

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE
CAMPINAS**

CEATEC

FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANDREIWID SHEFFER CORRÊA

**METODOLOGIA PARA AFERIÇÃO DO NÍVEL DE
MATURIDADE ASSOCIADO À
INTEROPERABILIDADE TÉCNICA NAS AÇÕES DE
GOVERNO ELETRÔNICO**

**CAMPINAS
2012**

ANDREIWID SHEFFER CORRÊA

**METODOLOGIA PARA AFERIÇÃO DO NÍVEL DE
MATURIDADE ASSOCIADO À
INTEROPERABILIDADE TÉCNICA NAS AÇÕES DE
GOVERNO ELETRÔNICO**

Dissertação apresentada como exigência para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica, ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lia Toledo Moreira Mota

**PUC-CAMPINAS
2012**

Ficha Catalográfica
Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas e
Informação - SBI - PUC-Campinas

t350
C824m

Corrêa, Andreiuid Sheffer.

Metodologia para aferição do nível de maturidade associado à interoperabilidade técnica nas ações de governo eletrônico / Andreiuid Sheffer Corrêa. - Campinas: PUC-Campinas, 2012.
128p.

Orientadora: Lia Toledo Moreira Mota.

Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui bibliografia.

1. Administração pública. 2. Tecnologias da informação. 3. Internet na administração pública. 4. Engenharia de software. I. Mota, Lia Toledo Moreira. II. Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias. Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

22. ed. CDD – t350

ANDREIWID SHEFFER CORRÊA

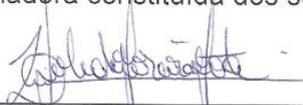
**METODOLOGIA PARA AFERIÇÃO DO NÍVEL DE
MATURIDADE ASSOCIADO À INTEROPERABILIDADE
TÉCNICA NAS AÇÕES DE GOVERNO ELETRÔNICO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Gestão de Redes de Telecomunicações do Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias da Pontifícia Universidade Católica de Campinas como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão de Redes de Telecomunicações.

Área de Concentração: Gestão de Redes e Serviços.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Lia Toledo Moreira Mota

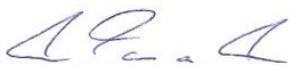
Dissertação defendida e aprovada em 23 de novembro de 2012 pela Comissão Examinadora constituída dos seguintes professores:



Prof.^a Dr.^a Lia Toledo Moreira Mota
Orientadora da Dissertação e Presidente da Comissão Examinadora
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Alexandre de Assis Mota
Pontifícia Universidade Católica de Campinas



Prof. Dr. Anibal Tavares de Azevedo
Universidade Estadual de Campinas

Dedico este trabalho ao meu
filhinho Felipe e a minha
esposa Matilde.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por permitir estar inserido neste contexto onde tenho a oportunidade de avançar na minha instrução.

Agradeço a minha esposa, Matilde, pela compreensão e pelos momentos de suporte.

Agradeço ao meu filhinho Felipe, que nos seus primeiros anos de vida teve que compartilhar alguns momentos da minha atenção para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço à Prof^a. Lia, pela orientação viabilizadora deste trabalho.

Agradeço ao Prof^o. Alexandre Mota, pelos preciosos momentos de ensinamento, os quais me ajudaram a entender a pesquisa científica e despertaram meu interesse pela lógica nebulosa.

Agradeço aos colegas que conheci durante este programa, os quais me propiciaram momentos de descontração para aliviar a intensa rotina de trabalho e estudos.

"Não são as espécies mais fortes que sobrevivem, nem as mais inteligentes, e sim as mais sensíveis à mudança."

Charles Darwin
(1809-1882)

RESUMO

CORRÊA, Andreiuid Sheffer. *Metodologia para Aferição do Nível de Maturidade Associado à Interoperabilidade Técnica nas Ações de Governo Eletrônico*. 2012. 128f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Redes de Telecomunicações) – Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2012.

A implementação desestruturada e não planejada de soluções tecnológicas é fonte de desperdício de recursos e impõe-se como barreira para obtenção dos potenciais benefícios do uso das tecnologias da informação e comunicação. O problema acentua-se quando gestores dessas tecnologias atuam para a administração pública, pois questões estruturais fazem com que este cenário abra espaço para soluções pontuais e transitórias, estritamente proprietárias, experimentais ou fadadas à obsolescência, o que resulta em problemas de interoperabilidade. Desse modo, os possíveis danos extrapolam o sentido financeiro por comprometer o retorno social esperado. Na tentativa de contornar essa questão, vários países vêm desenvolvendo e adotando as arquiteturas de interoperabilidade governamentais para orientar suas ações de governo eletrônico. Essas arquiteturas buscam evidenciar, a partir dos aspectos técnicos, semânticos ou organizacionais, as soluções bem sucedidas e aceitas universalmente, além de refletirem o melhor caminho para a interoperabilidade, segundo o entendimento de cada governo. No entanto, especificamente para o aspecto técnico, não existe um meio para avaliar a efetiva utilização dessas arquiteturas e aferir o quão interoperáveis as soluções se encontram. Este trabalho visa propor um modelo de maturidade para interoperabilidade técnica com o objetivo de medir o uso de padrões de interoperabilidade e auxiliar engenheiros de softwares e de sistemas, assim como profissionais em geral, a direcionar seus esforços no emprego de tecnologias consagradas pelas boas práticas de mercado. Tem-se, como base para a construção do modelo, a arquitetura e-PING, que é o padrão brasileiro de interoperabilidade. Adicionalmente, este trabalho propõe o desenvolvimento e utilização de um sistema baseado em regras que emprega lógica nebulosa para auxiliar no processo de avaliação da aderência ao modelo. Para verificação da viabilidade do modelo e validação do sistema desenvolvido, este trabalho também utiliza um cenário real para servir de base de análise da interoperabilidade.

Termos de indexação: Governo eletrônico. Arquiteturas de interoperabilidade. E-PING. Modelo de maturidade. Lógica nebulosa. Sistema baseado em regras.

ABSTRACT

CORRÊA, Andreiuid Sheffer. *Assessment Methodology for E-Government Technical Interoperability Maturity Level*. 2012. 128f. Dissertação (Mestrado Profissional em Gestão de Redes de Telecomunicações) – Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia Elétrica, Centro de Ciências Exatas, Ambientais e de Tecnologias, Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Campinas, 2012.

The unstructured and unplanned implementation of technological solutions leads to wastage of resources and imposes itself as a barrier to achieving the potential benefits of information technologies and communication. The problem increases when managers who operate these technologies are part of the public administration, as structural issues make this scenario open for merely temporary, strictly proprietary, experimental or doomed to obsolescence solutions, resulting in interoperability problems. Thus, the possible damage extrapolates financial issues and compromise expected social return. In an attempt to avoid this problem, several countries are developing and adopting government interoperability frameworks to guide their actions in electronic government. These architectures expose successful solutions for technical, semantic and organizational dimension of interoperability, and reflect on the best path according to the understanding of its government. However, specifically for the technical dimension, there is no way to evaluate the effectiveness of these architectures and assess how the solutions are interoperable. This work aims to propose a maturity model for technical interoperability in order to assess the use of standards and assist software and systems engineers, as well as professionals in general, to focus their efforts on the use of recommended technologies by good practices. It has been based on e-PING architecture, which is the Brazilian standard for interoperability. In addition, this work proposes the development and use of a rule-based system that implements fuzzy logic to assist evaluation and adherence to the model. To verify model feasibility and validate the developed system, this paper also uses a real scenario as the basis of analysis of interoperability.

Index terms: *Electronic government. Interoperability frameworks. E-PING. Maturity models. Fuzzy logic. Rule-based system.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Proporção entre servidores e colaboradores externos nos órgãos/entidades pesquisados (TCU, 2008).	20
Figura 2.	Interação entre atores nas ações de governo eletrônico alinhada aos tipos de transação.....	28
Figura 3.	Diferenciação dos termos integração, interoperabilidade e compatibilidade.	32
Figura 4.	Sequência lógica para atingir a interoperabilidade.	35
Figura 5.	Distribuição dos padrões pela dimensão e os níveis estabelecidos na e-PING.....	47
Figura 6.	Camadas de interoperabilidade. Adaptado de Desourdis Jr. <i>et al.</i> (2009).	49
Figura 7.	Relacionamento das camadas de interoperabilidade com os segmentos da e-PING (CORREA <i>et al.</i> , 2011).	50
Figura 8.	Crítica e adaptação na ideia de Desourdis Jr. <i>et al.</i> (2009) onde são necessárias apenas seis camadas para trabalhar a interoperabilidade.	52
Figura 9.	Modelo proposto para Interoperabilidade Técnica com as principais especificações da e-PING (CORREA <i>et al.</i> , 2011).	53
Figura 10.	Níveis de maturidade do Modelo de Maturidade Técnica (CORREA <i>et al.</i> , 2011).	54
Figura 11.	Estrutura de detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica.....	57
Figura 12.	Estrutura básica de um sistema especialista baseado em regras. Adaptado de Negnevitsky (2005).	62
Figura 13.	Ilustração das abordagens (a) <i>crisp</i> e (b) <i>nebulosa</i> para o exemplo do “homem alto”, extraído e adaptado de Negnevitsky (2005).	65
Figura 14.	Representação gráfica das funções de pertinência (a) triangular e (b) trapezoidal.	68
Figura 15.	Mecanismo de inferência do método Mamdani em quatro etapas, extraído e adaptado de Negnevitsky (2005).	70
Figura 16.	Gráfico de agregação com exemplos de dados e o centro de gravidade encontrado.	73
Figura 17.	Imprecisão e incerteza presentes no processo de avaliação apoiado pela abordagem <i>nebulosa</i> para aferir o nível de maturidade.	75
Figura 18.	(a) Possível processo de avaliação convencional. (b) Abordagem <i>nebulosa</i> para apoio ao processo de avaliação.....	75
Figura 19.	Ilustração das cinco etapas de funcionamento do sistema <i>Nebulosus</i>	81

Figura 20. Interface inicial do sistema Nebulosus.	81
Figura 21. Interface de definição das variáveis <i>crisp</i>	83
Figura 22. Interface de definição das variáveis nebulosas.	84
Figura 23. Interface de definição dos níveis de maturidade.	86
Figura 24. Interface de definição das regras nebulosas.	87
Figura 25. Interface de entrada dos dados pelo usuário.....	89
Figura 26. Interface de visualização intermediária do processamento das regras nebulosas.....	90
Figura 27. Interface de visualização do processo de defuzzificação.	92
Figura 28. Interface de visualização do processo de defuzzificação.	93
Figura 29. Relatório de avaliação.....	95
Figura 30. Gráfico resumido dos resultados obtidos pela agência.	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Segmentos da e-PING e suas áreas de abrangência (E-PING, 2011).	39
Tabela 2.	Quantitativo de padrões especificados na E-PING (2011).....	40
Tabela 3.	Políticas da arquitetura a serem adaptadas para especificações explícitas.	48
Tabela 4.	Níveis do modelo e o respectivo perfil avaliado.....	56
Tabela 5.	Resultado da adaptação de cinco políticas para especificações <i>strictu sensu</i> , expondo os detalhes do enquadramento de cada política.	58
Tabela 6.	Entradas fornecidas pelo usuário no processo de avaliação.	100

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APCICT	= <i>Asian and Pacific Training Centre for Information and Communication Technology for Development</i>
CEGE	= Comitê Executivo de Governo Eletrônico
CMM	= <i>Capability Maturity Model</i>
CMMI	= <i>Capability Maturity Model Integration</i>
COBIT	= <i>Control Objectives for Information and Related Technologies</i>
ECLAC	= <i>Economic Commission for Latin America</i>
EIF	= <i>European Interoperability Framework</i>
e-MAG	= Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico
e-PING	= Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico
ERP	= <i>Enterprise Resource Planning</i>
G2B	= <i>Government to Business</i>
G2C	= <i>Government to Citizen</i>
G2G	= <i>Government to Government</i>
GIF	= <i>Government Interoperability Framework</i>
HTTP	= <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
IDABC	= <i>Interoperable Delivery of pan-European Services to Public Administrations, Businesses and Citizens</i>
IEEE	= <i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IMAP	= <i>Internet Message Access Protocol</i>
IPv4	= <i>Internet Protocol version 4</i>
IPv6	= <i>Internet Protocol version 6</i>
ISO	= <i>International Organization for Standardization</i>
LAN	= <i>Local Area Network</i>
M-PING	= Modelo de Maturidade de Adoção da e-PING
NIST	= <i>National Institute of Standards and Technology</i>
OSI	= <i>Open Systems Interconnection</i>
SEI	= <i>Software Engineering Institute</i>
SIG	= Sistemas de Informação Geográfica
SLTI	= Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação
SMTP	= <i>Simple Mail Transfer Protocol</i>
SOAP	= <i>Simple Object Access Protocol</i>
SW-CMM	= <i>Capability Maturity Model for Software</i>
TCP	= <i>Transmission Control Protocol</i>
TCU	= Tribunal de Contas da União

TIC = Tecnologia da Informação e Comunicação
UDP = *User Datagram Protocol*
UN = *United Nations*
UNDP = *United Nations Development Programme*
WAN = *Wide Area Network*
WLAN = *Wireless Local Area Network*
WPA2 = *Wi-Fi Protected Access II*
XML = *Extensible Markup Language*

SUMÁRIO

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	17
1.1. Contextualização do problema	17
1.2. Justificativa para o desenvolvimento do trabalho	20
1.3. Objetivo do trabalho	21
1.4. Resultados esperados	22
1.5. Delimitação da pesquisa	23
1.6. Organização da dissertação	24
CAPÍTULO II – INTEROPERABILIDADE NO GOVERNO ELETRÔNICO	26
2.1. Governo eletrônico	26
2.1.1. O Governo Eletrônico Brasileiro	29
2.2. Interoperabilidade	30
2.2.1. Dimensões da interoperabilidade	33
2.3. Arquiteturas de interoperabilidade para governo eletrônico	36
2.3.1. A e-PING	36
CAPÍTULO III – PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE MATURIDADE SEGUNDO A E-PING	42
3.1. Modelos de maturidade	44
3.2. Delimitação de padrões	46
3.3. Desenvolvimento do Modelo	48
3.4. Detalhamento do Modelo	57
CAPÍTULO IV – METODOLOGIA PARA AFERIÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE	60
4.1. Sistemas baseados em regras nebulosas	60
4.1.1. A lógica nebulosa	63
4.1.2. Conjuntos nebulosos	64
4.1.3. Variáveis e valores linguísticos	66
4.1.4. Funções de pertinência	66
4.1.5. Regras nebulosas	68
4.1.6. Inferência nebulosa	69
4.2. A abordagem nebulosa para apoiar o processo de avaliação	73
4.3. Desenvolvimento de um sistema baseado em regras nebulosas	76
4.4. Funcionamento do sistema	80
4.4.1. Etapa 1: Definição das variáveis	82
4.4.2. Etapa 2: Definição dos níveis de maturidade	85
4.4.3. Etapa 3: Definição das regras nebulosas	86
4.4.4. Etapa 4: Processo de avaliação	88
4.4.5. Etapa 5: Resultados	91
CAPÍTULO V – AFERIÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE EM UM CENÁRIO REAL	97
5.1. Seleção do cenário	97
5.2. Metodologia de avaliação	98
5.3. Dados de entrada obtidos	99
5.4. Análise dos resultados do processo de avaliação	101
CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO	105
6.1. Estudos futuros	108

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	111
APÊNDICE A – Detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica	116
APÊNDICE B – Artefatos do projeto de desenvolvimento do sistema Nebulosus.....	118
APÊNDICE C – Variáveis deste trabalho	121
APÊNDICE D – Regras nebulosas.....	125
APÊNDICE E – Relatório de avaliação da agência	127

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do problema

As Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) estão tão enraizadas na sociedade moderna que é difícil até mesmo pensar na possibilidade de se viver sem elas. Nesse sentido, poder estar conectado à Internet por qualquer dispositivo, ou então simplesmente possuir um telefone móvel, passou a ser indiscutivelmente essencial à pessoa humana.

No plano de fundo dessa ideia, há uma infinidade de tecnologias que materializam e viabilizam o emprego das TICs. O termo “tecnologias” aqui utilizado não tem a intenção de refletir apenas o sentido estrito da palavra, mas sim de transparecer a infinidade de padrões, especificações, normativos, modelos e outros existentes e que orbitam a concepção das TICs.

Nesse contexto, um problema que deve ser vencido para operar essas tecnologias refere-se à interoperabilidade. Por ora, pode-se simplificar o entendimento da interoperabilidade, reproduzindo uma de suas definições expostas pelo IEEE - *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE, 2000): “habilidade de dois ou mais sistemas ou elementos de trocar informações entre si e usar essas informações que foram trocadas”.

Neste caso, “trocar informações” é o ponto alto. Como seria possível a dependência das TICs se elas não pudessem simplesmente comunicar-se entre si? É aí que entra toda uma área de estudos que normatiza especificações e padrões os quais embasam a construção das tecnologias e possibilitam a interoperabilidade (ou troca de informações) entre dispositivos.

Sem isso, alguém estaria fadado a possuir, por exemplo, dispositivos que se conectassem à Internet para ler somente algumas de suas páginas; telefones móveis que discassem apenas para certos números dentro da mesma operadora; redes de computadores que trocassem dados somente no âmbito das bordas conhecidas; ou então, sistemas da informação que apresentassem dados compreensíveis para outros dispositivos somente dentro da mesma base de

desenvolvimento. Não há dúvida que estas suposições inviabilizariam o desenvolvimento das TICs e seu uso se tornaria muito restrito.

É importante ressaltar que a interoperabilidade não é estanque. Ou seja, tudo que existe e se comunica de forma transparente hoje, foi fruto de trabalho do passado. Tudo que se comunicará de forma transparente amanhã, será fruto de estudos de interoperabilidade que deverão ser desenvolvidos.

Portanto, estudar e desenvolver a interoperabilidade são questões estratégicas em uma sociedade que tanto depende das TICs. Dependência esta que também está presente na atuação do governo brasileiro que, por sinal, é um expressivo consumidor de soluções de TIC para apoiar suas ações, conforme dados apontados no acórdão sobre levantamento de auditoria publicado no Diário Oficial da União de 18 de agosto de 2008 (BRASIL, 2008) e TCU (2010).

A esse respeito, pode-se relacionar problemas de interoperabilidade com o desperdício de dinheiro público, pois TICs fadadas à obsolescência e à fragmentação tecnológica revelam-se como barreiras para alcançar o fim social desejado pelas ações que delas dependem, as quais são popularmente conhecidas como governo eletrônico.

Diferentemente da iniciativa privada, onde a proporcionalidade dos gastos com tecnologia e o benefício que elas proporcionam são objeto de constante avaliação pelos seus gestores, o setor público historicamente não administra bem sua base tecnológica. A evidência para esta afirmação vem de um levantamento realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) acerca da governança de TI na Administração Pública Federal. O levantamento, realizado através de uma pesquisa com 255 órgãos/entidades da Administração Federal, constatou que a governança de TI nesta esfera de governo é bastante heterogênea (TCU, 2008).

Apesar do TCU ser uma corte de contas e sua atividade-fim estar restrita à fiscalização e controle externos das contas públicas, sua atuação indicou que o aumento expressivo dos gastos com TIC e a quantidade crescente de denúncias sobre aquisições nessa área estavam relacionadas à má administração dos recursos de tecnologia. Com efeito, pode-se inferir que os gestores do setor público estariam optando por soluções tecnológicas que divergiam das boas

práticas propaladas pelo mercado, indicando que problemas de interoperabilidade poderiam estar envolvidos.

Só para se ter ideia da magnitude do problema, segundo dados obtidos em 2007 e contidos no relatório (BRASIL, 2008) que divulga o levantamento citado, os gastos estimados com as TICs ultrapassaram a marca de R\$ 6 bilhões por ano; a estimativa para o ano de 2010 é de cerca de R\$ 12,5 bilhões (TCU, 2010). Ambas as cifras são referentes somente à Administração Federal e não entram no cômputo os gastos executados pelas demais esferas de governo: estaduais, distrital e municipais. Se houvesse uma maneira de consolidar todos os demais gastos, o montante seria muito maior, o qual certamente eleva o setor público como maior consumidor de tecnologia do país. Desse modo, quanto maior a cifra envolvida, mais danos ao interesse público poderão ser gerados.

Atrelado a isso, mostra-se como agravante a complexidade organizacional do setor público. Apenas no Poder Executivo Federal existem 196 estruturas organizacionais. Ainda têm-se também os mais de 5.560 municípios (prefeituras) e 27 unidades da federação (governos de estado) que podem trabalhar independentemente em termos de adoção das TICs para apoio às suas ações (BRASIL, 2010). É como se existissem milhares de negócios próprios, cada um com autonomia para adquirir sistemas e instalar redes, porém com o grande desafio de administrar esses recursos de forma orquestrada e harmoniosa com os demais entes para cumprir um só objetivo: prestar um serviço público de qualidade à sociedade.

A esse respeito, infelizmente, a experiência tem mostrado tendência diferente. Mais uma vez, a referência TCU (2008) indicou um achado preocupante: apenas 37% dos servidores que exercem atividades nos quadros de TIC dos órgãos/entidades possuem formação específica. A partir de tal dado pode-se questionar como essas pessoas poderiam planejar e tomar boas decisões técnicas se sequer possuem formação para isso. Ainda, como agravante, o mesmo levantamento indicou outro dado preocupante: 29% dos órgãos/entidades possuem menos de 1/3 de seu quadro de TIC composto por servidores de carreira. As demais proporções são apresentadas na Figura 1 a seguir.

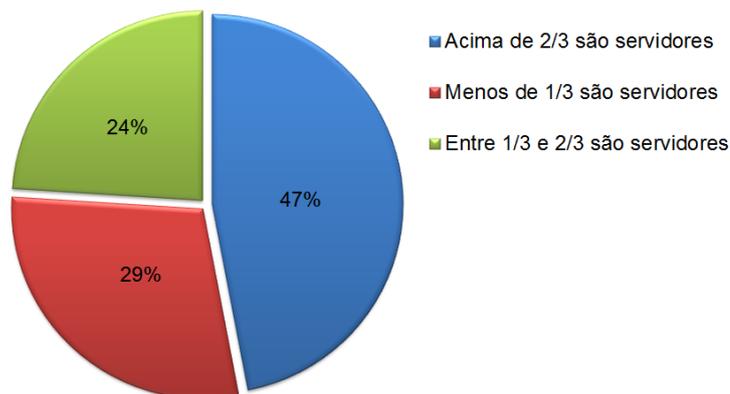


Figura 1. Proporção entre servidores e colaboradores externos nos órgãos/entidades pesquisados (TCU, 2008).

A situação exposta na Figura 1 mostra-se preocupante, pois revela que boa parte das equipes de TIC é terceirizada e/ou não é oriunda do órgão/entidade no qual exerce seu cargo. Os potenciais problemas deste cenário incluem o conflito de interesses, mais especificamente para os casos de funcionários terceirizados, e a perda do conhecimento organizacional, pois dificilmente permanecerão exercendo seu trabalho por toda uma carreira.

Diante do exposto, é premente a necessidade de criar mecanismos para diminuir o desperdício do dinheiro público e possibilitar que a tecnologia a ser empregada viabilize os benefícios sociais almejados.

1.2. Justificativa para o desenvolvimento do trabalho

A grande quantidade de recursos públicos envolvidos na contratação das TICs, aliado à complexidade do setor e a heterogeneidade de sua base tecnológica, agravado ainda pela descontinuidade de mão de obra própria, fez com que tais questões fossem evidenciadas e tratadas com especial atenção nos últimos anos. O próprio levantamento realizado pelo TCU (TCU, 2008) foi o ponto de partida para a deflagração de uma série de medidas para mitigar os problemas ora apresentados. As medidas vêm sendo tomadas, em especial, pelo Ministério do Planejamento, que é o órgão do Poder Executivo Federal responsável por consolidar as ações do Governo Eletrônico Brasileiro.

Uma vertente de relevância dentre essas medidas é a consolidação da arquitetura e-PING – Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico. A e-PING tem o objetivo de ser o padrão brasileiro para o estabelecimento de políticas e especificações técnicas para a prestação de serviços eletrônicos de qualidade, com foco na racionalização dos investimentos por meio do compartilhamento, reuso e intercâmbio de recursos tecnológicos.

Apesar da iniciativa da e-PING ser inquestionavelmente benéfica, pois países desenvolvidos já registram resultados positivos com práticas semelhantes (CS TRANSFORM, 2009; CS TRANSFORM, 2011), sua arquitetura ainda encontra-se em desenvolvimento e constante evolução. Uma das características que ainda prescindem de desenvolvimento é a proposição de um modelo de maturidade para a e-PING. Seu modelo, preliminarmente grafado como M-PING, encontra-se em construção e até o momento nenhum esboço foi divulgado para discussão.

O modelo de maturidade da e-PING servirá de base para aferição da situação do órgão/entidade quanto ao efetivo uso dos padrões da arquitetura. A ideia é etiquetar um determinado órgão/entidade no que diz respeito a sua aderência aos padrões previamente avaliados e recomendados pela e-PING. Dependendo do nível aferido, o órgão/entidade terá condições de avaliar seus avanços ou retrocessos frente às diretrizes do Governo Eletrônico Brasileiro.

Portanto, este trabalho justifica-se pela ausência de um modelo de maturidade para a e-PING e conseqüentemente à falta de mecanismos para aferir o quanto a interoperabilidade técnica está sendo priorizada pelos seus destinatários.

1.3. Objetivo do trabalho

Este trabalho objetiva propor um modelo de maturidade para interoperabilidade técnica, segundo os padrões da e-PING. O documento base que especifica a arquitetura e os guias complementares de apoio, em conjunto com toda a bibliografia pesquisada sobre o tema interoperabilidade, foram

sistematicamente analisados, de modo a desenvolver os níveis de maturidade que comporão o modelo.

Adicionalmente, este trabalho propõe uma metodologia para aferição do nível de maturidade de uma entidade utilizando um sistema especialista baseado em regras nebulosas. O detalhamento do modelo será traduzido em regras, as quais serão analisadas pelo sistema para processamento dos resultados.

Para verificação da viabilidade do modelo e validação do sistema desenvolvido neste trabalho, foi utilizado um cenário real para servir de base de análise da interoperabilidade. Foi selecionado um órgão/entidade pertencente à administração pública e candidato a ser etiquetado de acordo com o nível de maturidade em uso. Os resultados foram interpretados de modo a formar conclusão sobre a consecução dos objetivos deste trabalho.

1.4. Resultados esperados

Espera-se, com a conclusão deste trabalho, desenvolver um modelo de maturidade suficientemente adequado para avaliar a consonância da interoperabilidade técnica de um determinado órgão/entidade a partir das especificações da e-PING. Deve-se, com isso, poder aferir o nível de interoperabilidade em que se encontra o local avaliado, de modo a permitir que seus gestores saibam, com certa exatidão, o que ainda falta trabalhar para atingir o nível ideal.

Os resultados obtidos a partir da aferição de um cenário real serão objeto de crítica, tanto sob a perspectiva do conhecimento adquirido durante este projeto de pesquisa quanto sob a experiência prática do autor, o qual atua na área de governo eletrônico. Desse modo, o nível de maturidade obtido será empiricamente confrontado com a percepção do especialista.

1.5. Delimitação da pesquisa

A arquitetura e-PING especifica padrões nas três dimensões existentes da interoperabilidade, as quais são denominadas técnica, semântica e organizacional. Este trabalho restringe-se à análise da dimensão técnica. A justificativa para esta delimitação está alçada no fato da dimensão técnica ser a primeira providência a ser tomada quando se pretende desenvolver a interoperabilidade. De nada adianta discutir a semântica das informações trocadas, ou mesmo os processos de trabalho envolvidos se, a princípio, não se têm definidas as bases fundamentais de comunicação das redes e sistemas da informação. É, portanto, um pré-requisito para desenvolver as demais dimensões da interoperabilidade.

Além disso, este trabalho de pesquisa selecionará apenas os padrões adotados e recomendados, os quais requerem dos destinatários da arquitetura e-PING esforços prioritários na adoção dos respectivos padrões. A diferença entre um e outro é que no adotado a especificação do padrão foi submetida a um processo formal de homologação por alguma instituição do governo ou outra por ele delegado. Já os padrões recomendados, pendem deste processo de homologação. As demais situações, a saber: em transição, em estudo e estudo futuro, apesar de mencionadas na e-PING, não serão tratadas por este trabalho, pois se entende que ainda precisam ser objeto de estudos mais aprofundados por parte dos gestores da arquitetura.

Outro ponto importante na delimitação deste trabalho é com relação aos destinatários esperados para o modelo de maturidade a ser proposto. Diferentemente do público-alvo da e-PING, que é mais amplo, pois inclui todos os órgãos e entidades do Poder Executivo do governo federal, o modelo de maturidade está previsto para ser utilizado pelas instituições provedoras de TICs. Não é objetivo deste trabalho avaliar a maturidade das entidades que apenas consomem os recursos de tecnologia, pois entende-se que provedores naturalmente formam as bases de interoperabilidade pelo seu intrínseco papel de provedor. Uma vez definidos e utilizados os padrões propostos, estariam as demais instituições compelidas a utilizá-los. Por fim, para referenciar de forma simplificada os provedores de TIC para governo eletrônico, será utilizado o termo

“agência” para designar qualquer órgão, entidade, instituição ou local que emprega as TICs de modo a alavancar ações de governo eletrônico e, portanto, destinatários do modelo de maturidade em questão.

1.6. Organização da dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos que descrevem a evolução do estudo.

O CAPÍTULO I, que consiste no presente capítulo, trata da introdução do tema em estudo no contexto da interoperabilidade nas ações de governo eletrônico. Aborda a problematização e a justificativa para seu desenvolvimento, os resultados esperados e a delimitação da pesquisa.

O CAPÍTULO II faz uma digressão do conceito de governo eletrônico, que por ser um termo relativamente novo, amplo e de várias acepções, merece ser pontuado sob o ponto de vista dos objetivos deste trabalho. Este capítulo também trata do conceito de interoperabilidade e faz referência às arquiteturas de interoperabilidade aplicadas ao governo eletrônico, com ênfase na arquitetura brasileira e-PING, que é a base de estudo para este trabalho.

O CAPÍTULO III propõe o Modelo de Maturidade Técnica à luz da e-PING. Para isso, introduz a área de conhecimento sobre modelos de maturidade, necessária para estruturação do modelo. Em seguida, descreve em detalhes como o modelo foi desenvolvido. E, por fim, evidencia e explica sua estrutura de detalhamento.

O CAPÍTULO IV propõe a metodologia para aferição do nível de maturidade, através do desenvolvimento e aplicação de um sistema baseado em regras nebulosas para auxiliar no processo de avaliação da aderência ao modelo de maturidade proposto no capítulo anterior. A área de conhecimento sobre sistemas baseados em regras nebulosas é devidamente introduzida e seu uso é justificado pelas razões abordadas neste capítulo. Posteriormente, um tópico é dedicado para explanar o desenvolvimento do sistema e suas etapas de funcionamento.

O CAPÍTULO V descreve a aferição do nível de maturidade em um cenário real, que compreende a aplicação do sistema desenvolvido em uma instituição que opera ações de governo eletrônico. São detalhadas a seleção do cenário e a metodologia adotada para avaliação. O capítulo também descreve em detalhes todos os dados envolvidos no processo de avaliação e que foram objeto de análise para compreensão dos resultados, os quais também são alvo de análise. São expostas as propostas de melhoria verificadas durante o desenvolvimento do trabalho.

Por fim, o CAPÍTULO VI evidencia os resultados obtidos com esta pesquisa e também delinea as conclusões do trabalho.

CAPÍTULO II – INTEROPERABILIDADE NO GOVERNO ELETRÔNICO

2.1. Governo eletrônico

Os avanços das TICs, e a premente necessidade de acesso a informações e serviços pela Internet, não só transformaram a vida das pessoas e dos negócios de um modo geral como também remodelaram a atuação dos mais diversos governos mundo afora.

Desde o início dos anos 80, sistemas de processamento de dados vêm auxiliando os processos de trabalho nas administrações públicas brasileiras. Hoje considerados como legados, muitos sistemas projetados para alta plataforma (também chamados de *mainframes*) ainda perduraram e têm seu papel de importância. No entanto, a sobrevivência desses sistemas trouxe a necessidade de um novo paradigma, que são sistemas construídos especificamente para a Internet e que empiricamente integram o governo eletrônico. Outros aspectos que contribuíram para seu surgimento foram a necessidade das administrações arrecadarem mais e melhorarem seus processos internos, e as pressões da sociedade para que o governo aperfeiçoe seus gastos e atue, cada vez mais, com transparência, qualidade e de modo indistinto na oferta de serviços aos cidadãos (MEDEIROS; GUIMARÃES, 2006).

“Governo eletrônico”, “governo digital”, “e-Governo” e “e-Gov” são alguns exemplos de termos que têm sido utilizados intensivamente e de forma intercambiável, muitas vezes como sinônimos. Por falta de uma definição comum, de um modo geral, governo eletrônico refere-se à entrega de serviços governamentais de informação, interação e transação por intermédio do uso das TICs (GOTTSCHALK; SOLLI-SAETHER, 2009).

Em outra acepção, a OECD (2003) classifica governo eletrônico como sendo uma ferramenta para atingir um governo melhor, em particular através do uso da Internet.

Já Avgerou *et al.* (2005) asseveram que práticas de governo eletrônico tendem a enfatizar os benefícios do uso da Internet para construir uma interface amigável entre cidadão e governo, onde as TICs mostram-se como meios rápidos

e fáceis para governantes proverem melhoras na prestação de serviços para seus cidadãos.

Neste sentido, a melhora na prestação de serviços governamentais pode ser considerada, de forma ampla, o objetivo a ser perseguido por intermédio do uso das TICs. Com isso, a simples utilização das TICs, por si só, não é o fim a ser alcançado, mas um meio, uma ferramenta para desempenhar funções que possibilitem (SANTOS, 2008; UN, 2012):

- Prestação eletrônica de informações e serviços públicos que são usualmente atendidos de forma presencial.
- Auxílio nas atividades de arrecadação e na eficiência administrativa das entidades e órgãos governamentais.
- Ensino a distância e inclusão digital como formas de inclusão social.
- Estreitamento das relações entre governo e cidadão, com o escopo de promover processos de inclusão política e combate a corrupção.
- Publicação das contas públicas, monitoramento da execução orçamentária e promoção da transparência.
- Inclusão das parcelas de população desfavorecidas pelas formas tradicionais de governo, como serviços para as minorias linguísticas, os portadores de necessidades especiais, os estrangeiros, etc.

Para que desempenhem tais funções, Gottschalk e Solli-Saether (2009) destacam que as ações de governo eletrônico alinham-se, basicamente, em três tipos de transação centradas na interação entre atores: G2C – *Government to Citizen*, G2B – *Government to Business* e G2G – *Government to Government*. A Figura 2 destaca a interação entre esses atores, evidenciando o alinhamento nos três tipos de transação considerados.

