema | Brainstorming |
| | | Survey |

Como conseguimos chegar a uma versão preliminar do modelo AMORTISSE, resolvemos aplicá-lo em um cenário real. De acordo com (BRUIN et al., 2005), o modelo deve ser implementado para validar sua relevância e rigor. Então, o AMORTISSE foi testado em uma empresa através de um estudo exploratório que objetivou coletar informações de um sistema em operação para mensurar seu comportamento, no caso, a maturidade da interoperabilidade. Este estudo será explicado com detalhes no próximo capítulo.

5.1.6 Fase 6: Manutenção

O objetivo do modelo de maturidade afeta muito os recursos necessários para manter o crescimento e uso dele. O sucesso em estabelecer a generalização do modelo requer que sejam tomadas providências para lidar com um alto volume de aplicações do modelo. Isso exigirá alguma forma de repositório para acompanhar a evolução e o desenvolvimento do modelo. A evolução do modelo ocorrerá à medida que o conhecimento do domínio e a compreensão do modelo se ampliam e se aprofundam. Um modelo que fornece ações prescritivas para melhorar a maturidade deve ter os recursos disponíveis para rastrear as intervenções. Esta capacidade irá apoiar ainda mais a padronização e aceitação global do modelo. A disponibilidade de recursos para realizar tal manutenção também será determinada em algum grau pelo escopo inicial. Por exemplo, se um modelo for disponibilizado por meio de uma interface da Web, os recursos serão necessários ao longo do tempo para garantir que a interface seja atualizada para refletir as alterações nas ferramentas de avaliação subjacentes. Se o software for desenvolvido para disponibilizar o modelo a consultores, os desenvolvedores de *software* precisarão atualizar as versões para refletir as alterações no domínio e na tecnologia. Se a globalização do modelo for alcançada e a certificação de aplicadores de modelos for necessária, questões como material de treinamento, processos de certificação e assim por diante precisarão ser consideradas. A relevância continuada de um modelo será assegurada apenas pela manutenção do modelo ao longo do tempo.

As entradas e saídas utilizadas nesta fase são mostradas na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 Fase manutenção: Entradas e saídas utilizadas. Tabela do autor.

| Entradas | Saídas | Ferramentas / técnicas ou métodos |
|--|--|--|
| Recursos necessários para manter o crescimento e o uso do modelo | Repositório para acompanhar a evolução e o desenvolvimento do modelo | Sistema de controle de versão (GITHUB) |

No próximo capítulo apresentaremos a utilização da metodologia que auxiliou na concepção de uma versão preliminar do modelo.

AMORTISSE (MATURITY MODEL FOR INTEROPERABILITY IN SOFTWARE SYSTEMS)

Este capítulo apresenta o desenvolvimento do modelo de maturidade Amortisse através da metodologia apresentada no capítulo 5. Os artefatos obtidos na aplicação dos procedimentos metodológicos utilizados, bem como os resultados serão detalhados ao longo deste capítulo. A avaliação do modelo será apresentada no próximo capítulo.

6.1 AMORTISSE

O Amortisse é um modelo de maturidade que possui como objetivo aferir em qual nível de interoperabilidade um determinado sistema ou software se encontra, ou seja, sua maturidade de interoperabilidade atual. Este modelo é composto de quatro níveis relativos aos quatro níveis mais comuns de interoperabilidade encontrados na literatura, sendo eles o sintático, o semântico, o pragmático e o organizacional. Os outros níveis de interoperabilidade podem ser inseridos no modelo, desde que a arquitetura do sistema ou software e os componentes de comunicações que caracterizam uma abordagem de compartilhamento de informações baseada em serviços da Web, sejam representados. Por sua vez cada dimensão compreende cinco níveis de maturidade que definem o nível de capacidade de interoperabilidade que o sistema se encontra, sendo o nível 1, o menor grau de interoperabilidade e 5 o maior (ou seja, uma maior capacidade para interoperar). Ele também contém os requisitos que formam um conjunto de indicadores de capacidade para avaliar interoperabilidade dos sistemas. Esses indicadores são usados para coletar evidências que permitem que um avaliador atribua classificações de maturidade.

O principal objetivo para a construção do modelo de maturidade com base nos requisitos de cada dimensão da interoperabilidade é aferir a aderência do sistema quanto ao efetivo uso de seus requisitos de interoperabilidade e indicar quais os outros requisitos a serem alcançados. Sendo assim, o modelo também pretende subsidiar os engenheiros de software e de sistemas direcionar seus esforços para os requisitos que devem ser cumpridos para progredir no modelo.

Após a definição de uma metodologia para criação do modelo de maturidade para a interoperabilidade, esta foi aplicada a fim de obter a versão preliminar deste modelo, bem como verificar a viabilidade desta metodologia. Neste momento, apresentaremos os passos realizados até a fase obter, visto que as fases de implementação e manutenção objetivam a avaliação do modelo de maturidade, estas serão apresentadas no Capítulo de avaliação da proposta, Capítulo 7.

A seguir detalharemos a execução das etapas da metodologia que foi proposta. As fases de escopo e design foram executadas pelo autor desta tese enquanto realizávamos a revisão da literatura. Após isso, a fase de conteúdo foi aplicada, definindo os componentes que iam compor o modelo (requisitos de interoperabilidade). A fase obter foi executada com sete pesquisadores em um estudo piloto que visou preencher o modelo e obter a versão preliminar. Já a fase implementação foi executada com sete especialistas em um sistema a fim de verificar a operacionalização do modelo obtido. Por fim, executamos a fase manutenção para incrementar os requisitos de interoperabilidade em outro domínio: *cloud computing*.

6.1.1 Fase 1: Escopo

A fase escopo tem como objetivo definir o foco do modelo que se refere a qual domínio e quais fronteiras serão possíveis às aplicações do modelo de maturidade. Além do domínio, os participantes e os componentes do modelo devem ser definidos. Inicialmente, uma revisão de literatura foi adotada para determinar estes componentes. Em relação ao foco do modelo decidimos limitar a interoperabilidade aos níveis sintático, semântico, pragmático e organizacional por serem os mais recorrentes na literatura (BOSCARIOLI; ARAUJO; MACIEL, 2017), (RIBEIRO et al., 2019). Para as dimensões pragmática e organizacional, foi realizada uma revisão da literatura específica, para obter uma definição mais uniforme (RIBEIRO et al., 2019). As outras dimensões, como a dinâmica e a conceitual, não foram consideradas porque não há atualmente um consenso sobre suas definições.

Em relação aos participantes do desenvolvimento, decidimos envolver acadêmicos e profissionais. Enquanto acadêmicos podem possuir um conhecimento mais amplo sobre as definições dos níveis de interoperabilidade, profissionais possuem conhecimento dos sistemas alvos. Os acadêmicos foram utilizados no momento da criação do modelo (fase obter) e os profissionais especialistas foram requisitados na fase implementação.

O artefato resultante desta fase, a lista dos componentes do domínio, é apresentado na figura 6.1. Estes componentes de interoperabilidade combinam elementos de rede, plataforma, sistema, dados, mensagens, etc. Os componentes elencados podem impedir o intercâmbio de informações entre sistemas de forma adequada se não forem bem trabalhados. Em contrapartida, eles podem ser arranjados de modo a evidenciar um possível caminho a ser percorrido para o desenvolvimento da interoperabilidade entre sistemas. Para cada nível buscamos a definição teórica e/ou os elementos que realizam computacionalmente a interoperabilidade entre sistemas.

Sendo assim, definimos para (i) nível sintático: rede, segurança, plataforma, banco de dados, aplicações e seus protocolos, formato dos dados (ex.XML) e entrega (ex.Web

Service), interface (navegador) e dispositivos (ex. smartphone). (ii) nível semântico, dispomos de linguagem, taxonomia e ontologias, (iii) Já no pragmático, uso, intenção, contexto, efeito, significado da transação e entendimento da transação são considerados. (iv) Por fim, em nível organizacional, consideramos as políticas organizacionais e de cooperação, processos de trabalho e regras de negócios. Esta lista pretende cobrir uma base mínima dos componentes necessários para se atingir os níveis de interoperabilidade.

| Interoperabilidade | Componentes |
|--------------------|---|
| Organizacional | Políticas organizacionais e de cooperação, processos de trabalho e regras de negócios |
| Pragmática | Uso, intenção, contexto, efeito, significado e entendimento |
| Semântica | Linguagem/taxonomia/ontologias |
| Sintática | Dispositivos (smartphone) |
| | Interface (navegador) |
| | Formato dos dados (XML) e entrega (Web Services) |
| | Aplicações, protocolos |
| | Banco de dados |
| | Plataforma |
| | Segurança |
| | Rede |

Figura 6.1 Componentes de interoperabilidade (fase de escopo: saída)

6.1.2 Fase 2: Design

Seguindo a metodologia proposta (Capítulo 5) na fase de Design, devemos definir a arquitetura do modelo e a abordagem adotada para definir os estágios de maturidade. Com base nos dados coletados em nossa revisão sistemática da literatura, a arquitetura do modelo foi estruturada em quatro dimensões que representam os níveis de interoperabilidade e cinco níveis de maturidade que representam uma escala Likert de 5 pontos. A abordagem *bottom-up* foi escolhida para definir os estágios de maturidade, pois o foco está em como a maturidade é medida e não no que a maturidade representa. Ou seja: os componentes de interoperabilidade foram definidos previamente para depois decidir sobre os níveis de interoperabilidade. Sendo assim: o nível 0 representa ausência de capacidade para interoperar; nível 1 representa certo conhecimento acerca dos requisitos necessários para interoperar; nível 2 representa conhecimento compartilhado do que é preciso fazer para interoperar; nível 3 representa um alinhamento dos conhecimentos e sistemas a fim de interoperar; nível 4 indica uma representação dos processos e sistemas em fluxo de trabalhos; e nível 5 representa um conhecimento das fraquezas dos sistemas e processos a fim de evoluir.

A visualização geral do modelo é apresentada na Tabela 6.1. A seta em azul e na vertical, indica que a progressão pode ser entre as dimensões. Já a seta em azul e na horizontal, indica que a progressão pode ser entre os níveis e em uma mesma dimensão.

Tabela 6.1 Modelo de Maturidade: esquema



| Dimensões | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Interoperabilidade Organizacional | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos |
| Interoperabilidade Pragmática | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos |
| Interoperabilidade Semântica | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos |
| Interoperabilidade Sintática | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos | Requisitos |

6.1.3 Fase 3: Definição do Conteúdo

Uma vez que o escopo e o design do modelo estão de acordo, o conteúdo do modelo deve ser decidido. Nesta fase, é necessário identificar o que precisa ser medido no modelo de maturidade. Então a primeira tarefa é obter os requisitos de interoperabilidade para cada componente que foi definido na Figura 6.1. De forma mais geral um requisito é uma condição necessária para satisfazer um objetivo. Portanto, um requisito é um aspecto que o sistema/software proposto deve fazer ou uma restrição em seu desenvolvimento. Então, a elegibilidade dos requisitos deve ser avaliada já que novos requisitos podem ser adicionados ou removidos. Para nosso modelo, uma lista de requisitos inicial foi criada com base nos componentes que foram definidos.

Uma lista de requisitos inicial foi criada com base nos componentes definidos conforme apresentado na Figura 6.1. Para cada dimensão da interoperabilidade foram relacionados requisitos que os sistemas devem possuir para realizar a interoperabilidade relacionada. Estes requisitos pretendem abarcar um mínimo de componentes que permitam indicar o estágio atual da maturidade de interoperabilidade do sistema e indicar os requisitos faltantes para que se evolua no modelo. Nesta fase é necessário que cada dimensão e nível sejam relacionados aos requisitos bem como verificar a coerência dos requisitos estabelecidos e possíveis distorções. Os requisitos que foram definidos são apresentados nas Tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5. A coluna *ID* foi utilizada apenas como controle para o algoritmo rasch, então não tem conotação de ordem ou prioridade.

A tabela 6.2 apresenta os requisitos para a interoperabilidade organizacional. Os requisitos expostos na Tabela 6.2 permitem verificar se os participantes de uma colaboração têm um entendimento comum sobre as regras e processos de negócio do ambiente. Os requisitos *As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita* e *As intenções organizacionais são enriquecidas com informações históricas sobre o uso de recursos compartilhados e sobre o contexto dos colaboradores, a fim de melhor atender às expectativas das partes envolvidas*, por exemplo, representam as intenções organizacionais, logo, estão associados aos componentes políticas organizacionais e regras de negócios. O componente *políticas organizacionais* está associado ao requisito *Um padrão para representar a intenção organizacional é estabelecido de forma inequívoca*.

Tabela 6.2 Itens dos requisitos: Interoperabilidade Organizacional

| ID | Interoperabilidade Organizacional |
|----|--|
| 10 | As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita; |
| 11 | Um padrão para representar a intenção organizacional é estabelecido de forma inequívoca; |
| 12 | Um padrão para representar intenções organizacionais é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; |
| 13 | Um canal contínuo de comunicação entre as partes envolvidas é estabelecido; |
| 14 | Responsabilidades e acordos são estabelecidos entre as partes envolvidas; |
| 15 | Responsabilidades e acordos são realizados, negociados e monitorados pelas partes envolvidas; |
| 16 | Informações sobre o uso de serviços (quem, como, onde, quando) são armazenados e compartilhados; |
| 17 | O contexto dos colaboradores (social, cultural, espaço de trabalho e assim por diante) é definido de maneira clara e explícita; |
| 18 | Um padrão para representar o contexto dos colaboradores é estabelecido de forma inequívoca; |
| 19 | O padrão para representar o contexto dos colaboradores é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; |
| 20 | Os mecanismos para apoiar o estabelecimento de confiança entre as partes envolvidas são estabelecidos; |
| 21 | As intenções organizacionais são enriquecidas com informações históricas sobre o uso de recursos compartilhados e sobre o contexto dos colaboradores, a fim de melhor atender às expectativas das partes envolvidas; |

Os requisitos apresentados na Tabela 6.3 permitem verificar se os participantes da colaboração têm um entendimento comum sobre as expectativas e intenção da interação, em nível de sistemas. Sendo assim o componente *uso* está associado ao requisito *A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor*. Igualmente, os requisitos *A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida*, *Um padrão para representar a intenção da mensagem é estabelecido sem ambiguidade* e *O padrão para representar a intenção de mensagem é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação* estão associados ao componente *intenção*. Já os requisitos *O contexto inserido na mensagem trocada é claro e explicitamente definido*, *Um padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é inequivocamente estabelecido* e *O padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação* estão associados ao componente *contexto*.

Tabela 6.3 Itens dos requisitos: Interoperabilidade Pragmática

| ID | Interoperabilidade Pragmática |
|----|--|
| 1 | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; |
| 2 | A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida; |
| 3 | A mensagem é enviada automaticamente, através de um canal de comunicação estabelecido entre as partes; |
| 4 | Um padrão para representar a intenção da mensagem é estabelecido sem ambiguidade; |
| 5 | O padrão para representar a intenção de mensagem é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; |
| 6 | Efeito de mensagem é compatível com sua intenção; |
| 7 | O contexto inserido na mensagem trocada é claro e explicitamente definido; |
| 8 | Um padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é inequivocamente estabelecido; |
| 9 | O padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; |

Já os requisitos apresentados na Tabela 6.4 permitem verificar se os participantes da colaboração têm um entendimento comum sobre o significado do conteúdo da mensagem. Sendo assim a componente *linguagem* está associado ao requisito *Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõem*.

Tabela 6.4 Itens dos requisitos: Interoperabilidade Semântica

| ID | Interoperabilidade Semântica |
|----|--|
| 22 | Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõem. |
| 23 | Os sistemas diferentes usam o mesmo símbolo para representar os conceitos com significados mais gerais (ou específicos). |
| 24 | Os sistemas diferentes usam símbolos diferentes para representar o mesmo conceito |
| 25 | Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com sobreposição de significados. |
| 26 | Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com significados mais gerais ou específicos. |

Por fim, os requisitos da Tabela 6.5 permitem verificar se os dados das mensagens trocadas estão em formatos compatíveis, bem como a infraestrutura base para o funcionamento do sistema. Sendo assim a componente *rede* está associado ao requisito *São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede*.

Tabela 6.5 Itens dos requisitos: Interoperabilidade Sintática

| ID | Interoperabilidade Sintática |
|----|--|
| 27 | São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede. |
| 28 | São compreendidas as políticas e especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento do sistema. |
| 29 | São compreendidas as políticas e especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o XML (Extensible Markup Language). |
| 30 | São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas. |
| 31 | São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação |

Além disso, a elegibilidade dos requisitos deve ser definida. Essa etapa é crucial, pois também é uma oportunidade para decidir se novos requisitos devem ser adicionados

ou excluídos para o domínio ou cenário atual. A elegibilidade dos requisitos pode ser alcançada por meio de uma avaliação de acadêmicos ou especialistas, conforme mostrado na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 Exemplo de um questionário para a elegibilidade dos requisitos

| Requisitos | Elegível |
|--|---|
| São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede. | Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> |
| São compreendidas as políticas e especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento do sistema. | Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> |
| São compreendidas as políticas e especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o XML (Extensible Markup Language). | Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> |
| São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas. | Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> |
| São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação | Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> |

6.1.4 Fase 4: Obter

O principal objetivo desta fase foi alocar o conteúdo obtido na fase anterior no modelo de maturidade (neste caso, o Amortisse). Portanto, inicialmente selecionamos um cenário amplamente utilizado, a interoperabilidade entre um hospital e laboratório (ASUNCION, 2011), e em seguida realizamos um estudo piloto com sete pesquisadores.

No cenário que foi apresentado na Figura 5.3.a, o hospital pretende receber o relatório do laboratório o mais rápido possível, pois está em um contexto de emergência. O laboratório, por outro lado, assume que a solicitação é feita da maneira usual e, portanto, realiza a solicitação como qualquer outra solicitação de rotina. No entanto, pode ser o caso em que o laboratório pode usar informações e / ou executar ações que variem entre contexto de emergência e normal (por exemplo, priorizando testes de laboratório que são imediatamente necessários, sugerindo também que informações de pagamento sejam solicitadas posteriormente para contexto de emergência, de acordo com as regras e políticas de negócio). Isso pode significar que o relatório não será devolvido no devido tempo, como o hospital pretende. Assim, o laboratório não consegue perceber a intenção do hospital, pois o laboratório tem uma compreensão diferente do contexto em que o hospital está operando. Na Figura 5.3.b, o laboratório é capaz de perceber a intenção do hospital. Agora ambos têm o mesmo entendimento do contexto relevante vigente. Com base neste cenário construímos um sistema (*web service* funcional).