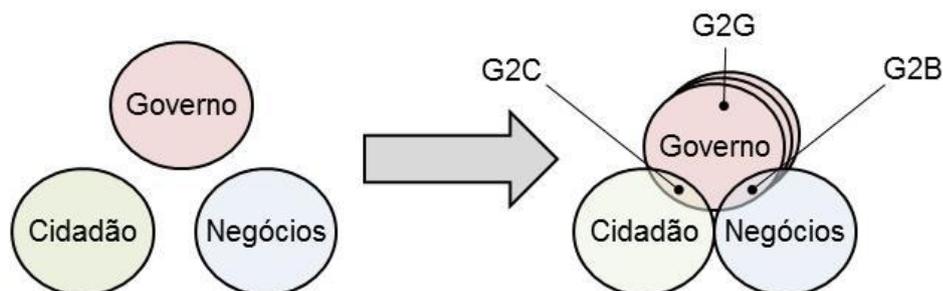


Figura 2. Interação entre atores nas ações de governo eletrônico alinhada aos tipos de transação.

Ainda segundo Gottschalk e Solli-Saether (2009), as interações podem ser “*front office*” ou “*back office*”. A interação entre governo e cidadão (G2C) e governo e negócios/empresa (G2B) são classificadas como “*front office*” ou “de linha de frente”. Já a interação entre governo e governo (G2G) são classificadas como “*back office*” ou “de retaguarda”. De acordo com citação dos mesmos autores, as interações de retaguarda são consideradas problemáticas devido a diferentes problemas de interoperabilidade.

A UN - *United Nations* (UN, 2012) reforça o entendimento de que a interoperabilidade pode ser fonte de problema ao afirmar que, em muitos casos, as entidades governamentais, com foco nas interações de retaguarda, são relutantes em permitir a mudança de seus processos de trabalho, de abrir seus dados e serviços aos parceiros e de negociar suas operações com partes externas.

Nesse sentido, faz-se necessário evidenciar que este trabalho trata, em especial, das interações entre governo e governo (G2G), ou de retaguarda ou, ainda, a chamada interação interagência (entre agências).

Contudo, o papel de uma agência deverá estar claramente associado ao de provedor de TIC. É o provedor quem define as bases de funcionamento das redes e sistemas da informação, as quais devem ser aderidas pelos consumidores dos serviços. Estes consumidores, por sua vez, são a ponte de ligação entre a ação de governo eletrônico e o cidadão ou empresa, beneficiário final do serviço (G2C ou G2B). Oportuno lembrar que uma agência provedora poderá também acumular o papel de consumidor, quando se têm, por exemplo, os serviços prestados

diretamente pela Internet ao usuário final, como os típicos portais de serviços públicos. Neste caso, para efeito deste trabalho, essa agência será considerada como provedora e destinatária do modelo de maturidade.

Outro aspecto a destacar na interação ou colaboração interagência é que esta normalmente pressupõe a evolução, para implementação de governo eletrônico, de três etapas: 1 - disponibilização de informações básicas pela Internet (comumente viabilizados pelos portais), 2 - ambiente propício para transação entre indivíduos e negócios e 3 - fluxos de informações orquestradas e integradas, esta última também chamada de janela única ou governo de parada única (SANTOS, 2008).

2.1.1. O Governo Eletrônico Brasileiro

O Governo Eletrônico Brasileiro tomou forma no ano 2000 a partir do Decreto Presidencial de 3 de abril de 2000, o qual criou um grupo de trabalho interministerial com a finalidade de examinar e propor políticas, diretrizes e normas relacionadas com as novas formas eletrônicas de interação (BRASIL, 2000b). As ações deste grupo de trabalho foram consolidadas nos objetivos e metas do Programa Sociedade da Informação, coordenada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, e as quais se encontram detalhadas em uma documentação histórica denominada Livro Verde (BRASIL, 2000c). O grupo, então, concentrou seus esforços em três linhas do programa: universalização de serviços, governo ao alcance de todos e infraestrutura avançada (BRASIL, 2010).

No ano 2000, também houve a criação do Comitê Executivo de Governo Eletrônico (CEGE), com a finalidade de formatar políticas, traçar diretrizes, estabelecer a coordenação e articulação das ações de implantação do Governo Eletrônico Brasileiro (BRASIL, 2000a).

Em 2002, a Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação (SLTI) do Ministério do Planejamento, com a colaboração dos membros do CEGE, publicou um documento de avaliação das atividades intitulado Dois Anos de Governo Eletrônico (BRASIL, 2002), que relata os principais avanços, conquistas e desafios futuros que serviriam como informações para a continuidade do programa.

No ano seguinte, em 2003, outro decreto instituiu oito Comitês Técnicos do CEGE e delegou as atribuições de secretaria executiva ao Ministério do Planejamento, por intermédio da SLTI, que passou a ter as atribuições de apoio técnico administrativo e de supervisão dos trabalhos. Importante ressaltar que está previsto no decreto a possibilidade dos coordenadores dos comitês técnicos convidarem participantes externos, de outros órgãos e entidades governamentais, assim como empresas privadas e organizações sociais.

A partir de então, os Comitês Técnicos do CEGE têm exercido um papel relevante na condução de trabalhos que visam à consolidação de ações no Governo Eletrônico Brasileiro. Dentre os principais trabalhos, destacam-se: os Padrões de Interoperabilidade em Governo Eletrônico (e-PING), o Modelo de Acessibilidade de Governo Eletrônico (e-MAG), o Portal de Inclusão Digital, os Padrões Brasil e-GOV e as orientações para compra de equipamentos menos poluentes ao meio ambiente (PORTAL DO GOVERNO ELETRÔNICO, 2000).

Atualmente, as informações e projetos correntes de governo eletrônico da Administração Pública Federal estão reunidos em página específica na Internet, disponível em Portal do Governo Eletrônico (2000), a qual tem a função de servir como ponto concentrador das políticas, orientações, recomendações e dos demais instrumentos normativos e orientadores sobre o tema.

2.2. Interoperabilidade

O termo interoperabilidade comporta vários significados, dependendo do contexto em que está sendo analisado. De um modo geral, o IEEE (IEEE, 2000) apresenta quatro definições para o termo. Estas definições, construídas a partir do ponto de vista técnico, enfatizam o papel do elo de comunicação que permite a troca de dados entre redes, sistemas, equipamentos ou componentes. Estes, por sua vez, devem permitir o desempenho de tarefas, funções ou trabalho juntos, independentemente de terem sido construídos sob uma base heterogênea cuja concepção original não previa este fim. Convém reproduzir uma das definições desta referência que, em especial, exprime a temática abordada por este trabalho:

interoperabilidade é a "capacidade promovida, porém não garantida, pela adesão a um determinado conjunto de padrões".

De uma maneira mais simples e direcionada, as acepções de interoperabilidade aplicadas em governo eletrônico tendem a convergir-se no sentido de consolidar a ideia de que há a "troca e uso de informações". O UNDP - *United Nations Development Programme* (UNDP, 2007b), por exemplo, conceitua interoperabilidade no governo eletrônico como sendo, em sua vertente técnica, a capacidade das TICs de dois ou mais entes diversos trocarem informações entre si e usá-las de forma significativa e sem problemas de intercâmbio.

No mesmo sentido, Gottschalk e Solli-Saether (2009) reforçam que "a interoperabilidade no governo eletrônico trata-se da habilidade de compartilhar e integrar informações usando padrões comuns".

A ECLAC - *Economic Commission for Latin America* (ECLAC, 2007), promovida pelas Nações Unidas, propõe que "a interoperabilidade é definida na base de vários padrões que países (no sentido de governos) utilizam para tecnicamente influenciar na estrutura e semântica das informações e serviços". A mesma referência avança um pouco mais ao afirmar que o resultado indireto da interoperabilidade torna-se vital para questões sociais dos cidadãos, envolvendo a possibilidade de prover serviços adequados de saúde, de mitigar o impacto de desastres naturais, de promover a segurança dos países e de facilitar as negociações comerciais com o estrangeiro.

Seguindo a mesma linha, Gottschalk e Solli-Saether (2009) exemplificam que novas tecnologias estão sendo sistematicamente introduzidas em hospitais e laboratórios do serviço público, as quais têm o potencial de interagir sinergicamente se puderem ser efetivamente integradas. No entanto, como ponderado pelos mesmos autores, a troca de informações (interoperabilidade) nos serviços de saúde é classificada como ineficiente e sujeita a erros, pois são baseadas no uso extensivo de formulários em papel, fragmentados e complexos, na maioria dos países.

Com relação aos efeitos da ausência ou ineficiência de interoperabilidade, Desourdis Jr. *et al.* (2009) alertam que os eventos terroristas deflagrados em 11

de setembro de 2001 e as catástrofes naturais causadas pelo Furação Katrina, em 2005, ambos ocorridos nos Estados Unidos, tiveram consequências tão trágicas devido a problemas de interoperabilidade. Segundo eles, esses eventos mostraram que as autoridades cometeram os mesmos erros vividos (e não aprendidos) no ataque naval pelos japoneses em Pearl Harbor, em 1941. Os autores vão mais adiante pontuando 25 deficiências, sob a análise da interoperabilidade, que levaram às falhas de preparo e alerta que poderiam ter minimizado ou mesmo evitado a perda de vidas humanas.

Para efeito deste trabalho, além da definição do termo interoperabilidade, 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 está ligada à simples ideia de conectividade. No entanto, o conceito abarca mais do que isso.

Compatibilidade expõe em seu termo um conceito mais limitado do que interoperabilidade; por sua vez, a interoperabilidade é algo mais limitado do que integração. Logo, a interoperabilidade encontra-se, conceitualmente, em uma posição intermediária em relação aos demais termos (KASUNIC; ANDERSON, 2004). A Figura 3 a seguir ilustra o posicionamento destes para efeito da diferenciação dos termos no domínio de sistemas, redes, dispositivos ou tecnologias.



Figura 3. Diferenciação dos termos integração, interoperabilidade e compatibilidade.

A integração envolve algum grau de dependência funcional. Como exemplo, tem-se uma suíte de ERP (*Enterprise Resource Planning* ou Sistemas Integrados de Gestão Empresarial) estruturada em módulos departamentais. O

módulo responsável por folha de pagamento dos funcionários depende do módulo que controla as finanças; este, por sua vez, depende do módulo de contabilidade, e assim por diante. Enquanto sistemas integrados perdem sentido se o fluxo de informações for interrompido, sistemas interoperáveis podem funcionar de forma independente. Uma família de sistemas integrados deve ser necessariamente interoperável, porém sistemas interoperáveis não precisam ser integrados.

Já 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 ter-se materializada uma troca robusta de informações e serviços em rede, é necessário ir além da compatibilidade (KASUNIC; ANDERSON, 2004).

2.2.1. Dimensões da interoperabilidade

De acordo com histórico relatado na referência (ARMS *et al.*, 2002), William Y. Arms, professor de Ciência da Computação na Universidade de Cornell, foi o primeiro a classificar a interoperabilidade em três níveis, através de seu memorando intitulado “*Thoughts about Interoperability in the NSDL*”, escrito em 2000 (MPOG, 2011). Este memorando descrevia um modelo baseado no conceito de “níveis de interoperabilidade”. O vocábulo “níveis” foi posteriormente substituído pelo termo “espectro”, através das observações de outros estudiosos da área (ARMS *et al.*, 2002). O termo “dimensão” vem sendo adotado no contexto brasileiro por melhor adequar-se ao idioma português.

Para Arms *et al.* (2002), o objetivo da interoperabilidade é construir serviços coerentes para seus usuários, considerando desde os componentes que são tecnicamente diferentes até seu gerenciamento por diferentes agências. Para isso, requer-se a cooperação em três dimensões (níveis): técnica, de conteúdo e organizacional. A dimensão técnica cobre formatos, protocolos, sistemas de segurança etc. A de conteúdo situa-se nos dados e metadados (dados dos dados), e inclui acordos de semântica na interpretação da informação. A dimensão organizacional categoriza-se pela cobertura das regras de acesso, preservação da coleção dos serviços, pagamento, autenticação.

Já para Gottschalk e Solli-Saether (2009), a interoperabilidade requer a existência de padrões segmentados em quatro dimensões: tecnologia, sintaxe, semântica e pragmática. Para eles, na dimensão de tecnologia incluem-se a padronização do *middleware* (mediador, em sistemas distribuídos), protocolos de rede, segurança e etc. Na dimensão de sintaxe, a padronização pressupõe acordos no que tange a estrutura ou linguagem das mensagens trocadas em uma rede de sistemas heterogêneos. A semântica abarca padrões em extensão aos acordos de sintaxe na significação de termos dentro do domínio de informações intercambiadas. Por fim, a dimensão pragmática aborda os acordos de protocolos e mecanismos deflagrados por mensagens específicas, como as notificações de entrega em ordens de compra, por exemplo.

Nesse contexto, entende-se ser mais apropriada a iniciativa proposta por IDABC - *Interoperable Delivery of pan-European Services to Public Administrations, Businesses and Citizens*, através do estabelecimento da EIF - *European Interoperability Framework* (IDABC, 2004), que mostrou significativa influência no desenvolvimento de políticas de interoperabilidade em todo o mundo e a qual sintetiza a interoperabilidade em três dimensões descritas a seguir (CS TRANSFORM, 2011; UN, 2012):

- **Técnica:** 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.
- **Semântica:** esta dimensão concentra-se no significado da informação trocada, de modo que seja entendível pelas partes. Possibilita que informações recebidas sejam combinadas com outros recursos para serem processados de forma significativa.
- **Organizacional:** esta dimensão engloba a definição dos objetivos de negócio, modelagem dos processos de negócio, de modo que evidencie a colaboração entre agências que têm diferentes processos e estruturas internas de funcionamento.

Em que pesem os benefícios da interoperabilidade nas ações de governo eletrônico, e os possíveis malefícios quando da sua ausência, é indiscutível que ter redes e sistemas interoperáveis envolve interações complexas nas três dimensões mencionadas (ARMS *et al.*, 2002; GOTTSCHALK; SOLLI-SAETHER, 2009; IDABC, 2004; UNDP, 2007b). Neste aspecto, a dimensão técnica coloca-se de modo distinto como providência inicial para o desenvolvimento da interoperabilidade (DESOURDIS JR. *et al.*, 2009).

Assim, arquitetos de infraestrutura e desenvolvedores de sistemas devem, regularmente, vencer os problemas advindos da coexistência de múltiplas plataformas e da diversidade de protocolos e tecnologias utilizadas. Com isso, antes de pensar em interoperabilidade semântica, é necessário atingir a interoperabilidade técnica; no mesmo sentido, antes de trabalhar a interoperabilidade organizacional, é necessário desenvolver a interoperabilidade semântica. A Figura 4 a seguir mostra esta ideia de uma sequência lógica para atingir a interoperabilidade.

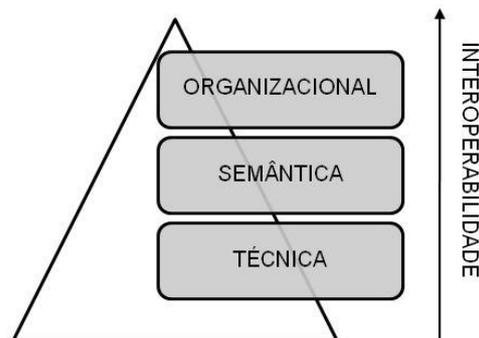


Figura 4. Sequência lógica para atingir a interoperabilidade.

Percebe-se que, de forma análoga a uma pirâmide, a interoperabilidade concentra sua base na dimensão técnica. Os primeiros passos a serem trabalhados compreende o aspecto técnico pelo simples motivo de que redes e sistemas de computadores precisam de hardware e software interoperáveis para comunicar-se entre si – são a pedra fundamental para um mínimo intercâmbio de dados.

2.3. Arquiteturas de interoperabilidade para governo eletrônico

Uma das formas de atingir a interoperabilidade nas ações de governo eletrônico é através da definição de uma arquitetura de interoperabilidade, onde são reunidos padrões e orientações acerca do modo que um governo pretende conduzir a colaboração entre suas agências (UNDP, 2007c).

De um modo geral, as arquiteturas de interoperabilidade para governo eletrônico são usualmente referidas na literatura pelo acrônimo GIF (*Government Interoperability Framework* ou Arquitetura de Interoperabilidade Governamental). A existência das GIFs é tão importante que o UNDP as classificou como uma etapa fundamental para transformar as administrações públicas com o uso das TICs, tornando-as, assim, centradas no cidadão, em vez de focadas nas iniciativas políticas e transitórias dos governos que as implementam. Dessa forma, por meio de uma proposição singular, o UNDP elaborou uma série de três publicações com o objetivo de auxiliar os países interessados em avançar na interoperabilidade de suas TICs voltadas para as ações de governo eletrônico (UNDP, 2007a; UNDP, 2007b; UNDP, 2007c).

Esta iniciativa do UNDP foi inspirada na experiência positiva de países como Reino Unido (UK E-GIF, 2005), Alemanha (SAGA, 2008), Nova Zelândia (NZ E-GIF, 2008), Austrália (AGTIF, 2005), Malásia (MYGIF, 2003), Brasil (E-PING, 2011) e Dinamarca (OIO-KATALOGER, 2005), além da União Europeia (IDABC, 2004), os quais já haviam publicado as primeiras versões de suas arquiteturas de interoperabilidade e que serviram de base de análise da organização (UNDP, 2007c).

Em todas as GIFs dos países citados, o UNDP (2007c) encontrou uma seção com conteúdo técnico. Este tipo de seção da GIF contempla os padrões e recomendações concernentes à dimensão técnica da interoperabilidade, assim classificada de acordo com o entendimento do respectivo governo.

2.3.1. A e-PING

Seguindo o exemplo da arquitetura de interoperabilidade do Reino Unido (UK E-GIF, 2005), em operação desde o ano 2000, o Governo Brasileiro

organizou um comitê com alguns de seus órgãos para conhecer e estudar a experiência britânica. O trabalho culminou em uma visita ao Governo Britânico em junho de 2003.

Depois disso, o comitê organizou um seminário com participação de outros órgãos e entidades do governo federal, a fim de delinear o início dos trabalhos da especificação da arquitetura brasileira de interoperabilidade para governo eletrônico. Nascia aí a e-PING – Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico. O programa de trabalho ora estabelecido compunha, dentre outros pontos, a criação de cinco grupos de trabalho que seriam responsáveis pela definição das políticas e especificações para cada um dos cinco segmentos que a arquitetura propusera. Os grupos de trabalho e seus respectivos membros fazem parte da denominada Coordenação da e-PING.

Em 2004, os grupos de trabalho especificaram a versão preliminar da arquitetura (versão 0) e a submeteram a diversas consultas públicas. As contribuições recebidas levaram à elaboração da versão 1.0 do documento de referência da e-PING, publicada em julho de 2005. No mesmo ano, o governo federal institucionalizou sua adoção e a tornou de aderência obrigatória para os órgãos e entidades do Poder Executivo do Governo Federal (BRASIL, 2005).

No regramento de institucionalização da e-PING incluiu-se a realização periódica de consultas públicas para revisão da arquitetura, que normalmente acontecem anualmente. Qualquer cidadão pode, a partir da abertura da consulta pública, que é realizada via Internet, sugerir mudanças quanto ao seu conteúdo (BRASIL, 2005). Desde sua institucionalização, a e-PING recebeu sete revisões majoritárias, além de outras minoritárias, sempre por meio da publicação dos documentos de referência que especificam a arquitetura. A versão atualmente em vigência é a 2012, cujo documento de referência está descrito em E-PING (2011). Junto com ele, é publicado, também, um guia de apoio com orientações para o desenvolvimento das TICs aderentes à arquitetura e-PING. Este guia está descrito em MPOG (2011).

Importante ressaltar que, apesar da aderência obrigatória referir-se ao Poder Executivo do Governo Federal, os demais poderes Legislativo e Judiciário

podem adotar as especificações da e-PING. Na realidade, não só podem, como deveriam fazê-lo. A questão aqui é de caráter normativo, ou seja, a competência da Portaria que institui a adoção da e-PING restringe-se ao âmbito do Poder Executivo Federal. Do mesmo modo, outras entidades, assim como as demais esferas, digam-se municipais e estaduais, também podem espontaneamente adotar a arquitetura em suas administrações. Além disso, convém lembrar que as Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica), apesar de comporem organicamente o Poder Executivo Federal, não são obrigadas a aderir à e-PING.

Segundo a referência E-PING (2011), a interoperabilidade é ponto chave para a racionalização dos investimentos em TIC. Seus benefícios materializam-se por meio do compartilhamento, reuso e intercâmbio de recursos tecnológicos. Nesse contexto, torna-se condição vital para o provimento de serviços de qualidade a interoperabilidade de tecnologia, processos, informação e dados, estes fundamentais para alavancar as ações de governo eletrônico.

A mesma referência E-PING (2011) define a arquitetura como sendo a linha base das políticas e especificações técnicas que regem o uso e implementação das TICs para interoperabilidade na prestação de serviços de governo eletrônico. Estabelece diretrizes norteadoras de colaboração e interação com os demais órgãos e entidades do governo e também com a sociedade de forma geral.

A e-PING está dividida em cinco segmentos. Cada segmento engloba as políticas e especificações técnicas para uma determinada área de abrangência. A Tabela 1 a seguir expõe os cinco segmentos da e-PING com um breve descritivo de cada área de abrangência.

Tabela 1. Segmentos da e-PING e suas áreas de abrangência (E-PING, 2011).

Segmento	Área de abrangência
1 – Interconexão	Abrange os padrões para que o governo possa estabelecer interconexões com seus órgãos/entidades e a sociedade. Há foco nas redes e protocolos de comunicação.
2 – Segurança	Abrange as questões relativas à segurança das TICs com o objetivo de salvaguardar os ativos de informação do governo. Estabelece, primordialmente, protocolos e sistemas de criptografia.
3 – Meios de Acesso	Abrange a padronização dos meios de acesso ao governo eletrônico e seus serviços, através de dispositivos como estações de trabalho, TV digital e dispositivos móveis.
4 – Organização e Intercâmbio de Informações	Abrange os padrões para intercâmbio de dados nos serviços de governo eletrônico, como vocabulários controlados, taxonomias, ontologias e outros métodos de organização e recuperação de informações.
5 – Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Abrange o ferramental para sustentação do intercâmbio de informações em áreas transversais de governo eletrônico, onde a padronização seja relevante para a interoperabilidade, como dados e processos, informações contábeis e informações geográficas.

Os cinco segmentos foram subdivididos em componentes, para os quais são especificados padrões a serem adotados pelo governo. Para isso, existe um processo de análise dos padrões candidatos a integrar a arquitetura. Esse processo abrange a seleção, a homologação e a classificação das especificações selecionadas em cinco situações, que caracterizam o grau de aderência às políticas técnicas gerais e específicas de cada segmento. As situações dos padrões são (E-PING, 2011):

- **Adotado (A):** um padrão identificado como adotado foi submetido a um processo formal de homologação, realizado por parte do governo ou por outra instituição por ele delegada. Implica em esforços prioritários quanto à sua adoção pelos seus destinatários, os quais ficam obrigados a incluir os componentes especificados nesta situação em seus projetos/produtos de TIC.
- **Recomendado (R):** um padrão recomendado atende às políticas técnicas da e-PING, porém pende de homologação formal. Esta situação usualmente engloba padrões advindos de práticas de interoperabilidade bem sucedidas e aceitas pelo mercado. Seus componentes não estão grafados como de uso obrigatório, porém são sugeridos para incorporar novos projetos/produtos de TIC.

- **Em Transição (T):** um padrão categorizado como em transição não atende a um ou mais requisitos estabelecidos nas políticas da e-PING ou está em processo de substituição, tendendo ao descontinuo. Sua existência justifica-se pelo uso significativo nas instituições do governo. É possível que um item em transição passe a ser considerado recomendado, visto que as dificuldades em se estabelecer políticas viáveis para sua substituição justificariam sua permanência.
- **Em Estudo (E):** um padrão em estudo está em processo de avaliação por parte dos membros da e-PING e poderá ser classificado em qualquer uma das situações acima, assim que o processo de avaliação estiver concluído.
- **Estudo Futuro (F):** um padrão classificado como estudo futuro tem sua existência ou utilização reconhecida, porém sua avaliação não foi iniciada.

Em sua edição mais recente, denominada versão 2012 (E-PING, 2011), publicada em novembro de 2011, a arquitetura e-PING especificou um total de 166 padrões, os quais estão quantitativamente subdivididos na Tabela 2 a seguir.

Tabela 2. Quantitativo de padrões especificados na E-PING (2011).

Segmento	Total de padrões especificados	Situação dos padrões				
		(A) Adotado	(R) Recomendado	(T) Em Transição	(E) Em Estudo	(F) Estudo Futuro
Interconexão	28	13	3	5	4	3
Segurança	41	11	21	0	9	0
Meios de Acesso	64	21	25	11	6	1
Organização e Intercâmbio de Informações	13	4	2	0	6	1
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	20	9	6	0	4	1
Total	166	58	57	16	29	6

Por tratar-se de um documento de referência, a E-PING (2011) não objetiva auxiliar tecnicamente seus destinatários acerca da adoção dos padrões por ela especificados. Por esse motivo, a Coordenação da e-PING decidiu por publicar a

Cartilha Técnica de Interoperabilidade (MPOG, 2011), a qual introduz uma linguagem facilitada no sentido de orientar a execução das políticas e práticas e evidenciar os padrões da arquitetura. Ademais, a publicação inova ao propor a classificação de parte dos padrões da e-PING quanto à dimensão da interoperabilidade, analisada na seção 2.2.1 - Dimensões da interoperabilidade deste capítulo.

CAPÍTULO III – PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE MATURIDADE SEGUNDO A E-PING

O principal objetivo para um modelo de maturidade, com base na arquitetura e-PING, além da proposição do modelo em si, é aferir, após a definição do modelo, a aderência de uma agência quanto ao efetivo uso de seus padrões. Esta aferição se dará pela análise sistematizada do atendimento das tecnologias e padrões utilizados por uma agência a partir das especificações descritas no paradigma (modelo) que, por sua vez, reflete as políticas e recomendações que o governo brasileiro entende como apropriadas para interoperabilidade de suas ações de governo eletrônico.

Esse objetivo, portanto, vai direto ao encontro da tentativa de abordar a problematização discorrida no CAPÍTULO I deste trabalho, a qual relaciona a deficiência da interoperabilidade com uma série de consequências que impactam, principalmente, no retorno social esperado para com as ações de governo eletrônico.

A existência deste modelo também poderá subsidiar engenheiros de software e de sistemas, assim como profissionais em geral, a direcionar seus esforços no emprego de tecnologias consagradas pelas boas práticas de mercado, visto que os padrões por ele preconizados já passaram por um processo formal de avaliação que é peça fundamental da própria e-PING, base do modelo ora em comento.

A expectativa de se ter um modelo como este, por sinal, tem sido reiteradamente documentada nas várias revisões da arquitetura sem, contudo, apresentar qualquer esboço para fomentar a discussão pública. O modelo de maturidade intencionado pela e-PING tem sido apresentado como M-PING, ou Modelo de Maturidade da e-PING (E-PING, 2011).

De forma indireta, a utilização de um modelo de maturidade para aferir a aderência à e-PING também pode servir, por exemplo, e sem a intenção de esgotar as possibilidades, como:

- Paradigma de Engenharia na concepção de soluções nativamente projetadas para interoperarem entre si.
- Meio de planejamento tecnológico de uma agência, pois sua situação poderia ser constantemente monitorada a fim de viabilizar a melhoria contínua de seus processos.
- Métrica para o cumprimento das normas e boas práticas por parte de uma agência, facilitando, assim, a fiscalização pelos órgãos de controle.
- Instrumento de economicidade, visto que recursos públicos não seriam empregados em soluções estritamente proprietárias, experimentais ou fadadas à obsolescência.
- Métrica orientadora para a liberação ou contenção de recursos financeiros para investimento em tecnologia da informação (ex.: FINEP, BNDES, BID etc.).

Esta última possibilidade coloca-se de modo especial por propiciar ao modelo servir de instrumento às entidades de fomento para auxiliar no processo de seleção das agências a serem contempladas com investimentos. Em programas que visem à liberação de recursos, por exemplo, cujo critério de seleção estiver pautado prioritariamente nos locais que necessitam ampliar sua base tecnológica, poderia utilizar-se do modelo para classificar e evidenciar as agências que têm o nível mais baixo de interoperabilidade seguido pelas que possuem o nível mais alto. De modo contrário, quando o critério for a priorização de investimentos em agências com nível mais alto de interoperabilidade, aquelas que não atingirem as exigências mínimas seriam desclassificadas.

Apesar do modelo de maturidade a ser proposto aplicar-se particularmente à e-PING, nada impede, contudo, que este possa ser adaptado a outras arquiteturas de governo eletrônico existentes em outros países. Na realidade, figura-se como intenção deste trabalho promover a definição e discussão de modelos de maturidade para impulsionar o efetivo uso de padrões com base em arquiteturas de interoperabilidade.

3.1. Modelos de maturidade

Modelos de maturidade têm sido utilizados extensivamente em diversas áreas de conhecimento. Exemplos tidos como pioneiros são os modelos elaborados pelo *Software Engineering Institute* (SEI), da Universidade Carnegie Mellon, os quais são denominados *Capability Maturity Models* (CMMs) e cujos estudos iniciais remontam o final da década de 1980. Na área de software o SEI formalizou sua experiência na aplicação desses estudos no seu *Capability Maturity Model for Software* (SW-CMM), publicado em 1991 (PAULK, 2009), o qual obteve uma grande aceitação ao gerar novos padrões para a Engenharia de Sistemas. O SW-CMM (CMM, 1995) evoluiu e hoje se encontra superado pelo seu sucessor, o *CMMI For Development* (CMMI, 2010).

O principal objetivo do SW-CMM é que as organizações conheçam e melhorem seus processos de desenvolvimento de software a partir de práticas definidas. O SW-CMM alicerça-se em um modelo representado por estágios evolucionários e foi construído a partir de princípios inspirados na grade de maturidade originalmente formulada por Philip Crosby. Em sua grade, Crosby definiu cinco estágios de maturidade para seis categorias de medidas, que são subjetivamente avaliadas segundo a adoção de práticas de qualidade em uma organização. Semelhantemente, o modelo SW-CMM também organiza os passos evolucionários em cinco níveis, que definem uma escala para avaliar a maturidade do processo dentro da empresa (PAULK, 2009).

O próprio SEI, em um estudo mais recente (NOVAKOUSKI; LEWIS, 2012), propõe um modelo para entendimento da interoperabilidade no contexto de governo eletrônico. O modelo, no entanto, não tem por objetivo definir níveis de maturidade, mas sim evidenciar os denominados níveis de interoperabilidade, que são, na verdade, as dimensões da interoperabilidade aqui discutidas na seção 2.2.1 - Dimensões da interoperabilidade. O documento considera, adicionalmente às dimensões, fatores de influência legais, políticos e socioculturais, que impactam nas ações de governo eletrônico pela necessidade de endereça-los ao desenvolver a interoperabilidade.

Gottschalk e Solli-Saether (2009) discorrem sobre a ampla utilização de modelos de maturidade no âmbito organizacional e de gerenciamento. Os autores afirmam que esses modelos descrevem uma variedade de fenômenos como, por exemplo, o ciclo de vida organizacional e de produto e o gerenciamento de mudanças. Os modelos assumem a existência de padrões que são contextualizados em termos de estágios, níveis ou fases. Estes, por sua vez, (1) são por natureza sequenciais, (2) desenvolvem-se por meio de certa progressão hierárquica, (3) envolvem um gama de atividades organizacionais e estruturais e (4) pressupõem o atingimento de um estágio como pré-requisito para o desenvolvimento dos estágios imediatamente subsequentes.

Sob a ótica de governo eletrônico, a referência (UN, 2012), por exemplo, apresenta um modelo de quatro estágios para aferir o desenvolvimento de serviços de e-governo ligados a Internet, denominando-os *Emerging* (mais imaturo), *Enhanced*, *Transactional* e *Connected* (mais maduro). Na mesma referência é divulgada uma pesquisa que classifica cerca de 190 países-membros das Nações Unidas exprimindo o desenvolvimento de governo eletrônico, no que é chamado pela instituição de Índice de Desenvolvimento de E-governo. Apesar de a referência focar o desenvolvimento de governo eletrônico por si só, existem indicadores referentes à interoperabilidade que compõem o cálculo do índice utilizado pela instituição.

O APCICT – *Asian and Pacific Training Centre for Information and Communication Technology for Development* (APCICT, 2011), com seu denominado modelo de maturidade para governo eletrônico, expõe outra visão sobre a maturidade nas ações de e-governo sob a perspectiva do COBIT – *Control Objectives for Information and Related Technologies*. O COBIT é um *framework* que propõe um conjunto de boas prática e orientações acerca do alinhamento dos objetivos do negócio (no caso governo eletrônico) com os objetivos do uso das TICs. A visão proposta pelo APCICT, apesar de considerar questões técnicas, foca principalmente nos processos e aspectos de negócio das iniciativas de governo eletrônico, enxergando a interoperabilidade como sendo apenas uma característica do modelo.

Inclinando-se para a interoperabilidade nas ações de governo eletrônico, Gottschalk (2009) afirma que modelos de maturidade que tratam do assunto devem fornecer estágios que possibilitem a entrega de serviços ao usuário de forma integral, sem fragmentação ou retalhos tecnológicos. Além disso, o autor complementa afirmando que, para chegar a um nível desejado, existe um caminho árduo a ser trilhado em todas as dimensões da interoperabilidade. Com efeito, seu artigo sugere um modelo de maturidade com cinco estágios que contemplam ações em todas as dimensões. O último nível, denominado “Meta da interoperabilidade”, pressupõe o alcance da dimensão organizacional (ápice da pirâmide). Portanto, o modelo do autor é avaliado como sendo orientado à organização como um todo, diferentemente do objetivo deste trabalho que é orientado à dimensão técnica. Esta dimensão, no trabalho do autor, é acertadamente considerada basilar (primeiro estágio no modelo proposto), porém não detalhada suficientemente de modo a expor as ações necessárias para atingi-la.

3.2. Delimitação de padrões

O presente trabalho não pretende abarcar todos os padrões especificados na e-PING, visto que a arquitetura contempla todas as dimensões da interoperabilidade (E-PING, 2011; MPOG, 2011). Tendo este trabalho como escopo somente a interoperabilidade técnica, a referência MPOG (2011) foi utilizada de modo a orientar a classificação dos padrões segundo a dimensão da interoperabilidade que operam. Todavia, nem todos os padrões da e-PING são citados, sendo alguns deles classificados para atender aos objetivos deste trabalho.

Assim, do total de 166 padrões especificados na e-PING, cabem à dimensão técnica 81, à semântica 80 e à organizacional cinco padrões. Na dimensão técnica, que compreende os 81 padrões, 37 deles são classificados na situação adotada e 24 na situação recomendada. Em suma, 61 padrões técnicos são o foco de estudo para construção do modelo proposto neste trabalho.

A Figura 5-a a seguir expõe a distribuição dos padrões pela dimensão que opera. A dimensão técnica compreende 49% dos padrões especificados na e-PING. Por sua vez, conforme desdobramento, na Figura 5-b, os padrões adotados e recomendados correspondem a 46% e 29%, respectivamente, dos 61 padrões da dimensão técnica.

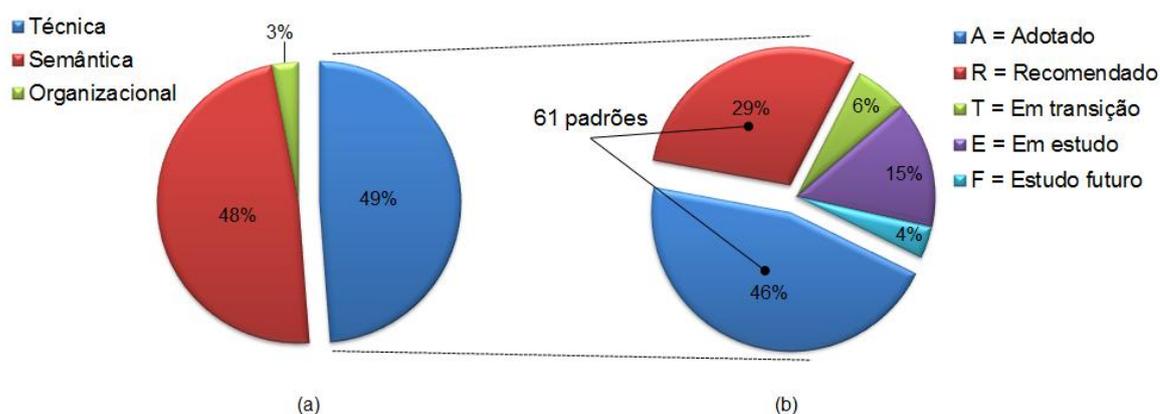


Figura 5. Distribuição dos padrões pela dimensão e os níveis estabelecidos na e-PING.

Apesar de a delimitação geral concentrar-se na dimensão técnica dos padrões adotados e recomendados da e-PING, faz-se necessário enfatizar que oito padrões dentro do foco de estudo não serão tratados por este trabalho. Esses padrões dizem respeito à interoperabilidade da TV Digital, conforme consta no segmento “Meios de acesso” da arquitetura.

O motivo para não tratar os padrões referentes à TV Digital justifica-se por não ser este um serviço comumente encontrado em uma agência provedora de governo eletrônico. A avaliação desses padrões em específico ficaria restrita a pouquíssimos locais que provêm o serviço, dada a especialidade do assunto.

Considerando as delimitações discutidas até aqui (53 padrões), cinco políticas descritas na e-PING, e não grafadas como especificações *stricto sensu*, serão adaptadas para o desenvolvimento do modelo. De forma geral, este enquadramento se faz necessário pela relevância dessas políticas para compor as especificações e estas serem objeto de avaliação explícita pelo modelo. Assim, essas políticas passam a ser consideradas especificações técnicas. A Tabela 3 a seguir mostra as políticas da arquitetura a serem adaptadas para especificações explícitas.

Tabela 3. Políticas da arquitetura a serem adaptadas para especificações explícitas.

Política	Origem
Escalabilidade das aplicações	Políticas gerais
Utilização de XML como padrão primário de intercâmbio	Políticas gerais
Adoção de <i>browser</i> como interface padrão e alinhamento com a Internet	Políticas gerais
Emulação de terminal, via <i>web</i> , para aplicações legadas	Políticas técnicas de interconexão
Transparência e acesso a informações públicas	Políticas gerais

A delimitação para objeto de estudo deste trabalho compreende 58 padrões selecionados para elaboração do modelo de maturidade.

3.3. Desenvolvimento do Modelo

Para desenvolver um modelo de maturidade técnica, é necessário, a princípio, identificar os estágios evolucionários que irão compô-lo. Assim, os estágios a serem construídos deverão acomodar as várias soluções ou tecnologias aplicadas em cada agência, de modo a formar uma base mínima de interoperabilidade para que todas as agências participantes possam interoperar. A base mínima de interoperabilidade, organizada e descrita em cada estágio, deverá pressupor a adesão aos padrões preconizados pela e-PING.

A questão que se evidencia neste momento resume-se na dificuldade de se compor uma base mínima de interoperabilidade – e conseqüentemente os estágios evolucionários – tendo em vista a quantidade de soluções ou tecnologias em uso pelas mais diversas agências para atender aos mais diversos fins. Assim, a construção do modelo mostra-se desafiadora, requerendo uma análise sistemática dos problemas que usualmente são encontrados neste campo.

Com isso, entende-se ser oportuna a ideia de Desourdis Jr. *et al.* (2009), que evidencia as potenciais barreiras para a consecução da interoperabilidade. Os autores introduzem as denominadas camadas de interoperabilidade que podem impedir o intercâmbio de informações entre agências se não forem bem trabalhadas. Sob outra perspectiva, essas camadas podem ser arranjadas de modo a evidenciar um possível caminho a ser percorrido para o desenvolvimento da interoperabilidade.

A Figura 6, adaptada de Desourdis Jr. *et al.* (2009), apresenta um exemplo de duas agências dispostas a interoperar. Cada agência é representada por um quadro pontilhado. Entre as agências colocam-se as camadas de interoperabilidade, as quais estão organizadas pela respectiva dimensão (técnica, semântica, organizacional) e o contexto a que se aplicam (redes, tecnologias, sistemas; pessoas; entidades).

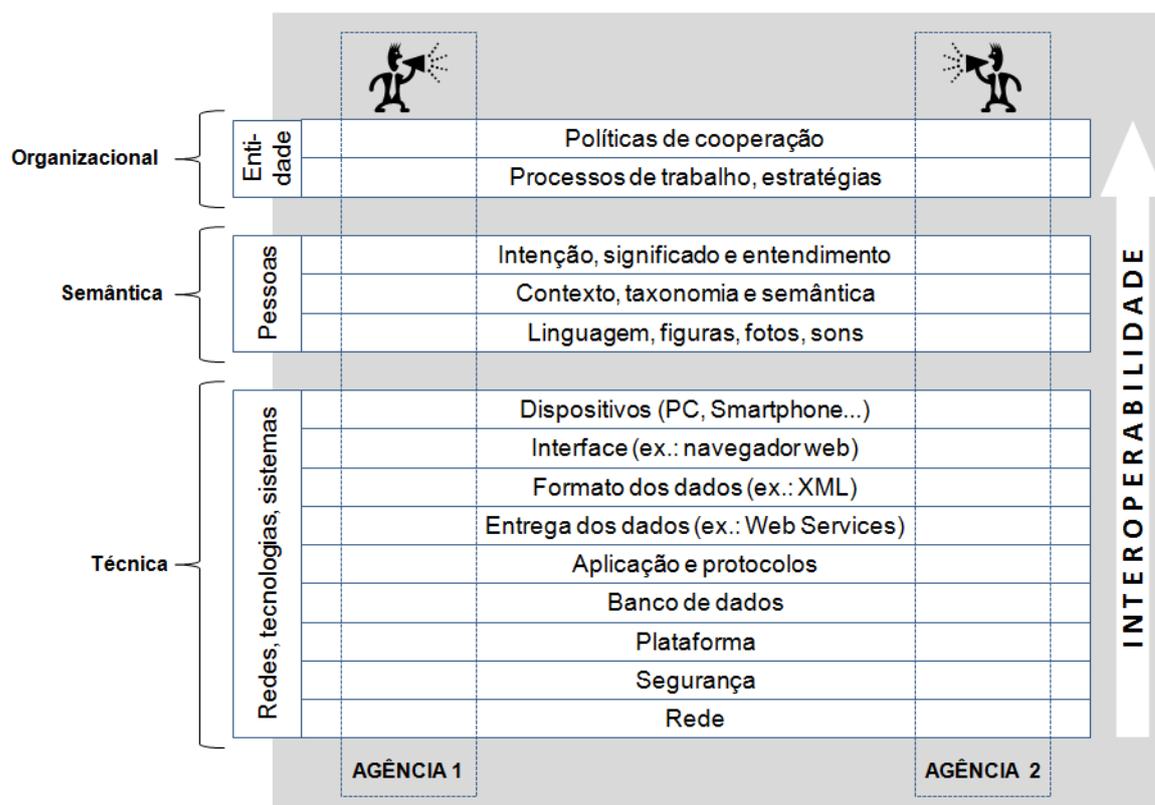


Figura 6. Camadas de interoperabilidade. Adaptado de Desourdis Jr. *et al.* (2009).

De maneira especial, a Figura 6 expõe a ideia de que as dimensões e camadas sejam desenvolvidas em sequência, de baixo para cima. Em se tratando das dimensões, o autor reforça que o bloco referente à dimensão técnica precede as demais (semântica e organizacional). Do mesmo modo, acontece com os itens dentro da dimensão técnica: para desenvolver a camada “Aplicação e protocolos” é necessário antes pensar na de “Rede”; para trabalhar a camada “Entrega dos dados” é necessário antes desenvolver a de “Aplicação e protocolos”; e assim por diante. Seguindo o mesmo raciocínio, para desenvolver a dimensão semântica deve-se, a priori, trabalhar todas as camadas da dimensão técnica.

Aliado a essa ideia, propõe-se o relacionamento de cada camada de interoperabilidade, dentro da dimensão técnica, com os cinco segmentos da e-PING, apresentados anteriormente na Tabela 1. Exemplificando: no segmento “Interconexão” encontram-se os padrões IPv4, TCP e UDP, os quais se enquadram na camada “Rede”, pois tratam de protocolos a serem utilizados na infraestrutura de comunicação entre redes. Ainda dentro do mesmo segmento (Interconexão), existem também padrões como SMTP, IMAP e HTTP que estariam mais alinhados à camada “Aplicação e protocolos”. A Figura 7 a seguir apresenta um diagrama com todos os relacionamentos possíveis.

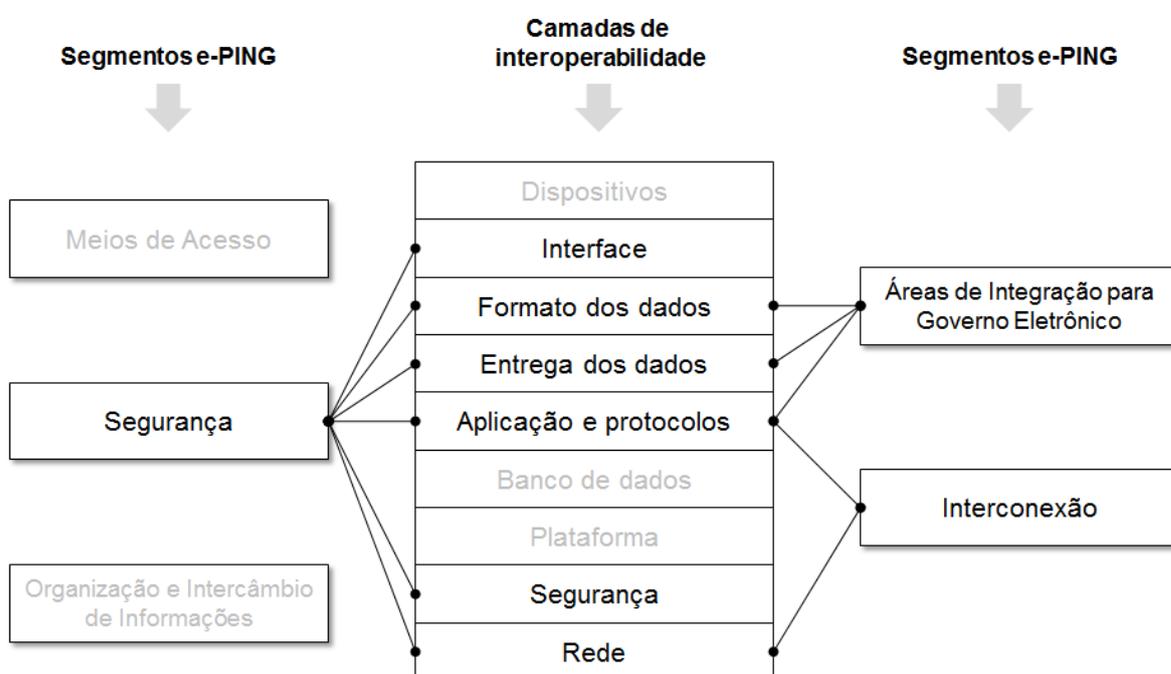


Figura 7. Relacionamento das camadas de interoperabilidade com os segmentos da e-PING (CORREA *et al.*, 2011).

O relacionamento entre o segmento “Áreas de Integração para Governo Eletrônico” e as camadas “Formato dos dados”, “Entrega dos dados” e “Aplicação e protocolos” seguiu a mesma sistemática de análise: as especificações da e-PING foram enquadradas no contexto de aplicação da camada de interoperabilidade as quais operam. Este contexto de aplicação, por sua vez, foi compreendido com o auxílio de Tanenbaum e Wetherall (2011), os quais se apoiam em um modelo de referência semelhante ao modelo ISO OSI (*Open Systems Interconnection*) de sete camadas, porém sem as camadas “Apresentação” e “Sessão”. Como poderá ser conferido mais à frente no

desenvolvimento deste trabalho, grande parte das especificações da e-PING enquadram-se na camada “Aplicação” do modelo dos autores e, portanto, assim classificados para enquadramento nas camadas de interoperabilidade com este foco.

Ainda na Figura 7, percebe-se que os segmentos “Meios de acesso” e “Organização e Intercâmbio de Informações” não se encontram relacionados. O motivo é que estes segmentos da e-PING não tiveram padrões selecionados e, portanto, não correspondem a qualquer camada de interoperabilidade. Já as camadas “Dispositivos”, “Banco de dados” e “Plataforma” não possuem correspondência porque a e-PING simplesmente não especifica padrões que se enquadram nestas camadas.

Uma última observação sobre a Figura 7 é que o segmento “Segurança” relaciona-se com a camada de interoperabilidade “Segurança” e todas as demais. A razão para isso ocorrer será explicada logo à frente.

A partir do relacionamento entre os segmentos da e-PING e as camadas de interoperabilidade, foi proposta uma crítica e posterior adaptação na ideia de Desourdis Jr. *et al.* (2009). Este posicionamento ancora-se na premissa de que a interoperabilidade pode ser trabalhada em apenas seis camadas (e não nove como na proposta original dos autores). O que motiva essa pretensão é o fato das camadas “Dispositivos”, “Banco de dados” e “Plataforma” não serem essenciais, sob a visão da e-PING, para o desenvolvimento da interoperabilidade. Essas camadas devem atuar de forma independente e possuir interfaces com as demais camadas imediatamente superiores ou inferiores a fim de prover e requisitar serviços. Uma explanação clara desta necessidade de independência pode ser encontrada na camada “Dispositivos”: não importa qual dispositivo (hardware) se tem; ou seja, não se deseja definir padrões de equipamentos, mas sim estes devem fornecer meios de disponibilizar navegadores *web* (típica interface homem-máquina) para interoperar-se com outros dispositivos. A Figura 8 a seguir ilustra novamente a interoperabilidade entre duas agências, agora fincada na concepção de apenas seis camadas.

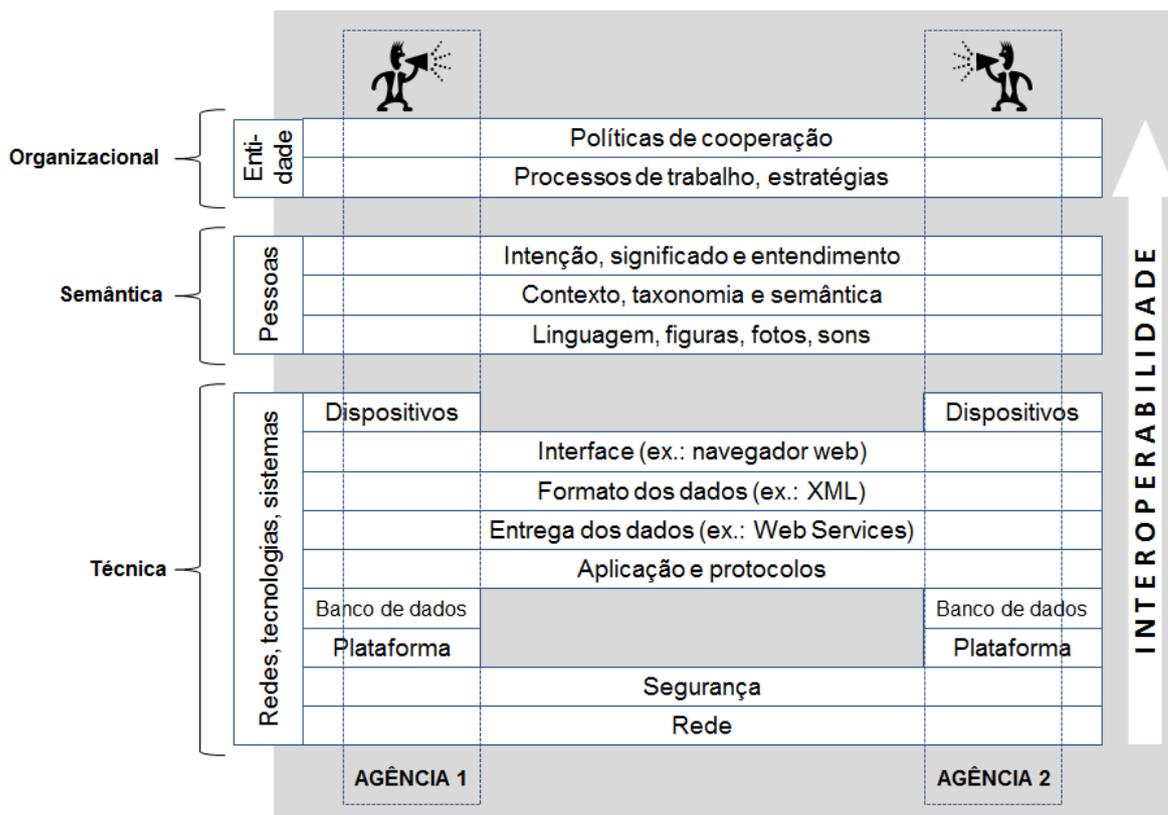


Figura 8. Crítica e adaptação na ideia de Desourdis Jr. *et al.* (2009) onde são necessárias apenas seis camadas para trabalhar a interoperabilidade.

Sendo assim, considerando as seis camadas da dimensão técnica (Rede, Segurança, Aplicação e protocolos, Entrega dos dados, Formato dos dados e Interface), a partir de agora denominadas níveis, propõe-se a estrutura do Modelo para Interoperabilidade Técnica, conforme descrito na Figura 9 a seguir (CORREA *et al.*, 2011).

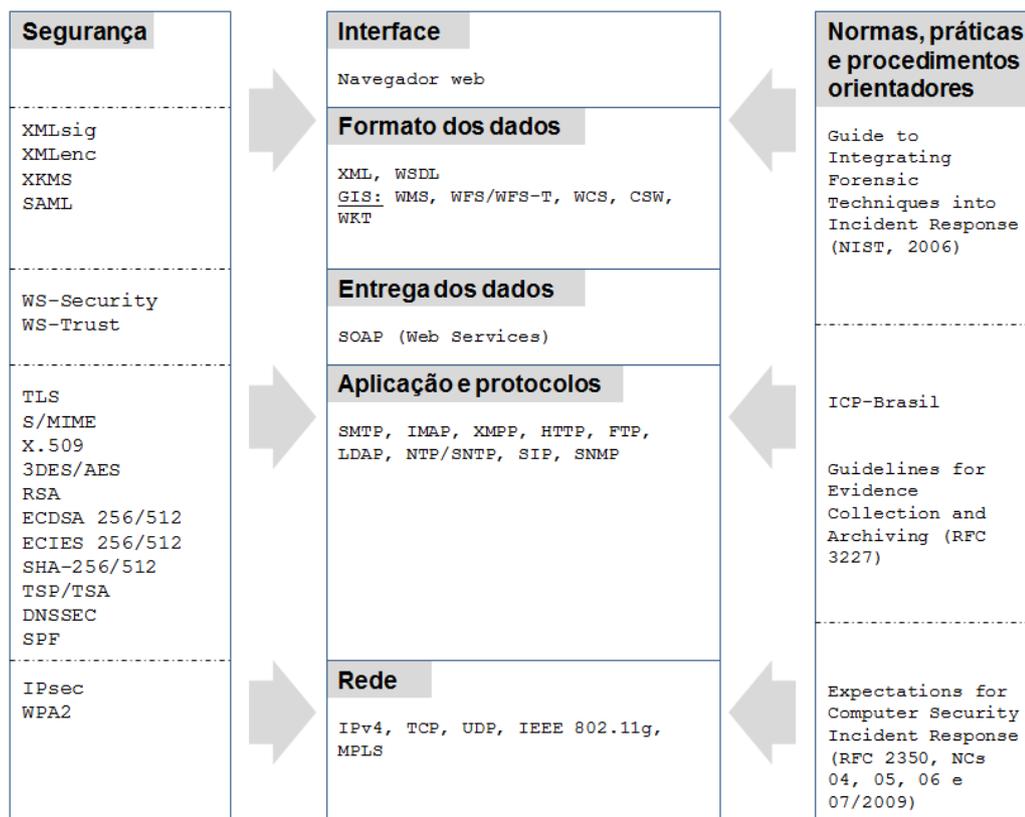


Figura 9. Modelo proposto para Interoperabilidade Técnica com as principais especificações da e-PING (CORREA *et al.*, 2011).

A Figura 9 detalha em seu centro os níveis de interoperabilidade com as principais especificações da e-PING. Percebe-se que o nível Segurança foi deslocado para a esquerda, pois se entende que o aspecto de segurança não é apenas um passo (nível) a ser atingido, mas sim uma característica que deve ser observada em todos os níveis. Do mesmo modo, a e-PING sustenta um conjunto de normas, práticas e procedimentos (à direita da Figura 9) que orientam à adoção de suas especificações, portanto a justificativa delas orbitarem os níveis do modelo.

Uma vez tendo avançado na definição do modelo, convém fazer alusão ao conceito geral de modelos de maturidade discutido na seção 3.1 - Modelos de maturidade e expor, de forma simplificada, os cinco níveis ou estágios de maturidade que compõem o Modelo proposto para Interoperabilidade Técnica ou, mais simplificada, Modelo de Maturidade Técnica, conforme ilustrado na Figura 10 a seguir.

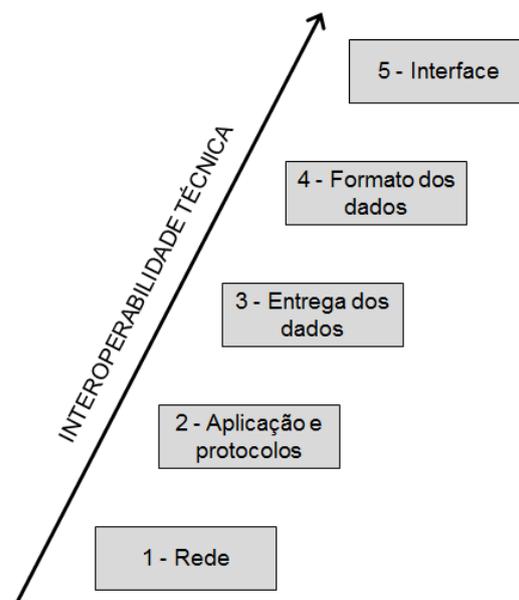


Figura 10. Níveis de maturidade do Modelo de Maturidade Técnica (CORREA *et al.*, 2011).

Para cada um dos cinco níveis de maturidade será atribuída uma configuração de especificações que indicarão onde a agência deve colocar seus esforços. O progresso e o alcance de um determinado nível se obtêm quando são atendidas as especificações esperadas para aquele nível, assim como seus anteriores. De forma ampla, os cinco níveis de maturidade estão descritos a seguir:

- **Nível 1 – Rede:** compreende as especificações de infraestrutura de rede. A infraestrutura de rede figura como providência inicial pelo simples motivo de abarcar os aspectos de conectividade para transporte de dados de uma agência à outra.
- **Nível 2 – Aplicação e protocolos:** compreende as especificações das aplicações e protocolos bases para funcionamento de uma agência. Englobam os sistemas de mensageria, de transferência de conteúdo, de gerência, entre outros.
- **Nível 3 – Entrega dos dados:** compreende as especificações para intercâmbio entre arquiteturas descentralizadas ou distribuídas, de modo a torná-las independentes da tecnologia e que possibilitem a simultaneidade na sua utilização, a escalabilidade, a facilidade de uso e o baixo acoplamento entre um e outro. Em essência, pressupõe a utilização da tecnologia *Web services*, através do protocolo SOAP

(*Simple Object Access Protocol*) para comunicação entre dois dispositivos através da rede.

- **Nível 4 – Formato dos dados:** compreende as especificações que definem as regras para codificar dados utilizando a representação de estruturas e descritores, segundo linguagens padronizadas. Incluem-se neste nível o XML (*Extensible Markup Language*) e protocolos para SIGs (Sistemas de Informação Geográfica). Note-se que apesar deste nível tratar do formato dos dados em si, não é objetivo adentrar na seara semântica da interoperabilidade, conforme abordado na seção 3.2 - Delimitação de padrões deste capítulo. Os formatos dos dados aqui situados figuram como especificações universalmente aceitas para codificação de dados, como é o caso do XML. Para o caso dos SIGs (que também são formatos baseados em XML), suas especificações figuram no modelo por estarem explicitamente definidas na e-PING.
- **Nível 5 – Interface:** compreende as especificações para prover meio de acesso a todos os sistemas de informação por intermédio de *browsers* (navegadores *web*).

A partir das especificações compostas em cada nível do modelo, seria possível verificar seu atendimento por uma agência fazendo simplesmente a checagem de aderência. Esta checagem, a qual será denominada de processo de avaliação, resultaria na indicação do nível de maturidade atingido e no perfil avaliado, que em termos básicos, representa o panorama de interoperabilidade operado pela agência e reconhecido segundo o Modelo de Maturidade Técnica.

A Tabela 4 a seguir relaciona os níveis do Modelo de Maturidade Técnica e o perfil avaliado para cada um deles.

Tabela 4. Níveis do modelo e o respectivo perfil avaliado.

Nível	Perfil avaliado
Nível 1 – Rede	<p>A agência avaliada neste nível opera o mínimo de interoperabilidade técnica requerida pelo modelo, o qual dispõe das bases de interconexão de redes necessárias para viabilizar a comunicação entre qualquer agência.</p> <p>Compreende as especificações adotadas e recomendadas para os protocolos de transporte, de intercomunicação em redes LAN/WAN, de rede sem fio e de tráfego avançado, assim como seus respectivos padrões e recomendações de segurança.</p>
Nível 2 – Aplicação e protocolos	<p>A agência avaliada neste nível opera a interoperabilidade do anterior e a indicada para este nível para as aplicações e protocolos mais comuns e normalmente necessários para o funcionamento geral de uma agência.</p> <p>Compreende as especificações adotadas e recomendadas para as aplicações e protocolos de mensageria, de diretório, de transferência de arquivos, de sincronismo de tempo, de hipertexto e de transmissão e negociação de <i>web services</i>, assim como seus respectivos padrões e recomendações de segurança.</p>
Nível 3 – Entrega dos dados	<p>A agência avaliada neste nível opera a interoperabilidade dos anteriores e a indicada para este nível para protocolo de entrega dos dados providos pelos seus sistemas, de modo a possibilitar o acesso padronizado e o atendimento das necessidades de escalabilidade e segurança exigidas.</p> <p>Compreende as especificações adotadas e recomendadas para estruturação de <i>web services</i> e suas diretrizes para prover escalabilidade do serviço, assim como suas respectivas recomendações de segurança.</p>
Nível 4 – Formato dos dados	<p>A agência avaliada neste nível opera a interoperabilidade dos anteriores e a indicada para este nível para o formato dos dados externados pelos seus sistemas, com intuito de formar linguagens padronizadas para intercâmbio de dados.</p> <p>Compreende as especificações adotadas e recomendadas para intercâmbio de dados entre sistemas de propósito geral, entre sistemas de informação geográfica e para definição de serviço, assim como seus respectivos padrões e recomendações de segurança.</p>
Nível 5 – Interface	<p>A agência avaliada neste nível opera a interoperabilidade dos anteriores e a indicada para este nível para a padronização da interface de seus sistemas e a implementação de mecanismos que visem à transparência das informações para acesso público.</p> <p>Compreende as especificações adotadas e recomendadas para utilização de navegadores <i>web</i> como meio primário de interface, para emulação de sistemas legados que não puderem ser adaptados para <i>web</i> e para a implementação de mecanismos de transparência pública.</p>

Note-se que mesmo sendo o primeiro nível a representação mínima de interoperabilidade técnica operada por uma agência, é possível encontrar situações onde sequer este nível básico é atingido. Neste caso, a situação seria precária e caótica do ponto de vista do Modelo de Maturidade Técnica.

É oportuno frisar que uma agência só obtém o perfil avaliado por um determinado nível se atender completamente suas especificações técnicas. Enquanto isto não acontecer, a agência é avaliada no nível imediatamente anterior, ou em nenhum nível, para caso ainda não tenha atingido o primeiro patamar do modelo.

O grau e a forma de atendimento das especificações serão abordados neste estudo ao se construir o regramento do processo de avaliação, o qual se diferenciará por permitir imprecisão e incerteza por parte do avaliado e, mesmo assim, possibilitar a aferição do nível de maturidade de uma agência.

3.4. Detalhamento do Modelo

O Modelo de Maturidade Técnica proposto encontra-se detalhado no APÊNDICE A – Detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica deste documento, que contém todos os 58 padrões nos cinco níveis do modelo.

Para compreensão de sua estrutura, a Figura 11 a seguir ilustra simplificada a composição dos níveis e das especificações/grupos de especificações que compreendem o detalhamento do modelo.

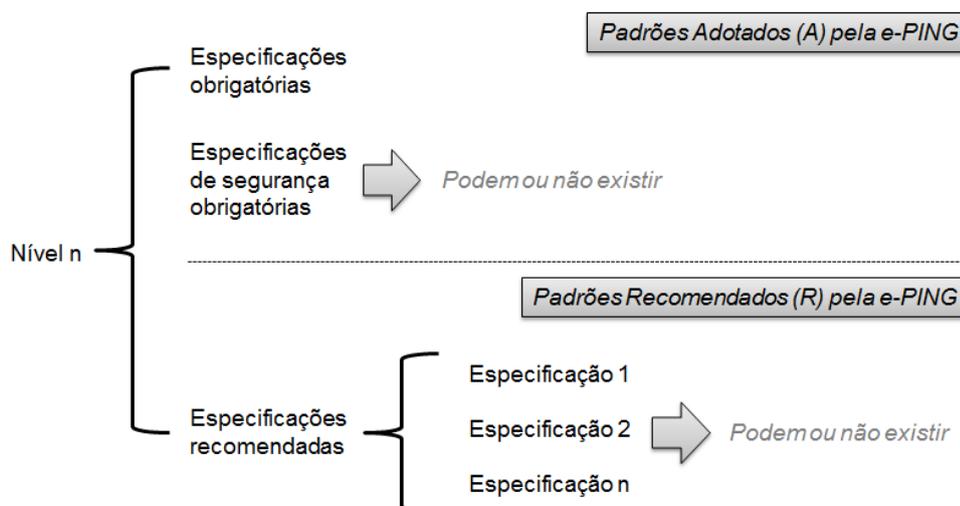


Figura 11. Estrutura de detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica.

Conforme se percebe pela Figura 11, todos os níveis deverão conter um grupo de padrões que compreende as especificações obrigatórias. O mesmo acontece com as especificações de segurança obrigatórias, porém estas podem ou não existir para um determinado nível, tal como ocorre para o “Nível 3 – Entrega dos dados”, onde simplesmente não há padrões de segurança obrigatórios especificados. As especificações obrigatórias e as especificações de segurança obrigatórias, quando existirem, têm origem nos padrões grafados como Adotados (A) pela e-PING e seu atendimento pelas agências é dado como obrigatório.

Já com relação às especificações recomendadas, que podem ou não existir para um determinado nível, compreendem os padrões originalmente grafados como Recomendados (R) pela e-PING e indicam a sugestão, por parte da arquitetura, de sua adoção pelas agências.

Vale lembrar que, na seção 3.2 - Delimitação de padrões deste capítulo, sinalizou-se que algumas políticas da e-PING seriam adaptadas para constar como especificações *strictu sensu*. A Tabela 5 apresenta o resultado desta adaptação, expondo o nível do modelo e situação enquadrados e a justificativa específica para o enquadramento de cada política.

Tabela 5. Resultado da adaptação de cinco políticas para especificações *strictu sensu*, expondo os detalhes do enquadramento de cada política.

Política	Origem	Nível do modelo e situação enquadrados	Justificativa específica para o enquadramento
Escalabilidade das aplicações	Políticas gerais	Nível 3 - Entrega dos dados Situação recomendada	A política de escalabilidade enquadra-se no nível sobre a entrega dos dados por que a própria arquitetura afirma, nas políticas técnicas sobre o uso de <i>Web services</i> , que as aplicações com esta tecnologia devem possibilitar aumento no volume de dados, usuários e transações. Padrão equiparado à situação recomendada pela complexidade de implementação e para indicar a opcionalidade de acordo com as necessidades do cenário envolvido.

Utilização de XML como padrão primário de intercâmbio	Políticas gerais	Nível 4 - Formato dos dados Situação adotada	Apesar da e-PING prever explicitamente especificações sobre XML, elas estão contidas na dimensão semântica. Para manter consistência com a delimitação defendida por este trabalho, e ao mesmo tempo tratar este importante meio de intercâmbio, propõe-se a inclusão no nível especificado a fim de impor um ponto único de acesso para <i>Web services</i> . Padrão equiparado à situação adotada pela representatividade de uso e adoção desta especificação no mercado em geral. Atualmente o XML é considerado o padrão globalmente aceito para intercâmbio de dados (Brookshear, 2012).
Adoção de <i>browser</i> como interface padrão e alinhamento com a Internet	Políticas gerais	Nível 5 - Interface Situação adotada	Esta política é razão de existência do último nível do modelo, o qual originalmente aborda a segurança para navegadores. Por questões de coerência e por enquadrar-se no contexto do nível, foi especificado este padrão. Padrão equiparado à situação adotada pelo uso e adoção comum de <i>browsers</i> na atualidade.
Emulação de terminal, via <i>web</i> , para aplicações legadas	Políticas técnicas de interconexão	Nível 5 - Interface Situação recomendada	A emulação de terminais através da <i>web</i> para sistemas legados pressupõe o uso de <i>browsers</i> , que é o objeto de análise do nível em questão. Padrão equiparado à situação recomendada pelo fato dos softwares relacionados a esta característica normalmente envolverem soluções específicas, proprietárias e de alto custo. Assim, permite-se a opcionalidade de implementação.
Transparência e acesso a informações públicas	Políticas gerais	Nível 5 - Interface Situação recomendada	Iniciativas de transparência para fornecer acesso a informações públicas pressupõem a utilização da Internet e a disponibilização de acesso via páginas <i>web</i> por <i>browsers</i> , por isso enquadramento no nível especificado. Padrão equiparado à situação recomendada pelo fato da legislação referente ao tema ser relativamente nova (BRASIL, 2011), indicando que se permite às agências um tempo de maturação para se adequar às exigências.