De uma maneira geral, no sistema desenvolvido, apresentado na Figura 5.4, possuímos laboratórios que ofertam alguns serviços, dentre os quais estão o serviço de relatório em nível de urgência, emergência e padrão. Então, o consumidor do serviço (hospital) envia as informações contextuais a fim de caracterizar a consulta. Essas informações contextuais são representadas através de Schema XML, contendo as dimensões de contexto, como por exemplo, *how* (como o dado vai ser obtido), *who* (solicitante), *what* (o que a entidade está fazendo ou pretende fazer) e *why* (o porque da ação). Um serviço Web verifica se possui as informações necessárias para realizar as consultas com base na intenção e informações contextuais e busca o serviço na base. Caso positivo, o link do WSDL é

obtido e enviado ao solicitante a fim de realizar a chamada do serviço. Caso negativo é retornado ao solicitante que as informações não são suficientes para obter o serviço.

Construída a aplicação para o cenário escolhido (Figura 5.3), esta serviu como modelo (oráculo) para que sete pesquisadores validassem os requisitos das tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5. Os pesquisadores responderam com base na escala Likert de cinco níveis (1 = extremamente fácil, 2 = fácil, 3 = sem opinião, 4 = difícil e 5 = extremamente difícil), para cada requisito do cenário, apresentando a aderência desses requisitos ao cenário, ou seja: qual é a dificuldade de se implementar aquele requisito no cenário. A junção dos requisitos com a escala Likert permitiu a criação de um questionário de acordo com o indicado nos apêndices A, B, C e D deste trabalho. A Tabela 6.7 apresenta um recorte que já foi apresentado. Os questionários utilizados constam nos apêndices deste trabalho.

Então, caso o participante indicasse a pontuação 5, o requisito seria extremamente difícil para obtenção naquele cenário. Caso o respondente indicasse a pontuação 4, o requisito seria de difícil obtenção. Caso ele respondesse 3, ele não tem uma opinião ou não sabe responder. Caso o respondente indicasse 2, o requisito é de fácil obtenção. Por fim e caso o respondente indicasse a pontuação como 1, o requisito é extremamente fácil de ser obtido. Após as respostas dos pesquisadores, as inserimos no *Software Ministep* a fim de aplicação do algoritmo *Rasch* que permitiu a avaliação da consistência do questionário, identificando as dificuldades de cada requisito, estabelecendo relacionamento entre eles e a calibragem entre as dificuldades deles. A saída da aplicação do algoritmo *Rasch* é um coeficiente numérico que determina a dificuldade de uma capacidade ou requisito. Requisitos considerados de difícil obtenção têm valor de dificuldade maior, como consequência, valores de dificuldade menores representam requisitos fáceis. Finalmente, utilizamos uma análise de *cluster* hierárquica que foi aplicada para agrupar os requisitos em seus respectivos níveis de maturidade. Para a análise *cluster* hierárquica, utilizamos o método *Ward* para agrupamento e o intervalo de medida, baseado na distância euclidiana quadrática recomendados e utilizados por (LAHRMANN et al., 2011) em sua pesquisa.

Tabela 6.7 Questionário da Interoperabilidade Organizacional

| ID | Requisitos | Extremamente difícil | Difícil | Sem opinião | Fácil | Extremamente fácil |
|----------|---|----------------------|----------|-------------|----------|--------------------|
| | | <u>5</u> | <u>4</u> | <u>3</u> | <u>2</u> | <u>1</u> |
| <u>1</u> | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; | | | | | |

A Tabela 6.8 apresenta os resultados da aplicação do algoritmo Rasch e da análise cluster (LIU, 2010). A coluna 1 apresenta os requisitos, onde *Coefficientsixx* (obtido diretamente da execução no Ministep) referencia os requisitos das Tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5, sendo assim, *Coefficientsi10* referencia o requisito *As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita* da Tabela 6.2. Este requisito obteve uma pontuação de 14.542 na escala Rasch, sendo

alocado no nível 5 via análise Cluster, que indica que é um requisito de difícil obtenção. Então, a coluna 2 apresenta a dificuldade dos itens/requisitos, obtidos da aplicação do algoritmo *Rasch* e a coluna 3 apresenta o agrupamento hierárquico obtido da análise *cluster*. Eventualmente algum nível de maturidade (de 1 a 5) dentro de uma dimensão no modelo (do sintático ao organizacional) pode não ter um requisito relacionado, pois esta alocação depende do valor obtido no algoritmo *rasch* que por sua vez é agrupado na análise *cluster* hierárquica.

Tabela 6.8 Resultado do algoritmo Rasch e análise cluster hierárquica

| Questões/Requisitos | Dificuldade do item | Nível/estágio |
|------------------------|---------------------|---------------|
| <i>Coefficientsi22</i> | 15.343 | 5 |
| <i>Coefficientsi02</i> | 14.815 | 5 |
| <i>Coefficientsi06</i> | 14.815 | 5 |
| <i>Coefficientsi30</i> | 14.815 | 5 |
| <i>Coefficientsi10</i> | 14.542 | 5 |
| <i>Coefficientsi16</i> | 13.107 | 4 |
| <i>Coefficientsi20</i> | 13.107 | 4 |
| <i>Coefficientsi04</i> | 12.767 | 4 |
| <i>Coefficientsi12</i> | 12.767 | 4 |
| <i>Coefficientsi24</i> | 12.767 | 4 |
| <i>Coefficientsi21</i> | 2.448 | 3 |
| <i>Coefficientsi29</i> | 2.435 | 3 |
| <i>Coefficientsi23</i> | 2.275 | 3 |
| <i>Coefficientsi07</i> | 1.762 | 2 |
| <i>Coefficientsi19</i> | 1.762 | 2 |
| <i>Coefficientsi03</i> | 1.757 | 2 |
| <i>Coefficientsi31</i> | 1.757 | 2 |
| <i>Coefficientsi28</i> | 1.755 | 2 |
| <i>Coefficientsi14</i> | 1.753 | 2 |
| <i>Coefficientsi08</i> | 1.349 | 2 |
| <i>Coefficientsi18</i> | 0.905 | 1 |
| <i>Coefficientsi26</i> | 0.905 | 1 |
| <i>Coefficientsi09</i> | 0.676 | 1 |
| <i>Coefficientsi13</i> | 0.676 | 1 |
| <i>Coefficientsi11</i> | 0.519 | 1 |
| <i>Coefficientsi15</i> | 0.235 | 1 |
| <i>Coefficientsi17</i> | 0.221 | 1 |
| <i>Coefficientsi01</i> | 0.219 | 1 |
| <i>Coefficientsi25</i> | 0.219 | 1 |
| <i>Coefficientsi05</i> | 0.217 | 1 |
| <i>Coefficientsi27</i> | 0.206 | 1 |

Por fim, o modelo foi preenchido com os 31 requisitos definidos. Este modelo pode ser evoluído constantemente através da adequação dos requisitos, como previsto na fase

de manutenção.

O resultado final é apresentado nas Tabelas 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12, representando o Modelo de Maturidade obtido para a Interoperabilidade, contendo cada requisito que foi apresentado nas Tabelas 6.2, 6.3, 6.4 e 6.5, distribuído entre os níveis de maturidade e suas dimensões da interoperabilidade. Os rótulos dos níveis podem ser vistos na fase *design* da metodologia e são: nível 0 representa ausência de capacidade para interoperar (este nível não é representado no modelo, visto que até este momento, o sistema não tem recursos necessários para interoperar); nível 1 representa certo conhecimento acerca dos requisitos necessários para interoperar; nível 2 representa conhecimento compartilhado do que é preciso fazer para interoperar; nível 3 representa um alinhamento dos conhecimentos e sistemas a fim de interoperar; nível 4 indica uma representação dos processos e sistemas em fluxo de trabalhos; e nível 5 representa um conhecimento das fraquezas dos sistemas e processos a fim de evoluir.

Tabela 6.9 Modelo de Maturidade: Dimensão organizacional

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|-----------------------------------|--|---|--|--|--|
| Interoperabilidade Organizacional | <ul style="list-style-type: none"> o Um padrão para representar o contexto dos colaboradores é estabelecido de forma inequívoca; o Um canal contínuo de comunicação entre as partes envolvidas é estabelecido; o Um padrão para representar a intenção organizacional é estabelecido de forma inequívoca; o Responsabilidades e acordos são realizados, negociados e monitorados pelas partes envolvidas; o O contexto dos colaboradores (social, cultural, espaço de trabalho e assim por diante) é definido de maneira clara e explícita; | <ul style="list-style-type: none"> o O padrão para representar o contexto dos colaboradores é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; o Responsabilidades e acordos são estabelecidos entre as partes envolvidas; | <ul style="list-style-type: none"> o As intenções organizacionais são enriquecidas com informações históricas sobre o uso de recursos compartilhados e sobre o contexto dos colaboradores, a fim de melhor atender às expectativas das partes envolvidas; | <ul style="list-style-type: none"> o Informações sobre o uso de serviços (quem, como, onde, quando) são armazenados e compartilhados; o Os mecanismos para apoiar o estabelecimento de confiança entre as partes envolvidas são estabelecidos; o Um padrão para representar intenções organizacionais é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; | <ul style="list-style-type: none"> o As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita; |

Conforme podemos ver nas Tabelas 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12 o modelo possui 4 dimensões no modelo que representam os níveis de interoperabilidade e cinco níveis para cada dimensão, decorrente do uso da escala *likert*. Da perspectiva vertical, ou seja, entre as dimensões, destaca-se que para alcançar o 1º nível são requeridos 11 dos 31 requisitos do modelo, representando 35.4% da totalidade (aplicando uma regra de três simples, sendo 31 representado por 100%). Para a conquista do 2º nível em sua plenitude, são requeridos 22.5% do total de capacidades previstas no modelo, ou seja: 07 requisitos dos 31 totais. Para os níveis 3, 4 e 5 são requeridos respectivamente 9.6% (03 requisitos dos 31 possíveis), 16.1% (05 requisitos dos 31) e 16.1% (05 requisitos dos 31) das capacidades totais.

A progressão do modelo pode ser na vertical, abarcando os níveis de interoperabilidade (dimensões, no modelo de maturidade), ou horizontal, evoluindo entre os níveis, de

Tabela 6.10 Modelo de Maturidade: Dimensão pragmática

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|-------------------------------|---|---|---------|---|--|
| Interoperabilidade Pragmática | <ul style="list-style-type: none"> ○ O padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; ○ A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; ○ O padrão para representar a intenção de mensagem é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; | <ul style="list-style-type: none"> ○ Contexto em que a mensagem trocada é inserida é clara e explicitamente definida; ○ A mensagem é enviada automaticamente, através de um canal de comunicação estabelecido entre as partes; ○ Um padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é inequivocamente estabelecido; | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Um padrão para representar a intenção da mensagem é estabelecido sem ambiguidade; | <ul style="list-style-type: none"> ○ A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida; ○ Efeito de mensagem é compatível com sua intenção; |

Tabela 6.11 Modelo de Maturidade: Dimensão semântica

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|------------------------------|---|---------|--|---|---|
| Interoperabilidade Semântica | <ul style="list-style-type: none"> ○ Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com significados mais gerais ou específicos. ○ Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com sobreposição de significados. | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Os sistemas diferentes usam o mesmo símbolo para representar os conceitos com significados mais gerais (ou específicos). | <ul style="list-style-type: none"> ○ Os sistemas diferentes usam símbolos diferentes para representar o mesmo conceito | <ul style="list-style-type: none"> ○ Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõe. |

Tabela 6.12 Modelo de Maturidade: Dimensão sintática

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|------------------------------|--|--|---|---------|---|
| Interoperabilidade Sintática | <ul style="list-style-type: none"> ○ São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede. | <ul style="list-style-type: none"> ○ São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação ○ São compreendidas as políticas e especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento do sistema. | <ul style="list-style-type: none"> ○ São compreendidas as políticas e especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o XML (<u>Extensible Markup Language</u>). | | <ul style="list-style-type: none"> ○ São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas |

1 até 5, em um determinado nível de interoperabilidade (do sintático ao organizacional). O modelo é flexível e não linear, pois foi desenvolvido sob a perspectiva na qual a organização pode escolher quais requisitos devem ser cumpridos para alcançar o próximo nível, conforme referenciado por (WENDLER, 2012). Esta decisão de não linearidade foi estabelecida na fase de *design*, mas pode ser revista, a depender do domínio ou cenário considerado. Por exemplo, a organização pode obter a interoperabilidade plena nível 1 caso abarque os 11 requisitos necessários neste nível, sendo 05 da interoperabilidade or-

ganizacional, 03 da interoperabilidade pragmática, 02 da semântica e 01 da sintática ou obter a interoperabilidade sintática total abarcando os 05 requisitos desta dimensão. Da perspectiva horizontal, por exemplo, destaca-se que para a obtenção do 1º nível sintático, é necessário conhecer as políticas e especificações de infraestrutura de rede. Já para obter o 2º nível sintático é necessário conhecer as formas para acessar os sistemas de informação e as aplicações e protocolos bases para o funcionamento do sistema. Para obter o 3º e 4º nível sintático é importante conhecer a maneira como os dados são transitados, como por exemplo, o XML (*Extensible Markup Language*) ou JSON (*JavaScript Object Notation*). Por fim, para a obtenção do último nível sintático, é necessário conhecer as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo alguma linguagem padronizada, como *Schemas XML*.

Nem sempre é possível determinar os requisitos nas dimensões mais elevadas em cenários desconhecidos, logo, a organização pode obter uma progressão horizontal apenas na dimensão, por exemplo, sintática, visto que minimamente as questões de conectividade entre redes e sistemas de computadores devem ser conhecidas. Então, o modelo permite esta flexibilidade em diferentes cenários.

Para o nosso modelo de maturidade, todos os níveis de maturidade apresentam uma escala percentual em 100%, em que se torna possível verificar o potencial de aperfeiçoamento em cada nível, dentro de cada dimensão, considerando uma progressão vertical. Em uma progressão horizontal, ou seja, dentro de cada dimensão, na qual evoluímos os níveis, a escala percentual também é 100%. Sendo assim e com base nestas porcentagens, planejamos uma escala que pode ser utilizada para mensurar o estágio da organização baseando-se na escala N-P-L-F (GALIN, 2004). A Tabela 6.13 mostra estas escalas.

Após a obtenção do Amortisse e definição de sua escala de mensuração da maturidade, decidimos estender este estudo piloto a fim de verificar se os requisitos de interoperabilidade, dos trinta e um, estariam cobertos no sistema desenvolvido (Figura 5.4). Estas respostas serviram para comparar com as respostas obtidas na fase de implementação, posteriormente, com os sete especialistas a fim de verificar a generalização destes requisitos, visto que a análise foi em ambientes diferentes.

Então, este estudo estende o componente métrico fornecendo uma escala para cada requisito se baseando na escala de classificação NPLF adaptada da ISO / IEC 15504 (GALIN, 2004). Sendo assim, essa escala variou de 0 a 3, onde 0 = não atingido, 1 = parcialmente atingido, 2 = em grande parte atingido e 3 = totalmente atingido. Estas métricas serviram de base para quantificação da pontuação, que servirão para a avaliação estatística do modelo, que será apresentada no próximo capítulo. O objetivo desta etapa foi realizar um relacionamento entre as respostas dos pesquisadores participantes do piloto e uma escala, com a finalidade de obter as métricas correspondentes. Para este estudo complementar, os respondentes foram orientados a responder ao seguinte questionamento: "o requisito em questão foi atingido pelo sistema?" então, se eles discordassem totalmente, pontuação 1 na escala likert, equivaleria a pontuação 0 na escala NPLF, indicando que o requisito não foi atingido no sistema. Da mesma forma, se o respondente discordasse, pontuação 2 na escala likert, equivaleria a pontuação 1, pois o requisito foi parcialmente atingido. Em seguida, a pontuação 3 da escala likert é sem opinião, logo, não foi considerada. Caso o respondente concordasse que aquele requisito foi atingido,

Tabela 6.13 AMORTISSE: Escala de avaliação

| Escala de classificação | Descrição |
|------------------------------------|--|
| Não atingido (0-15%) | Este nível indica um nível insatisfatório de capacidade dos sistemas de interoperar. O uso de metodologia foi negligenciado. |
| Parcialmente atingido (> 15-50%) | Este nível indica uma conquista de interoperabilidade parcialmente satisfatória. Uma abordagem sistêmica foi utilizada; no entanto, quase todos os requisitos de interoperabilidade não foram implementados adequadamente. |
| Em grande parte atingido (<50-85%) | Este nível indica uma conquista de interoperabilidade amplamente satisfatória. Os requisitos foram implementados de forma sistemática. No entanto, existem alguns requisitos a serem abarcados. |
| Totalmente atingido (> 85-100%) | Este nível indica uma conquista totalmente satisfatória. Os requisitos de interoperabilidade foram implementados de forma eficaz, sistemática e perfeitamente ou quase perfeitamente. |

pontuação 4 na escala likert, equivaleria a pontuação 2 na escala NPLF. Por fim, se ele concordasse totalmente que aquele requisito foi atingido no sistema, pontuação 5 na escala likert, equivaleria a pontuação 3 na escala NPLF. A relação entre as métricas NPLF e a escala Likert é apresentada na Tabela 6.14. A Tabela 6.15 mostra as respostas obtidas.

Tabela 6.14 Relação entre a escala NPLF e Likert. Adaptado de ((GALIN, 2004))

| Escala NPLF | Escala Likert |
|-------------------------------------|--------------------------------|
| <u>0</u> : Não atingido | <u>1</u> : Discordo totalmente |
| <u>1</u> : Parcialmente atingido | <u>2</u> : Discordo |
| <u>2</u> : Em grande parte atingido | <u>4</u> : Concordo |
| <u>3</u> : totalmente atingido | <u>5</u> : Concordo totalmente |

O nível "sem opinião" da escala Likert foi retirado por não qualificar o requisito.

A seguir um exemplo de uso do Amortisse é apresentado a fim de representar sua operacionalização.

6.1.4.1 Exemplo de uso do modelo de maturidade O cenário é composto de um sistema de provê notas fiscais eletrônica para seus clientes. A Figura 6.2 apresenta o

Tabela 6.15 Respostas do questionário pelos respondentes do piloto

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 2 | 4 | 5 | 1 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| 3 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 5 | 5 | 1 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 6 | 4 | 5 | 1 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 7 | 4 | 4 | 2 | 1 | 5 | 5 | 5 |
| 8 | 3 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 3 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 10 | 5 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 |
| 11 | 3 | 3 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 12 | 5 | 5 | 3 | 4 | 2 | 5 | 3 |
| 13 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | 3 | 3 |
| 14 | 2 | 1 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 |
| 15 | 3 | 2 | 2 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 16 | 4 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 17 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 18 | 1 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 | 4 |
| 19 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 3 | 4 |
| 20 | 4 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 21 | 5 | 5 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 22 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 |
| 23 | 4 | 5 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 24 | 3 | 5 | 2 | 3 | 4 | 3 | 2 |
| 25 | 2 | 2 | 1 | 2 | 5 | 3 | 4 |
| 26 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 |
| 27 | 4 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 28 | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 |
| 29 | 4 | 4 | 3 | 4 | 3 | 5 | 3 |
| 30 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 31 | 3 | 4 | 2 | 5 | 5 | 5 | 4 |

esquema deste sistema fictício. O sistema foi criado de acordo com essas premissas:

- Escalabilidade das soluções.
- Compartilhamento das informações entre os sistemas.
- Respeito à autonomia dos sistemas envolvidos.
- Simplicidade na construção de soluções.
- Possibilidade de trabalhar com sistemas heterogêneos (fornecedores, plataformas e tecnologias distintas).