CAPÍTULO IV – METODOLOGIA PARA AFERIÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE

O Modelo de Maturidade Técnica desenvolvido no capítulo anterior visou subsidiar uma agência na aferição do seu nível de maturidade. Como também visto anteriormente, o modelo define, através da exposição de seus níveis e padrões especificados, um paradigma a ser seguido no que se refere à promoção da interoperabilidade técnica nas ações de governo eletrônico.

A exposição do modelo não traz, no entanto, a definição do processo de avaliação em si. A existência de um processo definido para este fim é tão importante quanto o próprio modelo, pois visa conduzir uma agência na tarefa de entendimento e operacionalização das especificações por ele preconizadas.

O processo de avaliação teria como objetivo primordial possibilitar uma agência entender em qual patamar se encontra e auxiliá-la na decisão de traçar um caminho de onde se pretende chegar. De forma secundária, a avaliação serviria de instrumento para os órgãos de controle para proceder com as auditorias de conformidade, as quais se encontram previstas na e-PING. Ressalta-se, no entanto, que os critérios de auditoria exteriorizados pela própria arquitetura ainda não se encontram publicados, sob o motivo provável de estes dependerem explicitamente de um modelo de maturidade.

O processo de avaliação em questão será tratado neste capítulo através do desenvolvimento e utilização de um sistema baseado em regras nebulosas, especialmente desenvolvido para os fins deste trabalho.

4.1. Sistemas baseados em regras nebulosas

Sistemas baseados em regras nebulosas ou *fuzzy rule-based systems* são uma variante dos clássicos sistemas especialistas, cujo modo de funcionamento é baseado na ideia que humanos resolvem problemas ao aplicar seus conhecimentos a uma determinada área de atuação ou domínio específico de conhecimento (SILER; BUCKLEY, 2005; NEGNEVITSKY, 2005).

Tendo em vista que o processo mental humano é muito complexo de ser representado por um algoritmo, expressar sua capacidade de resolver problemas sobre determinada área (conhecimento especialista) torna-se tão desafiador quanto. Siler e Buckley (2005) concordam que este desafio está categorizado pela disciplina de Inteligência Artificial e envolve as habilidades de aprender, de raciocinar com a experiência, de exprimir o conhecimento em linguagem natural, de utilizar abstração e fazer inferências. Os mesmos autores afirmam que existem várias formas de contemplar estas habilidades em um sistema de computador, sendo a mais clássica através da expressão de regras para representar o raciocínio especialista.

Dessa forma, grande parte dos especialistas é capaz, com algumas adaptações na forma de pensar e sem grandes dificuldades, de externar seu conhecimento na forma de regras para resolver os problemas. O termo “regra” no campo da inteligência artificial é comumente um tipo de representação do conhecimento e pode ser definido utilizando-se a estrutura “SE-ENTÃO”, ou “*IF-THEN*” em inglês. A parte “SE” da estrutura está relacionada com o fato ou a informação que se deseja passar; já a parte “ENTÃO” representa a ação a ser tomada. A regra é um meio para descrever um problema e sua construção e uso são relativamente fáceis de entender (NEGNEVITSKY, 2005).

Neste sentido, sistemas especialistas baseados em regras têm sido utilizados há muito tempo para uma infinidade de aplicações. Exemplos tidos como clássicos pela literatura são o Dendral, de 1965, que objetivava determinar a estrutura molecular a partir de dados de um espectrômetro de massa; e o MYCIN, de 1970, que buscava identificar bactérias a partir de moléstias graves em pacientes (SILER; BUCKLEY, 2005).

De acordo com adaptação formulada a partir de Negnevitsky (2005), a estrutura básica de um sistema especialista baseado em regras contempla base de conhecimento, banco de dados, motor de inferência e interface do usuário. A Figura 12 a seguir ilustra o arranjo desta estrutura.

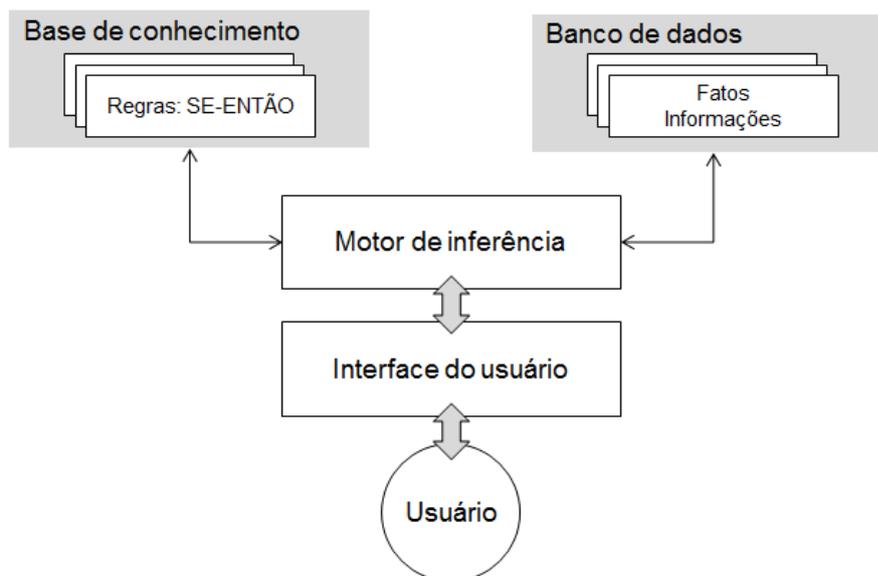


Figura 12. Estrutura básica de um sistema especialista baseado em regras. Adaptado de Negnevitsky (2005).

A “Base de conhecimento” representa o local onde são armazenadas as regras que compõem a solução do problema em específico. É a representação do conhecimento em si a partir de uma série de “SE-ENTÃO”, onde a parte “SE” (condição) dispara a parte “ENTÃO” (ação) se sua condição for satisfeita.

O “Banco de dados” representa os fatos ou as informações que serão relacionadas com a parte “SE” (condição) das regras com intuito de avaliar seu atendimento.

O “Motor de Inferência” é responsável pelo raciocínio do sistema especialista e tem por escopo ligar a base de conhecimento com os fatos inseridos no banco de dados. Neste processamento um motor de inferência pode empregar o raciocínio para frente (*forward chaining*) ou para trás (*backward chaining*). No raciocínio para frente, muito semelhante à pesquisa procedural clássica, o motor de inferência percorre cada regra na base de conhecimento buscando a correspondência de um determinado fato, avaliando a parte “SE” das regras. Neste, todas as regras são avaliadas, uma a uma. Já no raciocínio para trás, o motor de inferência conta com uma meta (solução hipotética) e tenta encontrar nas regras a evidência para prová-la, avaliando primeiramente a parte “ENTÃO”. Se o motor conseguir encontrar a regra, então faz a avaliação da parte “SE” e, caso corresponda com o fato, a regra é disparada e a meta é provada. O

raciocínio para trás normalmente não percorre todas as regras da base de conhecimento. O sistema aqui proposto implementa o raciocínio para frente.

A “Interface do usuário” faz a ponte de comunicação entre o sistema especialista e as entradas do operador que busca a solução para seu problema. A forma de comunicação aqui empregada deve ser clara, significativa e amigável.

Assim como nos sistemas especialistas típicos, os sistemas baseados em regras nebulosas envolvem em algum momento a definição das regras que compõem sua base de conhecimento. Complementarmente, este tipo de sistema amplia o modo convencional de processamento das regras ao propor meios para lidar com incertezas, ambiguidades, contradições ou modificadores de sentido expressos em palavras, como “muito”, “pouco”, “baixo” e “alto”, por exemplo. Para isso, os sistemas baseados em regras nebulosas fazem uso da teoria dos conjuntos nebulosos (*fuzzy set theory*) ou, lógica nebulosa (SILER; BUCKLEY, 2005).

4.1.1. A lógica nebulosa

Precursor da lógica nebulosa, Lotfi Zadeh, professor do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade da Califórnia, publicou em 1965 seu famoso artigo intitulado “*Fuzzy sets*” (ZADEH, 1965), o qual serviu de base e depois foi expandido para introduzir um novo conceito de aplicação utilizando expressões em linguagem natural. Apesar do termo “lógica nebulosa” ou “*fuzzy logic*” representar apenas parte de seu estudo dos conjuntos nebulosos, o próprio Zadeh o utilizava no sentido amplo para se referir a sua teoria em geral (NEGNEVITSKY, 2005; SILER; BUCKLEY, 2005).

Em contraste com a lógica booleana convencional, que é expressa por dois valores (zero e um, falso e verdadeiro, etc.), a lógica nebulosa é conhecida por ser multivalorada e trabalhar com intervalo que vai de zero (completamente falso) até um (completamente verdadeiro), fazendo uso do chamado grau de pertinência (NEGNEVITSKY, 2005).

4.1.2. Conjuntos nebulosos

O conceito de conjuntos é fundamental na matemática e sua forma clássica está intrinsicamente ligada à lógica expressa por dois valores (booleana), neste caso verdadeiro ou falso. Sendo X um conjunto e x um elemento, pode-se dizer que x pertence a X ($x \in X$) ou não pertence a X ($x \notin X$). Dessa forma, a teoria clássica dos conjuntos impõe limites bem definidos (*crisp*) e atribui aos elementos pertencentes ao conjunto o valor “um” ou “verdadeiro”; e o valor “zero” ou “falso” para os elementos que não são membros do conjunto. Note-se que esta lógica não admite valores vagos como “parcialmente verdadeiro” ou “em parte falso”.

Em contrapartida, os conjuntos nebulosos introduzem a ideia que os elementos podem pertencer a um determinado conjunto com certo grau de pertinência, o qual busca atribuir valores parcialmente verdadeiros ou falsos (nebulosos ou *fuzzy*), normalmente expressos no intervalo de zero a um $[0,1]$. Qualquer número real entre esses limites representa o grau de pertinência ou parcialidade da proposição.

Um exemplo prático extraído e adaptado de Negnevitsky (2005) é o do “homem alto”, que ilustra as diferentes percepções ao avaliar a estatura de uma pessoa sob as abordagens *crisp* e nebulosa. Na abordagem *crisp*, ao se responder a uma pergunta se um determinado homem é alto, intuitivamente pode-se afirmar que qualquer pessoa abaixo de 1,80m não é considerada alta e acima de 1,80m é considerada alta. Assim, um homem com 1,89m é alto. Já na abordagem nebulosa, o raciocínio se dá pela pergunta de quanto um determinado homem é alto, cuja resposta introduziria a parcialidade ou pertinência em relação ao conjunto nebuloso “Alto”. Por exemplo, a resposta poderia ser expressa na afirmação de que um homem com 1,89m é alto com grau de pertinência de 0,9 em relação ao conjunto nebuloso “Alto”. Do mesmo modo, um homem com 1,84m é alto com grau de pertinência de 0,4 em relação ao mesmo conjunto.

A Figura 13 ilustra o exemplo do “homem alto” apresentado por dois gráficos comparativos das abordagens *crisp* e *nebulosa*.

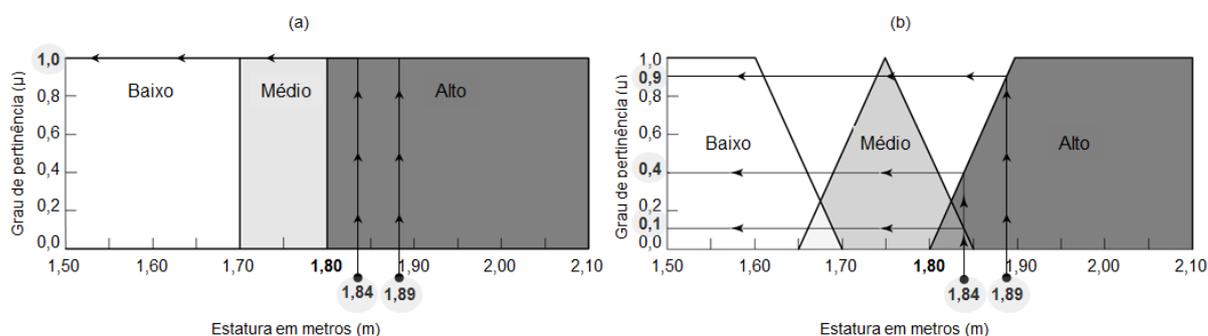


Figura 13. Ilustração das abordagens (a) *crisp* e (b) *nebulosa* para o exemplo do “homem alto”, extraído e adaptado de Negnevitsky (2005).

Nos eixos horizontais dos gráficos estão representadas as estaturas x possíveis para o exemplo em questão, correspondendo ao universo de discurso. Nos eixos verticais estão representados os graus de pertinência y . Como se pode perceber na composição do gráfico na Figura 13-a, que representa a abordagem *crisp*, o homem de 1,84m ($x=1,84$) cruza o eixo em $y=1,0$, assim $y(x) = 1,0$ ou $\mu(x) = 1,0$; já na composição do gráfico na Figura 13-b, que representa a abordagem *nebulosa*, o homem com a mesma estatura cruza o eixo em $y=0,4$ no conjunto nebuloso “Alto” e $y=0,1$ no conjunto “Médio”, assim $\mu_{x=Alto}(x) = 0,4$ e $\mu_{x=Médio}(x) = 0,1$, respectivamente.

Na teoria *nebulosa*, o conjunto A no universo de discurso X é expresso pela função $\mu_{x=A}(x)$, denominada função de pertinência do conjunto A , sendo:

$$\mu_{x=A}(x) : X \rightarrow [0,1];$$

onde,

$$\mu_{x=A}(x) = 1, \text{ se } x \text{ pertence totalmente a } A;$$

$$\mu_{x=A}(x) = 0, \text{ se } x \text{ não pertence totalmente a } A;$$

$$0 < \mu_{x=A}(x) < 1, \text{ se } x \text{ pertence parcialmente a } A.$$

Para qualquer elemento x no universo de discurso X , a função de pertinência $\mu_{x=A}(x)$ retorna o grau de pertinência no qual x é um elemento do conjunto A e cujo valor está entre 0 e 1.

Para determinar uma função de pertinência, a qual deve ser previamente construída para avaliação do sistema, pode-se empregar vários métodos de aquisição de conhecimento e um dos mais difundidos é a opinião do especialista acerca dos vários elementos que compõem um dado conjunto nebuloso (NEGNEVITSKY, 2005).

4.1.3. Variáveis e valores linguísticos

Os conjuntos nebulosos “Baixo”, “Médio” e “Alto” vistos no tópico anterior são chamados valores ou qualificadores de uma variável linguística. A variável linguística, por sua vez, e para este caso, poderia ser intitulada “Estatura”.

As variáveis linguísticas são o cerne da lógica nebulosa e são definidas qualitativamente por uma expressão linguística que tem por escopo fornecer uma tratativa sistematizada e aproximada para representar elementos complexos ou mal definidos, que normalmente são utilizados por seres humanos e são de difícil implementação por sistemas convencionais (TANSCHKEIT, 2004; SANTOS; NASSAR, 2004).

Seus valores linguísticos são expressos quantitativamente por uma função de pertinência, na qual se define seu universo de discurso que será o intervalo de possíveis valores por ela admitidos (SANTOS; NASSAR, 2004).

Considerando o mesmo exemplo da variável linguística “Estatura” do tópico anterior, seus valores linguísticos “Baixo”, “Médio” e “Alto” são definidos e têm em seus intervalos, respectivamente, as estaturas possíveis de até 1,70m, de 1,65m a 1,85m e a partir de 1,80m.

4.1.4. Funções de pertinência

Conforme visto no item anterior, a definição dos conjuntos nebulosos expressos em valores para a variável linguística “Estatura” seguiu um raciocínio que poderia ser classificado como razoável para nosso senso comum. Ou seja,

peças com menos de 1,60m são consideradas baixas e peças com mais de 1,90m são consideradas altas. Além disso, os intervalos de intersecção entre os conjuntos “Baixo” e “Médio” (1,65m-1,70m) e entre “Médio” e “Alto” (1,80m-1,85m) expressam as estaturas que comportam entendimento de ambos os conjuntos, no limite de suas pertinências.

Porém, a definição não seria razoável para descrever as alturas de uma tribo de pigmeus, por exemplo. Eles provavelmente reduziriam em muito as estaturas segundo seus padrões. Além do mais, eles poderiam construir formas com intervalos sem intersecção, fazendo com que os conjuntos tivessem limites bem definidos. Portanto, na definição de funções de pertinência, o contexto é relevante para a efetividade da aplicação pretendida.

Funções de pertinência são construídas a partir da experiência do especialista responsável pelo domínio da informação e é comum utilizar-se de funções de pertinência padrão como paradigma na definição dos conjuntos. As formas triangular e trapezoidal figuram como as mais populares (SILER; BUCKLEY, 2005). A Figura 14 ilustra a representação gráfica das funções de pertinência triangular e trapezoidal.

Para exemplificar, como base nas funções de pertinência da Figura 14, a definição dos valores da variável linguística “Estatura”, utilizada no tópico anterior e dada pela Figura 13 (pág. 65), se daria a partir da especificação de seus modais de acordo com a forma utilizada, como segue:

$$\mu_{x=Baixo}(x) = \{1,50; 1,50; 1,60; 1,70\} \rightarrow \text{Trapezoidal} \rightarrow \text{modais a, b, c e d,} \\ \text{sendo a=b;}$$

$$\mu_{x=Médio}(x) = \{1,65; 1,75; 1,85\} \rightarrow \text{Triangular, modais a, b e c;}$$

$$\mu_{x=Alto}(x) = \{1,80; 1,90; 2,10; 2,10\} \rightarrow \text{Trapezoidal} \rightarrow \text{modais a, b, c e d,} \\ \text{sendo c=d.}$$

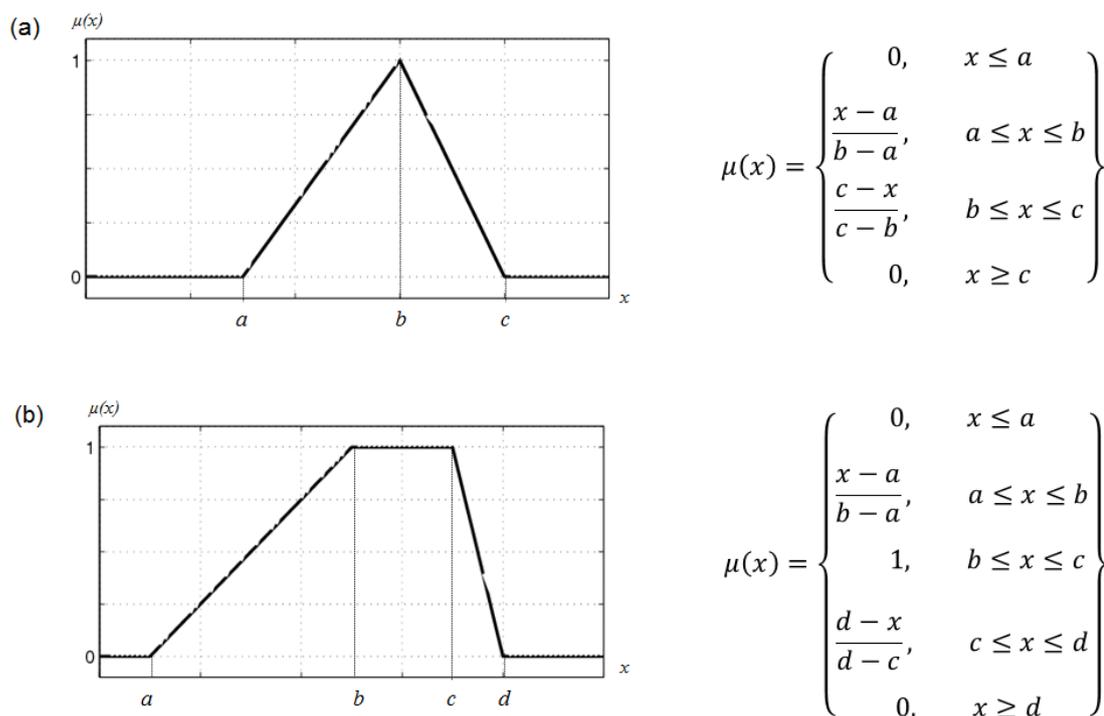


Figura 14. Representação gráfica das funções de pertinência (a) triangular e (b) trapezoidal.

4.1.5. Regras nebulosas

A partir da segunda publicação mais importante de Lotfi Zadeh, em 1973 (ZADEH, 1973), foi delineada pelo autor uma nova abordagem de análise de sistemas complexos, onde o conhecimento humano seria adquirido através da composição de regras nebulosas. Uma regra nebulosa, assim como as regras empregadas em sistemas convencionais, são proposições “SE-ENTÃO”. Porém, para sua formação, utilizam-se as variáveis e valores linguísticos dos conjuntos nebulosos previamente definidos, como: “SE x É A ENTÃO y é B”, onde x e y são as variáveis linguísticas e A e B são seus respectivos valores (NEGNEVITSKY, 2005).

O que difere a regra convencional da regra nebulosa é que a primeira emprega na sua formação valores absolutos, como: “SE Estatura $\geq 1,50$ ENTÃO...”. Já a segunda, a regra nebulosa, seria formada utilizando-se as variáveis e valores linguísticos, como: “SE Estatura É Baixa ENTÃO...”.

Outra diferença está no modo de processamento das regras de um sistema convencional (*crisp*) e de um sistema baseado em regras nebulosas. No

convencional, se a parte antecedente da regra (SE) for avaliada verdadeira, então a parte consequente (ENTÃO) também é considerada verdadeira. Em sistemas baseados em regras nebulosas, como as partes antecedente e consequente são formadas por sentenças nebulosas (variáveis e valores linguísticos), o processamento das regras se dá pela avaliação da parte antecedente e posterior implicação do resultado na parte consequente. Dessa forma, se o antecedente é parcialmente verdadeiro, de acordo com seu grau de pertinência, então o consequente também o será, no mesmo grau de pertinência.

4.1.6. Inferência nebulosa

O processo de avaliação das regras nebulosas é apenas parte da tarefa executada por um mecanismo de inferência nebulosa, cujo funcionamento difere dos sistemas convencionais.

Inferência significa tirar conclusão. Este mecanismo, encontrado nos sistemas baseados em regras nebulosas, envolve um processo dinâmico onde conclusões em um estágio anterior servem de base para o posterior.

Segundo Negnevitsky (2005), o mecanismo de inferência nebuloso mais utilizado é o denominado método Mamdani, que remete ao seu criador chamado Professor Ebrahim Mamdani, da Universidade de Londres. Mamdani criou, em 1975, o primeiro sistema baseado em regras nebulosas que foi utilizado para controlar um motor a vapor. Este mecanismo é processado em quatro etapas, sendo elas (1) fuzzificação das entradas, (2) avaliação das regras, (3) agregação dos consequentes e (4) defuzzificação. A Figura 15 a seguir ilustra o processo expondo passo-a-passo a execução das etapas.

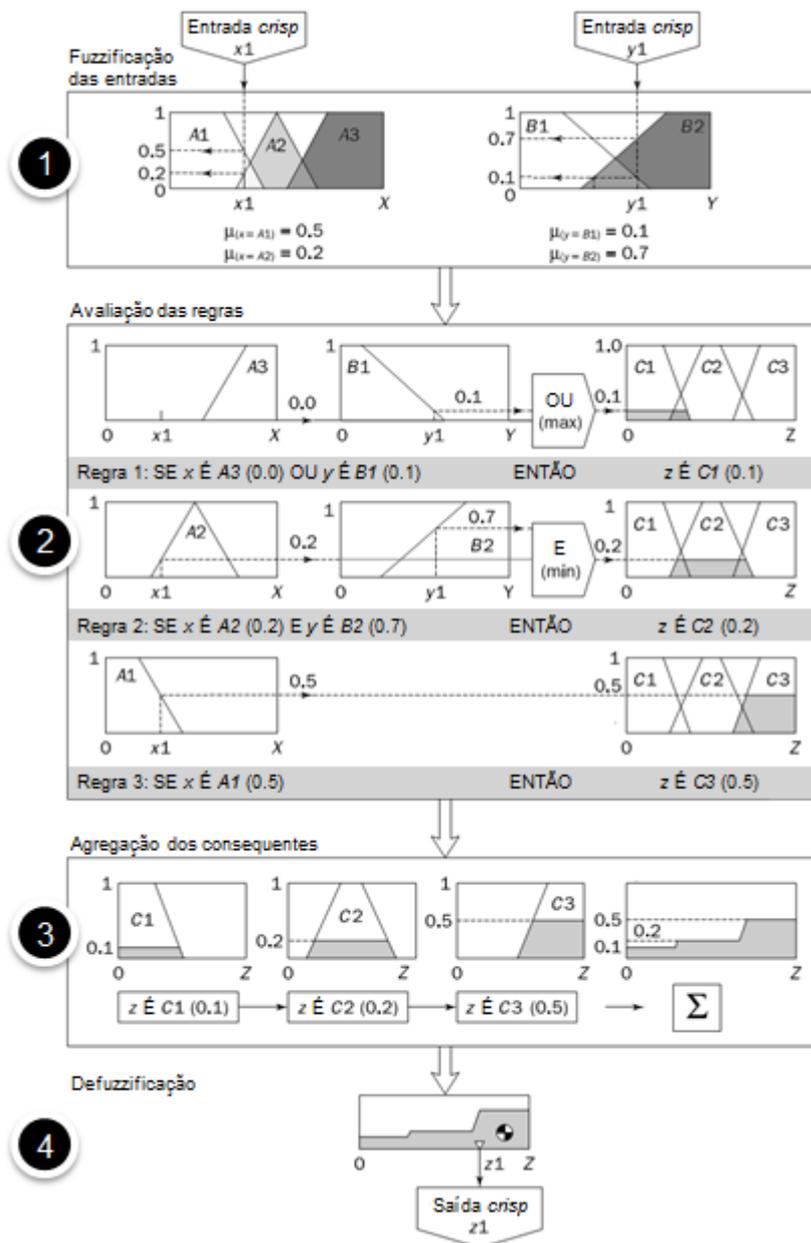


Figura 15. Mecanismo de inferência do método Mamdani em quatro etapas, extraído e adaptado de Negnevitsky (2005).

Os pontos a seguir detalham cada uma das quatro etapas do mecanismo de inferência a partir da exemplificação ilustrada na Figura 15:

Etapa 1 - Fuzzificação das entradas: esta consiste em determinar o grau de pertinência das entradas *crisp* em relação aos conjuntos nebulosos. Pela Figura 15, as entradas x_1 e y_1 têm origem nos valores numéricos fornecidos pelos usuários, dentro do universo de discurso. As pertinências $\mu_{(x=A1)}$, $\mu_{(x=A2)}$, $\mu_{(y=B1)}$ e $\mu_{(y=B2)}$ foram calculadas tendo-se x_1 e y_1 em relação aos valores linguísticos

A1, A2, B1 e B2. Os valores linguísticos a serem avaliados são descobertos a partir da parte antecedente das regras nebulosas, as quais foram previamente obtidas pelo sistema de inferência.

Etapa 2 - Avaliação das regras: as pertinências obtidas da parte antecedente no passo anterior são aplicadas na parte consequente da regra, no mesmo grau de pertinência, fazendo o corte em sua função de pertinência. Na Figura 15, a terceira regra da Etapa 2 expõe o caso mais simples, quando uma regra possui apenas um antecedente. Neste caso, a pertinência de 0,5 (pois $\mu_{(x=A1)} = 0,5$) é aplicada ao consequente do valor linguístico C3, pois a regra impõe “IF x IS A1 THEN z IS C3”. Quando a regra possui dois antecedentes, os operadores “E” (AND) e “OU” (OR) são utilizados de modo a obter-se apenas um grau de pertinência que representa a avaliação dos antecedentes. Para tanto, os operadores nebulosos “max” (máximo) e “min” (mínimo) são utilizados para união (operador OU) e intersecção (operador E), respectivamente. Note-se que quando a pertinência do antecedente é aplicada no consequente, forma-se uma área que corresponde ao preenchimento da forma até o limite do grau de pertinência aplicado ou *alpha-cut*. Neste ponto em específico, são utilizadas duas técnicas denominadas *clipping* e *scaling*. Na *clipping*, faz-se um corte ou truncamento da forma do consequente no nível do *alpha-cut*. Na *scaling*, faz-se um ajustamento da forma original de modo que a envoltória limite-se ao *alpha-cut*, que consiste na multiplicação de todos seus graus de pertinência originais pelo *alpha-cut*. A técnica *clipping* tem como característica “perder” a forma original devido ao corte, porém é a técnica preferida por envolver cálculos menos complexos; pelo contrário, a técnica *scaling* preserva a forma original do consequente. Importante frisar que a escolha do método interferirá nas próximas etapas do mecanismo de inferência. Neste estudo faz-se o uso do método *clipping*.

Etapa 3 - Agregação dos consequentes: consiste no simples processo de unificação de todos os consequentes obtidos na etapa anterior. As formas obtidas são literalmente sobrepostas sobre um mesmo conjunto nebuloso, denominado conjunto de agregação. Pela Figura 15 é possível notar a agregação dos cortes nos consequentes C1, C2 e C3 das três regras, formando, assim, uma única área no gráfico de agregação.

Etapa 4 - Defuzzificação: esta última etapa consiste na transformação do valor de saída em um valor *crisp*. Portanto, a obtenção de um valor absoluto coloca-se como sendo o principal produto de um sistema baseado em regras nebulosas. Para isso, existem vários métodos de cálculo como o Método da Média dos Máximos, o Método da Média Ponderada dos Máximos e o Método do Centróide, este último é o mais comumente utilizado e está presente neste trabalho (SILER; BUCKLEY, 2005). O Método do Centróide, apesar de exigir mais poder computacional frente aos demais para ser calculado, é robusto e apresenta resultados mais precisos. Este método leva a encontrar o centro de massa ou gravidade na área do gráfico de agregação obtido na etapa anterior. O cálculo do Método do Centróide, conforme aponta Negnevitsky (2005), pode ser expresso matematicamente pela Equação (1) a seguir:

$$\text{COG} = \frac{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)x}{\sum_{x=a}^b \mu_A(x)} \quad (1)$$

Na Equação (1), x representa os segmentos do universo de discurso, sendo a e b , respectivamente, seus limites inferior e superior; $\mu_A(x)$ representa a pertinência do seguimento x em relação ao conjunto de agregação A , a qual também pode ser expressa por $\mu_{x=A}(x)$.

A Figura 16 a seguir expõe um gráfico de agregação onde são plotados alguns dados de exemplo, sendo que o centro de gravidade encontrado para sua área é de 67,4.

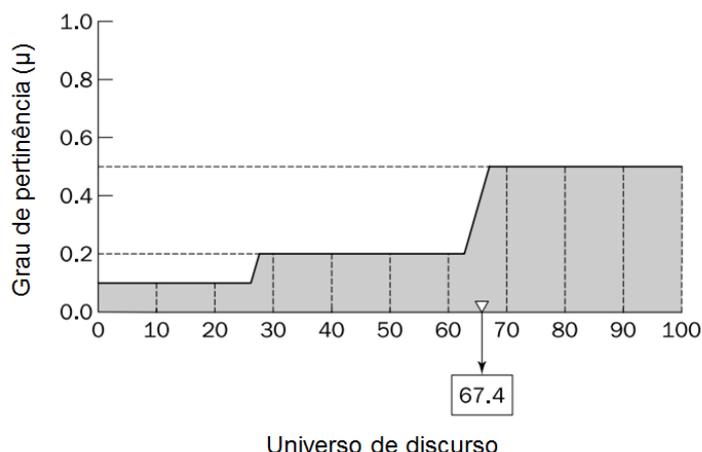


Figura 16. Gráfico de agregação com exemplos de dados e o centro de gravidade encontrado.

A partir da Equação (1) e dos dados de exemplo obtidos do gráfico de agregação da Figura 16, apresenta-se a seguinte Equação (2) detalhando o cálculo do Método do Centróide, onde COG representa *Center of Gravity* ou Centro de Gravidade:

$$\text{COG} = \frac{(0 + 10 + 20) \times 0.1 + (30 + 40 + 50 + 60) \times 0.2 + (70 + 80 + 90 + 100) \times 0.5}{0.1 + 0.1 + 0.1 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.2 + 0.5 + 0.5 + 0.5 + 0.5} \quad (2)$$

$$= 67.4$$

4.2. A abordagem nebulosa para apoiar o processo de avaliação

Assim como normalmente acontece com outros modelos de maturidade, como, por exemplo, o CMMI, o processo de avaliação da conformidade com o Modelo de Maturidade Técnica poderia ser sumarizado pela verificação do atendimento dos padrões definidos nos seus cinco níveis. Esta verificação, por sua vez, se basearia na checagem da existência das evidências que confirmariam o cumprimento dos padrões, tendo-se como possível trilha de registro o binômio "Atende" e "Não atende". Assim, considerando apenas a sistematização do processo, sua implementação seria relativamente simples.

No entanto, numa primeira análise, deve-se separar o significado do processo de avaliação de forma estrita e evidenciar o ferramental de apoio para

sua consecução, pois isso embasará a adoção da abordagem nebulosa proposta por este trabalho.

Neste contexto, os modelos de maturidade comuns impõem ao processo de avaliação doses elevadas de formalismo e detalhamento, pois visam subsidiar a análise da conformidade sob a perspectiva de certificação, a qual tem um caráter de agregador de valor de mercado ao avaliado. Além disso, quase sempre é necessária a atuação de consultorias externas para auxiliar no entendimento, aprendizado e operacionalização dos ditames do modelo antes de proceder com a avaliação de suficiência da entidade candidata.

Por esse motivo, propõe-se aqui, com a adoção da abordagem e raciocínio nebulosos, elevar o processo de avaliação de uma agência ao patamar de gestão, onde a imprecisão e incerteza por parte do avaliado teriam espaço e contribuiriam para simplificar todo o processo, em contraste com os meios convencionais de avaliação. Assim não seria exigido do gestor de TIC da agência o levantamento ou a pesquisa prévia dos ativos que compõem seu negócio e nem movimentar especialistas para subsidiá-lo de informações. Para o processo de avaliação, o gestor de TIC estaria subsidiado apenas pelo seu conhecimento empírico sobre a agência.

Por imprecisão, segundo Negnevitsky (2005), entende-se a utilização de termos em linguagem natural (p. ex.: "baixo", "alto", "parcialmente") para descrever os fatos que envolvem o processo de avaliação do modelo. Neste ponto em específico, se faz uso da teoria dos conjuntos nebulosos para quantificação aproximada dos significados no lugar da utilização de valores exatos.

Já por incerteza, na acepção do mesmo autor, entende-se o tratamento de informações incompletas, inconsistentes ou mesmo inexistentes, as quais fazem parte do mundo real e, portanto, presentes no processo de avaliação do modelo. Neste ponto, são fornecidos mecanismos para acomodar a divergência de opiniões na composição de regras nebulosas, as quais podem ser elaboradas de diferentes formas, mas que atinjam resultados semelhantes. Além disso, a

possibilidade de lidar com informações inexistentes também é levada em consideração.

A Figura 17 a seguir ilustra a imprecisão e incerteza presentes no processo de avaliação para aferir o nível de maturidade de uma agência, onde a lógica nebulosa tem um papel de destaque para simplificar todo o processo.



Figura 17. Imprecisão e incerteza presentes no processo de avaliação apoiado pela abordagem nebulosa para aferir o nível de maturidade.

A Figura 18 a seguir ilustra, de forma simplificada, um comparativo das abordagens convencional e nebulosa de um processo de avaliação, já considerando dois padrões especificados no Nível 1 - Rede do Modelo de Maturidade Técnica proposto.

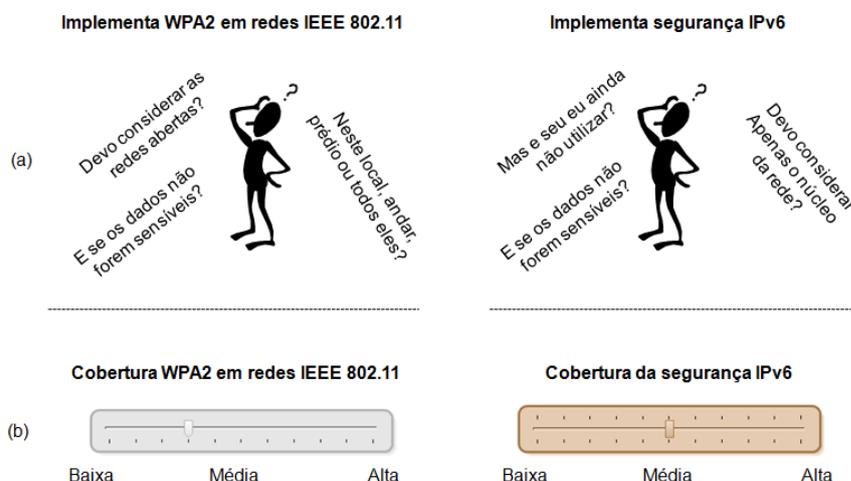


Figura 18. (a) Possível processo de avaliação convencional. (b) Abordagem nebulosa para apoio ao processo de avaliação.

Conforme se pode perceber na Figura 18-a, em um processo de avaliação convencional poderia se questionar se uma determinada agência implementa o protocolo WPA2 (*Wi-Fi Protected Access II*) para redes IEEE 802.11 (WLAN ou *Wireless Local Area Network*) e a segurança para redes IPv6 (*Internet Protocol version 6*). A partir desse questionamento, as dúvidas expostas na Figura 18-a surgiriam de modo a clarificar ao avaliado a exatidão e extensão da especificação. Note-se que com isso haveria a necessidade de detalhar o processo de avaliação do modelo para assistir as possíveis dúvidas. Além do mais, normalmente o avaliado estaria obrigado a prospectar os dados e gerar as evidências dos itens avaliados de modo a guardar prova do fato.

Na Figura 18-b, de modo distinto, a abordagem nebulosa lança mão dos conjuntos nebulosos para introduzir o uso das variáveis e valores linguísticos. No exemplo em questão, existiriam duas variáveis ("Cobertura WPA2" e "Cobertura segurança IPv6") com três valores linguísticos cada ("Baixa", "Média" e "Alta"). O intervalo de seleção estaria livre para qualquer granularidade de valor entre os valores linguísticos. A agência avaliada simplesmente selecionaria a abrangência segundo seu entendimento de aderência ao padrão em questão.

Obviamente, para valer-se da utilização dos recursos citados sobre a abordagem nebulosa, um sistema de apoio deverá ser previamente configurado para empregar a teoria nebulosa em sua composição. Deverá também suportar o processamento de regras nebulosas e ter seu mecanismo de inferência definido.

4.3. Desenvolvimento de um sistema baseado em regras nebulosas

Segundo Siler e Buckley (2005), existem dois tipos de sistemas baseados em regras nebulosas: o de propósito geral para utilização do raciocínio nebuloso e o para controle nebuloso. Um sistema baseado em regras nebulosas de propósito geral, por um lado, é construído como uma linguagem de programação onde aplicações são desenvolvidas e escritas sob ela. As entradas e saídas desse tipo de sistema podem ser numéricas ou linguísticas, sendo mais comumente linguísticas. Emprega todo o poder da lógica nebulosa para representação do conhecimento. Por outro lado, um sistema de controle nebuloso é desenvolvido

sob medida para um fim específico. Seu mecanismo de composição de regras emprega sintaxe restrita e suas entradas e saídas são quase sempre numéricas. Esse tipo de sistema utiliza apenas uma pequena porção da lógica nebulosa para representar o conhecimento.

Em se tratando de sistemas baseados em regras nebulosas de propósito geral, existem vários produtos atualmente, tanto de uso comercial quanto acadêmico. A seguir são citados, com uma breve descrição, alguns softwares do tipo que foram avaliados durante o desenvolvido deste trabalho:

- **FuzzyCLIPS** – é uma extensão do Clips (*C Language Integrated Production System*) desenvolvido pela Nasa e muito utilizado há vários anos. A extensão nebulosa o aperfeiçoa dotando-o de raciocínio nebuloso para manipular fatos e regras. Sua interface é pouco amigável e toda operação é feita via linguagem de sintaxe específica. A grande vantagem do FuzzyCLIPS é ser distribuído gratuitamente (NEGNEVITSKY, 2005).
- **FuzzyTECH** – sendo um dos softwares líderes para uso comercial neste segmento, o FuzzyTECH oferece uma ampla variedade de produtos para construção de sistemas baseados em regras nebulosas. Em seu portfólio, existem até soluções direcionadas para uso em dispositivos embarcados de alto desempenho e em tempo real. Apesar de ser uma solução bastante rica, a linha de negócio do FuzzyTECH não é voltada ao uso acadêmico (NEGNEVITSKY, 2005).
- **MATLAB Fuzzy Logic Toolbox** – esta *toolbox* para o MATLAB é um componente que se integra ao software, disponibilizando funções, ferramentas gráficas, desenho e simulações de sistemas baseados em lógica nebulosa. Tem uma interface gráfica amigável e fácil de usar. A documentação desta *toolbox* é bastante didática e rica ao oferecer um resumo bem estruturado para facilitar a compreensão do assunto aos estudantes da área, além dos tópicos sobre o produto. Assim como o próprio MATLAB, a *toolbox* é um produto comercial e possui licenciamento a estudantes e universidades (MATLAB, 2012; NEGNEVITSKY, 2005).

- **FLOPS** – é um software de apoio ao aprendizado fornecido juntamente com a obra *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*, de William Siler e James Buckley, editora John Wiley & Sons. Sistemas baseados em regras nebulosas em FLOPS são programados por sintaxe específica e executados em ambiente gráfico simplificado (SILER; BUCKLEY, 2005).

Para apoio ao processo de avaliação de uma agência, utilizando a abordagem nebulosa discutida na seção anterior, propõe-se o desenvolvimento de um sistema baseado em regras nebulosas com a característica de um sistema de controle nebuloso para fins específicos, segundo a classificação de Siler e Buckley (2005).

A escolha por esta característica justifica-se pelo fato da aplicação deste sistema estar fortemente relacionada ao estereótipo do processo de avaliação de uma agência. O sistema fornecerá recursos para apenas tratar a definição do modelo de maturidade e criar as variáveis e regras do domínio de sua aplicação, dentro de uma sintaxe restrita. Não é objetivo dotá-lo de características gerais para tratar outro tipo de aplicação, ou mesmo utilizá-lo como um *shell* que implementa uma linguagem flexível para permitir seu uso para outros domínios de conhecimento.

O sistema foi denominado Nebulosus e alguns detalhes de seu projeto encontram-se no APÊNDICE B – Artefatos do projeto de desenvolvimento do sistema Nebulosus deste trabalho, onde são encontrados os principais algoritmos implementados, os diagramas de banco de dados e de caso de uso.

O ambiente de desenvolvimento escolhido é o Microsoft Visual Basic.NET (VBNET, 2012), o qual gera aplicativos que executam nos sistemas operacionais baseados no Microsoft Windows. A distribuição e instalação deste tipo de aplicativo são bastante simples, pois os arquivos executáveis gerados pela tecnologia .NET executam sem qualquer configuração prévia nos sistemas operacionais atuais, como o Windows 7. Já os sistemas operacionais mais antigos precisam da instalação do pacote de bibliotecas denominado .NET Framework, facilmente encontrado na Internet para *download* (SHELDON, 2010).

Espera-se que o sistema Nebulosus seja utilizado por qualquer agência governamental destinatária do Modelo de Maturidade Técnica proposto por este trabalho. A intenção é disponibilizá-lo ao gestor de TIC da agência para que ele próprio conduza o processo de avaliação e, assim, tenha o nível de maturidade aferido.

É relevante salientar que o Nebulosus poderá ser utilizado para avaliar modelos de maturidade com base em qualquer GIF existente, pois sua interface permite a customização a partir das etapas de configuração do sistema. Com isso, pretende-se, com este trabalho, fomentar o uso de técnicas de inteligência artificial para raciocínio nebuloso e apoiar o processo de avaliação de uma agência sob a perspectiva de gestão.

De modo geral, a intenção para com o Nebulosus é simplificar e tornar intuitiva a construção das variáveis, dos valores nebulosos e das regras que compõem o modelo a ser tratado. Já o processo de avaliação pelo sistema em si, que compõe a entrada dos dados pelo usuário, se dará pela apresentação de formulário gráfico com textos explicativos, onde também serão apresentadas *slide bars* para guiar a entrada dos parâmetros nebulosos. O processamento da avaliação será apresentado por meio de gráficos que expõem, passo a passo, o raciocínio nebuloso envolvido no sistema. Por fim, os resultados serão consolidados em um relatório de fácil leitura onde se evidenciará o nível de maturidade atingido. Este resultado poderá ser salvo como trilha de registro para futuras consultas.

Além do raciocínio nebuloso defendido neste trabalho, também entende-se que o processo de avaliação de um modelo de maturidade compreende entradas e processamento convencionais (*crisp*). Tal afirmação ancora-se no resultado obtido com a construção do Modelo de Maturidade Técnica desenvolvido no CAPÍTULO III, onde as especificações grafadas na situação adotado são de aderência obrigatória pelas agências. Neste sentido, não caberia imprecisão ou incerteza por parte do avaliado, pois as respostas seriam diretas como "Atende" ou "Não atende", por exemplo.

Nesse contexto, coexistem e são tratados pelo Nebulosus ambos os processos de avaliação, com e sem raciocínio nebuloso envolvido. Para estabelecer os limiares aplicados a cada abordagem, definiu-se o seguinte critério:

- Para abordagem nebulosa: serão considerados os padrões da situação recomendada pela e-PING, ou as políticas enquadradas e equiparadas para a mesma situação.
- Para abordagem *crisp*: serão considerados os padrões da situação adotada pela e-PING, ou as políticas enquadradas e equiparadas para a mesma situação.

A partir desses critérios, cada padrão do Modelo de Maturidade Técnica foi classificado segundo sua abordagem. A classificação de cada padrão do modelo (especificando se é *crisp* ou nebuloso) encontra-se no APÊNDICE A – Detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica, onde a coluna “Tipo de variável” indica se o padrão é nebuloso ou não, através dos termos *crisp* e *fuzzy* (nebuloso).

4.4. Funcionamento do sistema

Conforme discutido na seção anterior, o sistema Nebulosus poderá ser utilizado para trabalhar com qualquer modelo de maturidade, com base em qualquer GIF. Por esse motivo, para seu funcionamento, pressupõe-se a passagem pelas etapas de configuração do sistema antes de iniciar o processo de avaliação.

Sua flexibilidade para trabalhar com qualquer modelo de maturidade materializa-se também pela presença do idioma inglês em todas as suas interfaces. Desse modo, a possibilidade de utilização do Nebulosus por outros países que adotam uma GIF e, conseqüentemente, um modelo de maturidade, seria perfeitamente viável e possível.

São três etapas de configuração que devem ser seguidas para preparar o sistema para o modelo de maturidade existente. Posteriormente, seguem-se mais

duas etapas que consistem no processo de avaliação e nos resultados. A Figura 19 ilustra as cinco etapas de funcionamento do sistema Nebulosus.

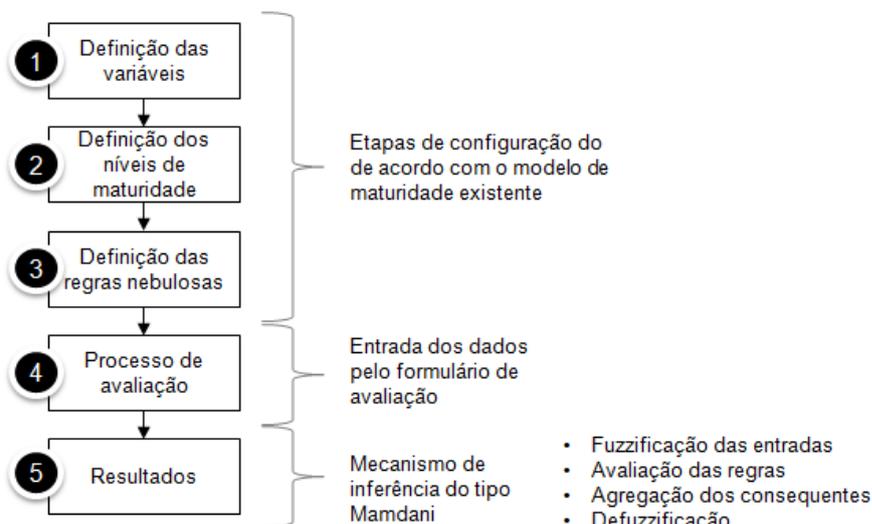


Figura 19. Ilustração das cinco etapas de funcionamento do sistema Nebulosus.

Os tópicos que se seguem expõem as etapas de acordo com a ordem de funcionamento do sistema, ilustrando suas interfaces e fornecendo os respectivos dados de entrada que foram utilizados para o Modelo de Maturidade Técnica proposto por este trabalho.

Ao executar o sistema, o gestor de TIC de uma agência visualizará a interface inicial onde são apresentadas as opções em forma de botões, conforme ilustrado na Figura 20 a seguir.

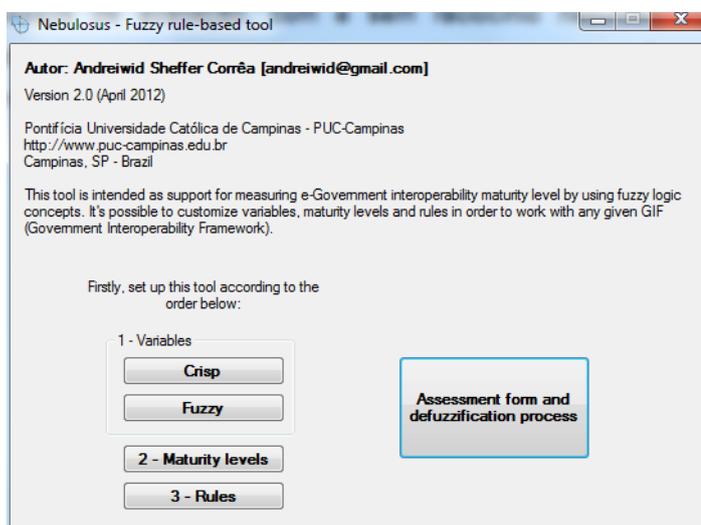


Figura 20. Interface inicial do sistema Nebulosus.

Note-se que a interface inicial apresenta, ao seu lado esquerdo, os botões referentes às etapas de configuração do sistema, evidenciando a ordem necessária para adequá-lo a um determinado modelo de maturidade. Ao seu lado direito, há um único botão que conduz ao processo de avaliação e, em seguida, aos resultados.

Os botões "*Crisp*" e "*Fuzzy*", no grupo "*1 - Variables*", conduzem o usuário à definição das variáveis *crisp* e nebulosas, referentes à Etapa 1: Definição das variáveis. O botão "*2 - Maturity levels*" leva o usuário à configuração do modelo de maturidade a ser tratado pelo sistema e é referente à Etapa 2: Definição dos níveis de maturidade. O botão "*3 - Rules*" conduz o usuário à interface onde são construídas as regras nebulosas e é atinente à Etapa 3: Definição das regras nebulosas. O botão "*Assessment form and defuzzification process*" leva o usuário ao formulário de entrada dos parâmetros e, em seguida, às interfaces que expõem o resultado da avaliação, referentes à Etapa 4: Processo de avaliação e à Etapa 5: Resultados, respectivamente.

4.4.1. Etapa 1: Definição das variáveis

Esta etapa compreende a definição das variáveis do modelo de maturidade. São fornecidas duas interfaces de edição de variáveis: uma para o tipo *crisp* e outra para o tipo nebuloso. Esta etapa figura como basilar para as demais, pois visa construir as variáveis que estarão ligadas ao modelo e também escritas nas regras nebulosas do sistema.

A Figura 21 a seguir mostra a interface de definição das variáveis do tipo *crisp*. Nesta, são encontrados os campos básicos como o nome da variável (campo "*Name*"), a descrição resumida (campo "*Friendly text*") e a descrição estendida (campo "*Full description*"). Ao lado direito superior da interface estão localizados os botões de operação com registro: adicionar (*Add*), remover (*Remove*), editar (*Edit*), salvar (*Save*) e cancelar (*Cancel*), mencionados na mesma ordem que são exibidos na ilustração da Figura 21.

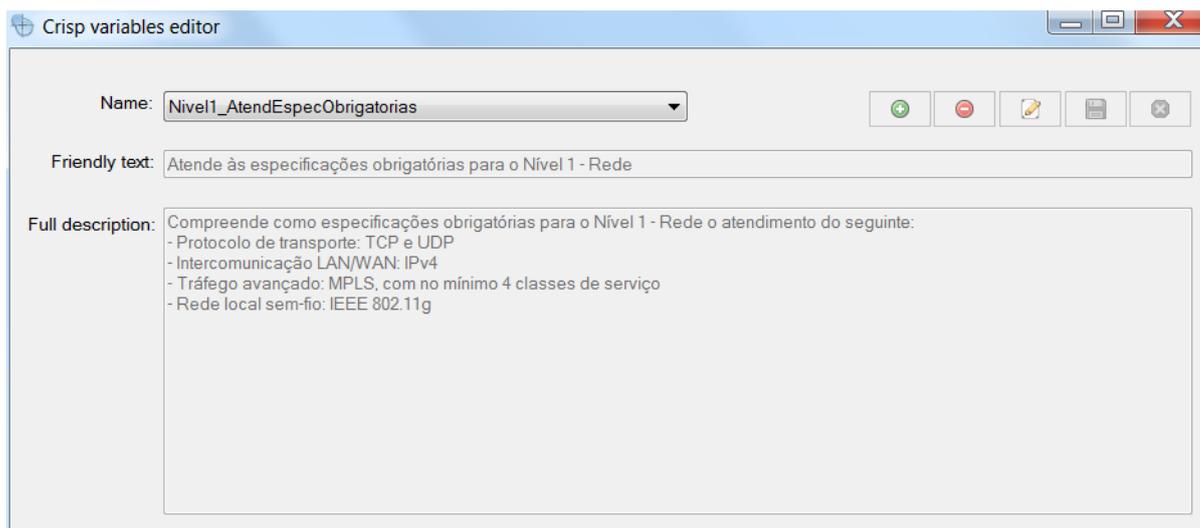


Figura 21. Interface de definição das variáveis *crisp*.

Já a Figura 22, na sua parte superior, ilustra a interface de definição das variáveis do tipo nebuloso. Nesta, também são encontrados os campos básicos já mencionados no tópico anterior, complementados pelo universo de discurso (campo "*Range*") e o tipo (sendo entrada/saída, campo "*Type*") da variável linguística. O último campo de tipo será utilizado posteriormente para identificar quando uma variável é do tipo saída, pois este tipo indicará ao sistema que a respectiva variável exprime o resultado de agregação do mecanismo de inferência nebulosa.

Na parte inferior da mesma Figura 22, encontra-se a representação gráfica e os campos de definição dos conjuntos nebulosos, todos relativos à variável linguística selecionada. Para cada conjunto nebuloso, são cadastrados o valor (campo "*Value*"), o tipo da função de pertinência (sendo triangular/trapezoidal, campo "*Membership function*"), a cor da linha que representa o conjunto (campo "*Color*") e os parâmetros que correspondem à função de pertinência escolhida (campo "*Params*"). Note-se que este último campo de parâmetros é composto pelos valores modais rotulados por "a", "b", "c" e "d", os quais caracterizam a forma de pertinência exibida no gráfico. Note-se que tanto na definição da variável linguística, quanto na construção dos conjuntos, os botões de operação com registro estão presentes, tal como visto na interface anterior.

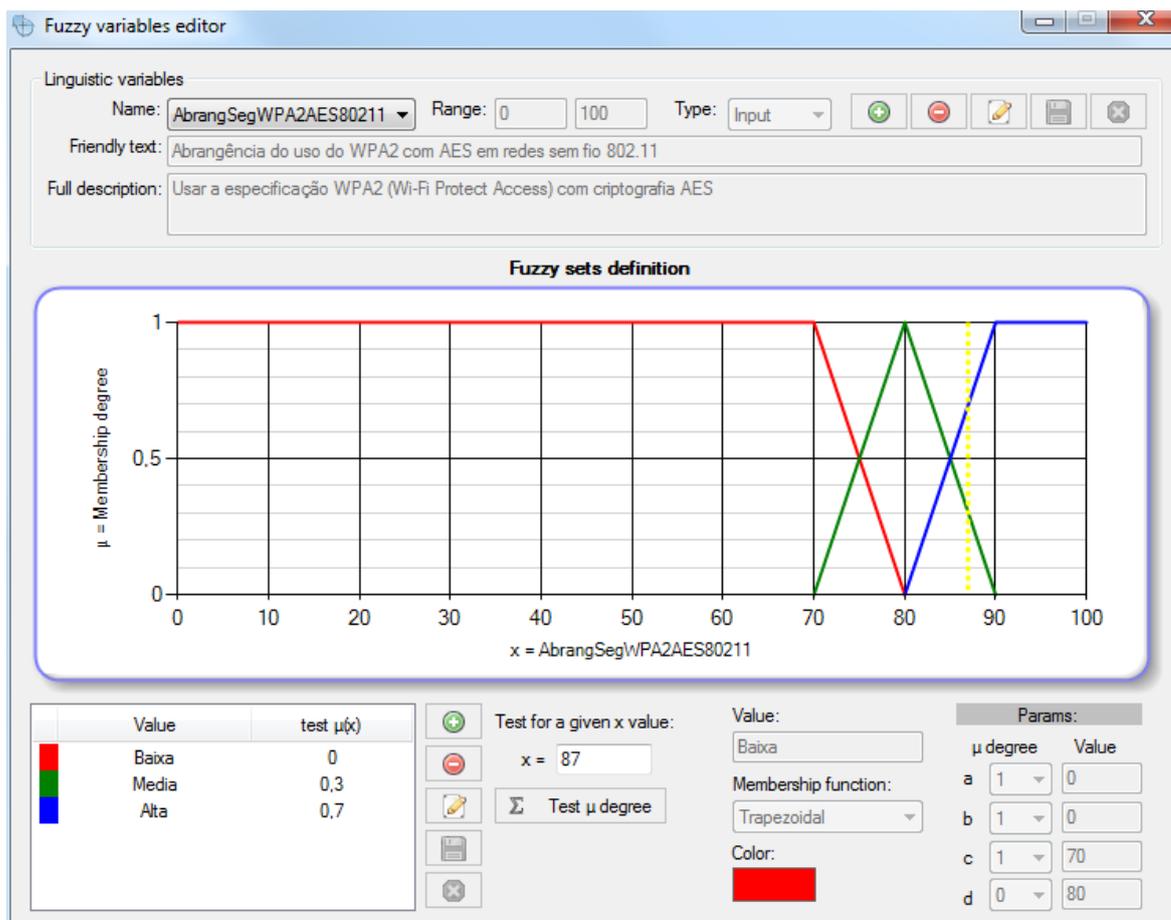


Figura 22. Interface de definição das variáveis nebulosas.

Por fim, a interface ilustrada na Figura 22 fornece um recurso para testar a pertinência de um dado valor com base na atual definição do conjunto, sem a necessidade de sair do editor de variáveis. O teste, classificado como *on-the-fly*, ou "em tempo de execução" na tradução livre, é útil para auxiliar o usuário na definição dos valores nebulosos e a consistência das formas de pertinência. Na figura está sendo apresentado o teste de pertinência para o valor 87 ($x=87$). O resultado é mostrado na tabela de valores cadastrados, ao lado esquerdo inferior da tela, coluna "test $\mu(x)$ ". A pertinência do valor "87" em relação aos conjuntos "Baixa", "Media" e "Alta", conforme o exemplo, retornaram "0,0", "0,3" e "0,7", respectivamente. Além disso, graficamente é apresentado um cursor de cor amarela com traço pontilhado sobre as formas dos conjuntos para ilustrar espacialmente o posicionamento do valor em teste.

A definição das variáveis do Modelo de Maturidade Técnica e o conteúdo de todos os campos exigidos pelo sistema encontram-se detalhados no APÊNDICE C – Variáveis deste trabalho.

Uma observação importante que se faz aqui, após a apresentação das variáveis nebulosas utilizadas para compor o modelo, é a normalização utilizada nos universos de discurso para o intervalo de zero a 100 (0-100).

4.4.2. Etapa 2: Definição dos níveis de maturidade

Esta etapa consiste na interface de definição dos níveis de maturidade e a correspondente ligação com as variáveis *crisp* e nebulosas que caracterizam cada nível do modelo.

Se for considerado somente no processo de raciocínio nebuloso em si, seria possível chegar à conclusão de que esta etapa de funcionamento do sistema não teria sentido. Porém, a configuração das variáveis *crisp* e nebulosas (inclusive), por nível de maturidade, mostra-se pertinente para organização das interfaces de entrada e de resultado, pois possibilitarão o agrupamento dos dados com intuito de melhorar a compreensão por parte do utilizador do sistema. Além disso, introduz-se a indicação da variável nebulosa de saída que abrigará a definição dos conjuntos de resultado (agregação dos consequentes) e a definição de seu respectivo valor *crisp* de limite, o qual indicará o limiar de suficiência a um determinado nível.

A Figura 23 explicita o editor de níveis de maturidade. Na parte superior direita da figura são apresentados os campos de cadastro dos dados descritivos de cada nível, com a indicação da descrição (campo “*Description*”), da variável de saída responsável por acomodar a agregação dos consequentes no processamento das regras nebulosas (campo “*Output fuzzy variable*”) e o valor limítrofe de suficiência ao nível (campo “*Threshold*”). Além dos botões de operação com registro, encontram-se nesta parte os de alteração da ordem dos níveis, os quais incrementam ou decrementam a posição do nível para o valor desejado. Na parte inferior da Figura 23 encontram-se as listas de associação das variáveis ao nível de maturidade. São apresentados dois grupos de listas (“*Input crisp variables*” e “*Input fuzzy variables*”), sendo o da esquerda referente às

variáveis *crisp* e o da direita referente às variáveis nebulosas. Em ambos os grupos, localizam-se as primeiras listas (“*All available variables*”) que têm por objetivo mostrar todas as variáveis ainda não ligadas a um nível de maturidade. As segundas listas (“*Linked variables*”), ao contrário, mostram as variáveis que já se encontram associadas ao nível ora selecionado.

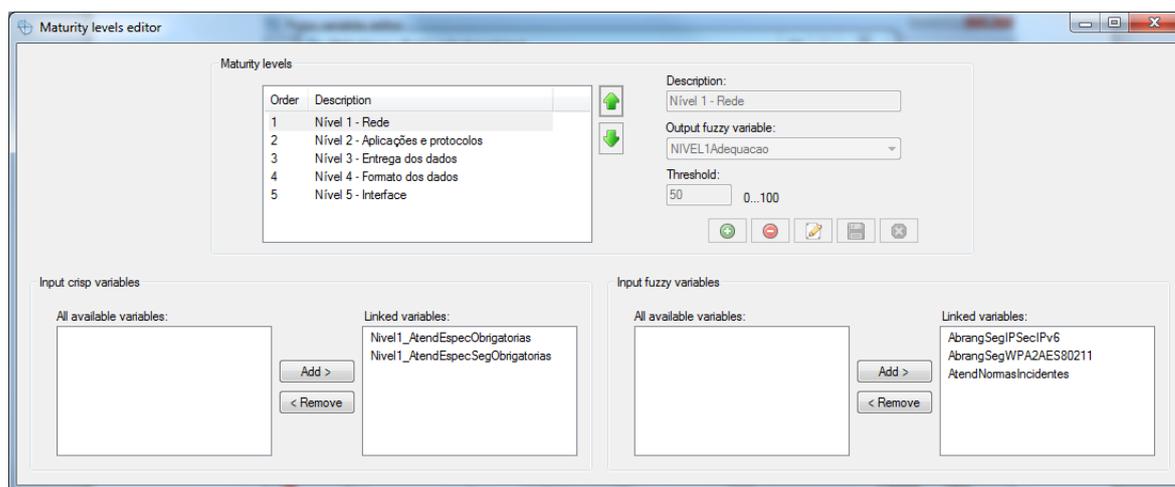


Figura 23. Interface de definição dos níveis de maturidade.

4.4.3. Etapa 3: Definição das regras nebulosas

Esta etapa compreende a interface para definição das regras nebulosas que compoirão a base de conhecimento, a partir das variáveis e valores linguísticos previamente definidos na “Etapa 1: Definição das variáveis” de funcionamento do sistema.

A Figura 24 mostra a interface de definição das regras. Ao seu lado esquerdo, vê-se que o sistema disponibiliza a relação de variáveis linguísticas disponíveis, tanto de entrada quanto de saída, visualizadas na estrutura de árvore para facilitar a leitura dos seus respectivos valores linguísticos. Ao lado direito, localiza-se a tabela de inserção das regras, onde cada linha comportará a definição de uma regra.

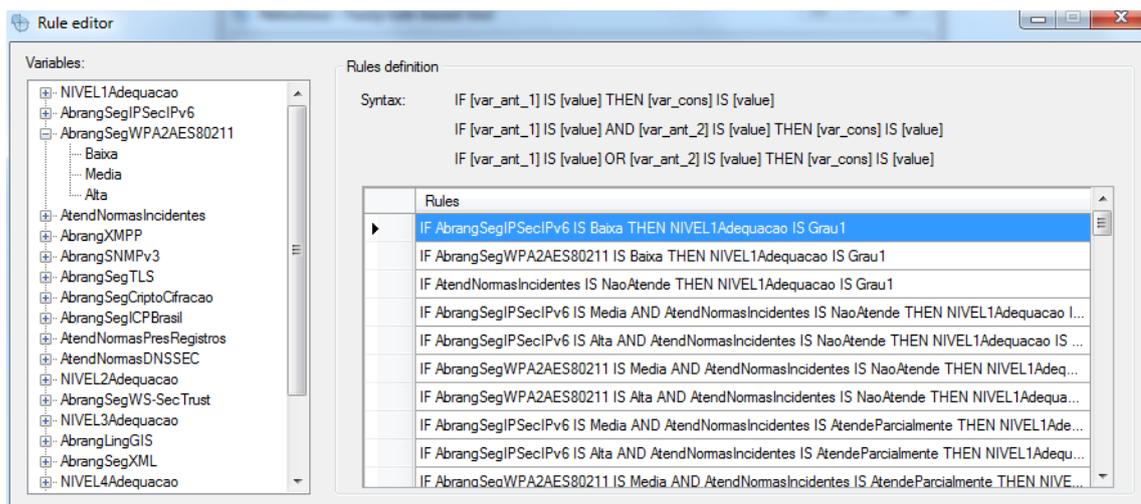


Figura 24. Interface de definição das regras nebulosas.

As regras são formadas utilizando-se a sintaxe previamente definida para o sistema. Esta sintaxe consta como instrução na parte superior da interface, a qual ilustra que as regras podem ter um ou dois antecedentes e apenas um consequente. Para o caso de dois antecedentes, faz-se necessária a utilização dos operadores lógicos de interseção “E” (*AND*) ou união “OU” (*OR*).

A primeira regra definida e mostrada na Figura 24, por exemplo, está formada da seguinte maneira:

```
IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Baixa THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
```

A variável nebulosa de entrada “AbrangSegIPSecIPv6” refere-se a uma especificação contida no nível 1 do modelo de maturidade. Sua existência visa avaliar, do gestor, qual a cobertura da segurança quando utilizado o protocolo IPv6. Na composição desta regra, em específico, a baixa abrangência do uso desta especificação levará a uma avaliação também baixa da variável nebulosa de saída “NIVEL1Adequacao”. Note-se que, para as variáveis “AbrangSegIPSecIPv6” e “NIVEL1Adequacao”, baixa avaliação é representada pelos valores linguísticos “Baixa” e “Grau1”, respectivamente.

A composição das regras da base de conhecimento do sistema é fruto da experiência do autor (conhecimento especialista) aliada à pesquisa na literatura sobre as especificidades de cada padrão que compõe a e-PING e, conseqüente, o modelo de maturidade proposto. O principal desafio para compor as regras de

forma satisfatória é a verificação da precedência lógica de aplicação de cada especificação e seu relacionamento com os demais padrões contidos nos níveis do modelo, quando existente.

A definição de todas as regras que compõem o processo de avaliação do Modelo de Maturidade Técnica proposto encontra-se detalhado no APÊNDICE D – Regras nebulosas deste trabalho.

4.4.4. Etapa 4: Processo de avaliação

Esta etapa consiste no processo de avaliação e entrada dos dados pelo usuário. É nesta etapa onde será apresentado o formulário com as variáveis de entrada e os campos que receberão as respostas do usuário.

A Figura 25 ilustra a interface de avaliação com seus objetos gráficos. Primeiramente, a observação que se faz necessária é sobre a segmentação das entradas *crisp* e nebulosas. Note-se que as entradas *crisp* estão localizadas no primeiro quadro e as nebulosas no segundo quadro. Esta divisão foi elaborada com intuito de facilitar a compreensão por parte do avaliado na identificação dos padrões obrigatórios do modelo (representados pelas entradas *crisp*) e os recomendados (representados pelas entradas nebulosas).

The screenshot shows a software interface titled "Assessment form" with two main sections: "CRISP INPUTS" and "FUZZY INPUTS".

CRISP INPUTS:

Variable:	Friendly text/Full description:	Input value:
Nivel1_AtendEspecSegObrigatorias	Atende às especificações obrigatórias de segurança para o Nível 1 - Compreende como especificações obrigatórias para segurança do o Nível 1 - Rede o atendimento do seguinte: - Segurança de redes IPv4: IPsec (AH ou ESP)	Yes
Nivel1_AtendEspecObrigatorias	Atende às especificações obrigatórias para o Nível 1 - Rede Compreende como especificações obrigatórias para o Nível 1 - Rede o atendimento do seguinte:	No

FUZZY INPUTS:

Variable:	Friendly text/Full description:	Input value:
AbrangEmuTerminalWeb	Abrangência do uso da emulação de terminal via web para sistemas Existem produtos que podem fornecer acesso pelo browser aos sistemas legados, sem necessidade de mudar esses sistemas; tipicamente estes produtos podem fornecer acesso direto às telas	Slider from Baixa to Alta, value 52
AbrangFTP	Abrangência do uso do FTP para transferência de arquivos FTP (com re-inicialização e recuperação) conforme RFC 959 (atualizada pela RFC 2228, RFC 2640, RFC 2773, RFC 3659 e RFC 5797) e HTTP conforme RFC 2616 (atualizada pela RFC	Slider from Baixa to Alta, value 100
AbrangLingGIS	Abrangência do uso da linguagem para Sistemas de Informações Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: WFS-T versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards/wfs	Slider from Baixa to Alta, value 0
AbrangMecanismosTransp	Atendimento das normas referentes aos mecanismos de transparência	Slider from Baixa to Alta, value 0

At the bottom of the interface, there are buttons for "Preview rules processing and its charts", "Save inputs in a text file", and "Assess inputs and defuzzy...".