Um dos pontos-chave deste cenário é a interoperabilidade entre os sistemas que trabalham dentro e fora da empresa, ou seja: o portal corporativo da empresa se comunicando com os sistemas federais e municipais, por exemplo. Então, medir a maturidade da interoperabilidade do sistema é importante por indicar o estágio atual e mostrar os pontos

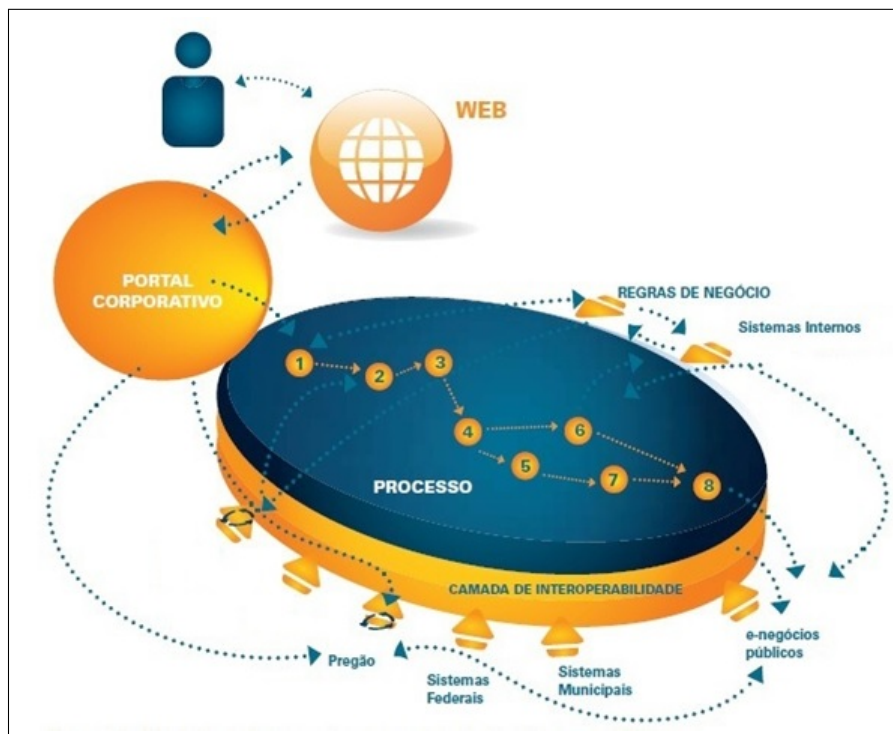


Figura 6.2 Sistema fictício: Esquema (FILHO, 2012)

a serem melhorados a fim de evoluir nos níveis da interoperabilidade. Da mesma forma que esses modelos contribuem para a identificação e afastamento dos equívocos, eles dão suporte para que os melhores procedimentos sejam implementados a fim de garantir que o projeto de interoperabilidade dê certo.

Uma vez que as características gerais do sistema foram informadas, como propósito e escopo, as especificações técnicas devem ser obtidas com detalhes. Sendo assim, é importante obter estas especificações de acordo com os componentes do sistema (portal corporativo), então consideramos o que segue, como exemplo:

- O sistema é disponibilizado como Serviço (serviços em nuvem)
- A infraestrutura é Software como Serviço (serviços em nuvem)
- *Web Services* são utilizados
- O Protocolo de Inicialização de Sessão (SIP) é utilizado para controle na camada de aplicação (sinalização) para criar, modificar e terminar sessões com um ou mais participantes.
- Arquitetura para serviços diferenciados pelo uso do Diffserv é aplicada
- O transporte das informações é confiável (TCP) e quando necessário é utilizado o UDP, sujeito às limitações de segurança.

- O Transport Layer Security (TLS) é utilizado para a Transferência de dados em redes inseguras
- As seguintes Linguagens para intercâmbio de dados são utilizadas: XML (Extensible Markup Language), como definido pelo W3C, e JSON (Javascript Object Notation), como definido pela IETC.
- A definição dos dados para intercâmbio é via XML Schema
- A descrição de recursos é via RDF (Resource Description Framework), como definido pela W3C
- O BPEL4WS V1.1 é utilizado como Linguagem para Execução de Processos conforme definido pelo OASIS.
- A BPMN – Business Process Model and Notation versão 1.2 é utilizada como notação de Modelagem de Processos.
- O Projeto LexML foi utilizado e define recomendações para a identificação e estruturação de documentos legislativos e jurídicos.
- Características da *Web Services*: Infraestrutura de registro com UDDI v3.0.2 (Universal Description, Discovery and Integration) definida pela OASIS e ebXML (Electronic Business using eXtensible Markup Language); Linguagem de definição do serviço: WSDL 1.1 (Web Service Description Language) como definido pelo W3C e WSDL 2.0; Protocolo para acesso a Web Service: SOAP v1.2, como definido pelo W3C e HTTP/1.1 (RFC 2616); Perfil básico de interoperabilidade: Basic Profile 1.1 Second Edition, como definido pela WS-I.

Após elencar as características técnicas do sistema em questão, é necessário indicar quais requisitos de interoperabilidade foram abarcados no sistema a fim de enquadrá-lo na escala percentual. Os requisitos foram apresentados nas Tabelas 6.9, 6.10, 6.11 e 6.12. A escala pode ser vista na Tabela 6.13.

O próximo passo é relacionar as características do sistema com os componentes e requisitos do modelo de maturidade proposto, conforme mostra a Tabela 6.16. Estes relacionamentos podem ser obtidos através de um brainstorming com os envolvidos com o sistema, por exemplo.

A Tabela 6.16 mostra o relacionamento entre as especificações do sistema com os componentes, dimensões e requisitos do modelo de maturidade para a interoperabilidade. Então, na primeira coluna, é apresentado as especificações do sistema. Na segunda coluna, cada especificação foi categorizada em um componente no modelo de maturidade. A terceira coluna apresenta a categorização de cada especificação do sistema com a dimensão de interoperabilidade. Por fim, na última coluna, cada especificação do sistema foi relacionada com os requisitos que melhor representam aquela especificação. Sendo assim, o LexML, que busca o estabelecimento de padrões abertos para intercâmbio de dados, estaria vinculado ao componente "formato dos dados", do nível sintático de interoperabilidade e vinculado ao requisito de ID 29, "São compreendidas as políticas e

Tabela 6.16 Exemplo de uso: relacionamento com os requisitos

| Requisitos do sistema (exemplo de uso) | Componentes de (modelo de maturidade) | Dimensão de interoperabilidade (modelo de maturidade) | ID do requisito |
|--|---------------------------------------|---|-----------------|
| O sistema é disponibilizado como Serviço | Aplicações e protocolos | Sintática | 28 |
| A infraestrutura é Software como Serviço | Entrega | Sintática | 27 |
| Webs Services: UDDI v3.0.2, ebXML, WSDL 1.1, SOAP v1.2, HTTP/1.1 e Basic Profile 1.1 | Entrega | Sintática | 28 |
| Protocolo de Inicialização de Sessão (SIP) | Aplicações e protocolo | Sintática | 31 |
| Diffserv | Rede | Sintática | 31 |
| TCP e UDP para transporte na rede | Rede | Sintática | 31 |
| TLS para transmissão em redes inseguras | Segurança | Sintática | 31 |
| XML (Extensible Markup Language) e JSON (Javascript Object Notation) | Formato dos dados | Sintática | 29 |
| XML Schema | Formato dos dados | Sintática | 30 |
| RDF (Resource Description Framework) | Linguagem | Semântica | 22 |
| BPEL4WS V1.1: para Execução de Processos | Processos de negócios e de cooperação | Organizacional | 10,11 e 12 |
| A BPMN – Business Process Model and Notation | Processos de trabalho | Organizacional | 16 |
| LexML | Formato dos dados | Sintático | 29 |

especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o, por exemplo, XML (Extensible Markup Language).”

O próximo passo é quantificar o sistema no modelo. Em uma análise por dimensão, na dimensão sintática, que exige 05 requisitos dos 31 possíveis, o sistema abarcou a sua totalidade. Na dimensão semântica, que exige 05 requisitos dos 31 possíveis, o sistema obteve pontuação 01. Na dimensão pragmática, que exige 09 requisitos dos 31 possíveis, o sistema não pontuou. Por fim, na dimensão organizacional, que exige 12 requisitos de um total de 31, o sistema abarcou 04. Utilizando a escala da Tabela 6.13 e por dimensão, obtemos o que segue:

- O sistema obteve 100% na dimensão sintática, estando na escala de classificação de interoperabilidade totalmente atingida, que indica um nível satisfatório, no qual os requisitos de interoperabilidade foram implementados de forma eficaz, sistemática e perfeitamente ou quase perfeitamente. Com esta classificação, o sistema estaria apto para atender às chamadas de serviço.
- Na dimensão semântica, o sistema obteve 20%, estando na escala de classificação de interoperabilidade parcialmente atingida, no qual quase todos os requisitos de interoperabilidade não foram implementados adequadamente. Esta classificação pode indicar que existe um mínimo de alinhamento de símbolos.
- A dimensão pragmática não foi abarcada por este sistema, estando na classificação de interoperabilidade não atingida, indicando um nível insatisfatório de capacidade do sistema interoperar nesta dimensão, caso seja necessário, por exemplo, considerar o contexto.
- Por fim, o sistema obteve 33.3% na dimensão organizacional, estando na escala de classificação de interoperabilidade de parcialmente atingido, onde uma abordagem sistêmica foi utilizada, no entanto nem todos os requisitos foram implementados.

Uma vez que o resultado é publicado, os responsáveis pelo sistema podem então indicar quais requisitos devem ser atendidos conforme necessidade de interoperar. Neste caso, o nível pragmático pode ser considerado caso a organização necessite do contexto para que as ações desejadas do sistema estejam de acordo com o esperado pelo sistema requerente.

No próximo capítulo apresentaremos os métodos avaliativos aplicados na proposta e as duas etapas faltantes: implementação e manutenção.

AVALIAÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE AMORTISSE

Este capítulo tem como objetivo apresentar as avaliações realizadas no modelo de maturidade Amortisse. Este modelo foi avaliado em relação aos aspectos da sua aplicabilidade, generalização do requisitos e da sua estrutura.

7.1 VISÃO GERAL

O Amortisse foi especificado seguindo a metodologia proposta no Capítulo 5 desta tese. Enquanto as quatro primeiras fases objetivam a obtenção da primeira versão estável do modelo, as duas últimas fases da metodologia, Implementação e Manutenção tratam do uso e evolução do modelo, ou seja, a operacionalização do modelo obtido.

Para avaliar a proposta, inicialmente decidimos realizar uma *pesquisa exploratória* através de um estudo de caso para verificar a operacionalização (fase de implementação), ou seja sua aplicabilidade, e a evolução do modelo (fase de manutenção). Essa pesquisa auxiliou a situar o assunto sobre o tema de interesse, para então aprofundá-la e utilizar os autores para uma explanação crítica e científica sobre o tema (GIL, 2018). Depois, realizamos uma *pesquisa descritiva* para verificar a reutilização dos requisitos, visto que o assunto já é conhecido, já foi estudado, será, entretanto, aprofundado em um aspecto. Neste tipo de pesquisa, investiu-se na coleta e no levantamento de dados qualitativos, mas, especialmente quantitativos (GIL, 2018). Chamamos esta avaliação de *reutilização dos requisitos - generalização*. Por fim realizamos uma *pesquisa exploratória e descritiva*. A sua principal contribuição é proporcionar uma nova perspectiva sobre determinada realidade já observada (GIL, 2018). Então, avaliamos os aspectos da proposta.

De uma maneira geral, pretendemos responder a seguinte questão: a proposta pode ser aplicada em um cenário real?

O detalhamento de cada avaliação é apresentado a seguir.

7.2 PRIMEIRA AVALIAÇÃO - APLICABILIDADE DO MODELO

A primeira avaliação consistiu em verificar se o modelo obtido era capaz de avaliar um sistema real em termos de nível de interoperabilidade. Então seguimos com a execução da fase de implementação e manutenção. A fase de manutenção ocorre na medida que forem identificadas oportunidades de melhorias no modelo, como por exemplo, novos requisitos de interoperabilidade que podem compô-lo.

Após obter uma versão inicial do Amortisse, devemos aplicá-lo em um sistema real para verificar sua aplicabilidade. Para a fase de Implementação utilizamos nosso modelo para determinar o nível de interoperabilidade de um conjunto de sistema de uma empresa de governança eletrônica localizado no estado da Bahia.

O objetivo principal deste estudo foi definido de acordo com o template Goal-Question-Metric (BASILI; CALDEIRA, 1994) como:

Analisar o Amortisse **com o propósito de** verificar sua eficácia na medição da maturidade de interoperabilidade **com relação às** dimensões e níveis definidos, bem como requisitos especificados para cada dimensão e nível **na perspectiva dos** analistas de sistemas **no contexto de** softwares de uma empresa real.

A empresa é de médio porte, uma software *house*, que desenvolve novos sistemas sob demanda, bem como realiza a manutenção e evolução dos sistemas de seus clientes. Esta empresa aplica metodologias baseadas nas melhores práticas de gestão *PMBok* e métodos ágeis *SCRUM* e processos certificados (MPS-Br nível C).

As questões de pesquisa são:

- Q1: As dimensões do Amortisse MM abrangem todo o escopo da interoperabilidade dos sistemas? Com esta questão queremos identificar se as dimensões foram bem definidas, ou seja, se o Amortisse compreende as dimensões necessárias;
- Q2: Os requisitos de interoperabilidade são suficientes para medir a interoperabilidade em cada dimensão? Nesta questão, queremos identificar se o conjunto de requisitos definidos é suficiente para medir a maturidade em cada dimensão.

O cenário do estudo é composto por três sistemas de softwares (Figura 7.1): um aplicativo móvel, um sistema corporativo e um sistema cliente desktop. Os participantes foram selecionados de acordo com suas habilidades no cenário e conhecimento em interoperabilidade. Os participantes eram funcionários da empresa com conhecimento em infraestrutura e desenvolvimento. Para encontrar suas habilidades, eles receberam um questionário para preencher e apenas aqueles que tinham essas habilidades foram selecionados. Os participantes analisaram a versão preliminar do MM e sua aplicação por meio de um estudo exploratório. A coleta de dados foi realizada de forma direta, por meio da aplicação de entrevista guiada pelo autor deste trabalho através de um formulário aplicado aos participantes durante a execução deste estudo. Então os participantes deveriam responder se concordavam que aquele requisito era atendido pelo sistema analisado. A Tabela 7.1 mostra um recorte deste formulário. Este formulários e outros encontram-se no Apêndice B até o Apêndice E.

A métrica utilizada na avaliação do Amortisse foi o número de respostas afirmativas no formulário para cada dimensão e nível. O estudo foi dividido em dois momentos: inici-

Tabela 7.1 Formulário: Aderência dos requisitos ao cenário

| ID | Requisito de interoperabilidade | Concordo totalmente | Concordo | Sem opinião | Discordo | Discordo totalmente |
|----|---|---------------------|----------|-------------|----------|---------------------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; | | | | | |

almente, os participantes foram apresentados ao Amortisse; em seguida, foi solicitado que analisassem quais requisitos definidos no MM eram atendidos pelos sistemas da empresa. O estudo foi acompanhado pelo pesquisador, autor deste trabalho, que conduziu a entrevista e sanou eventuais dúvidas acerca do estudo. A Figura 7.1 apresenta a infraestrutura do sistema que foi considerado no estudo.

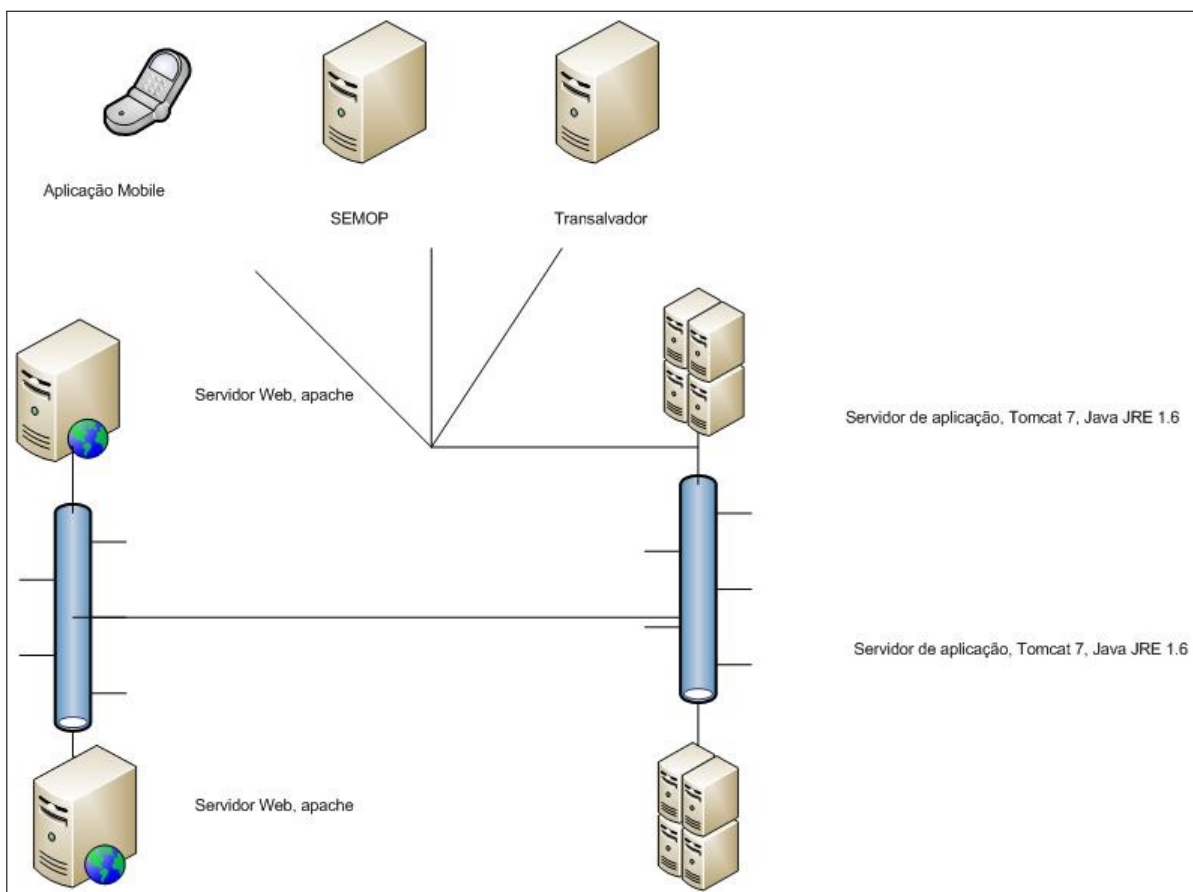


Figura 7.1 Topologia do sistema

Os serviços considerados no estudo foram a aplicação móvel utilizada por clientes, o sistema da SEMOP e o sistema da Transalvador. O sistema da SEMOP oferece a opção

de consultar status das ordens de serviço com os serviços ConsultarNovasOrdensServico(), InformarOrdensServicoConcluidas(), InformarOrdensServicoTramitadas(), dentre outros. Já o sistema de aplicação móvel oferece os serviços Mobileautenticarusuario(), Mobilerecuperarsenha(), Mobileobterparametrizacao(), dentre outros. Por fim, o sistema da Transalvador oferece o serviço WsTransalvadorManifestacao().