Figura 25. Interface de entrada dos dados pelo usuário.

Independentemente do tipo da entrada, o formulário de avaliação expõe o nome da variável (campo “*Variable*”), suas descrições resumida e estendida (campos “*Friendly text*” e “*Full description*”) e o valor de entrada (campo “*Input value*”), sendo que este último apresenta-se de forma distinta de acordo com o tipo de variável. No caso de variáveis *crisp*, são mostradas listas de seleção com as respostas sim ou não; no caso de variáveis nebulosas, são *slide bars* que possibilitarão ao usuário a seleção de qualquer valor do intervalo, segundo sua percepção de atendimento do padrão ora em análise. As extremidades das *slide bars* apresentam os valores linguísticos associados à variável. Logo abaixo, são apresentadas caixas de texto para visualização do valor escolhido na *slide bar*. O sistema permite tanto a entrada por um valor absoluto (caixa de texto) ou pelo deslizamento do ponteiro (*slide bar*), de modo que um reflita no outro quando da alteração.

A compreensão das especificações dá-se pela leitura dos textos descritivos que seguem a variável de entrada à qual estão associadas. Ou seja, o usuário faz a leitura da descrição da variável onde estão especificados os padrões e, caso

atenda o que estiver sendo fornecido, faz a seleção de acordo com seu entendimento.

A partir do formulário de seleção, há um botão que leva à interface de visualização intermediária do processamento das regras nebulosas (botão “*Preview rules processing and its charts*”). Esta tela mostra a representação gráfica de todas as regras nebulosas, com a exposição dos conjuntos de acordo com o que estiver definido nas partes antecedente e consequente das regras. Abaixo de cada gráfico, em letras menores, reproduz-se textualmente a variável linguística e o nome do conjunto. A Figura 26 ilustra esta interface.

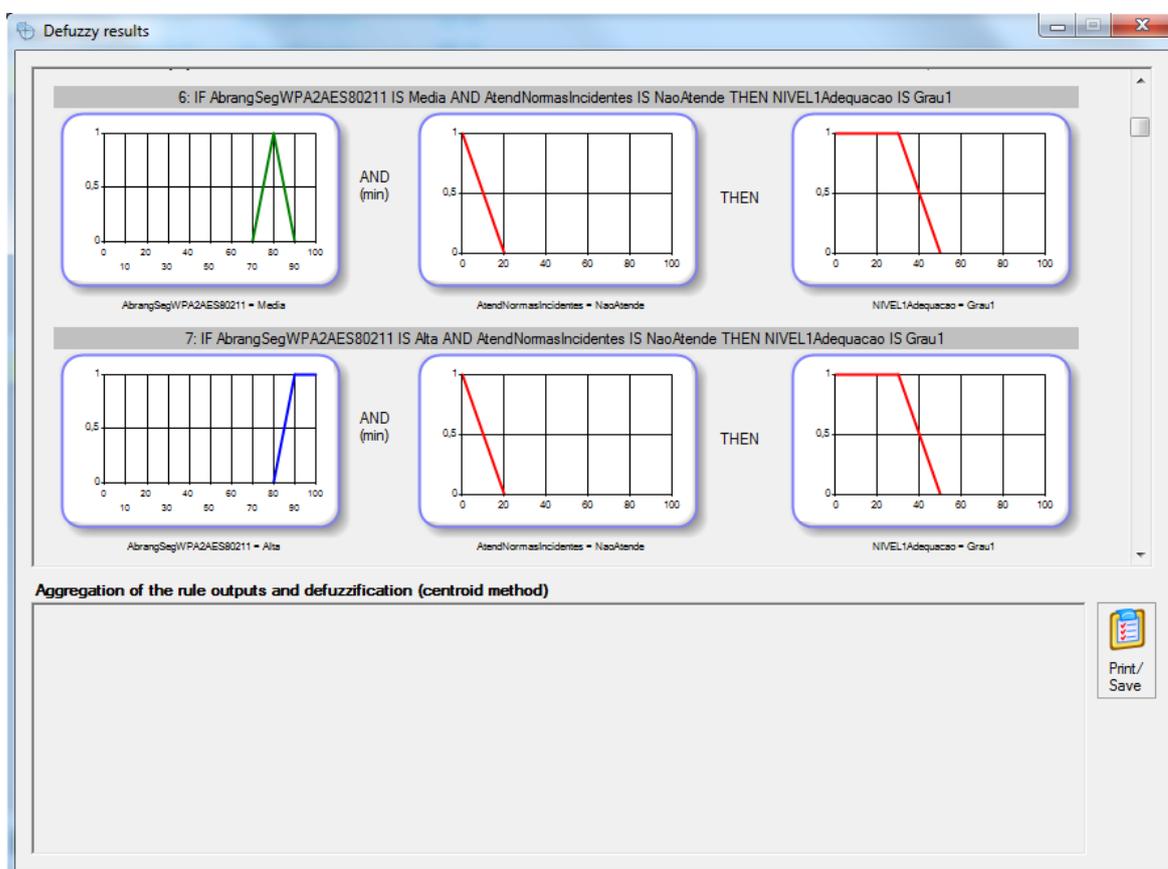


Figura 26. Interface de visualização intermediária do processamento das regras nebulosas.

Percebe-se, pela Figura 26, que o sistema resgata a definição dos conjuntos definidos na Etapa 1: Definição das variáveis e os evidencia de acordo com a composição da regra em questão, inclusive mostrando os operadores nebulosos “min” e “max” a serem aplicados, quando for o caso. Desse modo, pode-se acompanhar graficamente como poderá ser executado o mecanismo de

inferência nebulosa, que será completado nesta mesma interface na etapa que se segue, referente à apresentação dos resultados. Para isso, o próximo passo é clicar no botão “*Assess inputs and defuzzy*” da tela imediatamente anterior, que é o formulário de avaliação.

4.4.5. Etapa 5: Resultados

Esta etapa consiste na exposição gráfica do processo de defuzzificação e agregação dos consequentes, inerente ao mecanismo de inferência nebulosa do tipo Mamdani, que é adotado pelo sistema Nebulosus.

Para isso, é apresentada a interface ilustrada na Figura 27, muito semelhante à discutida na etapa anterior. A diferença agora está no seguinte:

- Visualização da fuzzificação das entradas do usuário em relação aos conjuntos nebulosos especificados na parte antecedente da regra ora em análise: é exposto um cursor amarelo pontilhado que representa o grau de pertinência obtido. Além disso, expõe-se este grau logo à frente do texto contendo a variável linguística e o nome do conjunto referente à parte da regra em questão.
- Visualização da implicação do consequente com base na fuzzificação obtida pelo(s) antecedente(s): é exposta uma área amarela preenchida no gráfico que representa a parte consequente da regra, até o limite da pertinência obtida na implicação. O método adotado aqui é o denominado *clipping*, que se caracteriza por “cortar” a forma no grau de pertinência. O sistema, de todo modo, preserva para visualização a forma original expondo somente sua envoltória.
- Visualização da agregação dos consequentes: na parte inferior da interface, são expostos todos os consequentes oriundos das saídas das regras. Sua área é preenchida com a agregação ou sobreposição das formas obtidas pelo processo de implicação discutido no parágrafo anterior. Com isso, obtém-se uma forma única que viabilizará a defuzzificação com o respectivo cálculo do centroide ou centro de massa. O valor obtido por este cálculo resultará em um valor *crisp* que significará a saída do processo de defuzzificação, exposto ao lado do

rótulo da variável de saída, logo abaixo dos respectivos gráficos de agregação.

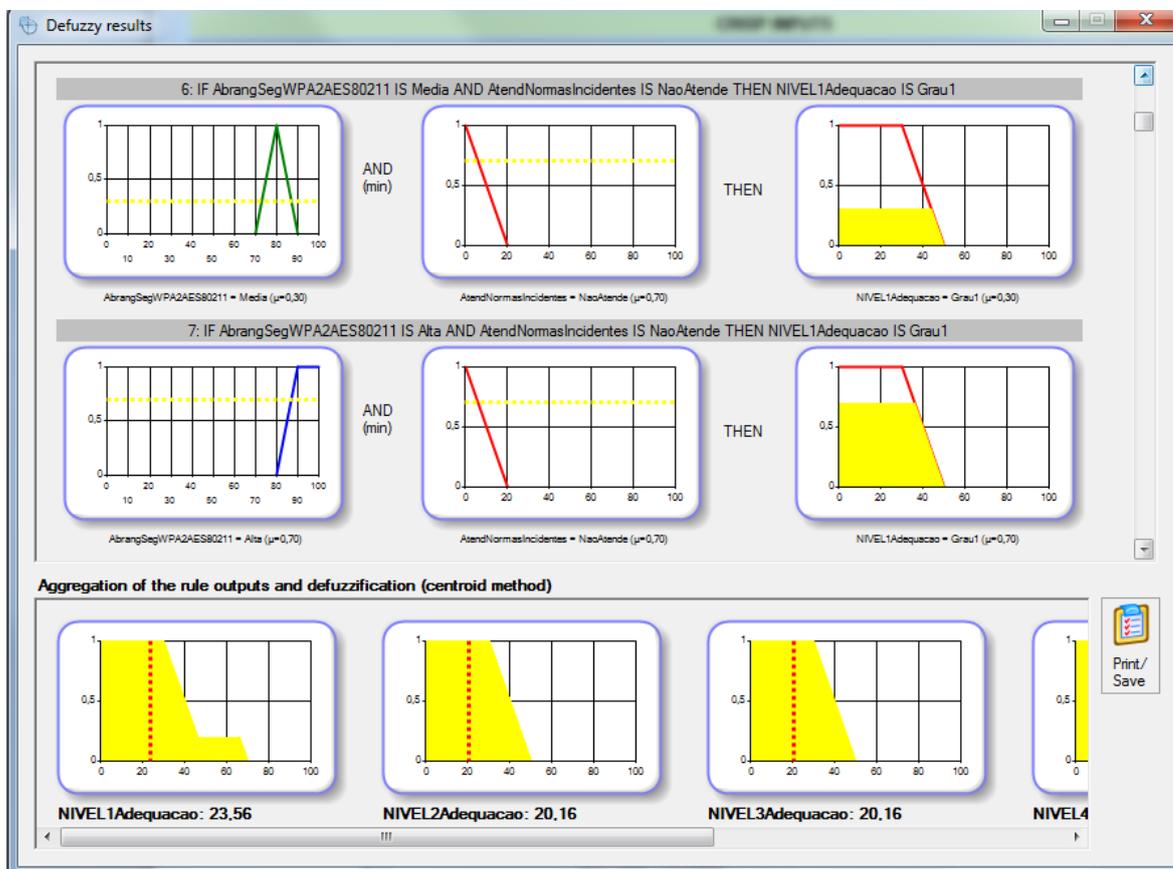


Figura 27. Interface de visualização do processo de defuzzificação.

O sistema Nebulosus também disponibiliza um recurso para detalhar como o cálculo do centro de gravidade é realizado a partir do gráfico de agregação. Para isso, basta clicar no gráfico e a interface ilustrada na Figura 28 é apresentada.

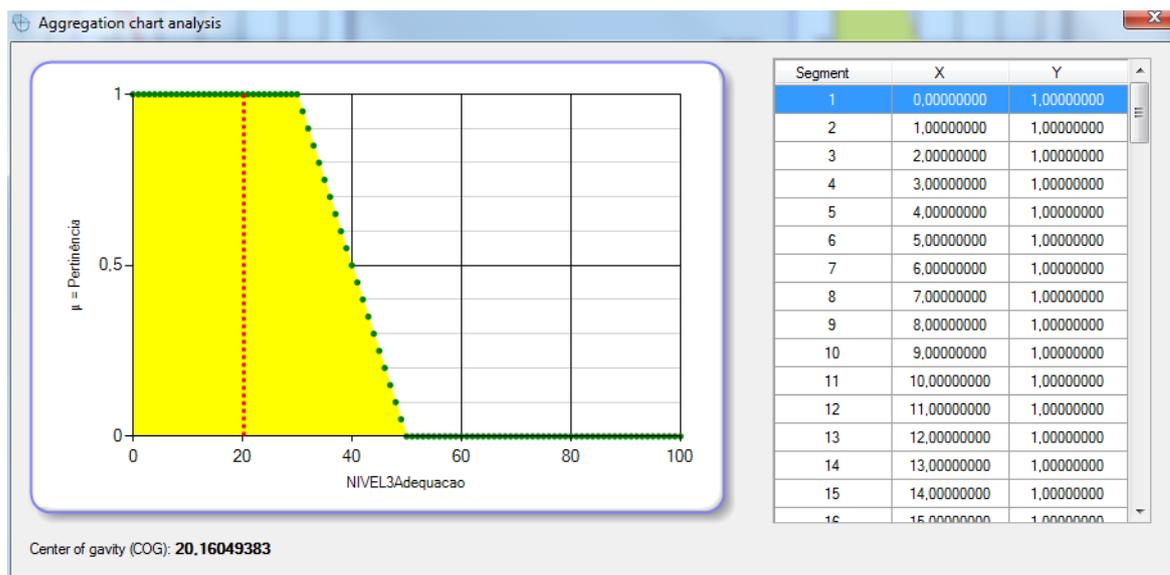


Figura 28. Interface de visualização do processo de defuzzificação.

A Figura 28 mostra o gráfico de agregação e evidencia a envoltória da forma, que é representada por uma linha verde pontilhada. Para calcular o centro de gravidade, segmenta-se a envoltória em um contínuo de pontos (neste caso em 100 segmentos) e então para cada ponto X é calculada sua pertinência em relação ao conjunto e então se obtém o valor Y. Ambos os valores (X e Y) são detalhados pelo sistema na tabela ao lado direito da figura.

Adicionalmente, a interface que mostra os resultados da defuzzificação também permite acesso ao relatório de avaliação, que é onde são expostas todas as saídas do processo, já com a consolidação das avaliações resultantes dos processamentos *crisp* e *nebuloso*.

Com o relatório de avaliação, pode-se gerar uma evidência física do processo com os resultados obtidos pelo avaliado. O relatório poderá ser impresso ou salvo em formatos PDF (*Portable Document Format*), Microsoft Excel ou Microsoft Word.

Conforme ilustra a Figura 29, com a primeira página de um exemplo do relatório de avaliação, o documento é segmentado por blocos na horizontal, os quais expõem os níveis de maturidade pertencentes ao modelo. Para cada bloco, apresentam-se as variáveis *crisp* e *nebulosas* que englobam os grupos de especificações compreendidos no detalhamento do modelo. Desse modo, sempre

haverá, no mínimo, uma variável *crisp* e apenas uma variável nebulosa a compor o nível de maturidade. As colunas do relatório são assim descritas:

- *Level description*: indica a descrição do nível de maturidade.
- *Type*: exhibe o tipo da variável, que pode ser *crisp* ou *fuzzy*.
- *Output variable*: indica qual o nome da variável responsável por acomodar o resultado do processamento. Para o processamento *crisp*, reproduz-se a própria variável de entrada do usuário. Para o processamento nebuloso, indica-se a variável de saída utilizada como consequente na etapa de implicação das regras nebulosas. Para ambos os processamentos, imediatamente abaixo dos nomes das variáveis, são reproduzidas as especificações objeto de avaliação pela variável em questão.
- *Threshold*: exprime o limiar definido para a variável nebulosa o qual servirá de referência para dizer se o valor obtido na avaliação atingiu ou não o valor mínimo (suficiência) para ser aderente ao nível em questão. Este limiar aplica-se apenas às variáveis nebulosas, pois para as do tipo *crisp* comportam apenas o valor positivo como exigência para adequação.
- *Value*: para as variáveis *crisp*, reproduz-se simplesmente a entrada do usuário, podendo ser ela "sim" ou "não". Para as nebulosas, imprime-se o valor *crisp* obtido pelo processo de defuzzificação da variável de saída. Logo ao seu lado, é apresentado um medidor que exprime, visualmente, o valor obtido e seu posicionamento nas escalas mínima (*threshold*) e máxima (universo de discurso) definidas para a variável. Em ambos os tipos de variável, esta coluna diferencia pela cor vermelha os resultados não suficientemente obtidos.

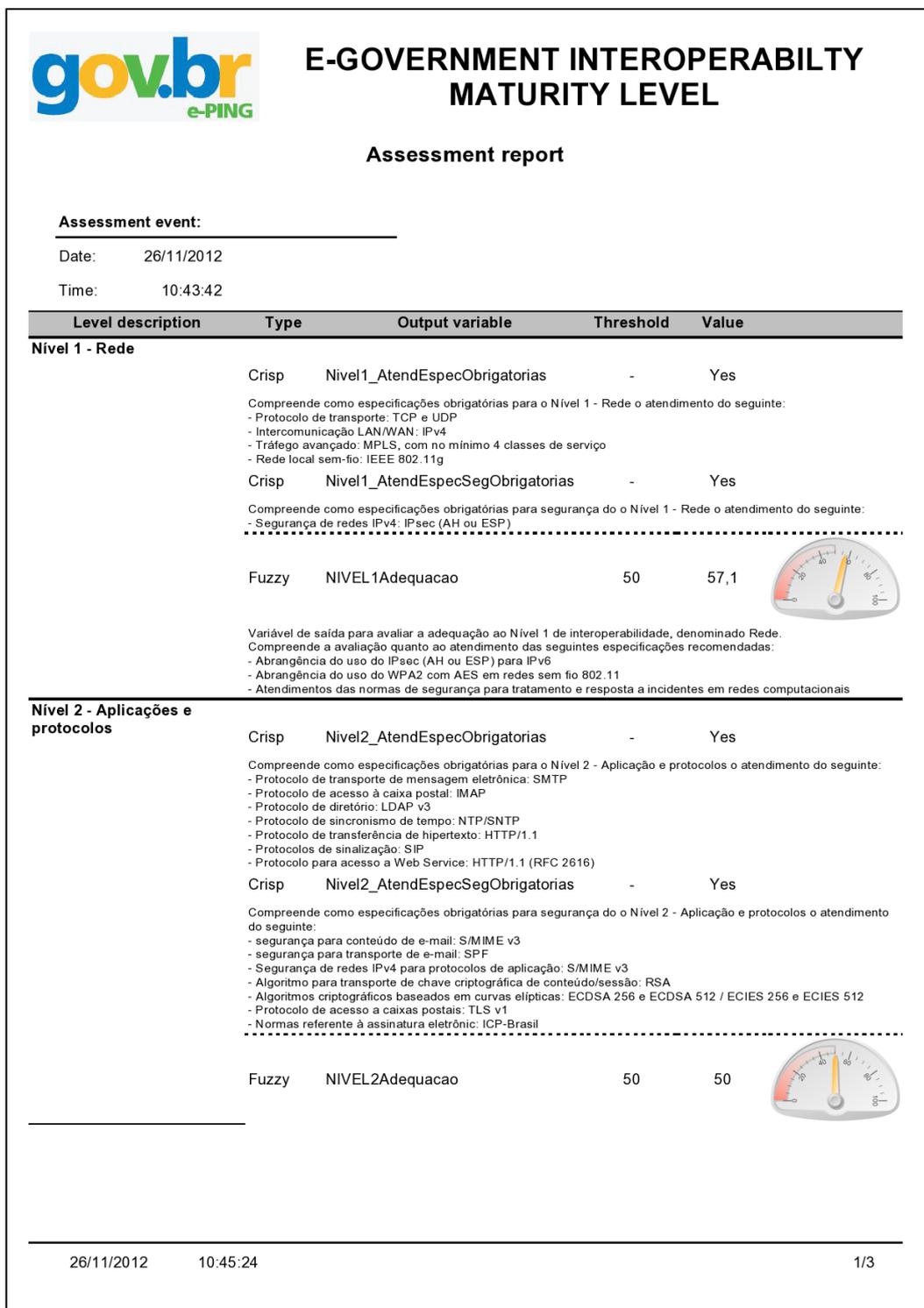


Figura 29. Relatório de avaliação.

A leitura do relatório de avaliação exposto na Figura 29 dá-se pela verificação, do primeiro ao último nível, do atingimento do valor obtido na avaliação com base no limiar ou resposta esperada. Para as variáveis do tipo *crisp*, sendo qualquer resposta o termo "não", considera-se insuficiente para

adequação ao nível em questão. Para as variáveis nebulosas, sendo qualquer valor inferior ao limiar definido (no caso 50), considera-se insuficiente para adequação ao nível em questão. Note-se que qualquer avaliação insuficiente leva a não adequação ao nível em questão e, conseqüentemente, os níveis imediatamente posteriores.

As especificações detalhadas em fonte menor, logo abaixo dos nomes das variáveis apresentadas na Figura 29, são expostas de modo a orientar o avaliado sobre os padrões esperados para a variável e que são objeto de avaliação pelo nível em questão. Este tipo de apresentação é útil para guiar o avaliado, principalmente, no caso de avaliações negativas, onde o detalhamento o auxiliará na compreensão dos resultados e posterior planejamento de melhorias para nova avaliação.

CAPÍTULO V – AFERIÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE EM UM CENÁRIO REAL

A partir da definição do Modelo de Maturidade Técnica desenvolvido no CAPÍTULO III deste trabalho, pode-se, então, aferir a aderência de uma agência quanto aos padrões por ele definidos em seus níveis de maturidade, através do denominado processo de avaliação. Para isso, toma-se, como ferramenta de apoio, o sistema Nebulosus especialmente desenvolvido e proposto para este fim, conforme discutido no CAPÍTULO IV.

O CAPÍTULO V visa retratar a experiência deste processo de avaliação em um cenário real, a partir da seleção de uma agência destinatária do Modelo de Maturidade Técnica proposto neste trabalho. À agência, portanto, foi disponibilizado o sistema Nebulosus para consecução do processo. Os parâmetros de entrada e os resultados obtidos serão apresentados e avaliados de modo a verificar a viabilidade do modelo e validar o sistema proposto.

Nos próximos tópicos, estão descritos a agência selecionada para servir de cenário real, a metodologia de avaliação com a indicação dos procedimentos adotados para o processo de avaliação, os dados de entrada apontados pelo usuário e captados pelo sistema e o resultado da avaliação que compreende a exposição do relatório final da avaliação.

5.1. Seleção do cenário

O cenário real para aferição do nível de maturidade deu-se pela seleção de uma agência destinatária do Modelo de Maturidade Técnica proposto, onde o enquadramento nesta situação é viabilizado pelo caráter de provedor da agência, a qual deve operar, prioritariamente, as interações entre governo e governo (G2G).

Assim, selecionou-se uma agência atuante na administração pública municipal de um município situado no estado de São Paulo, com população entre 500 mil e 1,5 milhão de habitantes.

A agência selecionada é a principal provedora de TIC para as ações de governo eletrônico deste município, do qual faz parte por também pertencer estatutariamente à administração pública. De forma ampla, dentro do rol de serviços providos por esta agência, há o desenvolvimento, manutenção e sustentação de sistemas próprios ou de terceiros, o provimento de ferramental de *software* e *hardware* (*datacenter*) para hospedagem dos sistemas e repositórios de dados e a elaboração e execução de projetos de infraestrutura para interconexão de rede de dados.

Dentre seus clientes, a agência conta como principais os órgãos da administração direta, ou seja, as secretarias da prefeitura. Grande parte das secretarias está instalada no Paço Municipal, porém há grande representatividade de pontos descentralizados, notadamente referentes aos serviços de educação, saúde e assistência social. Demais entidades da administração indireta (autarquias, por exemplo) também requisitam serviços desta agência, porém de forma menos expressiva.

Todos os serviços de TIC da agência concentram-se nas atividades-meio para consecução dos serviços públicos (atividade-fim). No entanto, por vezes esta distinção não se torna clara nos casos em que portais de serviços públicos, por exemplo, são oferecidos para prestar serviços diretamente ao cidadão. Desta forma, poderia se considerar que esses serviços integram as atividades-fim prestadas pelo município.

5.2. Metodologia de avaliação

A principal estratégia traçada para viabilizar a aferição do nível de maturidade da agência foi através do fornecimento do sistema Nebulosus, cuja configuração inicial (variáveis, níveis de maturidade e regras) refletisse o Modelo de Maturidade Técnica proposto. Partiu-se, então, do princípio que a própria estrutura de pessoal da agência seria capaz de conduzir o processo de avaliação por completo. Aliás, figura como ponto de sustentação deste trabalho a tônica de permitir ao próprio gestor de TIC da agência utilizar-se do sistema e, assim,

proceder com as entradas requeridas, sem a preocupação do formalismo e detalhamento normalmente envolvidos neste tipo de operação.

Desse modo, o pacote com o sistema Nebulosus e as instruções de instalação foram remetidos por e-mail ao gestor de TIC da agência. Adicionalmente, foram enviadas orientações básicas de como proceder com o processo de avaliação, as quais indicavam, basicamente, a forma de preenchimento do formulário de avaliação, a necessidade de salvar os dados e o relatório de resultados em meio digital e a devolução dos arquivos resultantes de toda a operação. As instruções concernentes à estruturação do sistema sequer foram mencionadas, haja vista que estas etapas já tinham sido previamente executadas no banco de dados do sistema com base no Modelo de Maturidade Técnica proposto por este trabalho.

A metodologia adotada, portanto, resume-se na auto avaliação guiada pelo sistema Nebulosus. O sistema, por sua vez, conforme já discutido anteriormente, estabelece mecanismos de apoio através da exibição de textos explicativos, com intuito de expor os padrões ora em avaliação e a simplificação dos campos que recebem as entradas do avaliado.

5.3. Dados de entrada obtidos

O sistema Nebulosus possui uma característica de possibilitar o registro das entradas do usuário, caso assim o queira. Para a avaliação desta agência, o gestor de TIC foi orientado a optar pela gravação das entradas para que estas pudessem ser reproduzidas e analisadas neste trabalho.

As entradas captadas pelo avaliado e registradas pelo sistema estão descritas na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6. Entradas fornecidas pelo usuário no processo de avaliação.

Tipo de variável	Variável	Valor de entrada
Crisp	Nivel1_AtendEspecSegObrigatorias	Yes
Crisp	Nivel1_AtendEspecObrigatorias	Yes
Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias	Yes
Crisp	Nivel2_AtendEspecObrigatorias	Yes
Crisp	Nivel3_AtendEspecObrigatorias	Yes
Crisp	Nivel4_AtendEspecSegObrigatorias	No
Crisp	Nivel4_AtendEspecObrigatorias	No
Crisp	Nivel5_AtendEspecSegObrigatorias	No
Crisp	Nivel5_AtendEspecObrigatorias	No
Fuzzy	AbrangEmuTerminalWeb	0
Fuzzy	AbrangFTP	100
Fuzzy	AbrangLingGIS	0
Fuzzy	AbrangMecanismosTransp	85
Fuzzy	AbrangSegCriptoCifracao	90
Fuzzy	AbrangSegICPBrasil	100
Fuzzy	AbrangSegIPSecIPv6	13
Fuzzy	AbrangSegTLS	100
Fuzzy	AbrangSegWPA2AES80211	86
Fuzzy	AbrangSegWS-SecTrust	0
Fuzzy	AbrangSegXML	0
Fuzzy	AbrangSNMPv3	49
Fuzzy	AbrangXMPP	0
Fuzzy	AtendNormasDNSSEC	34
Fuzzy	AtendNormasEscalabilidade	89
Fuzzy	AtendNormasIncidentes	58
Fuzzy	AtendNormasPresRegistros	89

Note-se que, na Tabela 6, estão especificadas todas as variáveis passíveis de entrada pelo usuário, tanto *crisp* quanto nebulosas (*fuzzy*). As variáveis *crisp* receberam como resposta apenas um termo do binômio "yes" e "no"; já as variáveis nebulosas possibilitaram qualquer seleção de valor dentro de seu universo de discurso.

5.4. Análise dos resultados do processo de avaliação

O resultado do processo de avaliação é caracterizado pela emissão do relatório de avaliação, onde são expostos os resultados consolidados, por nível de maturidade, das variáveis *crisp* e nebulosas envolvidas.

O relatório de avaliação obtido da agência em questão encontra-se exposto, na íntegra, no APÊNDICE E – Relatório de avaliação da agência deste trabalho.

Em resumo, a agência conseguiu atingir o nível dois do Modelo de Maturidade Técnica, denominado Nível 2 – Aplicações e protocolos. A Figura 30 expõe o gráfico resumido dos resultados obtidos pela agência. As barras representam os valores obtidos pelo processamento nebuloso (*fuzzy*), tendo-se a cor vermelha como a representação do não atingimento do limiar mínimo e a azul representando o atingimento do limiar mínimo. As barras localizadas do lado esquerdo da Figura 30 representam o não atendimento das especificações obrigatórias; as localizadas do lado direito indicam o atendimento das especificações obrigatórias.

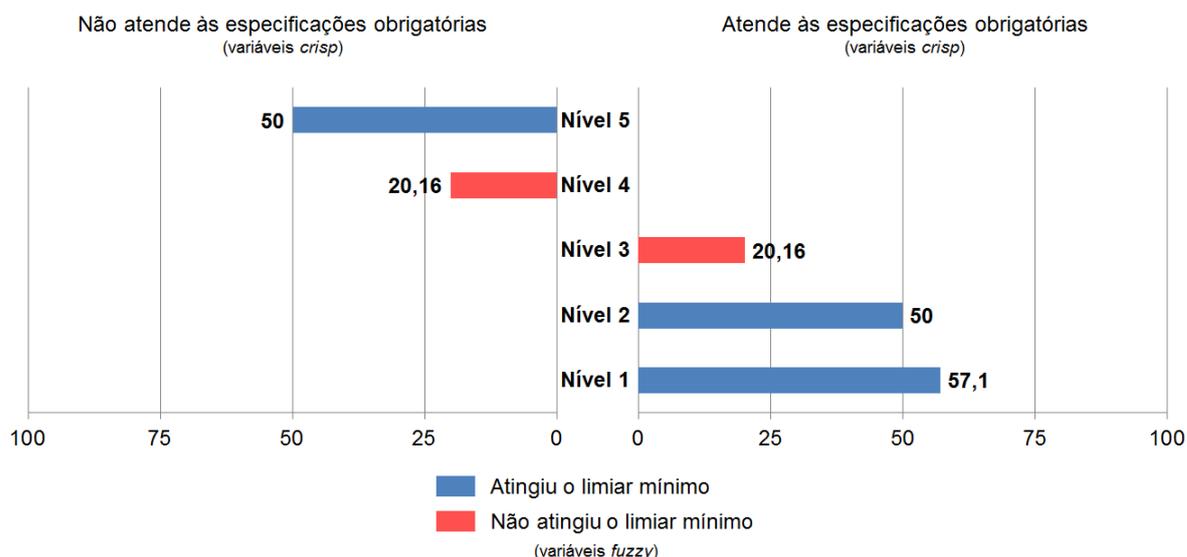


Figura 30. Gráfico resumido dos resultados obtidos pela agência.

Segundo o modelo, as agências avaliadas no Nível 2 – Aplicações e protocolos sustentam a interoperabilidade no nível imediatamente anterior (nível 1), que dispõe das bases de interconexão de rede, e nas principais aplicações e

protocolos que englobam os sistemas de mensageria, de transferência de conteúdo, de gerência, entre outros.

É oportuno fazer a análise dos resultados sob a perspectiva das entradas que o avaliado forneceu ao sistema, conforme apontado na Tabela 6 do tópico anterior.

Desse modo, iniciando pelo primeiro nível não atingido, que é o Nível 3 – Entrega dos dados, percebe-se que a agência declarou atender as especificações obrigatórias caracterizadas pela variável *crisp* “Nivel3_AtendEspecObrigatorias”. De modo contrário, para as especificações recomendadas e representadas por variáveis nebulosas, não foi possível atingir o limiar de suficiência no valor de 50: a variável “NIVEL3Adequacao” expressou a saída no valor de 20,16.

Assim, fazendo uma análise a partir das entradas, sabe-se que o avaliado forneceu às variáveis nebulosas “AtendNormasEscalabilidade” e “AbrangSegWS-SecTrust” os valores 89 e 0 (zero), respectivamente. Desse modo, tomando como base as regras pertinentes ao nível em questão, a valoração da “AbrangSegWS-SecTrust” influenciou para a baixa adequação ao Nível 3 – Entrega dos dados. Pode-se concluir, portanto, que o avaliado definitivamente não implementa as especificações ou simplesmente não as conhece.

No caso do Nível 4 - Formato dos dados, o avaliado declarou não atender às especificações obrigatórias e às especificações obrigatórias de segurança representadas pelas variáveis *crisp* “Nivel4_AtendEspecObrigatorias” e “Nivel4_AtendEspecSegObrigatorias”. Não se sabe, com exatidão, qual/quais especificação/especificações levou/levaram a este resultado, pois estas variáveis representam um total de sete especificações que as tornam de atendimento obrigatório. Muito embora, as especificações concernentes à interoperabilidade de sistemas de informação geográfica poderiam levar a esta avaliação, visto que são padrões relativamente novos nesta área. Além disso, o avaliado mostrou não atender especificações semelhantes representadas pelas variáveis nebulosas, conforme discutido a seguir.

A variável nebulosa de saída “NIVEL4Adequacao” apresentou o valor 20,16, o qual é aquém do limiar definido. Analisando-se as entradas, o avaliado

forneceu a ambas variáveis “AbrangSegXML” e “AbrangLingGIS” o valor 0 (zero). Dessa forma, fica claro o resultado obtido na adequação a este nível referente à parte nebulosa.

No caso do Nível 5 – Interface, o relatório de avaliação apresentou que o avaliado também declarou não atender às especificações obrigatórias e às especificações obrigatórias de segurança representadas pelas variáveis *crisp* “Nivel5_AtendEspecObrigatorias” e “Nivel5_AtendEspecSegObrigatorias”. Dentre as especificações, há em especial o alinhamento com a Internet e adoção primária de navegadores *web* como interface padrão. Esta especificação é particularmente de difícil aderência pelo setor público, pois normalmente os sistemas legados mais importantes dos governos executam em alta plataforma, ou ambientes *mainframe*. A situação é agravada pela complexidade exigida pelo negócio e o contingenciamento de recursos que inviabilizam o planejamento de evolução destas plataformas para acompanhar as novidades do mercado que, a exemplo da e-PING, também adota a interface *web* como meio preferencial.

Ainda com relação às especificações obrigatórias de segurança do nível cinco, o modelo sugere que uma referência do NIST - *National Institute of Standards and Technology* (KENT *et al.*, 2006) seja utilizada para orientar a prática de informática forense (judiciária). Esta referência, segundo nossa avaliação, mostra-se bastante complexa e detalhada para a realidade brasileira, por isso dificilmente encontrará guarida nas estruturas governamentais mais comuns. Mas por ele constar na e-PING como adotado e, portanto, de uso obrigatório, o modelo faz sua exigência no seu último nível. Dessa forma, as agências que a adotarem, estarão fazendo no nível mais avançado de maturidade.