A seguir, apresentaremos os resultados da etapa 1, implementação e 2, manutenção, desta avaliação.

7.2.1 Fase 5 - Implementação

Nesta primeira etapa, operacionalizamos o Amortisse em um sistema de uma organização a fim de determinar o nível de maturidade da interoperabilidade. A seguir, caracterizaremos o perfil dos respondentes.

A relação da idade dos respondentes mostra que mais de 71% dos participantes têm idade superior a 30 anos, podendo indicar uma equipe madura, acostumada a resolução de problemas e conhecimentos técnicos apurados. Apesar de ser apenas uma suposição.

Já o cargo ocupado pelos respondentes mostra que todos os participantes são analistas, o que pode remeter ao envolvimento direto desde o início do ciclo de vida do desenvolvimento do sistema.

Por fim, o tempo de atuação na empresa mostra que mais de 57% dos respondentes possuem 4 anos ou mais como tempo de atuação na empresa, o que pode remeter no conhecimento dos processos de negócios e interoperabilidade em níveis mais altos, como o pragmático e organizacional. Após a caracterização do perfil dos participantes, continuamos com a coleta dos dados.

Primeiramente, os especialistas responderam um formulário cujo objetivo foi estabelecer o nível de aderência do requisito de interoperabilidade ao sistema em análise, ou seja: se o requisito em questão foi atingido pelo sistema. A Tabela 7.2 apresenta as respostas do formulário pelos respondentes.

A coluna ID representa as questões e/ou requisitos considerados e as colunas as respostas de cada analista participante. Sendo assim, o ID 10 representa um requisito e/ou questão do questionário da camada de interoperabilidade organizacional de nome “As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita”. As demais colunas representam as respostas dos respondentes, sendo representadas pela escala Likert.

É possível perceber que em relação a interoperabilidade sintática, ID 27 a 31, existe uma variação do conhecimento, pois, por exemplo, o analista líder, sênior está envolvido com questões de alto nível, organizacional e de projeto, enquanto o analista *DevOPS* é mais envolvido com as questões estruturais. Os analistas Juniores se envolvem mais com as operações, enquanto os analistas plenos possuem um nível maior de análise e entendimento em alto nível. Sendo assim, obtivemos 3 respostas “discordo totalmente”, 8 respostas “discordo”, 7 respostas “sem opinião”, 11 respostas “concordo” e 6 respostas “concordo totalmente”.

Já em relação a interoperabilidade semântica, ID 22 a 26, dispomos de um score balanceado, indo da discordância até sem opinião, até a concordância total e apesar

Tabela 7.2 Respostas do questionário pelos respondentes da Entrevista

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 3 |
| 2 | 5 | 4 | 1 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 3 | 5 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 1 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 5 | 2 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 |
| 6 | 5 | 4 | 2 | 4 | 1 | 4 | 2 |
| 7 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 |
| 8 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 9 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 10 | 4 | 5 | 4 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 11 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 12 | 4 | 5 | 2 | 5 | 2 | 4 | 1 |
| 13 | 2 | 3 | 2 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| 14 | 2 | 2 | 3 | 5 | 1 | 3 | 2 |
| 15 | 2 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 16 | 5 | 4 | 3 | 5 | 2 | 4 | 1 |
| 17 | 1 | 2 | 2 | 5 | 4 | 5 | 3 |
| 18 | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 | 5 | 2 |
| 19 | 4 | 5 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 20 | 5 | 4 | 2 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 21 | 4 | 5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 22 | 4 | 4 | 3 | 4 | 1 | 5 | 2 |
| 23 | 5 | 5 | 2 | 4 | 4 | 3 | 4 |
| 24 | 4 | 5 | 3 | 3 | 2 | 4 | 1 |
| 25 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| 26 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 4 | 2 |
| 27 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 28 | 2 | 2 | 3 | 4 | 2 | 4 | 1 |
| 29 | 5 | 4 | 2 | 3 | 4 | 5 | 3 |
| 30 | 5 | 4 | 3 | 3 | 1 | 5 | 2 |
| 31 | 5 | 4 | 2 | 5 | 4 | 3 | 4 |

de não existir uma formalização semântica através de ontologias e taxonomias, existe um entendimento por parte da equipe acerca dos símbolos trocados entre os sistemas, possivelmente por ser um ambiente conhecido e não possuir problemas de símbolos. A grande quantidade de respostas discordo e sem opinião podem ser justificadas pelo fato de em ambientes controlados e conhecidos não existir uma preocupação formal, sem contar que o termo “interoperabilidade semântica” não era tão conhecido pela equipe. Então, obtivemos 05 respostas “discordo totalmente”, 08 respostas “discordo”, 07 respostas “sem opinião”, 11 respostas “concordo” e 04 respostas “concordo totalmente”.

Já em relação a interoperabilidade organizacional, ID 10 a 21, obtivemos um grande número de respostas em “discordo totalmente”, 8, “discordo”, 23 e “sem opinião”, 12, que é justificável por ser uma interoperabilidade de alto nível e de desconhecimento da grande maioria dos analistas que trabalham no operacional. Em contrapartida, obtivemos 24 marcações em “concordo” e 17 em “concordo totalmente”, que condiz com o analista sênior e pleno. Percebemos algumas incertezas dos respondentes em alguns conceitos acerca de interoperabilidade e suas dimensões, que foram sanadas pelo entrevistador.

Por fim, na interoperabilidade pragmática, ID 1 a 9, o resultado pode aparentar um grande conhecimento por parte da equipe, visto que obtivemos 8 em “discordo totalmente”, 11 em “discordo”, 13 “sem opinião”, 22 em “concordo” e 7 em “concordo totalmente”. Apesar disso, houve um desconhecimento acerca do tema pragmático, que foi sanado pelo entrevistador, dando assim seguimento às respostas.

Nosso modelo de maturidade, Amortisse, foi então submetido aos respondentes através de uma sessão de *brainstorming* para validação da disposição dos requisitos nos níveis e camadas da interoperabilidade, verificando as evidências de cada uma das competências apresentadas do modelo de maturidade. Por questões visuais, dividimos o resultado por dimensão.

O resultado da aplicação do modelo de maturidade, apresentado neste trabalho nas Tabelas 7.3, 7.4, 7.5 e 7.6 permitiu identificar os pontos fortes e fracos dentro da organização, para que assim a mesma possa realizar investimento de acordo com suas reais necessidades, objetivando se tornar mais eficiente e eficaz no âmbito da interoperabilidade. A marcação positiva nos requisitos indica que aquele requisito é fornecido no sistema que esteve sob avaliação. As marcações em V indicam que aquele requisito foi abarcado pelo sistema analisado. A pontuação possível é o máximo que a organização pode alcançar em termos de requisitos. Já a pontuação conquistada mostra quantos requisitos foram satisfeitos pelo sistema em questão.

Tabela 7.3 AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p1

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|-----------------------------------|--|---|--|--|--|
| Interoperabilidade Organizacional | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Um padrão para representar o contexto dos colaboradores é estabelecido de forma inequívoca; ○ Um canal contínuo de comunicação entre as partes envolvidas é estabelecido; ○ Um padrão para representar a intenção organizacional é estabelecido de forma inequívoca; ✓ Responsabilidades e acordos são realizados, negociados e monitorados pelas partes envolvidas; ✓ O contexto dos colaboradores (social, cultural, espaço de trabalho e assim por diante) é definido de maneira clara e explícita; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ O padrão para representar o contexto dos colaboradores é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; ✓ Responsabilidades e acordos são estabelecidos entre as partes envolvidas; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ As intenções organizacionais são enriquecidas com informações históricas sobre o uso de recursos compartilhados e sobre o contexto dos colaboradores, a fim de melhor atender às expectativas das partes envolvidas; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Informações sobre o uso de serviços (quem, como, onde, quando) são armazenados e compartilhados; ✓ Os mecanismos para apoiar o estabelecimento de confiança entre as partes envolvidas são estabelecidos; ○ Um padrão para representar intenções organizacionais é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita; |

Observa-se que o sistema onde o modelo de maturidade foi aplicado apresenta aderência superior a 77% dos requisitos de interoperabilidade, representando o nível na faixa ; 50-85%, em grande parte atingido. Atenção especial nos níveis 2 e 3 com completa aderência.

Apesar da completa aderência nos níveis 2 e 3, restam 04 requisitos que devem ser considerados no nível 1, sendo 02 no nível da interoperabilidade pragmática e 2 no nível da organizacional. Apesar da empresa ter obtido 04 pontos dos 05 possíveis no último

Tabela 7.4 AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p2

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|-------------------------------|---|---|---------|---|--|
| Interoperabilidade Pragmática | <ul style="list-style-type: none"> ✓ O padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; ○ A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; ○ O padrão para representar a intenção de mensagem é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Contexto em que a mensagem trocada é inserida é clara e explicitamente definida; ✓ A mensagem é enviada automaticamente, através de um canal de comunicação estabelecido entre as partes; ✓ Um padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é inequivocamente estabelecido; | | <ul style="list-style-type: none"> ○ Um padrão para representar a intenção da mensagem é estabelecido sem ambiguidade; | <ul style="list-style-type: none"> ○ A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida; ✓ Efeito de mensagem é compatível com sua intenção; |

Tabela 7.5 AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p3

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|------------------------------|---|---------|--|---|---|
| Interoperabilidade Semântica | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com significados mais gerais ou específicos. ✓ Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com sobreposição de significados. | | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Os sistemas diferentes usam o mesmo símbolo para representar os conceitos com significados mais gerais (ou específicos). | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Os sistemas diferentes usam símbolos diferentes para representar o mesmo conceito | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõe. |

Tabela 7.6 AMORTISSE: Resultados da aplicação em uma empresa real - p4

| Dimensão | Nível 1 | Nível 2 | Nível 3 | Nível 4 | Nível 5 |
|------------------------------|--|--|---|---------|---|
| Interoperabilidade Sintática | <ul style="list-style-type: none"> ✓ São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação ✓ São compreendidas as políticas e especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento do sistema. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ São compreendidas as políticas e especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o XML (<u>Extensible Markup Language</u>). | | <ul style="list-style-type: none"> ✓ São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas |
| Pontuação possível | 11 | 7 | 3 | 5 | 5 |
| Pontuação conquistada | 7 | 7 | 3 | 3 | 4 |

nível, ainda é necessário maior atenção no nível 4, em duas dimensões (pragmática e organizacional). Cabe à organização compreender e decidir as áreas que ainda precisam de mais atenção e investimento de acordo com as capacidades atuais para interoperar. A pontuação possível representa quais requisitos devem ser atendidos para se conquistar cada nível, considerando uma progressão vertical (entre as dimensões). Por exemplo, para a organização conquistar o nível 1, é necessário atender aos 11 requisitos (05 da interoperabilidade organizacional, 03 da pragmática, 02 da semântica e 01 da sintática). Como podemos ver na pontuação conquistada, a empresa em questão alcançou 7 dos 11 requisitos possíveis. Caso a empresa obtenha 100% em todos os níveis, ela atingiu a interoperabilidade plena, considerando este conjunto de requisito. Na a progressão horizontal, ou seja, entre as dimensões, percebemos que a organização obteve 100% na dimensão sintática e semântica, o que pode garantir a plena conectividade entre os sistemas e informações corretamente interpretadas pelo sistema receptor, no mesmo sentido, como previsto pelo sistema transmissor. Após a finalização deste estudo, verificamos as questões de pesquisa.

Em relação às dimensões definidas para o Amortisse (Questão Q1), os participantes destacaram a importância de representar as dimensões como tipos de interoperabilidade, uma vez que existe uma relação entre elas, ou seja, a interoperabilidade sintática é necessária para atingir a semântica, e assim por diante. Nesse caso, consideramos os quatro níveis mais difundidos na literatura: do sintático ao organizacional por terem fundamentos teóricos bem definidos. Portanto, confirmamos a questão Q1. Em relação aos requisitos identificados para cada dimensão (Questão Q2), o Amortisse é composto por trinta e um requisitos de interoperabilidade, que foi um esforço inicial para verificar a interoperabilidade de sistemas de software em diferentes domínios. Os participantes consideraram este conjunto de requisitos suficiente para verificar a interoperabilidade do cenário da empresa. Esses indicadores (requisitos) são usados para coletar evidências objetivas que permitem a um avaliador atribuir classificações. Eles representam um esforço inicial para ter um conjunto mensurável. Os indicadores definidos não pretendem ser exaustivos nem aplicáveis na sua totalidade. Portanto, subconjuntos adequados ao contexto e escopo da avaliação devem ser selecionados e possivelmente aumentados com outros indicadores. Esses resultados (Q1 e Q2) mostraram a viabilidade do Amortisse para medir a maturidade da interoperabilidade dos três sistemas, porém melhorias podem ser implementadas, como a inserção de novos requisitos, que será apresentada na próxima fase.

7.2.2 Fase 6: Manutenção

Nesta segunda etapa avaliamos a evolução do Amortisse em ambiente de computação nas nuvens, como apresentado na Figura 7.2. O primeiro objetivo foi verificar a capacidade do Amortisse em mensurar a interoperabilidade neste ambiente e foi realizado com os mesmos especialistas da avaliação anterior, porém, um dos especialistas não participou, totalizando seis especialistas. O segundo objetivo foi verificar a elegibilidade dos trinta e um requisitos em um ambiente de computação nas nuvens, utilizando os mesmos participantes. Esta etapa foi importante para verificar os requisitos candidatos à exclusão.

O terceiro objetivo foi verificar requisitos candidatos à inclusão no Amortisse a fim de estendê-lo e abranger o domínio de computação em nuvem. A seguir, descreveremos a aplicação deste estudo.

Nesta etapa buscamos responder a seguinte questão de pesquisa: (Q1) É possível implementar e evoluir o Amortisse em um ambiente diferente de sua criação? Com esta questão buscamos entender se o modelo pode ser atualizado a fim de se adaptar a outros cenários pós implementação.

A Figura 7.2 mostra um exemplo dos serviços integrados mais comuns no cenário e como eles interagem entre si. Os usuários finais podem interagir por meio do painel, CLIs e APIs. Todos os serviços são autenticados por meio de um serviço de identidade comum, e os serviços individuais interagem entre si por meio de APIs públicas, exceto quando comandos de administrador são necessários. A Tabela 7.7 mostra os componentes de uma forma mais detalhada.

Então, a primeira tarefa dos participantes foi mensurar a interoperabilidade no cenário utilizando o Amortisse. A Tabela 7.7 mostra os principais componentes da arquitetura, com a exposição dos serviços, nomenclaturas e descritivos do cenário da Cloud.

Tabela 7.7 Arquitetura na nuvem: principais componentes

| Serviço | Nome no ambiente | Descrição |
|-------------------------|------------------|---|
| Identity Service | Keystone | Gerenciamento de usuários |
| Compute Service | Nova | Gerenciamento de Máquina Virtual |
| Image Service | Glance | Gerencia imagem virtual como imagem de kernel ou imagem de disco |
| Dashboard | Horizon | Fornecer console via navegador da Web |
| Object Storage | Swift | Fornecer armazenamento em nuvem |
| Block Storage | Cinder | Gerenciamento de armazenamento para máquina virtual |
| Network Service | Neutron | Gerenciamento de rede |
| Orchestration Service | Heat | Fornecer a função de orquestração para máquina virtual |
| Metering Service | Ceilometer | Fornecer a função de medição de uso para contabilidade |
| Database Service | Trove | Gerenciamento de recursos de banco de dados |
| Data Processing Service | Sahara | Fornecer a função de processamento de dados |
| Bare Metal Provisioning | Ironic | Fornecer a função de provisionamento |
| Messaging Service | Zaqar | Fornecer a função Serviço de Mensagens |
| Shared File System | Manila | Fornecer serviço de compartilhamento de arquivos |
| DNS Service | Designate | Fornecer serviço de servidor DNS |
| Key Manager Service | Barbican | Fornecer serviço de gerenciamento de chaves |
| EC2 API | Amazon EC2 | Ele fornece descrições, sintaxe e exemplos de uso para cada uma das ações e tipos de dados. |

Os requisitos corporativos e operacionais podem afetar o design de uma nuvem quando a interoperabilidade é desejada, logo, é importante mapeá-los. Os requisitos empresari-

ais consideram negócios, uso e desempenho para os usuários finais que podem afetar o design. Como exemplo, dispomos do planejamento de capacidade e escalabilidade. Os requisitos operacionais consideram os fatores operacionais que afetam o design da nuvem. O design da rede e considerações sobre *Service-level agreements* (SLAs) são exemplos. Já os requisitos de alta disponibilidade consideram o tempo de atividade da nuvem. Como exemplos, podemos considerar o plano de dados e de controle. A Tabela 7.8 apresenta estes requisitos.

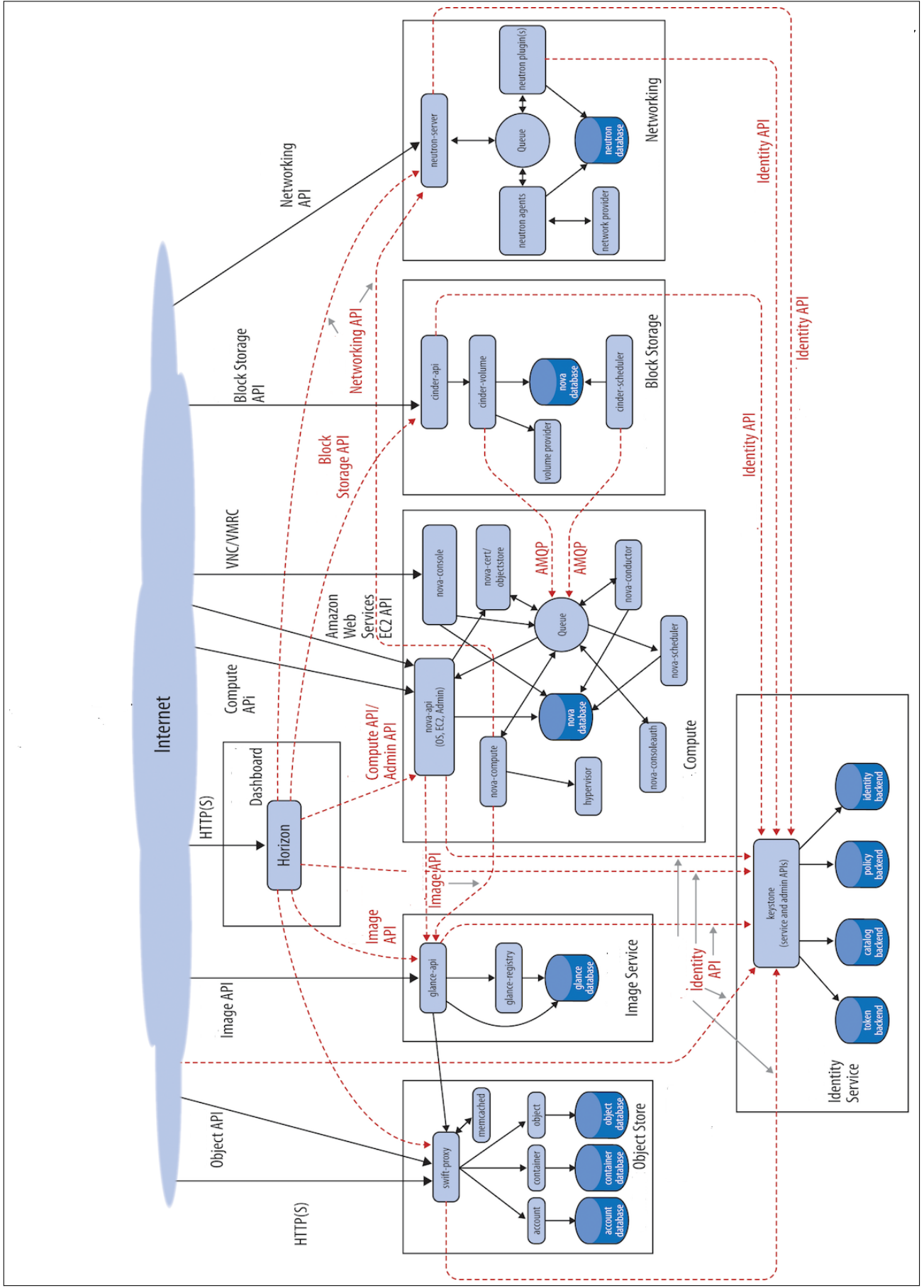


Figura 7.2 Arquitetura Lógica do ambiente

Tabela 7.8 Arquitetura na nuvem: requisitos

| Categoria | Requisitos | Descrição |
|----------------------|---|---|
| Empresarial | Custo | Considerações de custo podem influenciar o tipo de nuvem que você constrói |
| | Time-to-market | A capacidade de fornecer serviços ou produtos dentro de um prazo flexível é um fator comercial comum na criação de uma nuvem |
| | Oportunidade de receita | As oportunidades de receita variam de acordo com a intenção e o caso de uso da nuvem |
| | Conformidade e localização geográfica | Uma organização pode ter certas obrigações legais e medidas de conformidade regulamentar que podem exigir que determinadas cargas de trabalho ou dados não estejam localizados em determinadas regiões. |
| | Segurança | A importância da segurança varia de acordo com o tipo de organização que usa uma nuvem. Por exemplo, instituições governamentais e financeiras geralmente têm requisitos de segurança muito altos. |
| | SLA | Os contratos de nível de serviço (SLA) devem ser desenvolvidos em conjunto com informações comerciais, técnicas e legais. |
| Operacional | Migração, disponibilidade, perda e recuperação de sites | As organizações que utilizam serviços baseados em nuvem podem abraçar a diversidade de negócios e utilizar um design de nuvem híbrida para espalhar suas cargas de trabalho por vários provedores de nuvem. |
| | Design da rede | Inclui decisões sobre as necessidades de interconexão |
| | Suporte e manutenção | Considera tarefas de manutenção, confiabilidade e disponibilidade. |
| Alta disponibilidade | SLA | Definem os níveis de disponibilidade que impactarão o design de uma nuvem para fornecer redundância e alta disponibilidade. |
| | Log e monitoramento | As nuvens requerem plataformas de monitoramento apropriadas para identificar e gerenciar erros. |
| | Plano de dados e de controle. | Manter a disponibilidade das instâncias, redes, armazenamento e serviços adicionais. |
| | Perda e recuperação de sites | Estratégias devem ser implementadas para entender e planejar cenários de recuperação |

Já a Tabela 7.9 mostra a categorização dos requisitos da nuvem com o Amortisse.

Tabela 7.9 Arquitetura na nuvem: requisitos categorizados

| Requisitos do sistema (Cloud) | Componentes (modelo de maturidade, Amortisse) | Dimensão de interoperabilidade (modelo de maturidade, Amortisse) |
|---|---|--|
| Custo | Políticas organizacionais | Organizacional |
| Time-to-market | Políticas organizacionais | Organizacional |
| Oportunidade de receita | Políticas organizacionais | Organizacional |
| Conformidade e localização geográfica | Regras de negócio | Organizacional |
| Segurança | Segurança | Sintática |
| SLA (empresarial) | Políticas organizacionais e regras de negócio | Organizacional |
| Migração, disponibilidade, perda e recuperação de sites | Políticas organizacionais, regras de negócio, linguagem e contexto. | Organizacional, semântica e pragmática. |
| Design da rede | Rede | Sintática |
| Suporte e manutenção | Rede | Sintática |
| SLA | Rede, aplicações e protocolos. | Sintática |
| Log e monitoramento | Rede e segurança | Sintática |
| Plano de dados e de controle | Rede e segurança | Sintática |
| Perda e recuperação de sites | Rede, segurança, linguagem e contexto. | Sintática, semântica e pragmática. |

Após do detalhamento do cenário, os participantes operacionalizaram o Amortisse neste cenário. Todos os participantes conseguiram realizar a avaliação de interoperabilidade. Após a utilização do Amortisse, os participantes responderam o questionário que está descrito no Apêndice E. O objetivo deste questionário foi conseguir a percepção dos utilizadores e obter uma avaliação geral do Amortisse. Os resultados podem ser vistos na Figura 7.3.

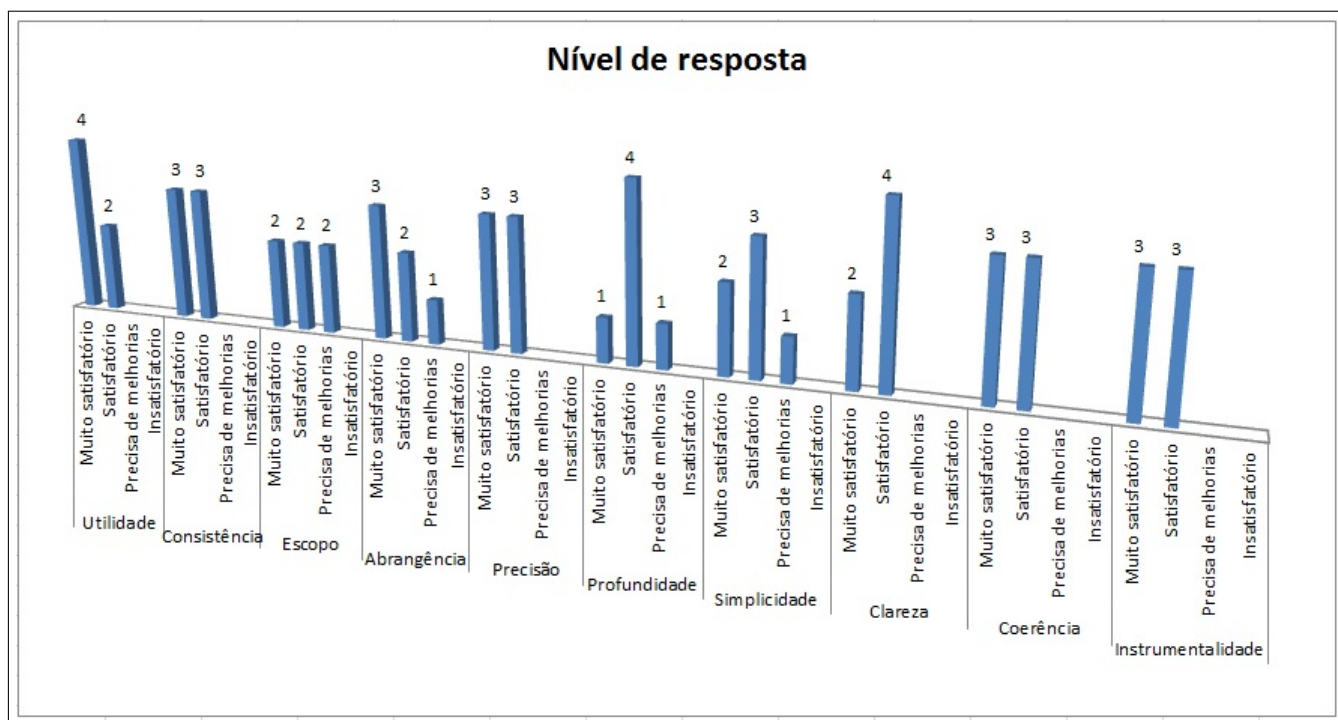


Figura 7.3 Experimento: Avaliação geral do Amortisse

O quesito *utilidade* obteve 66.6% de avaliação *muito satisfatório* e 33.3% de avaliação *satisfatório*, indicando que o Amortisse é útil como ferramenta de apoio das práticas de interoperabilidade.

Já a *consistência* obteve 50% nos quesitos *muito satisfatório* e *satisfatório*, mostrando que o Amortisse é consistente e a coerente nas práticas de interoperabilidade.

O item *escopo* obteve 33.3% nos quesitos *muito satisfatório*, *satisfatório* e *precisa de melhorias*. Este item avalia o escopo das dimensões e práticas de interoperabilidade do Amortisse. Este resultado pode indicar que os requisitos definidos não cobrem totalmente um ambiente em *cloud*.

A *abrangência* 50% no quesito *muito satisfatório*, 33.3% no quesito *satisfatório* e 16.6% no quesito *precisa de melhorias*. Este quesito foi bem avaliado, porém pode indicar que precisa de melhorias em alguns requisitos.

A *precisão* obteve 50% em *muito satisfatório* e *satisfatório*, indicando que o diagnóstico de interoperabilidade condiz com a realidade.

A *profundidade* obteve 16.6% em *muito satisfatório*, 66.6% em *satisfatório* e 16.6%

em *precisa de melhorias*. Esta item avalia a profundidade do diagnóstico da maturidade. A profundidade é dada por quantificável de requisitos de interoperabilidade, logo, ela pode variar.

O quesito *simplicidade* obteve 33.3% em *muito satisfatório*, 50% em *satisfatório* e 16.6% em *precisa de melhorias*. Apesar do método e do instrumento ser simples e bem avaliado, dificuldades de compreensão podem aparecer para usuários destreinados.

A *clareza* obteve 33.3% em *muito satisfatório* e 66.6% em *satisfatório*, indicando a facilidade de entendimento dos resultados apresentados do Amortisse.

A *coerência* obteve 50% em *muito satisfatório* e 50% em *satisfatório*, indicando que o Amortisse é eficaz na apresentação dos resultados e nas proposições de melhorias.

Por fim, o item *instrumentalidade* obteve 50% em *muito satisfatório* e 50% em *satisfatório*, indicando que as ferramentas e abordagens utilizadas para concepção do Amortisse são justificáveis.

Além da avaliação destes quesitos, um espaço para comentários adicionais foi preenchido por alguns dos participantes. A Tabela 7.10 exhibe os comentários.

Tabela 7.10 Experimento: comentários dos participantes

| Comentários |
|---|
| "Acredito que o ponto mais crítico seja, de fato, o ajuste na descrição de alguns requisitos." |
| "O cenário AMORTISSE foi bem desenvolvido, a diagramação e modelagem foi criada estabelecendo uma complexidade no desenvolvimento da arquitetura onde visualmente se consegue compreender por qualquer técnico/desenvolvedor em sistema". |
| "A estratégia se mostrou abrangente ao contexto de cloud, contudo as evidências para validação dos requisitos precisam de menor granularidade para uma comprovação mais efetiva." |
| "O AMORTISSE é um estudo inovador que propõe solução para ambientes heterogêneos, e por isso acredito ser importante na integração de aplicações, evitando a troca de sistemas ou novas implementações para promover a troca de mensagens." |

De acordo com os comentários expostos na Tabela 7.10, é necessário uma maior atenção nas especificações dos requisitos de interoperabilidade a fim de garantir um melhor entendimento e uma melhor granularidade. Para *cloud*, os requisitos podem ser ajustados para obtermos um maior detalhamento (menor sumarização) das avaliações.

A segunda tarefa dos participantes foi indicar quais requisitos de interoperabilidade do Amortisse seriam candidatos para remoção, por não mensurarem a interoperabilidade em *cloud*. A Tabela 7.11 mostra os requisitos.

Tabela 7.11 Experimento: Requisitos candidatos à remoção

| Requisitos candidatos à remoção no Amortisse |
|--|
| [SINTÁTICO] São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação |
| [SINTÁTICO] São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas. |
| [SEMÂNTICO] Os sistemas diferentes usam o mesmo símbolo para representar os conceitos com significados mais gerais (ou específicos). |
| [SEMÂNTICO] Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com significados mais gerais ou específicos. |
| [SEMÂNTICO] Os sistemas diferentes usam símbolos diferentes para representar o mesmo conceito |
| [SEMÂNTICO] Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com sobreposição de significados |
| [SEMÂNTICO] Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõe |
| [ORGANIZACIONAL] A mensagem é enviada automaticamente, através de um canal de comunicação estabelecido entre as partes; |
| [ORGANIZACIONAL] O contexto dos colaboradores (social, cultural, espaço de trabalho e assim por diante) é definido de maneira clara e explícita. |
| [ORGANIZACIONAL] As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita. |
| [PRAGMÁTICO] Efeito de mensagem é compatível com sua intenção |
| [PRAGMÁTICO] A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor |
| [PRAGMÁTICO] A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida |
| [PRAGMÁTICO] Contexto em que a mensagem trocada é inserida é clara e explicitamente definido. |

O participantes consideraram que os requisitos especificados na dimensão semântica podem ser candidatos à remoção quando se considera um ambiente *cloud*. A percepção é que em um ambiente funcional e com comunicação esta questão já esteja resolvida.

A terceira e última tarefa dos participantes foi indicar os requisitos candidatos à inserção no Amortisse. A Tabela 7.8 mostra os requisitos que foram definidos pelo autor deste trabalho e que os participantes consideraram. O consenso dos participantes é que o único requisito que não é candidato à inserção no Amortisse é o *Time-to-Market*. Entendemos que é um requisito com alta granularidade e de difícil mensuração.

Como considerações finais deste estudo, entendemos que o Amortisse é capaz de mensurar a interoperabilidade em outros domínios em sua forma padrão, porém a inserção de novos requisitos pode ser necessária para uma maior precisão nos resultados (atualização do modelo), respondendo assim a questão de pesquisa.

7.3 AVALIAÇÃO 2: REUTILIZAÇÃO DOS REQUISITOS (GENERALIZAÇÃO)

O objetivo desta avaliação foi avaliar a reutilização dos 31 requisitos de interoperabilidade com base nas respostas dos pesquisadores e especialistas, ou seja: se os mesmos podem ser considerados em outros cenários diferentes do utilizado no momento da obtenção da versão preliminar do modelo, então, se estes requisitos são suficientes para mensurar a maturidade de interoperabilidade. Utilizamos um método estatístico para avaliar a amostragem. A estatística pode nos auxiliar na análise e interpretação de dados experimentais. Pretendemos responder a seguinte questão: Q1) Os requisitos são reutilizáveis em outros domínios ou cenários?

A nossa hipótese nula é que as relações observadas são obras do acaso, ou seja: os requisitos não são generalizáveis. A hipótese alternativa é que as relações não são obras do acaso, ou seja: há evidências de que os requisitos podem ser generalizáveis. O p valor considerado foi de 0,05 ou 5%. O teste utilizado foi o Teste-t.

A Figure 7.4 mostra as etapas e os artefatos gerados nesta avaliação.

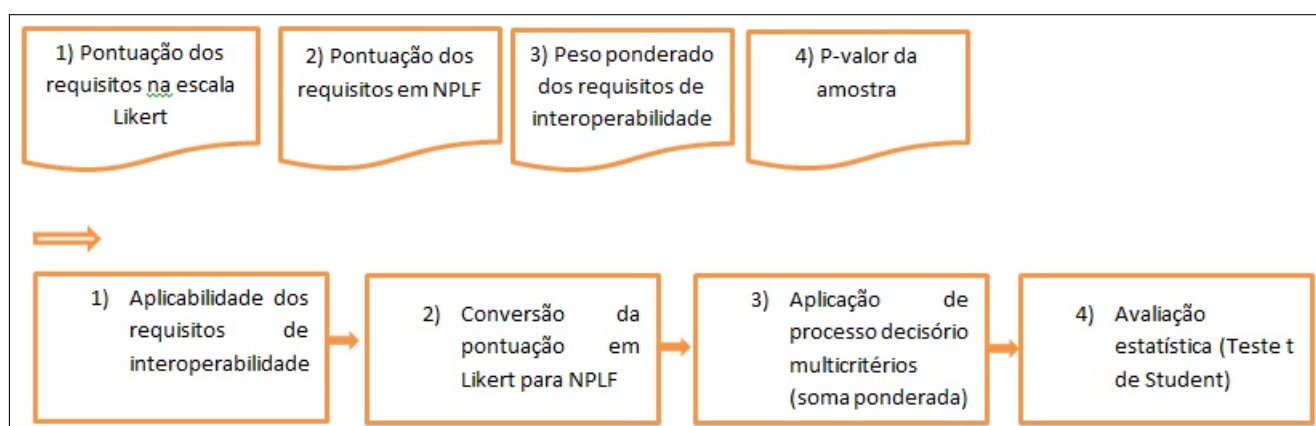


Figura 7.4 Avaliação 2: etapas e artefatos

De uma maneira geral, a primeira etapa é obter a aplicabilidade dos requisitos em

um sistema sob análise e isso pode ser feito através de entrevistas com as partes interessadas. A escala *Likert* pode ser utilizada para verificar com as partes interessadas se o requisito de interoperabilidade em questão é atingido pelo sistema, conforme exemplifica a Tabela 7.12. Após obtenção das respostas, o próximo passo é criar uma pontuação destas respostas. A escala de classificação NPLF pode ser utilizada. Com isso obtemos uma quantificação (*score*) de cada requisito de interoperabilidade. A Tabela 6.14 exibe a conversão das respostas em Likert para NPLF. A próxima etapa é utilizar um processo decisório multicritérios para classificar e ranquear os requisitos de interoperabilidade. A soma ponderada pode ser utilizada. Com isso obtemos os requisitos com seus respectivos pesos. Por fim, uma avaliação estatística é utilizada para avaliar a relação entre os resultados obtidos na geração da versão preliminar do modelo e durante aplicação em um sistema real. Isso é importante por obter o ponto de vista dos pesquisadores e especialistas. Uma vez que esta avaliação estatística é aplicada, o p-valor é obtido. O p-valor é a probabilidade de erro e quanto menor, maior seria a probabilidade de que a hipótese nula, aquela em que não existe diferença entre os grupos ou entre os tratamentos, seja falsa.