Já as variáveis nebulosas “AbrangEmuTerminalWeb” e “AbrangMecanismosTransp” obtiveram do avaliado os valores 0 (zero) e 85, respectivamente. No caso da primeira, que representa uma especificação de contorno para a problemática dos sistemas legados que acabamos de abordar, depende de softwares proprietários que normalmente exigem alto custo de investimento. Já a segunda variável abarca ações de transparência pública que

vêm sendo exigidas pela legislação competente para os sistemas da informação das agências, por isso dela ter sido valorada de forma alta pelo avaliado.

Para fechar este tópico, será feita uma crítica construtiva ao resultado obtido pela agência avaliada, que foi o segundo nível do modelo. Este resultado, apesar de parecer baixo à primeira vista, mostrou-se razoável e proporcional ao fato do tema interoperabilidade no governo eletrônico ser relativamente novo no Brasil: a primeira versão da e-PING foi publicada em julho de 2005. Desse modo, espera-se que, com a evolução da arquitetura e da legislação que rege o tema, as agências tenham condições de revisar suas bases tecnológicas e assim promover a interoperabilidade segundo as exigências da e-PING.

CAPÍTULO VI – CONCLUSÃO

Um dos objetivos deste trabalho foi propor um modelo de maturidade para interoperabilidade técnica nas ações de governo eletrônico. Este modelo foi aqui construído a partir da arquitetura e-PING, que apesar de estabelecer todo um arcabouço de políticas e especificações técnicas que o governo brasileiro entende como apropriadas para atingir a governança satisfatória das TICs, não oferece mecanismos para avaliar quanto ao seu atendimento pelos seus destinatários. Este atendimento, por sinal, poderá ser compreendido e guiado pela existência de um paradigma previamente definido.

A partir desse contexto, portanto, propôs-se este paradigma através da proposição de um Modelo de Maturidade Técnica, cuja composição de seus níveis descreve um caminho evolucionário e sequencial de bases para a promoção da interoperabilidade entre agências governamentais.

Abordaram-se, no início do estudo, algumas questões inerentes à existência de inúmeros alicerces tecnológicos construídos de forma heterogênea, que motivaram a existência de arquiteturas de interoperabilidade e da própria e-PING. Estas questões, por sua vez, impõem um desafio ao estabelecimento de ações em prol da interoperabilidade, pois normalmente atuam na contramão de iniciativas do tipo, por alçar soluções temporárias, estritamente proprietárias, experimentais ou fadadas à obsolescência.

Em seguida, fez-se uma digressão do conceito de governo eletrônico e sua importância nas administrações públicas de todo o mundo que, apesar de se tratar de uma área relativamente nova, já apresenta sinais de consolidação pela preocupação de vários países com os resultados advindos destas iniciativas, os quais estão intrinsecamente ligadas ao caráter social por promover mecanismos de controle e eficiência, transparência e inclusão de camadas menos desfavorecidas da população.

Chegou-se, por conseguinte, ao estreitamento do assunto por ponderar a existência das arquiteturas de interoperabilidade governamentais (GIFs). Estas são normalmente elaboradas a partir de soluções bem sucedidas e aceitas

universalmente pelo mercado e sob o prisma do que um governo considera relevante para promover a interoperabilidade de suas ações de governo eletrônico. Adicionalmente, evidenciaram-se as dimensões da interoperabilidade com destaque à vertente técnica, que é considerada basilar e de providência imediata para evoluir nesta matéria, portanto foco deste trabalho.

Estudou-se, também, a área de conhecimento dos denominados modelos de maturidade, amplamente difundidos na área de desenvolvimento de software e utilizados para impor disciplina e rigor técnico de Engenharia a um segmento que, normalmente, enfrentaria problemas se não os adotasse.

Os primeiros resultados provenientes deste estudo evidenciaram-se ao se estabelecer a consonância da GIF brasileira e-PING com a utilização de um modelo de maturidade, originando assim a estrutura básica do Modelo de Maturidade Técnica proposto por este trabalho.

Esta estrutura básica foi composta pela análise sistematizada dos padrões e políticas da e-PING, dos documentos de apoio relacionados à arquitetura brasileira e também da literatura esparsa sobre o tema interoperabilidade, em especial a ideia proposta por Desourdis Jr. *et al.* (2009) que inaugura as denominadas “camadas de interoperabilidade”.

Permeando um pouco mais no desenvolvimento do Modelo de Maturidade Técnica, promoveu-se a delimitação dos padrões especificados pela e-PING. Esta delimitação fez-se necessária pela existência de especificações além da dimensão técnica, que é o interesse primário deste estudo. Além disso, a e-PING aborda padrões que são muito peculiares e de escopo restrito a pouquíssimas agências, como a difusão de TV digital, os quais não fariam sentido se compusessem o modelo ora em questão.

Em suma, a consecução do Modelo de Maturidade Técnica deu-se pelo relacionamento dos segmentos da e-PING, e seus respectivos padrões delimitados, com as camadas de interoperabilidade já sistematizadas sob o prisma da arquitetura. O resultado obtido resume-se nos cinco estágios ou níveis de maturidade do modelo, que são Nível 1 – Rede, Nível 2 – Aplicação e

protocolos, Nível 3 – Entrega dos dados, Nível 4 – Formato dos dados e Nível 5 – Interface.

Outro objetivo pretendido por este trabalho foi a proposição e utilização de um sistema de apoio para guiar o processo de avaliação de uma agência, com base no modelo aqui proposto.

Para isso, foi desenvolvido o sistema denominado Nebulosus. Este sistema foi construído especificamente para os objetivos deste trabalho e tem por escopo recepcionar um modelo de maturidade para interoperabilidade técnica a aplicá-lo de modo a aferir o nível de maturidade de uma agência.

Para a concepção do sistema Nebulosus, partiu-se da premissa que o processo de avaliação poderia ser conduzido pelo próprio gestor de TIC da agência, baseado apenas no seu conhecimento empírico a respeito do negócio. O sistema deveria lidar com a imprecisão e incerteza característicos desta abordagem, visto que não seria exigido do gestor o prévio levantamento ou pesquisa detalhada de seus ativos de TIC e nem a movimentação de especialistas para subsidiá-lo de informações. Para tanto, o sistema Nebulosus, desenvolvido para este trabalho, emprega conceitos de lógica nebulosa para viabilizar esta característica.

De forma mais pragmática, o resultado evidenciado neste ponto do estudo com o sistema Nebulosus caracteriza-se pelo desenvolvimento de um sistema de controle nebuloso baseado em regras para fins específicos, segundo a classificação pela literatura especializada. Faz-se, então, uso de variáveis e valores linguísticos para definição dos conjuntos e das regras nebulosas que compõem sua base de conhecimento. No seu mecanismo de inferência foi utilizado o estilo Mamdani de processamento nebuloso.

A utilização da lógica nebulosa como uma das principais abordagens de funcionamento do sistema mostrou-se flexível e eficaz. Flexível por permitir ao especialista que faz sua configuração a possibilidade de trabalhar as formas de pertinência ou a definição das regras nebulosas conforme a aplicação. Eficaz por tratar as características de imprecisão e incerteza de modo a não comprometer os resultados, conforme constatado na sua aplicação em um cenário real.

O sistema Nebulosus, além de prover mecanismos facilitadores para construção dos conjuntos e regras nebulosas que comporão sua base de conhecimento, também permite a personalização a partir de qualquer modelo de maturidade com base em qualquer GIF existente. Ele foi dotado de interfaces amigáveis que permitem a configuração dos níveis de maturidade e seus respectivos limiares de suficiência.

Para validação do sistema Nebulosus, e conseqüentemente a verificação da viabilidade do modelo por ele tratado, procedeu-se com a aferição do nível de maturidade em um cenário real, a partir da seleção de uma agência atuante na administração pública. Os resultados obtidos mostraram-se coerentes e proporcionais à própria maturação da e-PING, pois a agência avaliada obteve avaliação suficiente ao nível dois do modelo. Além disso, o gestor de TIC responsável pela avaliação sinalizou de forma positiva pela aceitação do sistema.

A realização deste trabalho e seu desdobramento nos dois principais produtos gerados, que são a proposição do Modelo de Maturidade Técnica e o sistema Nebulosus, mostrou-se consonante com a intenção de promover a interoperabilidade nas ações de governo eletrônico. Tal como acontece com as iniciativas do gênero, as quais vêm tomando a pauta de governos mundo afora, um processo de aferição guiado a partir de um modelo definido coloca-se de forma essencial e responsável para atingir os resultados sociais almejados pelo uso das TICs.

Por fim, à medida que a arquitetura brasileira e-PING evolui e que trabalhos nesta área são publicados, a exemplo do presente estudo, aliado ainda à inovação da legislação pertinente ao tema, é certo que a sociedade colherá os frutos provenientes dos serviços governamentais viabilizados pela nova era digital.

6.1. Estudos futuros

Além da utilização do sistema Nebulosus em um cenário real ter suprido a aplicação do Modelo de Maturidade Técnica proposto, possibilitou, também, o

levantamento de melhorias para próximas versões do sistema Nebulosus. Essas melhorias foram apontadas em parte pelo avaliado e em parte pelo autor, cujas percepções foram aguçadas durante todo o desenvolvimento do estudo. Estas melhorias só não foram implementadas por conta do atingimento do prazo de conclusão deste trabalho.

Ficam abaixo relacionadas as melhorias apontadas de modo a orientar os possíveis interessados na evolução deste estudo:

- Disponibilizar o sistema via *web*: esta necessidade foi apontada primordialmente pelo gestor de TIC da agência avaliada. Segundo seu relato, apesar da instalação do sistema parecer bastante simples, houve restrição da instalação pelo sistema operacional por causa do usuário não possuir privilégios administrativos no equipamento. Para contornar esta questão, uma possível solução seria adaptar o sistema para permitir sua utilização via Internet, utilizando-se o navegador *web* como interface primária.
- Possibilitar a impressão do formulário de avaliação: necessidade apontada também pelo avaliado, o qual sentiu a necessidade de imprimir o formulário de avaliação contendo as especificações que deve avaliar a aderência. Segundo seus motivos, o avaliado sentiu a necessidade de um modo mais confortável para leitura e análise das especificações. Ressaltou que, fazendo isso somente pela tela, haveria certa confusão que poderia refletir nos resultados.
- Desdobrar as especificações obrigatórias em várias variáveis: esta necessidade foi percebida pelo autor quando da avaliação dos resultados da agência. As variáveis *crisp* do sistema abarcam mais de uma especificação com intuito de diminuir o número de variáveis. Porém, esta intenção acabou por gerar dúvidas na interpretação dos resultados, quando não foi possível saber com exatidão qual especificação não foi atendida a partir do agrupamento das especificações. Ressalta-se, contudo, que a criação de muitas variáveis poderá tornar o processo de avaliação cansativo e propenso a erros.
- Checar sintaxe das regras nebulosas: necessidade apontada pelo autor. À medida que o modelo de maturidade era traduzido nas regras

nebulosas, e conseqüente o número delas crescia na base de conhecimento do sistema, percebeu-se que qualquer erro na sintaxe ou grafia das variáveis ficava difícil de identificar. Portanto, uma melhoria interessante seria o desenvolvimento da checagem da sintaxe das regras para possibilitar a identificação de erros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGTIF. **Australian Government Technical Interoperability Framework**. Australia: Information Officer Committee, 2005. Available from: <http://www.finance.gov.au/publications/australian-government-technical-interoperability-framework/docs/AGTIF_V2_-_FINAL.pdf>. Retrieved: 05 May 2011.

APCICT. **e-Government Capability Maturity Model**, Improving Public Services through Information and Communication Technology, ADB, APCICT, NIA, 2011, available from: <http://www.unapcict.org/ecohub/e-government-capability-maturity-model/at_download/attachment1>, retrieved: 18 Sep. 2012.

ARMS, W. *et al.* **A Spectrum of Interoperability**. D-Lib Magazine, 2002. Available from: <<http://www.dlib.org/dlib/january02/arms/01arms.html#Arms2000>>. Retrieved: 28 Apr. 2011.

AVGEROU, C. *et al.* **The Role of Information and Communication Technology in Building Trust in Governance**: Toward Effectiveness and Results. Washington: Inter-American Development Bank, 2005.

BRASIL. Decreto de 18 de outubro de 2000. Cria, no âmbito do Conselho de Governo, o Comitê Executivo do Governo Eletrônico, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 out. 2000a.

BRASIL. Decreto de 3 de abril de 2000. Institui Grupo de Trabalho Interministerial para examinar e propor políticas, diretrizes e normas relacionadas com as novas formas eletrônicas de interação. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 abr. 2000b.

BRASIL. **Dois Anos de Governo Eletrônico: Balanço de Realizações e Desafios Futuros**. MPOG/SLTI/CEGE: Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.governoeletronico.gov.br/anexos/E15_90balanco_2anos_egov.pdf>. Acessado em: 22 abr. 2011.

BRASIL. Lei n. 12.527, de 18 de novembro de 2011. Regula o acesso a informações previsto no inciso XXXIII do art. 5º, no inciso II do § 3º do art. 37 e no § 2º do art. 216 da Constituição Federal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 nov. 2011. Seção 1, Edição Extra, p. 1-4.

BRASIL. **Panorama da interoperabilidade no Brasil**. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. Org. Cláudia S. F. Mesquita e Nazaré L. Bretas. - Brasília : MP/SLTI, 2010. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/panorama-da-interoperabilidade-no-brasil>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

BRASIL. Portaria nº 05 de 14 de Julho de 2005. Institucionaliza os Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico - e-PING. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 2005.

BRASIL. **Sociedade da Informação no Brasil – Livro Verde**. MCT: Brasília, 2000c. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0004/4809.zip>. Acesso em: 22 abr. 2011.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. Acordão nº 1603 de 13 de agosto de 2008. Levantamento de Auditoria. Relatório, voto e acordão. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 ago. 2008.

BROOKSHEAR, J. **Computer Science an Overview**. 11th Edition. USA: Addison-Wesley, 2012.

CMM. **The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process**. Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.

CMMI. **CMMI for Development, Version 1.3**. Software Engineering Institute. Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 2010. Available from: <<http://www.sei.cmu.edu/reports/10tr033.pdf>>. Retrieved: 10 May 2011.

CORREA, A. *et al.* Um Modelo de Maturidade para Interoperabilidade Técnica nas Ações de Governo Eletrônico. COBENGE 2011 - XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 04 de outubro de 2011, ISSN/ISBN: 9788576852360.

CS TRANSFORM. **Beyond Interoperability: A New Policy Framework for e-Government**. CS Transform, 2009. Available from: <http://www.cstransform.com/resources/white_papers/BeyondInteropV1.0.pdf>. Retrieved: 11 Nov. 2011.

CS TRANSFORM. **e-Government Interoperability, A Comparative analysis of 30 countries**. CS Transform, 2011. Available from: <http://www.cstransform.com/resources/white_papers/InteropAnalysisV2.0.pdf>. Retrieved: 11 Nov. 2011.

DESOURDIS JR., R. *et al.* **Achieving Interoperability in Critical IT and communication Systems**. Norwood, Massachusetts: Artech House, 2009.

ECLAC. **White Book of e-Government Interoperability for Latin America and the Caribbean**. United Nations/ECLAC, 2007. Available from: <http://www.eclac.org/socinfo/noticias/noticias/2/32222/White_Book_of_e-Government-.pdf>. Retrieved: 28 Apr. 2011.

E-PING. **Padrões de Interoperabilidade de Governo Eletrônico**. Documento de Referência, Versão 2012. Brasília: MPOG, 2011. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/documento-da-e-ping-versao-2012/>>. Acesso em: 05 dez. 2011.

GOTTSCHALK, P. **Maturity levels for interoperability in digital government**. Government Information Quarterly Volume 26, Issue 1, January 2009, Pages 75-81.

GOTTSCHALK, P.; SOLLI-SAETHER, H. **E-Government Interoperability and Information Resource Integration: Frameworks for Aligned Development**. New York: IGI Global, 2009.

IDABC. **European Interoperability Framework for Pan-European eGovernment Services**. Belgium: European Communities, 2004. Available from: <<http://ec.europa.eu/idabc/servlets/Doccd552.pdf?id=19529>>. Retrieved: 03 May 2011.

IEEE. **IEEE 100 The authoritative dictionary of IEEE standards terms, Seventh Edition**. New York: IEEE, 2000.

KASUNIC M.; ANDERSON, W. **Measuring Systems Interoperability: Challenges and Opportunities**. Software Engineering Institute. Pennsylvania, USA: Carnegie Mellon University, 2004. Available from: <<http://www.sei.cmu.edu/reports/04tn003.pdf> >. Retrieved: 28 Apr. 2011.

KENT, K. *et al.* **Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response**. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Gaithersburg, MD: NIST, August 2006. Available from: <<http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-86/SP800-86.pdf>>. Retrieved: 10 Oct. 2012.

MATLAB. **Fuzzy Logic Toolbox User's Guide**. R2012b. Massachusetts: Mathworks, 2012.

MEDEIROS, P.; GUIMARÃES, T. **A Institucionalização do Governo Eletrônico no Brasil**. Brasília: UnB, 2006. Disponível em: <<http://www16.fgv.br/rae/artigos/3716.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

MPOG. **Guia de Interoperabilidade**. Cartilha Técnica – versão 2011. Documento de Referência. Brasília: MPOG, junho de 2011. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/biblioteca/arquivos/guia-de-interoperabilidade-cartilha-tecnica>>. Acesso em: 06 jan. 2012.

MYGIF. **Standards, Policies and Guidelines - Malaysian Government Interoperability Framework**. Malaysia: MAMPU, 2003. Available from: <<http://www.mampu.gov.my/mampu/pdf/ISPlan/ispdoc/Interoperability%20Framework.pdf>>. Retrieved: 05 May 2011.

NEGNEVITSKY, M. **Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems, 2nd edition**. England: Addison Wesley, 2005.

NOVAKOUSKI, M.; LEWIS, G. **Interoperability in the e-Government Context**. Technical Note. CMU/SEI-2011-TN-014. January 2012. Available from: <<http://www.sei.cmu.edu/reports/11tn014.pdf>>. Retrieved: 21 Oct. 2012.

NZ E-GIF. **New Zealand E-government Interoperability Framework, Version 3.3**. New Zealand: State Services Commission, 2008. Available from: <<http://www.e.govt.nz/library/e-gif-v-3-3-complete.pdf>>. Retrieved: 05 May 2011.

OECD. **The e-Government Imperative**. OECD e-Government Studies. Paris: OECD Publishing, 2003.

OIO-KATALOGER. **About the Interoperability Framework**. Release 1.2 - June 2005, OIO kataloget. Available from: <<http://www.standarder.oio.dk/English/Guidelines/>>. Retrieved: 05 May 2011.

PAULK, M. **A History of the Capability Maturity Model for Software**. ASQ Software Quality Professional, Vol. 12, No. 1, December 2009, pp. 5-19. Available from: <<http://home.comcast.net/~mark.paulk/papers/p2009c.pdf>>. Retrieved: 10 May 2011.

PORTAL DO GOVERNO ELETRÔNICO. 2000. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br>>. Acesso em: 20 fev. 2011.

SAGA. **Standards and Architectures for eGovernment Applications, Version 4.0**. Germany: Federal Ministry of the Interior, 2008. Available from: <http://www.cio.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/Standards_und_Architekturen/saga_3_0_englisch_download.pdf;jsessionid=600BA759D06300021807AB1018671664.2_cid093?__blob=publicationFile>. Retrieved: 05 May 2011.

SANTOS, E. **Desenvolvimento e implementação de padrões de interoperabilidade em governo eletrônico no Brasil**. 2008. 184f. Tese (Doutorado Administração) – Programa de Pós-graduação em Administração, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SANTOS, J.; NASSAR, S. **Uso de Conjuntos Difusos e Lógica Difusa para Cálculo de Atração e Repulsão: Uma Aplicação em Market Basket Analysis**. Florianópolis, 2004, 113p. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Catarina.

SHELDON, B. **Professional Visual Basic 2010 and .NET 4**. Wrox Programmer to Programmer. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, 2010.

SILER, W.; BUCKLEY, J. J. **Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning**. USA: John Wiley & Sons, 2005.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. **Computer Networks, Fifth Edition**. Washington: Prentice Hall, 2011.

TANSCHKEIT, R. **Sistemas Fuzzy**. Rio de Janeiro: Departamento de Engenharia Elétrica, PUC-Rio, 2004. Disponível em: <<http://www2.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/41/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf>>. Acesso em: 19 set. 2011

TCU. **Levantamento acerca da Governança de Tecnologia da Informação na Administração Pública Federal**. Tribunal de Contas da União. Brasília: TCU, 2008. Disponível em: <<http://portal2.tcu.gov.br/portal/pls/portal/docs/1/2056852.PDF>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

TCU. **Levantamento de Governança de TI de 2010**. Tribunal de Contas da União. Brasília: TCU, 2010. Disponível em: <http://portal2.tcu.gov.br/portal/page/portal/TCU/comunidades/tecnologia_informa

cao/sumarios/Levantamento%20de%20Governan%C3%A7a%20de%20TI%202010.pdf>. Acesso em: 14 out. 2012.

UK E-GIF. **e-Government Interoperability Framework, Version 6.1**. United Kingdom: Cabinet Office, 2005. Available from: <[http://interim.cabinetoffice.gov.uk/media/253452/eGIF%20v6_1\(1\).pdf](http://interim.cabinetoffice.gov.uk/media/253452/eGIF%20v6_1(1).pdf)>. Retrieved: 05 May 2011.

UN. **United Nations E-Government Survey 2012: E-Government for the People**. New York: United Nations, 2012. Available from: <<http://unpan1.un.org/intrdoc/groups/public/documents/un/unpan048065.pdf>>. Retrieved: 20 Oct. 2012.

UNDP. **e-Government Interoperability: Guide**. Bangkok: United Nations Development Programme, 2007a. Available from: <<http://www.apdip.net/projects/gif>>. Retrieved: 22 Apr. 2011.

UNDP. **e-Government Interoperability: Overview**. Bangkok: United Nations Development Programme, 2007b. Available from: <<http://www.apdip.net/projects/gif>>. Retrieved: 22 Apr. 2011.

UNDP. **e-Government Interoperability: Review**. Bangkok: United Nations Development Programme, 2007c. Available from: <<http://www.apdip.net/projects/gif>>. Retrieved: 22 Apr. 2011.

VBNET. 2012. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/visualstudio/eng/products/visual-studio-overview>>. Acesso em: 16 out. 2012.

ZADEH, L. **Fuzzy sets**. Information and Control, 8, 338–353. 1965.

ZADEH, L. **Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-3, 28–44. 1973.

APÊNDICE A – Detalhamento do Modelo de Maturidade Técnica

Segmento e-PING	Subsegmento e-PING	ID e-PING	Componente	Especificação	Situação	Camada OSI	Ponto de verificação	Tipo de variável	Variável			
NÍVEL 1 - Rede:												
Interconexão	Rede/Transporte	18	Transporte	TCP	A = Adotado	4 - Transporte	Atendimento das especificações obrigatórias do nível 1	Crisp	Nivel1_AtendEspecObrigatorias			
Interconexão	Rede/Transporte	19	Transporte	UDP	A = Adotado	4 - Transporte						
Interconexão	Rede/Transporte	20	Intercomunicação LAN/WAN	IPv4	A = Adotado	3 - Rede						
Interconexão	Rede/Transporte	22	Tráfego avançado	MPLS	A = Adotado	2 - Enlace						
Interconexão	Enlace/Físico	26	Rede local sem-fio	IEEE 802.11g	A = Adotado	1 - Física	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 1	Crisp	Nivel1_AtendEspecSegObrigatorias			
Segurança	Comunicação de dados	36	Segurança de redes IPv4	IPsec (AH ou ESP)	A = Adotado	3 - Rede						
Segurança	Comunicação de dados	38	Segurança de redes IPv6 na camada de rede	IPsec (AH ou ESP)	R = Recomendado	3 - Rede				Abrangência do uso da segurança especificada	Fuzzy	AbrangSegIPSecIPv6
Segurança	Redes sem-fio	64	LAN sem-fio 802.11	WPA2 c/ AES	R = Recomendado	2 - Enlace				Abrangência do uso da segurança especificada	Fuzzy	AbrangSegWPA2AES80211
Segurança	Resposta a Incidentes de Segurança da Informação	66	Tratamento e resposta a incidentes em redes computacionais	Expectations for Computer Security Incident Response (RFC 2350) e Normas Complementares 04, 05, 06, e 07/2009	R = Recomendado	NA	Atendimento das normas especificadas	Fuzzy	AtendNormasIncidentes			

Segmento e-PING	Subsegmento e-PING	ID e-PING	Componente	Especificação	Situação	Camada OSI	Ponto de verificação	Tipo de variável	Variável			
NÍVEL 2 - Aplicação e protocolos:												
Interconexão	Aplicação	2	Transporte de mensagem eletrônica	SMTP	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecObrigatorias			
Interconexão	Aplicação	4	Acesso à caixa postal	IMAP	A = Adotado	7 - Aplicação						
Interconexão	Aplicação	10	Dirigido	LDAP v3	A = Adotado	7 - Aplicação						
Interconexão	Aplicação	11	Sincronismo de tempo	NTP/SNTP	A = Adotado	7 - Aplicação						
Interconexão	Aplicação	8	Protocolo de transferência de hipertexto	HTTP/1.1	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias			
Interconexão	Aplicação	13	Protocolos de sinalização	SIP	A = Adotado	7 - Aplicação						
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Web Services	164	Protocolo para acesso a Web Service	HTTP/1.1 (RFC 2616)	A = Adotado	7 - Aplicação						
Segurança	Correio Eletrônico	40	Conteúdo de e-mail	S/MIME v3	A = Adotado	7 - Aplicação						
Segurança	Correio Eletrônico	41	Transporte de e-mail	SPF	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias			
Segurança	Comunicação de dados	37	Segurança de redes IPv4 para protocolos de aplicação	S/MIME v3	A = Adotado	7 - Aplicação						
Segurança	Criptografia	47	Algoritmo para transporte de chave criptográfica de conteúdo/sessão	RSA	A = Adotado	7 - Aplicação						
Segurança	Criptografia	48	Algoritmos criptográficos baseados em curvas elípticas	ECDSA 256 e ECDSA 512 / ECIES 256 e ECIES 512	A = Adotado	7 - Aplicação						
Segurança	Correio Eletrônico	39	Acesso a caixas postais	TLS v1	A = Adotado	4 - Transporte	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias			
Segurança	Correio Eletrônico	43	Assinatura	ICP-Brasil	A = Adotado	7 - Aplicação						
Interconexão	Aplicação	6	Mensagens em tempo real	XMPP	R = Recomendado	7 - Aplicação				Abrangência do uso do protocolo especificado	Fuzzy	AbrangXMPP
Interconexão	Aplicação	9	Protocolos de transferência de arquivos	FTP	R = Recomendado	7 - Aplicação				Abrangência do uso do protocolo especificado	Fuzzy	AbrangFTP
Interconexão	Aplicação	16	Protocolos de gerenciamento de rede	SNMP v3	R = Recomendado	7 - Aplicação	Abrangência do uso do protocolo especificado	Fuzzy	AbrangSNMPv3			
Segurança	Comunicação de dados	33	Hipertexto e transferência de arquivos	HTTP over TLS - RFC 2818 (atualizada pela RFC 5785)	R = Recomendado	4 - Transporte	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias			
Segurança	Comunicação de dados	29	Transferência de dados em redes inseguras	TLS v1	R = Recomendado	4 - Transporte				Abrangência do uso da segurança por TLS	Fuzzy	AbrangSegTLS
Segurança	Serviços de rede	59	Dirigido	LDAP v3 extensão para TLS	R = Recomendado	4 - Transporte						
Segurança	Comunicação de dados	30	Algoritmos para troca de chaves de sessão, durante o handshake	RSA, Diffie-Hellman RSA, Diffie-Hellman DSS, DHE, DSS, DHE, RSA	R = Recomendado	7 - Aplicação						
Segurança	Comunicação de dados	31	Algoritmos para definição de chave de cifração	RC4, IDEA, 3DES e AES	R = Recomendado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 2	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias			
Segurança	Criptografia	44	Algoritmo de cifração	3DES ou AES	R = Recomendado	7 - Aplicação				Abrangência do uso da segurança por algoritmos de chave pública, chave privada e hashing	Fuzzy	AbrangSegCriptoCifrao
Segurança	Criptografia	45	Algoritmo para assinatura e hashing	SHA-256 ou SHA-512	R = Recomendado	7 - Aplicação						
Segurança	Comunicação de dados	32	Certificado Digital	X.509 v3 (ICP-Brasil)	R = Recomendado	7 - Aplicação						
Segurança	Criptografia	50	Requisitos de segurança para módulos criptográficos	Homologação da ICP-Brasil NSH-2 e NSH-3, FIPS 140-1 e FIPS 140-2	R = Recomendado	NA	Abrangência do uso da segurança regida pela ICP-Brasil	Fuzzy	AbrangSegICPBrasil			
Segurança	Serviços de rede	62	Carimbo do tempo	TSAs e ETSI	R = Recomendado	7 - Aplicação	Atendimento das normas especificadas	Fuzzy	AtendNormasPresRegistros			
Segurança	Resposta a Incidentes de Segurança da Informação	65	Preservação de registros	Guidelines for Evidence Collection and Archiving (RFC 3227)	R = Recomendado	NA						
Segurança	Serviços de rede	60	DNSSEC	Práticas de Segurança para Administradores de Redes Internet	R = Recomendado	7 - Aplicação				Atendimento das normas especificadas	Fuzzy	AtendNormasDNSSEC

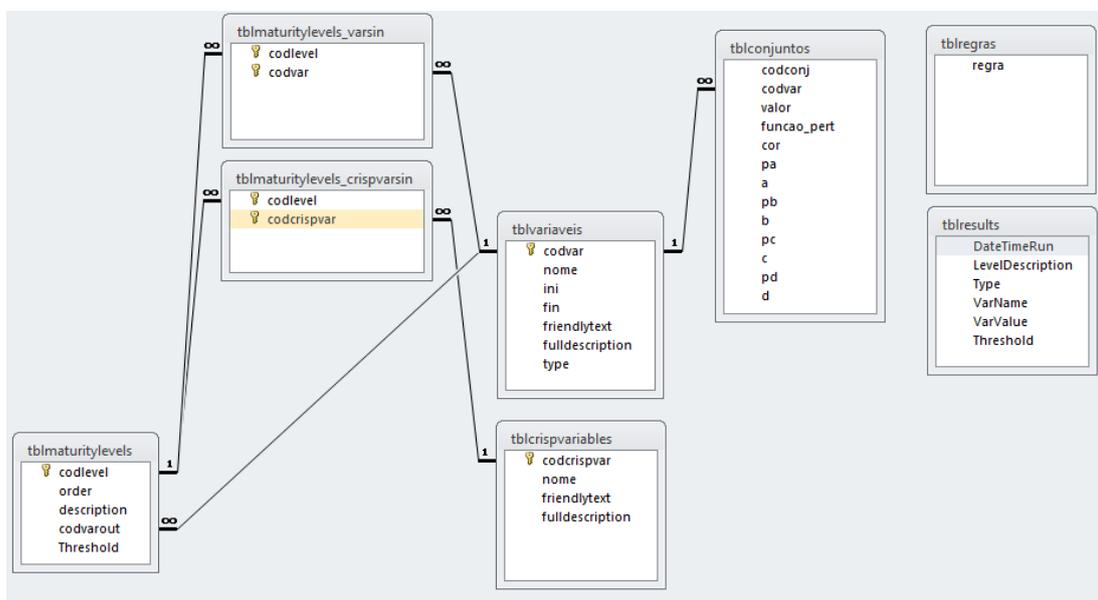
Segmento e-PING	Subsegmento e-PING	ID e-PING	Componente	Especificação	Situação	Camada OSI	Ponto de verificação	Tipo de variável	Variável
NÍVEL 3 - Entrega dos dados:									
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Web Services	163	Protocolo para acesso a Web Service	SOAP v1.2	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações obrigatórias do nível 3	Crisp	Nivel3_AtendEspecObrigatorias
-	-	POL	Escalabilidade	Capacidade de atender a mudanças no volume de dados, quantidade de transações e usuários	R = Recomendado	NA	Atendimento das normas especificadas	Fuzzy	AtendNormasEscalabilidade
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	57	Intermediação ou federação de identidades	WS-Security 1.1 / WS-Trust 1.3	R = Recomendado	7 - Aplicação	Abrangência do uso da segurança especificada	Fuzzy	AbrangSegWS-SecTrust

Segmento e-PING	Subsegmento e-PING	ID e-PING	Componente	Especificação	Situação	Camada OSI	Ponto de verificação	Tipo de variável	Variável
NIVEL 4 - Formato dos dados:									
-	-	POL	Padrão primário de intercâmbio de dados entre sistemas	XML	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações obrigatórias do nível 4	Crisp	Nivel4_AtendEspecObrigatorias
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	153	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	WMS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards	A = Adotado	7 - Aplicação			
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	154	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	WFS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards	A = Adotado	7 - Aplicação			
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	155	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	WCS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards	A = Adotado	7 - Aplicação			
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	156	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	CSW versão 2.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards/csw	A = Adotado	7 - Aplicação			
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Web Services	161	Linguagem de definição do serviço	WSDL 1.1 (Web Service Description Language) como definido pelo W3C A especificação pode ser encontrada em http://www.w3.org/TR/wsdl	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 4	Crisp	Nivel4_AtendEspecSegObrigatorias
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	52	Assinaturas XML	XMLsig	A = Adotado	7 - Aplicação	Abrangência do uso da segurança especificada	Fuzzy	AbrangSegXML
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	53	Cifração XML	XMLenc	R = Recomendado	7 - Aplicação			
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	55	Principais gerenciamentos XML quando um ambiente PKI é utilizado	XKMS 2.0	R = Recomendado	7 - Aplicação			
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	56	Autenticação e autorização de acesso XML	SAML	R = Recomendado	7 - Aplicação	Abrangência do uso da linguagem especificada	Fuzzy	AbrangLingGIS
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	157	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	WFS-T versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards/wfs	R = Recomendado	7 - Aplicação			
Áreas de Integração para Governo Eletrônico	Temas Transversais a Áreas de Atuação de Governo	158	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica	WKT http://www.opengeospatial.org/standards/sfa	R = Recomendado	7 - Aplicação			