Tabela 7.12 Questionário: Aplicabilidade dos requisitos

| ID | Requisito de interoperabilidade | Concordo totalmente | Concordo | Sem opinião | Discordo | Discordo totalmente |
|----|---|---------------------|----------|-------------|----------|---------------------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; | | | | | |

A seguir detalharemos as etapas necessárias para a execução do teste estatístico.

7.3.1 Preparação dos dados

Com a extração das respostas dos questionários pelos respondentes pesquisadores (no momento da obtenção da versão preliminar do modelo), podemos obter a pontuação deles, que serviu como oráculo, de acordo com o estabelecido na Tabela 6.14. Sendo assim, a pontuação dos requisitos foi calculada adaptando o método da soma ponderada (*Weighted Sum Method* - WSM). Então, realizamos a substituição das respostas via escala Likert por NPLF, sendo a classificação de número 3, indiferente ou sem respostas, desconsiderada. As respostas que obtiveram 1 na escala Likert, discordo totalmente, foram alteradas por pontuação 0 na escala NPLF; as respostas com resultado 2, discordo, foram alteradas por pontuação 1 na escala NPLF; as respostas com resultado concordo, foram alteradas por pontuação 2 na escala NPLF e por fim, respostas com resultado concordo totalmente, foram alteradas por pontuação 3 na escala NPLF, de acordo com a Tabela 6.14. A Tabela 7.13 mostra o resultado da conversão em pontuação dos pesquisadores do piloto (apresentada na Tabela 6.15).

Aplicando o método da soma ponderada nestas pontuações e considerando pesos iguais

Tabela 7.13 Conversão: respostas dos pesquisadores em escala NPLF

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | - | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | - | 2 |
| 4 | 3 | 3 | 0 | 1 | 1 | 2 | - |
| 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 6 | 2 | 3 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 7 | 2 | 2 | 1 | 0 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | - | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | - |
| 9 | 1 | 1 | 1 | - | 2 | 2 | 3 |
| 10 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 11 | - | - | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 12 | 3 | 3 | - | 2 | 1 | 3 | - |
| 13 | 1 | 1 | 0 | 2 | 2 | - | - |
| 14 | 1 | 0 | 2 | 2 | 0 | 1 | - |
| 15 | - | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 16 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | - |
| 17 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | - |
| 18 | 0 | 0 | 1 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 19 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | - | 2 |
| 20 | 2 | 2 | 0 | 1 | - | 2 | 2 |
| 21 | 3 | 3 | 1 | - | 2 | 2 | 3 |
| 22 | 3 | 2 | 1 | - | 2 | 2 | 1 |
| 23 | 2 | 3 | 1 | - | - | 2 | 3 |
| 24 | - | 3 | 1 | - | 2 | - | 1 |
| 25 | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | - | 2 |
| 26 | 0 | 0 | - | 1 | - | 2 | 2 |
| 27 | 2 | - | 1 | 2 | 2 | - | 2 |
| 28 | - | 0 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 |
| 29 | 2 | 2 | - | 2 | - | 3 | - |
| 30 | 3 | 3 | 2 | - | - | 2 | 2 |
| 31 | - | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 |

para as quatro pontuações, de 0 a 3, ou seja: 25% ou 0,25 (total de 100%), já que ambas são importantes a título de avaliação, obtemos o que segue na Tabela 7.14, referente ao piloto.

Por fim, realizamos as operações e obtivemos o resultado quantitativo dos requisitos no piloto, que serviu como oráculo, como pode ser visto na Tabela 7.15.

Aplicamos os mesmos procedimentos nas respostas obtidas na pesquisa exploratória (aplicação do modelo em um sistema real), conforme mostra a Tabela 7.2. Sendo assim, retiramos as respostas com classificação 3 na escala Likert e realizamos a troca por pontuação de acordo com a Tabela 6.14, originando a Tabela 7.16.

Após a conversão, inserimos os pesos para realizar a soma ponderada, conforme mostra a Tabela 7.17.

Por fim, realizamos as operações e obtivemos o *rank*, como mostra a Tabela 7.18

Com a preparação e obtenção dos dados quantitativos, realizamos uma análise estatística.

Tabela 7.14 Conversão: respostas dos pesquisadores com soma ponderada

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 2 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 |
| 3 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 4 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | - |
| 5 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 3 x0.25 |
| 6 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 7 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 3 x0.25 |
| 8 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | - |
| 9 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 |
| 10 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 |
| 11 | - | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 |
| 12 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | - | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 13 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | - |
| 14 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | |
| 15 | - | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 |
| 16 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 17 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - |
| 18 | 0 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 19 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 20 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 21 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 |
| 22 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 |
| 23 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | - | - | 2 x0.25 | 3 x0.25 |
| 24 | - | 3 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | - | 1 x0.25 |
| 25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 26 | 0 x0.25 | 0 x0.25 | - | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 27 | 2 x0.25 | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 28 | - | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 |
| 29 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 | - | 3 x0.25 | - |
| 30 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 31 | - | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 |

7.3.2 Compilação dos dados e resultados da avaliação estatística

Para facilitar a visualização, compilamos o resultado final na Tabela 7.19.

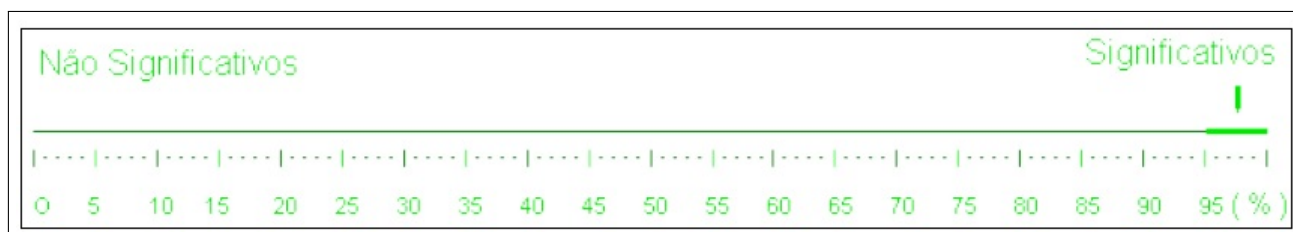
Utilizamos o t-teste para analisar a coluna total da Tabela 7.19. O teste t é um teste paramétrico usado para comparar duas amostras independentes. É independente pois os grupos analisados são distintos. Então, a generalização dos requisitos em diferentes cenários foi comparado em dois sistemas (piloto (para obtenção da versão preliminar do modelo de maturidade) e estudo exploratório (aplicação do modelo em um sistema real)). Para relembrar: A hipótese nula é que as relações observadas são obras do acaso, ou seja: os requisitos não são generalizáveis. A hipótese alternativa é que as relações não são obras do acaso, ou seja: há evidências de que os requisitos são aplicáveis em uma gama maior de domínios ou cenários de aplicação. A Tabela 7.20 mostra o resultado da aplicação do Teste-t.

É possível testar a significância da correlação usando uma ou duas extremidades da distribuição. O teste mais comum de significância é o teste bi-caudal, onde testa-se se

Tabela 7.15 Resultado: respostas dos pesquisadores com soma ponderada

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 | Total |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | - | 0,5 | - | 0,5 | 1,75 |
| 2 | 0,5 | 0,75 | 0 | 0,5 | 0 | 0,5 | 0,25 | 2,5 |
| 3 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | - | 0,5 | 2,75 |
| 4 | 0,75 | 0,75 | 0 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | - | 2,5 |
| 5 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,75 | 3,25 |
| 6 | 0,5 | 0,75 | 0 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 3 |
| 7 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 3,5 |
| 8 | - | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | - | 2 |
| 9 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | - | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 2,5 |
| 10 | 0,75 | 0,75 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 4,25 |
| 11 | - | - | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,5 | 2,5 |
| 12 | 0,75 | 0,75 | - | 0,5 | 0,25 | 0,75 | - | 3 |
| 13 | 0,25 | 0,25 | 0 | 0,5 | 0,5 | - | - | 1,5 |
| 14 | 0,25 | 0 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,25 | | 1,5 |
| 15 | - | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,5 | 2,75 |
| 16 | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | - | 3 |
| 17 | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | - | 2,25 |
| 18 | 0 | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,25 | 0,5 | 0,5 | 2 |
| 19 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,5 | - | 0,5 | 3,25 |
| 20 | 0,5 | 0,5 | 0 | 0,25 | - | 0,5 | 0,5 | 2,25 |
| 21 | 0,75 | 0,75 | 0,25 | - | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 3,5 |
| 22 | 0,75 | 0,5 | 0,25 | - | 0,5 | 0,5 | 0,25 | 2,75 |
| 23 | 0,5 | 0,75 | 0,25 | - | - | 0,5 | 0,75 | 2,75 |
| 24 | - | 0,75 | 0,25 | - | 0,5 | - | 0,25 | 1,75 |
| 25 | 0,25 | 0,25 | 0 | 0,25 | 0,75 | - | 0,5 | 2 |
| 26 | 0 | 0 | - | 0,25 | - | 0,5 | 0,5 | 1,25 |
| 27 | 0,5 | - | 0,25 | 0,5 | 0,5 | - | 0,5 | 2,25 |
| 28 | - | 0 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,75 | 0,5 | 2,75 |
| 29 | 0,5 | 0,5 | - | 0,5 | - | 0,75 | - | 2,25 |
| 30 | 0,75 | 0,75 | 0,5 | - | - | 0,5 | 0,5 | 3 |
| 31 | - | 0,5 | 0,25 | 0,75 | 0,75 | 0,75 | 0,5 | 3,5 |

uma diferença entre grupos ou relacionamentos vai por algum dos caminhos. A Figura 7.5 mostra uma escala que determina o nível de significância.

**Figura 7.5** Teste-t: Nível de significância

Sendo assim, os valores sinalizados em amarelo representam o p valor, ou seja: 0,01 para uni-caudal ou 99% de significância e 0,02 para bi-caudal ou 98% de significância.

Tabela 7.16 Conversão: respostas dos respondentes em escala NPLF

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0 | 1 | - | 2 | 2 | 3 | - |
| 2 | 3 | 2 | 0 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| 3 | 3 | 2 | - | - | 2 | 2 | 2 |
| 4 | 2 | 3 | 0 | - | 1 | 2 | 0 |
| 5 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 2 | - |
| 6 | 3 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 |
| 7 | 2 | 3 | 1 | - | 2 | 3 | 2 |
| 8 | 1 | - | - | - | 1 | 2 | 0 |
| 9 | 1 | - | 1 | - | 2 | 3 | - |
| 10 | 2 | 3 | 2 | 2 | 0 | 3 | 1 |
| 11 | 1 | - | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | 2 | 3 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 |
| 13 | 1 | - | 1 | 3 | 2 | - | - |
| 14 | 1 | 1 | - | 3 | 0 | - | 1 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 16 | 3 | 2 | - | 3 | 1 | 2 | 0 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | - |
| 18 | 0 | 1 | 1 | 3 | 0 | 3 | 1 |
| 19 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | - | 2 |
| 20 | 3 | 2 | 1 | - | 1 | 2 | 0 |
| 21 | 2 | 3 | 1 | - | 2 | 3 | - |
| 22 | 2 | 2 | - | 2 | 0 | 3 | 1 |
| 23 | 3 | 3 | 1 | 2 | 2 | - | 2 |
| 24 | 2 | 3 | - | - | 1 | 2 | 0 |
| 25 | 1 | 0 | 1 | - | 2 | 2 | - |
| 26 | 1 | 0 | 1 | - | 0 | 2 | 1 |
| 27 | 1 | 0 | 1 | - | 2 | 2 | 2 |
| 28 | 1 | 1 | - | 2 | 1 | 2 | 0 |
| 29 | 3 | 2 | 1 | - | 2 | 3 | - |
| 30 | 3 | 2 | - | - | 0 | 3 | 1 |
| 31 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | - | 2 |

Como estes valores são menores do que o limite de 0,05, houve evidência suficientemente forte para provar que a hipótese nula é falsa, ou seja: há evidências de que as relações observadas não foram obras do caso. Com isso percebemos que, apesar da mudança de sistemas e domínios de aplicação, os requisitos mantiveram-se elegíveis, ou seja, suficientes, sendo, estatisticamente, utilizáveis em uma gama maior de cenários ou domínios. Porém, o tamanho da amostra pode impactar nos resultados.

7.4 AVALIAÇÃO 3: ASPECTOS ESTRUTURAIS DO MODELO

A terceira forma para avaliar o Amortisse foi analisá-lo com base em aspectos estruturais da proposta, baseando-se em atividades e produtos específicos gerados durante as fases de desenvolvimento desta proposta. Estes aspectos representam alguns requisitos que a proposta pode contemplar a fim de torná-la mais íntegra e com rigor e foram observados em alguns modelos encontrados na revisão sistemática da literatura sobre os modelos de maturidade (MONTEIRO; MACIEL, 2019). Estes aspectos, que foram definidos pelo

Tabela 7.17 Conversão: respostas dos respondentes com soma ponderada

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 2 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 |
| 3 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 4 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 0 x0.25 | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 5 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - |
| 6 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 |
| 7 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 |
| 8 | 1 x0.25 | - | - | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 9 | 1 x0.25 | - | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 10 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 |
| 11 | 1 x0.25 | - | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 12 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 13 | 1 x0.25 | - | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | - |
| 14 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | - | 3 x0.25 | 0 x0.25 | - | 1 x0.25 |
| 15 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 16 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | 3 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 17 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 18 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 |
| 19 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 20 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 21 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 22 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 |
| 23 | 3 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |
| 24 | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - | - | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 25 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | - |
| 26 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | - | 0 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 |
| 27 | 1 x0.25 | 0 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 2 x0.25 | 2 x0.25 |
| 28 | 1 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 2 x0.25 | 0 x0.25 |
| 29 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | - | 2 x0.25 | 3 x0.25 | - |
| 30 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | - | 0 x0.25 | 3 x0.25 | 1 x0.25 |
| 31 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | 1 x0.25 | 3 x0.25 | 2 x0.25 | - | 2 x0.25 |

autor deste trabalho, podem variar a depender do que se espera do modelo avaliado. Buscamos responder com estes aspectos a seguinte questão de pesquisa: (Q1) A proposta contempla os principais aspectos estruturais de um modelo de maturidade?

Esta avaliação foi submetida para os pesquisadores e especialistas avaliarem (os mesmos do estudo piloto e exploratório/descritivo, na empresa, totalizando 14 participantes). A Figura 7.6 mostra as etapas e os artefatos gerados nesta avaliação.

Com os aspectos definidos, uma escala de medição para avaliar o aspecto deve ser definida. A escala de medição pode variar de 3 a 5 pontuações ou aspectos qualitativos. Após a coleta das respostas, uma medida de tendência central deve ser definida, como média ou moda. Os aspectos que foram definidos são apresentados a seguir.

- Estrutura do documento: avalia como o modelo está estruturado em termos de facilidade de compreensão, clareza na exposição do tema e diferenciais;
- Escopo: avalia em que profundidade é abordada o tema de Interoperabilidade;

Tabela 7.18 Resultado: respostas dos respondentes com soma ponderada

| ID | Resp. 1 | Resp. 2 | Resp. 3 | Resp. 4 | Resp. 5 | Resp. 6 | Resp. 7 | Total |
|----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| 1 | 0 | 0.25 | - | 0.50 | 0.50 | 0.75 | - | 2.0 |
| 2 | 0.75 | 0.50 | 0 | 0.50 | 0 | 0.75 | 0.25 | 2.75 |
| 3 | 0.75 | 0.50 | - | - | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 2.75 |
| 4 | 0.50 | 0.75 | 0 | - | 0.25 | 0.50 | 0 | 2.0 |
| 5 | 0.25 | 0 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | - | 2.25 |
| 6 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0 | 0.50 | 0.25 | 2.75 |
| 7 | 0.50 | 0.75 | 0.25 | - | 0.50 | 0.75 | 0.50 | 3.25 |
| 8 | 0.25 | - | - | - | 0.25 | 0.50 | 0 | 1.0 |
| 9 | 0.25 | - | 0.25 | - | 0.50 | 0.75 | - | 1.75 |
| 10 | 0.50 | 0.75 | 0.50 | 0.50 | 0 | 0.75 | 0.25 | 3.25 |
| 11 | 0.25 | - | 0.25 | 0.75 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 2.75 |
| 12 | 0.50 | 0.75 | 0.25 | 0.75 | 0.25 | 0.50 | 0 | 3.0 |
| 13 | 0.25 | - | 0.25 | 0.75 | 0.50 | - | - | 1.75 |
| 14 | 0.25 | 0.25 | - | 0.75 | 0 | - | 0.25 | 1.5 |
| 15 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 2.75 |
| 16 | 0.75 | 0.50 | - | 0.75 | 0.25 | 0.50 | 0 | 2.75 |
| 17 | 0 | 0.25 | 0.25 | 0.75 | 0.50 | 0.75 | - | 2.5 |
| 18 | 0 | 0.25 | 0.25 | 0.75 | 0 | 0.75 | 0.25 | 2.25 |
| 19 | 0.50 | 0.75 | 0.25 | 0.50 | 0.50 | - | 0.50 | 3.0 |
| 20 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | - | 0.25 | 0.50 | 0 | 2.25 |
| 21 | 0.50 | 0.75 | 0.25 | - | 0.50 | 0.75 | - | 2.75 |
| 22 | 0.50 | 0.50 | - | 0.50 | 0 | 0.75 | 0.25 | 2.5 |
| 23 | 0.75 | 0.75 | 0.25 | 0.50 | 0.50 | - | 0.50 | 3.25 |
| 24 | 0.50 | 0.75 | - | - | 0.25 | 0.50 | 0 | 2.0 |
| 25 | 0.25 | 0 | 0.25 | - | 0.50 | 0.50 | - | 1.5 |
| 26 | 0.25 | 0 | 0.25 | - | 0 | 0.50 | 0.25 | 1.25 |
| 27 | 0.25 | 0 | 0.25 | - | 0.50 | 0.50 | 0.50 | 2.0 |
| 28 | 0.25 | 0.25 | - | 0.50 | 0.25 | 0.50 | 0 | 1.75 |
| 29 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | - | 0.50 | 0.75 | - | 2.75 |
| 30 | 0.75 | 0.50 | - | - | 0 | 0.75 | 0.25 | 2.25 |
| 31 | 0.75 | 0.50 | 0.25 | 0.75 | 0.50 | - | 0.50 | 3.25 |

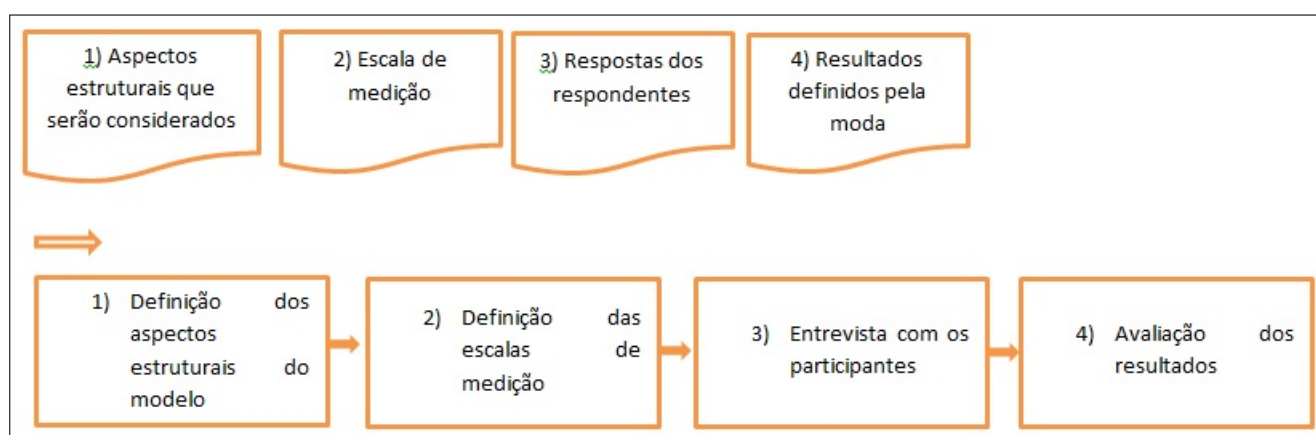


Figura 7.6 Avaliação 3: etapas e artefatos

Tabela 7.19 Compilado dos resultados: piloto e estudo exploratório

| Piloto | | Survey | |
|--------|-------|--------|-------|
| ID | Total | ID | Total |
| 1 | 1,75 | 1 | 2.0 |
| 2 | 2,5 | 2 | 2.75 |
| 3 | 2,75 | 3 | 2.75 |
| 4 | 2,5 | 4 | 2.0 |
| 5 | 3,25 | 5 | 2.25 |
| 6 | 3 | 6 | 2.75 |
| 7 | 3,5 | 7 | 3.25 |
| 8 | 2 | 8 | 1.0 |
| 9 | 2,5 | 9 | 1.75 |
| 10 | 4,25 | 10 | 3.25 |
| 11 | 2,5 | 11 | 2.75 |
| 12 | 3 | 12 | 3.0 |
| 13 | 1,5 | 13 | 1.75 |
| 14 | 1,5 | 14 | 1.5 |
| 15 | 2,75 | 15 | 2.75 |
| 16 | 3 | 16 | 2.75 |
| 17 | 2,25 | 17 | 2.5 |
| 18 | 2 | 18 | 2.25 |
| 19 | 3,25 | 19 | 3.0 |
| 20 | 2,25 | 20 | 2.25 |
| 21 | 3,5 | 21 | 2.75 |
| 22 | 2,75 | 22 | 2.5 |
| 23 | 2,75 | 23 | 3.25 |
| 24 | 1,75 | 24 | 2.0 |
| 25 | 2 | 25 | 1.5 |
| 26 | 1,25 | 26 | 1.25 |
| 27 | 2,25 | 27 | 2.0 |
| 28 | 2,75 | 28 | 1.75 |
| 29 | 2,25 | 29 | 2.75 |
| 30 | 3 | 30 | 2.25 |
| 31 | 3,5 | 31 | 3.25 |

- Pré-requisitos do processo: objetiva analisar quais são as atividades preliminares a serem executadas antes do início da condução do processo;
- Envolvimento da alta administração: Esse aspecto tem como propósito avaliar como a alta administração é envolvida no processo;
- Identificação dos componentes: avalia quais critérios o modelo adota para identificação dos componentes e elementos constituintes;
- Análise dos controles empregados atualmente: avalia se o modelo considera os controles já empregados antes de efetuar a determinação da interoperabilidade, ou seja: se o sistema em questão ou organização utilizou alguma medição de maturidade.
- Análise do impacto no ambiente: verificar como o modelo trata a questão do impacto no ambiente organizacional e se este modelo emprega técnicas qualitativas ou quantitativas para mensuração do impacto;

Tabela 7.20 Resultado: Teste-t

| | Variável 1 | Variável 2 |
|--------------------------------|-------------|------------|
| Média | 2,572580645 | 2,370968 |
| Variância | 0,467473118 | 0,382796 |
| Observações | 31 | 31 |
| Hipótese da diferença de média | 0 | |
| gl | 59 | |
| Stat t | 2,449097918 | |
| P(T<=t) uni-caudal | 0,010189884 | |
| t crítico uni-caudal | 1,697260887 | |
| P(T<=t) bi-caudal | 0,020379768 | |
| t crítico bi-caudal | 2,042272456 | |

- Determinação da maturidade: avaliar quais critérios o modelo emprega para a determinação da maturidade;
- Continuidade do processo: avalia se o modelo trata a continuidade do processo de avaliação.

As escalas de medição utilizadas para a avaliação da proposta foram adaptadas da escala Likert de três pontos: (i) 0%, para requisito não atendido: a proposta não aborda o tema; (ii) 50%, parcialmente, com ressalvas: o requisito foi abordado, porém com alguns aspectos negativos que merecem ser analisados; e (iii) 100%, requisito plenamente atendido: o requisito foi atingido completamente, sem ressalvas.

A Tabela 7.21 mostra os resultados. Em cada linha temos os aspectos que foram analisados pelos participantes e as colunas representam as respostas de cada participante. O resultado pode ser visto na última coluna, que é a medida de tendência central, moda.

Utilizamos a moda como medida de tendência central: ou seja, um valor que resume o grupo de observações. Embora a média (o valor médio de um conjunto de números) e a mediana (o número do ponto médio de um grupo de dados) sejam usadas com mais frequência, a moda (o número que aparece com mais frequência num conjunto de valores) pode ser útil também, por resumir as observações.

Com base no resultado da moda (Tabela 7.21, última coluna), no quesito *estrutura do documento*, a proposta utiliza uma metodologia sucinta que possui uma linguagem clara e de fácil entendimento, apresentando os conceitos e definições de cada fase, atividade e tarefa. Para cada etapa as entradas e as saídas geradas são estabelecidas, garantindo consistência do documento e encadeamento das atividades. Apesar disso, a proposta é falha por não apresentar muitos detalhes técnicos quanto à implementação, apesar de informar as ferramentas utilizadas. Este aspecto obteve 50% (parcialmente atendido).

Em relação ao *escopo*, a proposta fornece um guia pertinente ao tema de forma mais ampla, entregando inclusive, uma lista pré-definida dos componentes que derivarão os requisitos de cada dimensão de interoperabilidade. Este aspecto obteve 100% (totalmente atendido).

Tabela 7.21 Resultado: Aspectos do AMORTISSE

| Aspectos | Piloto | | | | | | | Survey | | | | | | | Moda Geral | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|------|
| | Resp 1 | Resp 2 | Resp 3 | Resp 4 | Resp 5 | Resp 6 | Resp 7 | Resp 8 | Resp 9 | Resp 10 | Resp 11 | Resp 12 | Resp 13 | Resp 14 | | |
| Estrutura do documento | 50% | 100% | 50% | 50% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Escopo | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | 100% |
| Pré-requisitos do processo | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Envolvimento da alta administração | 0% | 50% | 0% | 0% | 50% | 50% | 50% | 0% | 50% | 50% | 0% | 50% | 50% | 0% | 50% | |
| Identificação dos componentes | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Análise dos controles empregados atualmente | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | 50% | 50% | 0% | 100% | 100% | 100% | 50% | 50% | 100% | |
| Análise do impacto no ambiente | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 50% | 50% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| Determinação da maturidade | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| Continuidade do processo | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 50% | 50% | 0% | 50% | |

Os *pré-requisitos do processo* na proposta, são abordados em maior profundidade, indicando o que é necessário ter antes de dar seguimento ao modelo. Devido a isto, este aspecto obteve 100% (totalmente atendido).

A proposta não enfatiza a questão do *envolvimento da alta administração* durante a condução do processo. É possível notar que a alta administração assume um papel passivo, ou seja, ela deve fornecer os subsídios necessários para condução do processo e absorver os resultados, porém não atua ativamente nas atividades. Então, este aspecto foi parcialmente coberto na proposta (50%).

Na *identificação dos componentes* a proposta mostra uma lista de componentes que podem ser utilizados, bem como os requisitos que foram derivados. Este aspecto obteve 100% (totalmente atendido).

A proposta é eficaz no aspecto de *analisar os controles empregados atualmente*, visto que indica a maturidade atual, mostrando como o ambiente está em relação à interoperabilidade, logo, sinaliza o que já tem implementado. Então, este aspecto está totalmente atendido (100%).

A *análise de impacto no ambiente* não é abarcado pela proposta. Sendo assim este aspecto obteve 0% na moda.

A proposta aborda o aspecto de *determinação da maturidade* como um dos benefícios, pois de um determinado ponto de partida, ou seja, maturidade atual, a proposta indica o requisitos que devem ser tratados a fim de evolução. Então, este aspecto obteve 100% (totalmente atendido).

Por fim, o aspecto de *continuidade do processo* é abordado na fase manutenção, indicando a evolução do modelo. Apesar desta fase ser apresentada no trabalho, a forma de executar pode variar a depender do domínio ou cenário analisado, então este aspecto obteve 50% de pontuação (parcialmente atendido).

De acordo com o resultado resumido, Tabela 7.22, existem questões a serem melhoradas na proposta, principalmente o aspecto com realce em vermelho, respondendo a questão de pesquisa.

Tabela 7.22 Resumo do resultado: Aspectos do AMORTISSE

| Aspectos | Moda Geral |
|---|------------|
| Estrutura do documento | 50% |
| Escopo | 100% |
| Pré-requisitos do processo | 100% |
| Envolvimento da alta administração | 50% |
| Identificação dos componentes | 100% |
| Análise dos controles empregados atualmente | 100% |
| Análise do impacto no ambiente | 0% |
| Determinação da maturidade | 100% |
| Continuidade do processo | 50% |

7.5 LIMITAÇÕES E AMEAÇAS À VALIDADE

Apesar de seguirmos metodologias bem definidas nestas avaliações, algumas ameaças potenciais podem limitar a validade de nossos resultados, sendo as mais importantes listadas abaixo.

A validade de construção considera os relacionamentos entre a teoria e a observação (WOHLIN et al., 2012). Sendo assim, apesar do cuidado com o projeto do piloto e do estudo exploratório/descritivo, algumas ameaças podem surgir. Os fatores humanos podem ter interferido no resultado, seja por suposição da hipótese, seja por falta de interesse.

Já a validade interna define se o relacionamento observado entre o tratamento e o resultado é causal, e não é resultado da influência de outro fator (WOHLIN et al., 2012). Então, possíveis ameaças que podem incidir neste trabalho são: (i) efeito da expectativa do experimentador, por existir uma interação com os participantes; (ii) instrumentação, com utilização ou instrumento inadequado; (iii) seleção, por questões de divisão dos grupos.

A validade de conclusão está relacionada à habilidade de chegar a uma conclusão correta a respeito dos relacionamentos entre o tratamento e o resultado do estudo (WOHLIN et al., 2012). Então envolve a análise e interpretação estatística do resultado. Acreditamos que os métodos estatísticos para a avaliação do modelo foram implementados corretamente, bem como seus resultados. Porém, a relação da escolha do teste estatístico versus tamanho da amostra pode acarretar em resultados imprecisos.

Por fim, a validade externa define condições que limitam a habilidade de generalizar os resultados de um experimento para a prática industrial (WOHLIN et al., 2012). Sendo assim, as ameaças *participantes* e *tempo*, podem afetar os resultados, pois o tamanho da amostra pode gerar resultados inexpressivos e as restrições de tempo na realização dos estudos podem suprimir alguns resultados.

7.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O AMORTISSE foi submetido a três tipos de avaliação: (i) aplicabilidade, que objetivou verificar se o modelo era operacionalizável e capaz de evoluir; (ii) reutilização dos requisitos - generalização, onde os requisitos foram avaliados quanto a possibilidade de serem aplicados em outros domínios/cenários; (iii) aspectos estruturais, através da definição de pontos de análise, com a finalidade de uma avaliação geral da proposta. Desta forma obtivemos o modelo que tem seu conteúdo e metodologia justificável, onde os artefatos são explicáveis, permitindo comparação com outros modelos e facilitando sua reprodução. Buscamos também suprir algumas oportunidades de pesquisa que foram obtidas no mapeamento (MONTEIRO; MACIEL, 2019) , como evitar a linearidade do modelo, torná-lo mais flexível e mutável, bem como aplicável em uma gama maior de domínios. O capítulo seguinte apresenta as conclusões obtidas com este trabalho de doutorado e indicações de trabalhos futuros.

CONCLUSÃO

Esta tese de doutorado apresentou o Amortisse, um modelo de maturidade para mensurar a interoperabilidade em sistemas de *Software*. Inicialmente realizamos um estudo piloto com sete pesquisadores a fim de obtenção do Amortisse, bem como avaliar os componentes e requisitos extraídos de cada nível de interoperabilidade. O desenvolvimento do Modelo de Maturidade para a interoperabilidade em sistemas seguiu um processo de desenvolvimento e exigiu um processo de investigação e estudo sobre as práticas comumente utilizadas. A metodologia nos conduziu a obtenção de um modelo onde os pressupostos teóricos são explicáveis, podendo indicar um modelo fundamentado. O modelo foi desenvolvido e estruturado para alcançar confiança e credibilidade. O embasamento teórico originou-se de uma investigação da literatura. O modelo ainda pode ser utilizado por diferentes tipos de organizações, sendo um instrumento para orientar e direcioná-las quanto a sua capacidade de interoperar em níveis mais altos.

Após a definição da metodologia e obtenção do Amortisse, realizamos um estudo de um sistema em uma empresa a fim de avaliar o modelo em três perspectivas: (i) *aplicabilidade*, operacionalizando o Amortisse em um sistema de uma empresa e o aplicando em um outro cenário, diferente do criado a fim de verificar sua implementação e evolução. (ii) *reutilização dos requisitos - generalização*, onde os requisitos foram testados em cenários diferentes, computando suas incidências em cenários distintos. (iii) *aspectos estruturais*, onde a proposta foi avaliada com base em aspectos definidos pelo autor deste trabalho.

Após estas avaliações é possível perceber que o Amortisse foi capaz de mensurar a interoperabilidade dos sistemas avaliados, respondendo a Q1 e auxiliar a determinação de quais requisitos de interoperabilidade devem ser obtidos a fim de evolução em níveis de interoperabilidade, respondendo assim a questão de pesquisa Q2. Por fim, percebemos que o estabelecimento de uma metodologia bem definida, onde seus pressupostos são explicáveis, como os componentes, requisitos, técnicas de composição do modelo e abordagens para seu *design*, foram importantes para que o Amortisse surgisse, logo, a questão Q3 foi respondida.

Apesar deste trabalho contemplar vários aspectos de um modelo de maturidade para a interoperabilidade, ainda existem oportunidades de melhorias, como por exemplo, priorizar os requisitos a fim de definir a importância em um determinado cenário ou domínio. Deste forma, sugerimos as seguintes direções de pesquisa para exploração futura:

- *Criação de um framework para desenvolvimento do modelo.* O processo de criação do modelo é manual, então entendemos que a criação de um *framework* para automatizar estas etapas de criação aprimoraria o trabalho.
- *Generalização do modelo.* Não foi objetivo do trabalho criar um modelo genérico, de uso geral, no entanto, um estudo de generalização pode ser realizado, caso se deseje criar um modelo genérico.
- *Incremento dos requisitos.* Uma das saídas deste trabalho foi uma lista preliminar dos requisitos, que representam as dimensões de interoperabilidade. Esta lista é passível de atualização para diferentes domínios a fim de torná-la mais completa.
- *Execução de novos estudos de casos e experimentos.* Consideramos pertinente a realização de novos estudos para avaliar e melhorar a abordagem proposta.
- *Definição e criação de recursos de rastreabilidade.* A rastreabilidade entre os artefatos é fundamental para a evolução de um modelo ou sistema. Acreditamos relevante implementar esse recurso na abordagem proposta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. *ABNT NBR ISO 9004:2010*. 2010. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=58346>. Acesso em: 13 mai. 2019.

ACCENTURE. *Accenture Technology Vision 2013*. 2013. Disponível em: https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/Microsites/Documents8/Accenture-Technology-Vision-2013.pdf.

ASUNCION, C.; van Sinderen, M. Pragmatic interoperability: A systematic review of published definitions. In: BERNUS, P.; DOUMEINGTS, G.; FOX, M. (Ed.). *IFIP TC5 International Conference on Enterprise Architecture, Integration and Interoperability, EAI2N 2010, held as part of WCC 2010*. [S.l.]: Springer, 2010. (IFIP Advances in Information and Communication Technology), p. 164–175. ISBN 978-3-642-15508-6. 10.1007/978-3-642-15509-3.

ASUNCION, C. H. Pragmatic interoperability in the enterprise-a research agenda. In: *CAiSE (Doctoral Consortium)*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 3–14.

BACK, A.; HAAGER, C. Assessing degrees of web-2.0-ness for websites: Model and results for product websites in the pharmaceutical industry. In: *Bled eConference*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 48.

BASILI, V.; CALDEIRA, G. Goal question metric paradigm. 1994. *Citado na*, p. 46, 1994.

BECKER, J.; KNACKSTEDT, R.; PÖPPELBUSS, J. Developing maturity models for it management. *Business & Information Systems Engineering*, Springer, v. 1, n. 3, p. 213–222, 2009.

BEMOWSKI, K. Baldrige award celebrates its 10th birthday with a new look. *QUALITY PROGRESS — Quality*, v. 29, n. 12, p. 49–54, 1996. Disponível em: <http://asq.org/qic/display-item/index.html?item=13140>. Acesso em: 13 mai. 2019.