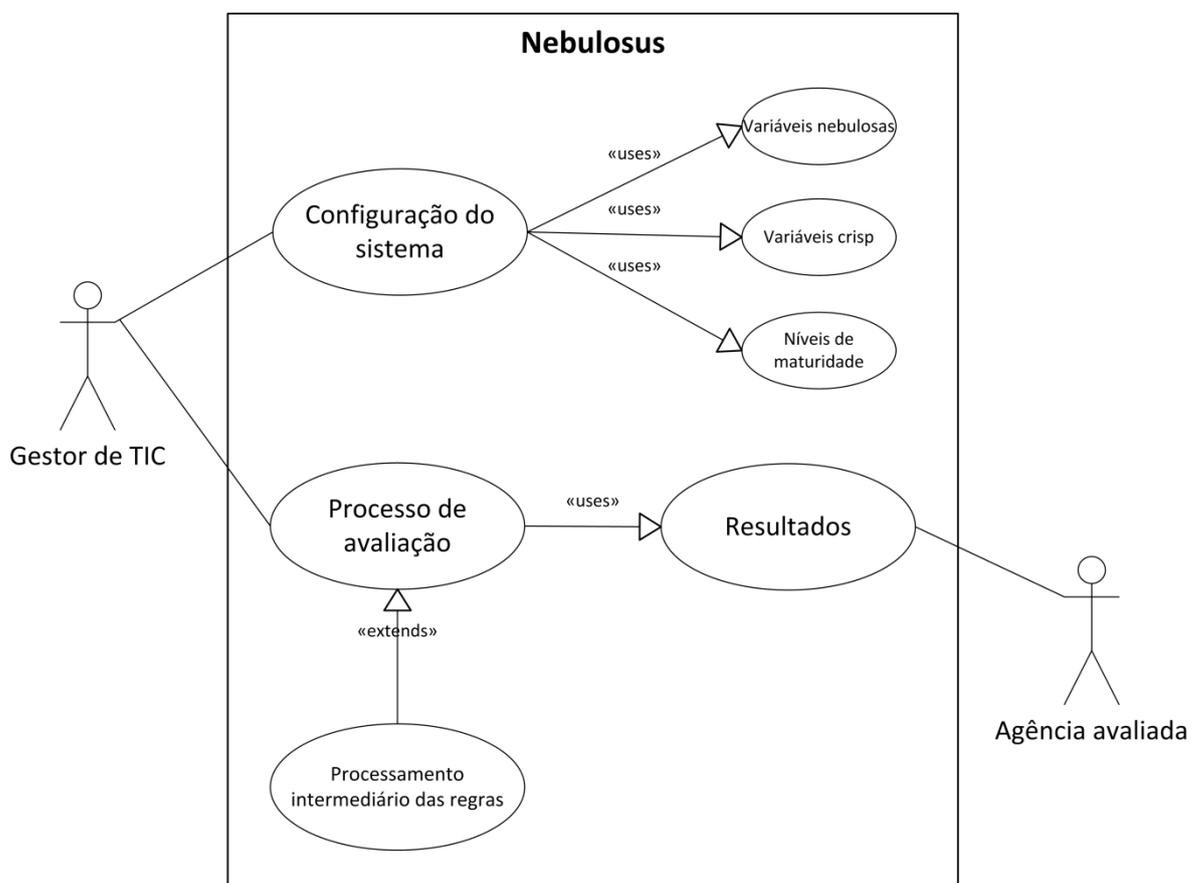
Segmento e-PING	Subsegmento e-PING	ID e-PING	Componente	Especificação	Situação	Camada OSI	Ponto de verificação	Tipo de variável	Variável
NIVEL 5 - Interface:									
-	-	POL	Alinhamento com a Internet e adoção de navegadores (browsers)	Navegadores (browsers)	A = Adotado	7 - Aplicação	Atendimento das especificações obrigatórias do nível 5	Crisp	Nivel5_AtendEspecObrigatorias
Segurança	Resposta a Incidentes de Segurança da Informação	67	Informática Forense	Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response - NIST	A = Adotado	NA	Atendimento das especificações de segurança obrigatórias do nível 5	Crisp	Nivel5_AtendEspecSegObrigatorias
Segurança	Desenvolvimento de sistemas	58	Navegadores	Cookies apenas com a concordância do usuário	A = Adotado	7 - Aplicação			
-	-	POL	Aplicações legadas (emulação de terminal) que não puderem ser adaptadas para web	Emulação de terminal via web	R = Recomendado	7 - Aplicação	Abrangência do uso da emulação especificada	Fuzzy	AbrangEmuTerminalWeb
-	-	POL	Transparência	Mecanismos de transparência/ acesso a informações públicas	R = Recomendado	NA	Atendimento das normas especificadas	Fuzzy	AbrangMecanismosTransp

APÊNDICE B – Artefatos do projeto de desenvolvimento do sistema Nebulosus

1. Diagrama de objetos e seus relacionamentos do banco de dados:



2. Diagrama de caso de uso:



3. Códigos das principais funções:

```
'FUNÇÃO PARA CALCULAR E PERTINÊNCIA EM UM TRIÂNGULO
Public Function functriangular(a As Double, b As Double, c As Double, x As Double) As Double
    Dim ret As Double

    If (x >= a) And (x <= b) Then
        ret = (x - a) / (b - a)
    ElseIf (x >= b) And (x <= c) Then
        ret = (c - x) / (c - b)
    Else
        ret = 0
    End If

    functriangular = ret
End Function

'FUNÇÃO PARA CALCULAR E PERTINÊNCIA EM UM TRAPÉZIO
Public Function functrapezoidal(a As Double, b As Double, c As Double, d As Double, x As Double) As Double
    Dim ret As Double

    If a = b Then
        'FUNÇÃO L A=B
        If (x >= b) And (x <= c) Then
            ret = 1
        ElseIf (x > c) And (x <= d) Then
            ret = (d - x) / (d - c)
        ElseIf x > d Then
            ret = 0
        End If
    ElseIf c = d Then
        'FUNÇÃO GAMA C=D
        If x <= a Then
            ret = 0
        ElseIf (x > a) And (x <= b) Then
            ret = (x - a) / (b - a)
        ElseIf (x > b) And (x <= c) Then
            ret = 1
        End If
    Else
        'TRAPEZIO A<>B<>C<>d
        If x <= a Then
            ret = 0
        ElseIf (x >= a) And (x <= b) Then
            ret = (x - a) / (b - a)
        ElseIf (x >= b) And (x <= c) Then
            ret = 1
        ElseIf (x >= c) And (x <= d) Then
            ret = (d - x) / (d - c)
        ElseIf x >= d Then
            ret = 0
        End If
    End If

    functrapezoidal = ret
End Function

'FUNÇÃO PARA CALCULAR O ALFA CUT NA COMPOSIÇÃO DO CONSEQUENTE (CLIPPING)
Private Function CalcularAlfacut(funcao_pert As String, a As Double, pa As Double, pb As Double, pb As Double, pc As Double, pc As Double, d As Double, pd As Double, ini As Double, fin As Double) As SortedList
    Dim ret As New SortedList

    'somente verifica quantidade de segmentações
    Dim intContNumSegmentos As Integer = 0
    For i As Double = ini To fin Step (fin - ini) / 100
        intContNumSegmentos += 1
    Next i
    'corrige o por que ele sempre avança mais 1 posição
    intContNumSegmentos -= 1

    Dim X(intContNumSegmentos) As Double
    Dim Y(intContNumSegmentos) As Double

    Dim posX As Integer = 0

    For i As Double = ini To fin Step (fin - ini) / 100
        X(posX) = i

        'verifica se é triângulo ou trapézio
        Select Case funcao_pert
            Case "Triangular"
                Dim MaxPert As Double = Math.Max(Math.Max(pa, pb), pc)
                Y(posX) = Math.Min(functriangular(a, b, c, i), MaxPert)
            Case "Trapezoidal"
```

```

        Dim MaxPert As Double = Math.Max(Math.Max(Math.Max(pa, pb), pc), pd)
        Y(posX) = Math.Min(funcetrapezoidal(a, b, c, d, i), MaxPert)
    End Select

    ret.Add(X(posX), Y(posX))

    posX += 1
Next i

    CalcularAlfacut = ret
End Function

'PORÇÃO DE CÓDIGO QUE FAZ O CÁLCULO DO CENTRÓIDE A PARTIR DOS PONTOS NO GRÁFICO DE AGREGAÇÃO
'calcula o centróide
Dim dblCOG_dividendo As Double = 0
Dim dblCOG_divisor As Double = 0
Dim dblCOG As Double = 0

Dim X As Double
Dim Y As Double

'verifica se o gráfico de agregação não possui dados
'isso acontece quando as entradas não encontram regras
If ChartAgreg(i).Series.Count = 0 Then
    dblCOG = 0
Else
    'descobre o max para captar a envoltória
    For j As Integer = 0 To ChartAgreg(i).Series(0).Points.Count - 1
        X = ChartAgreg(i).Series(0).Points(j).XValue
        Y = 0
        For CadaSerieGrafAgreg As Integer = 0 To ChartAgreg(i).Series.Count - 1
            Y = Math.Max(ChartAgreg(i).Series(CadaSerieGrafAgreg).Points(j).YValues(0), Y)
        Next CadaSerieGrafAgreg

        dblCOG_dividendo += X * Y
        dblCOG_divisor += Y
    Next j

    dblCOG = dblCOG_dividendo / dblCOG_divisor
End If

'desenha o curso para indicar o centróide
ChartAgreg(i).ChartAreas(0).Name = VarsFuzzyOutput.GetKey(i) 'armazena a variável na tag
ChartAgreg(i).ChartAreas(0).CursorX.Position = dblCOG
ChartAgreg(i).ChartAreas(0).CursorX.LineWidth = 3
ChartAgreg(i).ChartAreas(0).CursorX.LineDashStyle = DataVisualization.Charting.ChartDashStyle.Dot
ChartAgreg(i).ChartAreas(0).CursorX.LineColor = Color.Red

'imprime resultado do cálculo do centróide
Dim lblAgreg(VarsFuzzyOutput.Count - 1) As Label

'grava o valor de saída da variável no sortedlist
VarsFuzzyOutput.SetByIndex(i, dblCOG)

lblAgreg(i) = New Label
lblAgreg(i).Text = VarsFuzzyOutput.GetKey(i) & ": " & CDb1(VarsFuzzyOutput.GetByIndex(i)).ToString("N2")
lblAgreg(i).Location = New System.Drawing.Point(13 + (i * 247), 157)
lblAgreg(i).AutoSize = True
lblAgreg(i).ImageAlign = ContentAlignment.MiddleCenter
lblAgreg(i).Font = New Font(Me.Font, FontStyle.Bold)

If dblCOG = 0 Then
    lblAgreg(i).ForeColor = Color.Red
Else
    lblAgreg(i).ForeColor = Color.Black
End If

```

APÊNDICE C – Variáveis deste trabalho

Tipo de variável	Variável	E=Entrada S=Saída	Valor	Função de pertinência	Parâmetros				Descrição resumida	Descrição detalhada
					a	b	c	d		
NÍVEL 1 - Rede										
Crisp	Nivel1_AtendEspecObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias para o Nível 1 - Rede	Compreende como especificações obrigatórias para o Nível 1 - Rede o atendimento do seguinte: - Protocolo de transporte: TCP e UDP - Intercomunicação LAN/WAN: IPv4 - Tráfego avançado: MPLS, com no mínimo 4 classes de serviço - Rede local sem-fio: IEEE 802.11g
Crisp	Nivel1_AtendEspecSegObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias de segurança para o Nível 1 - Rede	Compreende como especificações obrigatórias para segurança do Nível 1 - Rede o atendimento do seguinte: - Segurança de redes IPv4: IPsec (AH ou ESP)
Fuzzy	AbrangSegIPSecIPv6	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	0	20	Abrangência do uso do IPsec (AH ou ESP) para IPv6	O IPv6 definido na RFC 2460 (atualizada pela RFC 5095), RFC 5722 e RFC 5871 apresenta implementações de segurança nativas no protocolo. As especificações do IPv6 definiram dois mecanismos de segurança: a autenticação de cabeçalho AH (Authentication Header) RFC 4302 ou autenticação IP, e a segurança do encapsulamento IP, ESP (Encrypted Security Payload) RFC 4303.
			Media	Triangular	0	40	80			
			Alta	Trapezoidal	50	70	100	100		
Fuzzy	AbrangSegWPA2AES80211	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	70	80	Abrangência do uso do WPA2 com AES em redes sem fio 802.11	Usar a especificação WPA2 (Wi-Fi Protect Access) com criptografia AES
			Media	Triangular	70	80	90			
			Alta	Trapezoidal	80	90	100	100		
Fuzzy	AtendNormasIncidentes	E	NaoAtende	Trapezoidal	0	0	0	20	Atendimentos das normas de segurança para tratamento e resposta a incidentes em redes computacionais	Expectations for Computer Security Incident Response, RFC 2350. Diretrizes para o processo de Gestão de Riscos de Segurança da Informação e Comunicações – GRISIC nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal conforme Norma Complementar nº04/09 (http://dsic.planalto.gov.br/documentos/inc_04_grsic.pdf). Criação de equipes de tratamento e resposta a incidentes em redes computacionais conforme Norma Complementar nº05/09 (http://dsic.planalto.gov.br/documentos/inc_05_etir.pdf). Diretrizes para Gestão de Continuidade de Negócios, nos aspectos relacionados à Segurança da Informação e Comunicações, nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal, direta e indireta – APF conforme Norma Complementar nº06/09 (http://dsic.planalto.gov.br/documentos/inc_6_gcn.pdf). Diretrizes para Implementação de Controles de Acesso Relativos à Segurança da Informação e Comunicações, nos órgãos e entidades da Administração Pública Federal, direta e indireta – APF conforme Norma Complementar nº07/09 (http://dsic.planalto.gov.br/documentos/inc_7_controle_aceso.pdf).
			AtendeParcialmente	Triangular	0	30	60			
			Atende	Trapezoidal	40	70	100	100		
Fuzzy	NIVEL1Adequacao	S	Grau1	Trapezoidal	0	0	30	50	Adequação ao Nível 1: Rede	Variável de saída para avaliar a adequação ao Nível 1 de interoperabilidade, denominado Rede. Compreende a avaliação quanto ao atendimento das seguintes especificações recomendadas: - Abrangência do uso do IPsec (AH ou ESP) para IPv6 - Abrangência do uso do WPA2 com AES em redes sem fio 802.11 - Atendimentos das normas de segurança para tratamento e resposta a incidentes em redes computacionais
			Grau2	Triangular	30	50	70			
			Grau3	Trapezoidal	50	70	100	100		

Tipo de variável	Variável	E=Entrada S=Saída	Valor	Função de pertinência	Parâmetros				Descrição resumida	Descrição detalhada
					a	b	c	d		
NIVEL 2 - Aplicação e protocolos										
Crisp	Nivel2_AtendEspecObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias para o Nivel 2 - Aplicação e protocolos	Compreende como especificações obrigatórias para o Nivel 2 - Aplicação e protocolos o atendimento do seguinte: - Protocolo de transporte de mensagem eletrônica: SMTP - Protocolo de acesso à caixa postal: IMAP - Protocolo de diretório: LDAP v3 - Protocolo de sincronismo de tempo: NTP/SNTP - Protocolo de transferência de hipertexto: HTTP/1.1 - Protocolos de sinalização: SIP - Protocolo para acesso a Web Service: HTTP/1.1 (RFC 2616)
Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias de segurança para o Nivel 2 - Aplicação e protocolos	Compreende como especificações obrigatórias para segurança do o Nivel 2 - Aplicação e protocolos o atendimento do seguinte: - segurança para conteúdo de e-mail: S/MIME v3 - segurança para transporte de e-mail: SPF - Segurança de redes IPv4 para protocolos de aplicação: S/MIME v3 - Algoritmo para transporte de chave criptográfica de conteúdo/sessão: RSA - Algoritmos criptográficos baseados em curvas elípticas: ECDSA 256 e ECDSA 512 / ECIES 256 e ECIES 512 - Protocolo de acesso a caixas postais: TLS v1 - Normas referente à assinatura eletrônica: ICP-Brasil
Fuzzy	AbrangXMPP	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	20	40	Abrangência do uso do XMPP para mensageria em tempo real	O modelo e requisitos para Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP) são definidos pela RFC 3920 e RFC 3921.
			Media	Triangular	20	40	60			
			Alta	Trapezoidal	40	60	100	100		
Fuzzy	AbrangFTP	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	70	80	Abrangência do uso do FTP para transferência de arquivos	FTP (com re-inicialização e recuperação) conforme RFC 959 (atualizada pela RFC 2228, RFC 2640, RFC 2773, RFC 3659 e RFC 5797) e HTTP conforme RFC 2616 (atualizada pela RFC 2817 e RFC 5785) para transferência de arquivos.
			Media	Triangular	70	80	90			
			Alta	Trapezoidal	80	90	100	100		
Fuzzy	AbrangSNMPv3	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	20	40	Abrangência do uso do SNMPv3 para gerenciamento de rede	Uso do protocolo SNMP, definido pelas RFC 3411 (atualizada pela RFC 5343 e RFC 5590) e 3418, como protocolo de gerência de rede.
			Media	Triangular	20	40	60			
			Alta	Trapezoidal	40	60	100	100		
Fuzzy	AbrangSegTLS	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	50	70	Abrangência do uso do TLS para HTTP e LDAP	TLS – Transport Layer Security, RFC 5246 (atualizada pela RFC 5746 e RFC 5878). Caso seja necessário o protocolo TLS v1 pode emular o SSL v3. Hipertexto e transferência de arquivos, conforme RFC 2818 (atualizada pela RFC 5785). LDAPv3 RFC 4510, RFC 4511, RFC 4512 e RFC 4513. LDAP v3 extensão para TLS RFC 4510, RFC 4511 e RFC 4513.
			Media	Triangular	50	70	90			
			Alta	Trapezoidal	70	90	100	100		
Fuzzy	AbrangSegCriptoCifracao	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	50	70	Abrangência do uso da segurança por algoritmos de chave pública, chave privada e hashing	Algoritmos para troca de chaves de sessão, durante o handshake: RSA, Diffie-Hellman RSA, Diffie-Hellman DSS, DHE_DSS, DHE_RSA Algoritmos para definição de chave de cifração: RC4, IDEA, 3DES e AES Algoritmo de cifração: 3DES ou AES Algoritmo para assinatura/hashing: SHA-256 ou SHA-512
			Media	Triangular	50	70	90			
			Alta	Trapezoidal	70	90	100	100		
Fuzzy	AbrangSegICPBrasil	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	50	70	Abrangência do uso da segurança regida pela ICP-Brasil	Certificado Digital: X.509 v3 (ICP-Brasil) Requisitos de segurança para módulos criptográficos: "Homologação da ICP-Brasil NSH-2 e NSH-3; FIPS 140-1 e FIPS 140-2" Carimbo do tempo: TSAs e ETSI
			Media	Triangular	50	70	90			
			Alta	Trapezoidal	70	90	100	100		
Fuzzy	AtendNormasPresRegistros	E	NaoAtende	Trapezoidal	0	0	50	60	Atendimento das normas especificadas para preservação de registros	Guidelines for Evidence Collection and Archiving, RFC: 3227
			AtendeParcialmente	Triangular	40	60	80			
			Atende	Trapezoidal	60	70	100	100		
Fuzzy	AtendNormasDNSSEC	E	NaoAtende	Trapezoidal	0	0	50	60	Atendimento das normas e práticas de segurança para administradores de redes internet	Resolução nº7 de 29/07/2002 – Comitê Executivo do Governo Eletrônico Práticas de Segurança para Administradores de Redes Internet Centro de Estudos, Resposta e Tratamento a Incidentes – Tutorial DNSSEC - Versão 1.7.4 -ftp://ftp.registro.br/pub/doc/tutorial-dnssec.pdf
			AtendeParcialmente	Triangular	40	60	80			
			Atende	Trapezoidal	60	70	100	100		
Fuzzy	NIVEL2Adequacao	S	Grau1	Trapezoidal	0	0	30	50	Adequação ao Nivel 2: Aplicação e protocolos	Variável de saída para avaliar a adequação ao Nivel 2 de interoperabilidade, denominado Aplicação e protocolos. Compreende a avaliação quanto ao atendimento das seguintes especificações recomendadas: - Abrangência do uso do XMPP para mensageria em tempo real - Abrangência do uso do FTP para transferência de arquivos - Abrangência do uso do SNMPv3 para gerenciamento de rede - Abrangência do uso do TLS para HTTP e LDAP - Abrangência do uso da segurança por algoritmos de chave pública, chave privada e hashing - Abrangência do uso da segurança regida pela ICP-Brasil - Atendimento das normas especificadas para preservação de registros - Atendimento das normas e práticas de segurança para administradores de redes internet
			Grau2	Triangular	30	50	70			
			Grau3	Trapezoidal	50	70	100	100		

Tipo de variável	Variável	E=Entrada S=Saída	Valor	Função de pertinência	Parâmetros				Descrição resumida	Descrição detalhada
					a	b	c	d		
NÍVEL 3 - Entrega dos dados										
Crisp	Nivel3_AtendEspecObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias para o Nível 3 - Entrega dos dados	Compreende como especificações obrigatórias para o Nível 3 - Entrega dos dados o atendimento do seguinte: - Protocolo para acesso a Web Service: SOAP v1.2
Fuzzy	AtendNormasEscalabilidade	E	NaoAtende	Trapezoidal	0	0	50	60	Abrangência do uso do WS-Security e WS-Trust para webservices	WS-Security 1.1 - arcabouço de padrões para garantir integridade e confidencialidade em mensagens SOAP. (http://www.oasis-open.org/standards/#wssv1.1). WS-Trust 1.4 - extensões para o padrão WS-Security, definindo o uso de credenciais de segurança e gerência de confiança distribuída. (http://docs.oasis-open.org/ws-sx/ws-trust/v1.4/os/ws-trust-1.4-spec-os.pdf).
			AtendeParcialmente	Triangular	40	60	80			
			Atende	Trapezoidal	60	70	100	100		
Fuzzy	AbrangSegWS-SecTrust	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	30	50	Atendimento das normas referentes à escalabilidade	Capacidade de atender a mudanças no volume de dados, quantidade de transações e usuários
			Media	Triangular	30	50	70			
			Alta	Trapezoidal	50	70	100	100		
Fuzzy	NIVEL3Adequacao	S	Grau1	Trapezoidal	0	0	30	50	Adequação ao Nível 3. Entrega dos dados	Variável de saída para avaliar a adequação ao Nível 3 de interoperabilidade, denominado Entrega dos dados. Compreende a avaliação quanto ao atendimento das seguintes especificações recomendadas: - Abrangência do uso do WS-Security e WS-Trust para webservices - Atendimento das normas referentes à escalabilidade
			Grau2	Triangular	30	50	70			
			Grau3	Trapezoidal	50	70	100	100		

Tipo de variável	Variável	E=Entrada S=Saída	Valor	Função de pertinência	Parâmetros				Descrição resumida	Descrição detalhada
					a	b	c	d		
NÍVEL 4 - Formato dos dados										
Crisp	Nivel4_AtendEspecObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias para o Nível 4 - Formato dos dados	Compreende como especificações obrigatórias para o Nível 4 - Formato dos dados o atendimento do seguinte: - Padrão primário de intercâmbio de dados entre sistemas: XML - Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: WMS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards - Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: WFS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards - Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: WCS versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards - Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: CSW versão 2.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards/cat - Linguagem de definição do serviço: WSDL 1.1 (Web Service Description Language) como definido pelo W3C. A especificação pode ser encontrada em http://www.w3.org/TR/wsdl
Crisp	Nivel4_AtendEspecSegObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias de segurança para o Nível 4 - Formato dos dados	Compreende como especificações obrigatórias para segurança do o Nível 4 - Formato dos dados o atendimento do seguinte: - Assinaturas XML: XMLSig
Fuzzy	AbrangSegXML	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	30	50	Abrangência do uso da segurança para XML	Cifração XML - XMLEnc: Síntaxe e Processamento de Cifração XML (XMLEnc) conforme definido pelo W3C http://www.w3.org/TR/xmlenc-core/ Principais gerenciamentos XML quando um ambiente PKI é utilizado - XKMS 2.0: XML - Key Management Specification (XKMS 2.0) (Especificações de Gerenciamento de Chave XML) conforme definido pelo W3C http://www.w3.org/TR/xkms2/ Autenticação e autorização de acesso XML - SAML: SAML - conforme definido pelo OASIS quando um ambiente ICP é utilizado http://www.oasis-open.org/committees/security/index.shtml
			Media	Triangular	30	50	70			
			Alta	Trapezoidal	50	70	100	100		
Fuzzy	AbrangLingGIS	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	20	30	Abrangência do uso da linguagem para Sistemas de Informações Geográficas	Interoperabilidade entre sistemas de informação geográfica: WFS-T versão 1.0 ou posterior http://www.opengeospatial.org/standards/wfs WKT http://www.opengeospatial.org/standards/sfa
			Media	Triangular	20	40	60			
			Alta	Trapezoidal	50	60	100	100		
Fuzzy	NIVEL4Adequacao	S	Grau1	Trapezoidal	0	0	30	50	Adequação ao Nível 4. Formato dos dados	Variável de saída para avaliar a adequação ao Nível 4 de interoperabilidade, denominado Formato dos dados. Compreende a avaliação quanto ao atendimento das seguintes especificações recomendadas: - Abrangência do uso da segurança para XML - Abrangência do uso da linguagem para Sistemas de Informações Geográficas
			Grau2	Triangular	30	50	70			
			Grau3	Trapezoidal	50	70	100	100		

Tipo de variável	Variável	E=Entrada S=Saída	Valor	Função de pertinência	Parâmetros				Descrição resumida	Descrição detalhada
					a	b	c	d		
NIVEL 5 - Interface										
Crisp	Nivel5_AtendEspecObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias para o Nivel 5 - Interface	Compreende como especificações obrigatórias para o Nivel 5 - Interface o atendimento do seguinte: - Alinhamento com a Internet e adoção de navegadores (browsers) como meio primário de interface para sistemas
Crisp	Nivel5_AtendEspecSegObrigatorias	E							Atende às especificações obrigatórias de segurança para o Nivel 5 - Interface	Compreende como especificações obrigatórias para segurança do o Nivel 5 - Interface o atendimento do seguinte: - Informática Forense: Guide to Integrating Forensic Techniques into Incident Response - NIST - Navegadores: Cookies apenas com a concordância do usuário
Fuzzy	AbrangEmuTerminalWeb	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	50	60	Abrangência do uso da emulação de terminal via web para sistemas que não puderem ser adaptados originalmente	Existem produtos que podem fornecer acesso pelo browsers aos sistemas legados, sem necessidade de mudar esses sistemas; tipicamente estes produtos podem fornecer acesso direto às telas de legado ou serem substituídas por interfaces gráficas (GUIs). Deve-se prestar atenção a qualquer implicação de segurança em relação a seu uso.
			Media	Triangular	50	70	90			
			Alta	Trapezoidal	80	90	100	100		
Fuzzy	AbrangMecanismosTransp	E	Baixa	Trapezoidal	0	0	30	50	Atendimento das normas referentes aos mecanismos de transparência em TIC	Observância à legislação vigente, em especial a Lei Federal nº 12.527/2011 que impõem uma série de mecanismos para assegurar ao cidadão acesso à informação através de recursos de TIC.
			Media	Triangular	30	50	70			
			Alta	Trapezoidal	50	70	100	100		
Fuzzy	NIVEL5Adequacao	S	Grau1	Trapezoidal	0	0	30	50	Adequação ao Nivel 5 - Interface	Variável de saída para avaliar a adequação ao Nivel 5 de interoperabilidade, denominado Interface. Compreende a avaliação quanto ao atendimento das seguintes especificações recomendadas: - Abrangência do uso da emulação de terminal via web para sistemas que não puderem ser adaptados originalmente - Atendimento das normas referentes aos mecanismos de transparência em TIC
			Grau2	Triangular	30	50	70			
			Grau3	Trapezoidal	50	70	100	100		

APÊNDICE D – Regras nebulosas

- 1-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Baixa THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 2-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Baixa THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 3-IF AtendNormasIncidentes IS NaoAtende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 4-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS NaoAtende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 5-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS NaoAtende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 6-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS NaoAtende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 7-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS NaoAtende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau1
- 8-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS AtendeParcialmente THEN NIVEL1Adequacao IS Grau2
- 9-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS AtendeParcialmente THEN NIVEL1Adequacao IS Grau2
- 10-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS AtendeParcialmente THEN NIVEL1Adequacao IS Grau2
- 11-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS AtendeParcialmente THEN NIVEL1Adequacao IS Grau2
- 12-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS Atende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau3
- 13-IF AbrangSegIPSecIPv6 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS Atende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau3
- 14-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Media AND AtendNormasIncidentes IS Atende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau3
- 15-IF AbrangSegWPA2AES80211 IS Alta AND AtendNormasIncidentes IS Atende THEN NIVEL1Adequacao IS Grau3
- 16-IF AbrangXMPP IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 17-IF AbrangFTP IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 18-IF AbrangSNMPv3 IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 19-IF AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 20-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 21-IF AbrangSegICPBrasil IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 22-IF AtendNormasPresRegistros IS NaoAtende THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 23-IF AtendNormasDNSSEC IS NaoAtende THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 24-IF AbrangXMPP IS Media AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 25-IF AbrangFTP IS Media AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 26-IF AbrangSNMPv3 IS Media AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 27-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Media AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 28-IF AbrangSegICPBrasil IS Media AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 29-IF AtendNormasPresRegistros IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 30-IF AtendNormasDNSSEC IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 31-IF AbrangXMPP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 32-IF AbrangFTP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 33-IF AbrangSNMPv3 IS Alta AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 34-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Alta AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 35-IF AbrangSegICPBrasil IS Alta AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 36-IF AtendNormasPresRegistros IS Atende AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 37-IF AtendNormasDNSSEC IS Atende AND AbrangSegTLS IS Baixa THEN NIVEL2Adequacao IS Grau1
- 38-IF AbrangXMPP IS Media AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 39-IF AbrangFTP IS Media AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 40-IF AbrangSNMPv3 IS Media AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 41-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Media AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 42-IF AbrangSegICPBrasil IS Media AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 43-IF AtendNormasPresRegistros IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 44-IF AtendNormasDNSSEC IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 45-IF AbrangXMPP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 46-IF AbrangFTP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 47-IF AbrangSNMPv3 IS Alta AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 48-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Alta AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 49-IF AbrangSegICPBrasil IS Alta AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 50-IF AtendNormasPresRegistros IS Atende AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 51-IF AtendNormasDNSSEC IS Atende AND AbrangSegTLS IS Media THEN NIVEL2Adequacao IS Grau2
- 52-IF AbrangXMPP IS Media AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 53-IF AbrangFTP IS Media AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 54-IF AbrangSNMPv3 IS Media AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 55-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Media AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 56-IF AbrangSegICPBrasil IS Media AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 57-IF AtendNormasPresRegistros IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 58-IF AtendNormasDNSSEC IS AtendeParcialmente AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 59-IF AbrangXMPP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 60-IF AbrangFTP IS Alta AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 61-IF AbrangSNMPv3 IS Alta AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 62-IF AbrangSegCriptoCifracao IS Alta AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 63-IF AbrangSegICPBrasil IS Alta AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 64-IF AtendNormasPresRegistros IS Atende AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 65-IF AtendNormasDNSSEC IS Atende AND AbrangSegTLS IS Alta THEN NIVEL2Adequacao IS Grau3
- 66-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Baixa THEN NIVEL3Adequacao IS Grau1
- 67-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Media AND AtendNormasEscalabilidade IS NaoAtende THEN NIVEL3Adequacao IS Grau1
- 68-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Alta AND AtendNormasEscalabilidade IS NaoAtende THEN NIVEL3Adequacao IS Grau1
- 69-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Media AND AtendNormasEscalabilidade IS AtendeParcialmente THEN NIVEL3Adequacao IS Grau2
- 70-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Alta AND AtendNormasEscalabilidade IS AtendeParcialmente THEN NIVEL3Adequacao IS Grau2
- 71-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Media AND AtendNormasEscalabilidade IS Atende THEN NIVEL3Adequacao IS Grau3
- 72-IF AbrangSegWS-SecTrust IS Alta AND AtendNormasEscalabilidade IS Atende THEN NIVEL3Adequacao IS Grau3
- 73-IF AbrangSegXML IS Baixa AND AbrangLingGIS IS Baixa THEN NIVEL4Adequacao IS Grau1
- 74-IF AbrangSegXML IS Baixa AND AbrangLingGIS IS Media THEN NIVEL4Adequacao IS Grau1

75-IF AbrangSegXML IS Baixa AND AbrangLingGIS IS Alta THEN NIVEL4Adequacao IS Grau1
76-IF AbrangSegXML IS Media AND AbrangLingGIS IS Baixa THEN NIVEL4Adequacao IS Grau2
77-IF AbrangSegXML IS Media AND AbrangLingGIS IS Media THEN NIVEL4Adequacao IS Grau2
78-IF AbrangSegXML IS Media AND AbrangLingGIS IS Alta THEN NIVEL4Adequacao IS Grau2
79-IF AbrangSegXML IS Alta AND AbrangLingGIS IS Baixa THEN NIVEL4Adequacao IS Grau3
80-IF AbrangSegXML IS Alta AND AbrangLingGIS IS Media THEN NIVEL4Adequacao IS Grau3
81-IF AbrangSegXML IS Alta AND AbrangLingGIS IS Alta THEN NIVEL4Adequacao IS Grau3
82-IF AbrangEmuTerminalWeb IS Baixa THEN NIVEL5Adequacao IS Grau1
83-IF AbrangEmuTerminalWeb IS Media THEN NIVEL5Adequacao IS Grau3
84-IF AbrangEmuTerminalWeb IS Alta THEN NIVEL5Adequacao IS Grau3
85-IF AbrangMecanismosTransp IS Baixa THEN NIVEL5Adequacao IS Grau1
86-IF AbrangMecanismosTransp IS Media THEN NIVEL5Adequacao IS Grau2
87-IF AbrangMecanismosTransp IS Alta THEN NIVEL5Adequacao IS Grau3

APÊNDICE E – Relatório de avaliação da agência

Level description	Type	Output variable	Threshold	Value	
gov.br e-PING					
E-GOVERNMENT INTEROPERABILITY MATURITY LEVEL					
Assessment report					
Assessment event:					
Date:	05/09/2012				
Time:	15:13:28				
Nível 1 - Rede					
	Crisp	Nivel1_AtendEspecObrigatorias	-	Yes	
	Crisp	Nivel1_AtendEspecSegObrigatorias	-	Yes	
	Fuzzy	NIVEL1Adequacao	50	57,1	
Nível 2 - Aplicações e protocolos					
	Crisp	Nivel2_AtendEspecObrigatorias	-	Yes	
	Crisp	Nivel2_AtendEspecSegObrigatorias	-	Yes	
	Fuzzy	NIVEL2Adequacao	50	50	
Nível 3 - Entrega dos dados					
	Crisp	Nivel3_AtendEspecObrigatorias	-	Yes	
	Fuzzy	NIVEL3Adequacao	50	20,16	
Nível 4 - Formato dos dados					
	Crisp	Nivel4_AtendEspecObrigatorias	-	No	
	Crisp	Nivel4_AtendEspecSegObrigatorias	-	No	
	Fuzzy	NIVEL4Adequacao	50	20,16	
05/09/2012	15:13:41				1/2



E-GOVERNMENT INTEROPERABILTY MATURITY LEVEL

Nível 5 - Interface

Crisp	Nivel5_AtendEspecObrigatorias	-	No
Crisp	Nivel5_AtendEspecSegObrigatorias	-	No

Fuzzy NIVEL5Adequacao 50 50