BENTLEY, W. R.; TEEGUARDEN, D. E. Financial maturity: a theoretical review. In: *Economics of Forestry*. [S.l.]: Routledge, 2018. p. 67–78.

BESSANT, J.; CAFFYN, S.; GALLAGHER, M. An evolutionary model of continuous improvement behavior. *Technovation*, v. 21, p. 67–77, 02 2001.

BOSCARIOLI, C.; ARAUJO, R. M. D.; MACIEL, R. S. P. I grandsi-br grand research challenges in information systems in brazil 2016-2026. SBC-Sociedade Brasileira de Computação, 2017.

BRUIN, T. de et al. Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. *Australasian Conference on Information Systems*, 01 2005.

CARVALHO, J. V. et al. A maturity model for hospital information systems. *Journal of Business Research*, Elsevier, v. 94, p. 388–399, 2019.

Carvalho, J. V. et al. Development methodology of the hismm maturity model. In: *2017 12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–7.

CLEVEN, A. K. et al. Process management in hospitals: an empirically grounded maturity model. *Business Research*, v. 7, n. 2, p. 191–216, Oct 2014. ISSN 2198-2627. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40685-014-0012-x>.

CORREA. *Metodologia para aferição do nível de maturidade associado à interoperabilidade técnica nas áreas de Governo Eletrônico*. Dissertação (Mestrado), 2012. CE-ATEC - Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/525>.

COSIC, R.; SHANKS, G.; MAYNARD, S. Towards a business analytics capability maturity model. In: ACIS. *ACIS 2012: Location, Location, Location: Proceedings of the 23rd Australasian Conference on Information Systems 2012*. [S.l.], 2012. p. 1–11.

CROSBY, P. B. Book. *Quality is free : the art of making quality certain / Philip B. Crosby*. [S.l.]: McGraw-Hill New York, 1979. ix, 309 p. ; p. ISBN 0451625854 0070145121.

DAMSGAARD, J.; SCHEEPERS, R. Managing the crises in intranet implementation: a stage model. *Information Systems Journal*, Wiley Online Library, v. 10, n. 2, p. 131–149, 2000.

DAVENPORT, T.; HARRIS, J. *Competing on Analytics: Updated, with a New Introduction: The New Science of Winning*. [S.l.]: Harvard Business Press, 2017.

DELOITTE. *Benchmarking the top 200 in online retail*. 2012. Disponível em: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/consumer-business/deloitte-nl-european-ecommerce-assessment-2012.pdf>.

DESOURDIS, R. I. *Achieving interoperability in critical IT and communication systems*. [S.l.]: Artech House, 2009.

DUANE, A. M.; OREILLY, P. A conceptual stages of growth model for managing an organization's social media business profile (smbp). 2012.

FIELD, A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. [S.l.]: sage, 2013.

FILHO, A. C. d. P. A. *Impacto da interoperabilidade na eficiência de processos inter-governamentais de governo eletrônico: O caso da matrícula escolar no Estado de São Paulo*. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012.

- FISS, P. C. Building better causal theories: A fuzzy set approach to typologies in organization research. *Academy of Management journal*, Academy of Management Briarcliff Manor, NY, v. 54, n. 2, p. 393–420, 2011.
- GALIN, D. *Software quality assurance: from theory to implementation*. [S.l.]: Pearson Education India, 2004.
- GIBSON, C. F.; NOLAN, R. L. *Managing the four stages of EDP growth*. [S.l.]: Harvard Business Review, 1974.
- GIL, A. Como elaborar projetos de pesquisa (6^a. edição). *São Paulo: Atlas*, 2018.
- GITHUB. *GitHUB Repositório*. 2017. Disponível em: https://github.com/hofstede-matheus/soa_pragmatico. Acesso em: 20 mai. 2019.
- GODFREY, S. What is cmmi. *NASA presentation*, 2008.
- GROUP, A. W. *Levels of Information Systems Interoperability (LISI)*. [S.l.: s.n.], 1998. 139 p.
- ISO. 2012.
- JIS. *Japanese Industrial Standards*. 2005. Disponível em: <https://www.jisc.go.jp/eng/>. Acesso em: 13 mai. 2019.
- JOSHI, A. et al. Likert scale: Explored and explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, SCIENCEDOMAIN International, v. 7, n. 4, p. 396, 2015.
- KALE, V. *Digital Transformation of Enterprise Architecture*. [S.l.]: CRC Press, 2019.
- KASUNIC, M. *Measuring systems interoperability: Challenges and opportunities*. [S.l.], 2001.
- KERZNER, H. *Using the project management maturity model: strategic planning for project management*. [S.l.]: Wiley, 2019.
- KIM, D. Y.; KUMAR, V.; MURPHY, S. A. European foundation for quality management business excellence model: An integrative review and research agenda. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 27, n. 6, p. 684–701, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/02656711011054551>.
- KING, J. L.; KRAEMER, K. L. Evolution and organizational information systems: an assessment of nolan's stage model. *Communications of the ACM*, ACM, v. 27, n. 5, p. 466–475, 1984.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, v. 33, n. 2004, p. 1–26, 2004.

KITCHENHAM, B.; MENDES, E.; TRAVASSOS, G. H. A systematic review of cross-vs. within-company cost estimation studies. In: BCS LEARNING & DEVELOPMENT LTD. *Proceedings of the 10th international conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*. [S.l.], 2006. p. 81–90.

LACERDA, T. C.; WANGENHEIM, C. G. von. Systematic literature review of usability capability/maturity models. *Computer Standards & Interfaces*, Elsevier, v. 55, p. 95–105, 2018.

LAHRMANN, G. et al. Inductive design of maturity models: applying the rasch algorithm for design science research. In: SPRINGER. *International Conference on Design Science Research in Information Systems*. [S.l.], 2011. p. 176–191.

LEHMKUHL, T.; BAUMÖL, U.; JUNG, R. Towards a maturity model for the adoption of social media as a means of organizational innovation. In: IEEE. *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.], 2013. p. 3067–3076.

LIU, X. *Using and developing measurement instruments in science education: A Rasch modeling approach*. [S.l.]: Iap, 2010.

LOCKAMY, A.; MCCORMACK, K. The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 9, p. 272–278, 09 2004.

LUFTMAN, J. Assessing business-it alignment maturity. In: *Strategies for information technology governance*. [S.l.]: Igi Global, 2004. p. 99–128.

MAIER, A.; MOULTRIE, J.; CLARKSON, P. J. Developing maturity grids for assessing organisational capabilities: Practitioner guidance. In: *4th International Conference on Management Consulting: Academy of Management*. [S.l.: s.n.], 2009.

MCCORMACK, K. et al. A global investigation of key turning points in business process maturity. *Business Process Management Journal*, Emerald Group Publishing Ltd., v. 15, n. 5, p. 792–815, 2009. ISSN 1463-7154.

MEG. 2011. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/historia-do-modelo-de-excelencia-da-gestao/>. Acesso em: 19 jun. 2019.

METTLER, T.; ROHNER, P.; WINTER, R. Towards a classification of maturity models in information systems. In: *Management of the interconnected world*. [S.l.]: Springer, 2010. p. 333–340.

MONTEIRO, E. L.; MACIEL, R. S. P. Maturity models architecture: A large systematic mapping. *iSys-Revista Brasileira de Sistemas de Informação*, v. 12, n. 1, 2019.

MULLALY, M. If maturity is the answer, then exactly what was the question? *International Journal of Managing Projects in Business*, v. 7, n. 2, p. 169–185, 2014.

OSTADZADEH, S.; SHAMS, F. Towards a software architecture maturity model for improving ultra-large-scale systems interoperability. *arXiv preprint arXiv:1401.5752*, 2014.

PAULK, M. Capability maturity model for software. *Encyclopedia of Software Engineering*, Wiley Online Library, 2002.

PLATTFAUT, R. et al. Development of bpm capabilities-is maturity the right path. In: *Proceedings of the 19th European Conference on Information Systems (ECIS 2011)*, eds. Tuunainen Virpi Kristiina, Nandhakumar Joe, Rossi Matti, Soliman W., paper. [S.l.: s.n.], 2011. v. 27.

POEPPELBUSS, J. et al. Maturity models in information systems research: Literature search and analysis. *CAIS*, v. 29, n. 1, p. 1–15, 2011.

RABER, D.; WORTMANN, F.; WINTER, R. Situational business intelligence maturity models: An exploratory analysis. In: IEEE. *2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences*. [S.l.], 2013. p. 3797–3806.

RENDON, R. G.; GARRETT, G. A. *Managing Contracts in Turbulent Times: The Contract Management Maturity Model*. Calhoun, 2005. Disponível em: <https://calhoun.nps.edu/handle/10945/40370>.

RENKEN, J. Developing an [is/ict] management capability maturity framework. In: SOUTH AFRICAN INSTITUTE FOR COMPUTER SCIENTISTS AND INFORMATION TECHNOLOGISTS. *Proceedings of the 2004 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries*. [S.l.], 2004. p. 53–62.

RIBEIRO, E. L. F. et al. A conceptual framework for pragmatic interoperability. In: *Proceedings of the XV Brazilian Symposium on Information Systems*. New York, NY, USA: ACM, 2019. (SBSI'19), p. 36:1–36:8. ISBN 978-1-4503-7237-4. Disponível em: <http://doi.acm.org/10.1145/3330204.3330246>.

RÖGLINGER, M.; PÖPPELBUSS, J.; BECKER, J. Maturity models in business process management. *Business process management journal*, Emerald Group Publishing Limited, v. 18, n. 2, p. 328–346, 2012.

ROYCE, W. [cmm vs. cmmi]: from conventional to modern software management. 01 2002.

SANTOS, G. et al. Mps. br program and mps model: main results, benefits and beneficiaries of software process improvement in brazil. In: IEEE. *2012 Eighth International Conference on the Quality of Information and Communications Technology*. [S.l.], 2012. p. 137–142.

SANTOS-NETO, J. B. S. d.; COSTA, A. P. C. S. Enterprise maturity models: a systematic literature review. *Enterprise Information Systems*, Taylor & Francis, v. 13, n. 5, p. 719–769, 2019.

SAYÃO, L. F.; MARCONDES, C. H. O desafio da interoperabilidade e as novas perspectivas para as bibliotecas digitais. *Transinforma*, sciELO, v. 20, p. 133 – 148, 08 2008. ISSN 0103-3786. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-37862008000200002&nrm=iso.

SINGH, P. J.; SMITH, A. An empirically validated quality management measurement instrument. *Benchmarking: An International Journal*, v. 13, n. 4, p. 493–522, 2006.

SOLLI-SÆTHER, H.; GOTTSCHALK, P. The modeling process for stage models. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, Taylor & Francis, v. 20, n. 3, p. 279–293, 2010.

STADEN, J. M. S. V. The information systems interoperability maturity model (isimm): Towards standardizing technical interoperability and assessment within government. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, v. 4, p. 36, 2012.

STEENBERGEN, M. van et al. Improving is functions step by step: the use of focus area maturity models. *Scandinavian J. Inf. Systems*, v. 25, n. 2, p. 2, 2013.

TEAM, C. P. Cmmi for acquisition, version 1.3. *CMU SEI, Nov-2010*, 2010.

TURNITSA, C. D. Applying the levels of conceptual interoperability model in support of integratability, interoperability, and composability for system-of-systems engineering. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 2007.

VEN, A.; POOLE, M. Explaining development and change in organizations. *The Academy of Management Review*, v. 20, 07 1995.

WENDLER, R. The maturity of maturity model research: A systematic mapping study. *Information and software technology*, Elsevier, v. 54, n. 12, p. 1317–1339, 2012.

WOHLIN, C. et al. *Experimentation in software engineering*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

Apêndice

A

**ITENS DOS REQUISITOS: INTEROPERABILIDADE
ORGANIZACIONAL**

| ID | Requisitos | Extremamente difícil | Difícil | Sem opinião | Fácil | Extremamente fácil |
|----|--|----------------------|---------|-------------|-------|--------------------|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 10 | As intenções organizacionais, como regras de negócios e políticas organizacionais, são definidas de forma clara e explícita. | | | | | |
| 11 | Um padrão para representar a intenção organizacional é estabelecido de forma inequívoca. | | | | | |
| 12 | Um padrão para representar intenções organizacionais é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração. | | | | | |
| 13 | Um canal contínuo de comunicação entre as partes envolvidas é estabelecido. | | | | | |
| 14 | Responsabilidades e acordos são estabelecidos entre as partes envolvidas. | | | | | |
| 15 | Responsabilidades e acordos são realizados, negociados e monitorados pelas partes envolvidas. | | | | | |
| 16 | Informações sobre o uso de serviços (quem, como, onde, quando) são armazenados e compartilhados. | | | | | |
| 17 | O contexto dos colaboradores (social, cultural, espaço de trabalho e assim por diante) é definido de maneira clara e explícita. | | | | | |
| 18 | Um padrão para representar o contexto dos colaboradores é estabelecido de forma inequívoca. | | | | | |
| 19 | O padrão para representar o contexto dos colaboradores é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas em colaboração. | | | | | |
| 20 | Os mecanismos para apoiar o estabelecimento de confiança entre as partes envolvidas são estabelecidos. | | | | | |
| 21 | As intenções organizacionais são enriquecidas com informações históricas sobre o uso de recursos compartilhados e sobre o contexto dos colaboradores, a fim de melhor atender às expectativas das partes envolvidas. | | | | | |

Figura A.1 Interoperabilidade Organizacional

Apêndice

B

**ITENS DOS REQUISITOS: INTEROPERABILIDADE
PRAGMÁTICA**

| ID | Requisitos | Nível de Dificuldade | | | | |
|----|--|----------------------|---------|-------------|-------|--------------------|
| | | Extremamente difícil | Difícil | Sem opinião | Fácil | Extremamente fácil |
| 1 | A mensagem trocada na interação entre sistemas / serviços contém a intenção de uso do receptor; | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| 2 | A intenção da mensagem é clara e explicitamente definida; | | | | | |
| 3 | A mensagem é enviada automaticamente, através de um canal de comunicação estabelecido entre as partes; | | | | | |
| 4 | Um padrão para representar a intenção da mensagem é estabelecido sem ambiguidade; | | | | | |
| 5 | O padrão para representar a intenção de mensagem é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; | | | | | |
| 6 | Efeito de mensagem é compatível com sua intenção; | | | | | |
| 7 | Contexto em que a mensagem trocada é inserida é clara e explicitamente definida; | | | | | |
| 8 | Um padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é inequivocamente estabelecido; | | | | | |
| 9 | O padrão para representar o contexto no qual a mensagem trocada é inserida é entendido e compartilhado pelas partes envolvidas na interação; | | | | | |

Figura B.1 Interoperabilidade Pragmática

Apêndice

C

**ITENS DOS REQUISITOS: INTEROPERABILIDADE
SEMÂNTICA**

| ID | Requisitos | Extremamente difícil | | | | | Extremamente fácil | | | | | | | |
|----|--|----------------------|---|---|---|---|--------------------|---|---|---|---|--|--|--|
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | | | |
| 22 | Os sistemas usam o mesmo símbolo para representar os conceitos disjuntos e que se sobrepõe. | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Os sistemas diferentes usam o mesmo símbolo para representar os conceitos com significados mais gerais (ou específicos). | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | Os sistemas diferentes usam símbolos diferentes para representar o mesmo conceito | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com sobreposição de significados. | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | Os diferentes sistemas usam símbolos diferentes para representar os conceitos com significados mais gerais ou específicos. | | | | | | | | | | | | | |

Figura C.1 Interoperabilidade Semântica

Apêndice

D

**ITENS DOS REQUISITOS: INTEROPERABILIDADE
SINTÁTICA**

| ID | Requisitos | Nível de Dificuldade | | | | |
|----|--|----------------------|---------|-------------|-------|--------------------|
| | | Extremamente difícil | Difícil | Sem opinião | Fácil | Extremamente fácil |
| 27 | São compreendidas as políticas e especificações de infraestrutura de rede. | 5 | | | | |
| 28 | São compreendidas as políticas e especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento do sistema. | | | | | |
| 29 | São compreendidas as políticas e especificações que definem uma maneira uniforme para o trânsito de dados codificados utilizando o XML (<u>Extensible Markup Language</u>). | | | | | |
| 30 | São compreendidas as políticas e especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores segundo linguagens padronizadas. | | | | | |
| 31 | São compreendidas as políticas e especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação | | | | | |

Figura D.1 Interoperabilidade Sintática

QUESTIONÁRIO: AVALIAÇÃO DO MODELO

AVALIAÇÃO DO MODELO

Este questionário foi desenvolvido para avaliação do Modelo Amortisse, de acordo com a percepção do utilizador após sua aplicação. O questionário possui uma série de critérios relacionados à utilidade, consistência, escopo, abrangência, precisão, profundidade, simplicidade, clareza, coerência e instrumentalidade. Para cada critério são propostos quatro níveis de resposta: muito satisfatório, satisfatório, precisa de melhorias, insatisfatório. Por fim, tem-se um espaço para comentários e sugestões.

ENTREVISTADO

- Nome:
- Cargo/função:

UTILIDADE: Como você avalia a utilidade do Amortisse como ferramenta de apoio à seleção e integração das práticas de interoperabilidade das organizações?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

CONSISTÊNCIA: Como você avalia a consistência e a coerência das práticas de interoperabilidade do modelo Amortisse?

- Muito satisfatório
- Satisfatório

- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

ESCOPO: Como você avalia o escopo das dimensões e práticas de interoperabilidade do modelo Amortisse?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

ABRANGÊNCIA: Como você avalia a abrangência do modelo Amortisse, com relação a sua aplicabilidade em empresas de diferentes setores?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

PRECISÃO: Como você avalia o modelo Amortisse com relação à precisão do nível de maturidade de interoperabilidade diagnosticado?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

PROFUNDIDADE: Como você avalia o modelo Amortisse com relação à profundidade do diagnóstico da maturidade organizacional e das proposições de melhorias?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

SIMPLICIDADE: Como você avalia a simplicidade do método e do instrumento de avaliação da maturidade do modelo Amortisse?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

CLAREZA: Como você avalia o modelo Amortisse com relação à clareza dos resultados apresentados, isto é, a facilidade de entendimento por partes dos *stakeholders* da empresa?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

COERÊNCIA: Como você avalia o modelo Amortisse com relação à coerência dos resultados e das proposições de melhorias?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

INSTRUMENTALIDADE: Como você avalia o modelo Amortisse com relação às ferramentas e abordagens utilizadas para sua concepção?

- Muito satisfatório
- Satisfatório
- Precisa de melhorias
- Insatisfatório

Comentários e sugestões:

COMENTÁRIOS: Você tem algum comentário, sugestão ou crítica sobre o modelo Amortisse, sua metodologia, seu método de avaliação ou sobre sua aplicação?

Comentários: