



**Luciano Carlos Belezia**

**Modelo de autoavaliação para laboratórios de  
ensaio e calibração baseado na  
Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017**

**Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação) da PUC-Rio.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Maria Fatima Ludovico de Almeida

Rio de Janeiro  
Abril de 2019



**Luciano Carlos Belezia**

**Modelo de autoavaliação para laboratórios de  
ensaio e calibração baseado na  
Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Metrologia da PUC-Rio (Área de concentração: Metrologia para Qualidade e Inovação).  
Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo.

**Prof.<sup>a</sup> Maria Fatima Ludovico de Almeida**

Orientadora

Programa de Pós-Graduação em Metrologia – PUC-Rio

**Prof. Carlos Roberto Hall Barbosa**

Programa de Pós-Graduação em Metrologia – PUC-Rio

**Dr.<sup>a</sup> Márcia Gomes de Oliveira**

Instituto Nacional de Tecnologia – INT

**Prof. Ricardo Kropf Santos Fermam**

Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e de seus orientadores.

## **Luciano Carlos Belezia**

Graduou-se em Engenharia Industrial Mecânica no CEFET-MG (Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais) em 2006. Oficial da Marinha do Brasil desde 2009, é Capitão-Tenente Engenheiro da Marinha e atua no Departamento de Metrologia e Certificação da Agência Naval de Segurança Nuclear e Qualidade.

### Ficha Catalográfica

Belezia, Luciano Carlos

Modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração baseado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 / Luciano Carlos Belezia; orientadora: Maria Fátima Ludovico de Almeida. – Rio de Janeiro: PUC, Programa de Pós-Graduação em Metrologia – 2019.

147 f. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Centro Técnico Científico, Programa de Pós-Graduação em Metrologia, 2019.

Inclui bibliografia.

1. Metrologia – Teses. 2. Laboratórios de ensaio e calibração. 3. Autoavaliação. 4. Métodos multicritério de apoio à decisão. 5. Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. I. Almeida, Maria Fatima Ludovico de. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Centro Técnico Científico. Programa de Pós-Graduação em Metrologia. III. Título.

CDD: 389.1

## Agradecimentos

A Jesus Cristo, Mestre e Salvador, detentor de todas as respostas e conhecimento, que me permitiu descobrir um pouco mais da verdade que nos cerca por meio deste trabalho.

À minha esposa, Dra. Danieli Martins do Carmo, por ter acompanhado todo este processo sendo uma força propulsora de apoio. Uma mulher inteligente e um exemplo de profissional. Palavras não são suficientes para te agradecer, mas 'Eu te amo' é capaz de englobar tudo o que sinto por ti. Ao Olavo Miguel, meu presente do Papai do Céu. À pequena Sury, amiga fiel, pelos momentos de alegria que proporciona a mim e à Dani.

Aos meus pais, Zula e Criança, por serem os verdadeiros professores da vida. Vocês me ensinaram os valores do ser humano. Graças a vocês cheguei aqui. Espero poder continuar sendo orgulho para vocês ao longo de minha vida. Aos meus irmãos Tiaguim e Vinicim, sangue do meu sangue, pelos momentos de alegria que passamos juntos. Hoje todos adultos e separados pela distância, mas unidos pelo amor fraternal e pelo orgulho de estarmos vencendo o dia a dia.

Aos colaboradores do Programa de Pós-graduação em Metrologia da PUC-Rio e à Professora Maria Fatima Ludovico, pela orientação ao longo do desenvolvimento do trabalho e pela amizade desenvolvida nesses dois anos.

À Marinha do Brasil, pelo tempo parcial cedido para o desenvolvimento deste trabalho. Instituição na qual pretendo continuar dedicando-me inteiramente ao serviço da pátria com meu trabalho e por meio da qual retorno à sociedade brasileira todo o investimento em mim realizado.

Finalmente, cabe ressaltar que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (Capes) - Código de Financiamento 001.

## Resumo

Beleza, Luciano Carlos; Almeida, Maria Fatima Ludovico de. **Modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração baseado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017**. Rio de Janeiro, 2019. 147 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O objetivo da dissertação é propor um modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração que possa ser utilizado para verificar seu grau de maturidade em relação ao processo de acreditação segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Busca-se demonstrar a aplicabilidade do modelo mediante o desenvolvimento de um estudo de caso em um dos Laboratórios de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil. A pesquisa pode ser considerada aplicada, descritiva e metodológica. Quanto aos meios de investigação, a metodologia compreende: (i) pesquisa bibliográfica e documental; (ii) construção do modelo conceitual de avaliação da competência, imparcialidade e consistência na operação de laboratórios de ensaio e calibração; (iii) construção da estrutura hierárquica analítica dos elementos-chave e detalhados da avaliação da competência, imparcialidade e consistência na operação desses laboratórios; (iv) aplicação do método analítico hierárquico para definição dos pesos dos elementos em dois níveis hierárquicos, com participação de especialistas convidados; (v) aplicação da ferramenta de autoavaliação junto ao gestor do Laboratório alvo do estudo de caso; (vi) discussão dos resultados e formulação das conclusões e recomendações. Destaca-se como resultado principal uma sistemática inovadora de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração, na perspectiva de apoiar processos decisórios referentes à acreditação desses laboratórios segundo a referida Norma. O estudo de caso no contexto institucional da Marinha do Brasil demonstrou ser plausível determinar o nível de maturidade de um de seus laboratórios em relação aos requisitos da referida Norma e permitiu identificar oportunidades de melhoria de seu atual sistema de gestão.

## Palavras-chave

Metrologia; laboratórios de ensaio e calibração; autoavaliação; métodos multicritério de apoio à decisão; Norma ABNT NBR ISO 17025:2017.

## Abstract

Belezia, Luciano Carlos; Almeida, Maria Fatima Ludovico de (Advisor). **Self-evaluation model for testing and calibration laboratories based on ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 standard**. Rio de Janeiro, 2019. 147 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation aims to propose a self-assessment model for evaluating the competence, impartiality and consistent operation of testing and calibration laboratories, based on ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 standard. An attempt is made to demonstrate the applicability of the proposed model through the development of a case study in one of the Brazilian Navy's Testing and Calibration Laboratories. This research can be considered applied, descriptive and methodological. The methodology encompasses literature review and documentary research; development of a self-assessment model for evaluating the competence, impartiality and operational consistency of testing and calibration laboratories; construction of the analytical hierarchical structure with the key and detailed elements that integrate the model; application of the analytical hierarchy process (AHP) method to define the weights of the evaluation criteria, with the participation of invited experts; development of a case study within one of the Brazilian Navy's Test and Calibration Laboratories; discussion of results and formulation of conclusions and recommendations. The main outcome of this research is an innovative self-assessment model for testing and calibration laboratories, with a view to supporting decisions concerning the accreditation process of these laboratories according to the mentioned Standard. Notably, the results of the case study demonstrate that it is feasible to determine the maturity level of the Laboratory in compliance with the requirements of the mentioned standard. Also, they allowed identifying opportunities for improvement of the current management system of the Laboratory.

## Keywords

Metrology; testing and calibration laboratories; self-assessment; multi-criteria decision-making methods; Standard ISO/IEC 17025:2017.

# Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>15</b>
1.1 Definição do problema de pesquisa .....	17
1.2 Objetivos: geral e específicos .....	18
1.3 Metodologia .....	19
1.3.1 Fase exploratória e descritiva .....	19
1.3.2 Fase de pesquisa aplicada .....	21
1.3.3 Fase conclusivo-propositiva .....	23
1.4 Estrutura da dissertação.....	23
<b>2. Laboratórios de ensaio e calibração.....</b>	<b>26</b>
2.1 Conceitos básicos .....	26
2.2 A Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.....	28
2.2.1 Competência, imparcialidade e consistência operacional de laboratórios de ensaio e calibração .....	30
2.3 Estudos sobre acreditação em laboratórios de ensaio e calibração .....	31
2.4 A estrutura brasileira de laboratórios de ensaio e calibração .....	37
2.5 O processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil ..	38
2.5.1 Prazos para acreditação de laboratórios de ensaio e calibração .....	40
2.5.2 Qualificação dos avaliadores de laboratórios de ensaio e calibração .....	40
2.5.3 Estimativa dos custos envolvidos no processo de acreditação dos laboratórios de ensaio e calibração .....	41
2.6 Considerações finais sobre o capítulo .....	45
<b>3. Modelos de maturidade de processos .....</b>	<b>46</b>
3.1 Conceitos básicos .....	46
3.2 Modelos de maturidade de processos .....	47
3.3 Modelos de maturidade e adoção de normas .....	51
3.3.1 Norma ABNT NBR ISO 9004:2010 .....	51
3.3.2 Norma ISO/IEC 16680:2012 .....	52
3.3.3 Norma ISO/IEC 21827:2008 .....	53
3.3.4 Norma ISO/IEC 11354:2015 .....	54
3.3.5 Norma ISO/IEC 15504:2003 .....	54
3.3.6 Comparação dos modelos de maturidade incluídos nas Normas abordadas.	55
3.4 Considerações finais sobre o capítulo .....	55
<b>4. Modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração .....</b>	<b>57</b>
4.1 Visão geral do modelo .....	57
4.2 Visão detalhada do modelo .....	58
4.2.1 Etapa 1 – Definição da estrutura hierárquica de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração: elementos-chave e detalhados .....	59
4.2.2 Etapa 2 - Definição da escala de maturidade para a autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração .....	61
4.2.3 Etapa 3 - Avaliação da importância dos elementos-chave e detalhados com emprego do método analítico hierárquico (AHP) .....	64
4.2.4 Etapa 4 - Cálculo dos pesos dos elementos do modelo segundo o método AHP .....	66
4.2.5 Etapa 5 - Aplicação do instrumento de autoavaliação junto a gestores de um laboratório de ensaio e calibração sob avaliação .....	69
4.2.6 Etapa 6 - Análise dos resultados da autoavaliação com a utilização do método de análise importância-desempenho (IPA) .....	71

4.2.7 Etapa 7 – Elaboração do relatório de autoavaliação do laboratório de ensaio e calibração .....	73
4.3 Considerações finais sobre o capítulo .....	74
<b>5. Validação empírica do modelo: estudo de caso de um laboratório de ensaio e calibração da Marinha do Brasil .....</b>	<b>76</b>
5.1 Proposições do estudo de caso e definição das questões norteadoras .....	76
5.2 Caracterização da unidade de análise e seu contexto organizacional .....	77
5.2.1 Unidade de análise .....	78
5.2.2 Contexto organizacional: A Marinha do Brasil e o Laboratório selecionado ..	78
5.3 Aplicação do modelo de autoavaliação no Laboratório da MB .....	80
5.3.1 Coleta e formatação dos dados .....	81
5.3.2 Análise dos resultados da autoavaliação: uso do método de análise importância–desempenho (IPA) .....	85
5.3.3 Definição de metas e proposição de ações para acreditação pelo Inmetro ...	90
5.4 Conclusões do estudo de caso .....	94
<b>6. Conclusões e recomendações .....</b>	<b>97</b>
<b>Referências bibliográficas .....</b>	<b>100</b>
 <b>Apêndice 1 - Instrumento de autoavaliação do grau de maturidade de laboratórios de ensaio e calibração segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 .....</b>	 <b>108</b>
 <b>Apêndice 2 - Comparação pareada dos elementos do modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração .....</b>	 <b>122</b>
 <b>Anexo 1 – Método analítico hierárquico (AHP) .....</b>	 <b>137</b>
 <b>Anexo 2 – Método de análise importância-desempenho (IPA) .....</b>	 <b>145</b>



## Lista de figuras

Figura 1.1 -	Desenho da pesquisa, seus componentes e métodos .....	20
Figura 1.2 -	Modelo conceitual da pesquisa .....	22
Figura 2.1 -	Posição da Divisão de Acreditação de Laboratórios (Dicla) no organograma simplificado do Inmetro .....	39
Figura 2.2 -	Fluxograma simplificado do processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração .....	40
Figura 2.3 -	Quantidade de laboratórios acreditados em 2018 no Brasil .....	43
Figura 3.1 -	Níveis de maturidade segundo a Norma ISO/IEC 21827:2008. ....	53
Figura 4.1 -	Fluxograma da elaboração do modelo conceitual para autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração .....	58
Figura 4.2 -	Estrutura hierárquica de avaliação de ensaios de laboratório e calibração .....	59
Figura 4.3 -	Exemplo didático de um gráfico radar com os resultados de avaliação da maturidade dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	70
Figura 4.4 -	Matriz importância-desempenho com indicação das zonas de decisão .....	72
Figura 4.5 -	Exemplo didático de uma matriz importância-desempenho referentes aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	73
Figura 4.6 -	Exemplo didático de um gráfico radar com metas de melhoria da maturidade referentes ao elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	74
Figura 5.1 -	Localização dos distritos navais da Marinha do Brasil .....	79
Figura 5.2 -	Resultado da autoavaliação do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais'. ....	83
Figura 5.3 -	Resultado da autoavaliação do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura' .....	83
Figura 5.4 -	Resultado da autoavaliação do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	84
Figura 5.5 -	Resultado da autoavaliação do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo' .....	84
Figura 5.6 -	Resultado da autoavaliação do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão' .....	85
Figura 5.7 -	Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais' .....	86
Figura 5.8 -	Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura' .....	87

Figura 5.9 -	Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	88
Figura 5.10 -	Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo' .....	89
Figura 5.11 -	Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de sistema de gestão' .....	90
Figura 5.12-	Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais' .....	92
Figura 5.13 -	Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	93
Figura 5.14 -	Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo' .....	93
Figura 5.15 -	Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de sistema de gestão' .....	94
Figura 5.16 -	Visão sistêmica do nível de maturidade e posicionamento do Laboratório da MB em relação a todos os elementos detalhados do modelo .....	95

## Lista de quadros

Quadro 2.1 -	Impactos da acreditação em laboratórios de ensaio e calibração segundo a ótica dos laboratórios pesquisados .....	36
Quadro 3.1 -	Níveis de maturidade de processos de gestão da qualidade propostos por Crosby .....	48
Quadro 3.2 -	Análise comparativa de modelos de maturidade de processos..	49
Quadro 3.3 -	Características comuns dos modelos de maturidade conforme Marinho <i>et al.</i> (2015) .....	51
Quadro 3.4 -	Modelo genérico para autoavaliação de maturidade em gestão da qualidade segundo a Norma ABNT NBR ISO 9004:2010 .....	52
Quadro 3.5 -	Comparação dos modelos de maturidade incluídos nas Normas abordadas .....	55
Quadro 4.1 -	Escala de maturidade que integra o instrumento de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração .....	63
Quadro 4.2 -	Níveis de maturidade do elemento detalhado 'Instalações e condições ambientais' do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	63
Quadro 4.3 -	Escala dos julgamentos de valor do método AHP .....	64
Quadro 4.4 -	Comparação pareada dos elementos-chave: exemplo ilustrativo.....	65
Quadro 5.1 -	Relação dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil .....	79

## Lista de tabelas

Tabela 2.1 - Estimativa da distribuição dos laboratórios com relação ao porte da empresa .....	43
Tabela 2.2 - Estimativa dos valores envolvidos no processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil em 2018 por porte da empresa .....	44
Tabela 2.3 - Estimativa do valor anual (ano base 2018) envolvido no processo de acreditação de laboratórios no Brasil .....	45
Tabela 4.1 - Pesos atribuídos aos elementos-chave .....	66
Tabela 4.2 - Pesos dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais' .....	66
Tabela 4.3 - Pesos dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura' .....	67
Tabela 4.4 - Pesos dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' .....	67
Tabela 4.5 - Pesos dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo' .....	67
Tabela 4.6 - Pesos dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão' .....	68
Tabela 4.7 - Pesos finais dos elementos do modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração .....	68
Tabela 5.1 - Resultado da autoavaliação da maturidade do Laboratório da MB .....	82
Tabela 5.2 - Quantitativo das questões críticas e oportunidade de melhoria para aumento da maturidade do Laboratório da MB .....	96

## Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AHP	<i>Analytical Hierarchy Process</i>
AMRJ	Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro
BACS	Base Almirante Castro e Silva
BaeNSPA	Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia
BNRJ	Base Naval do Rio de Janeiro
BPOMM	<i>Business Process Orientation Maturity Model</i>
CAMR	Centro de Auxílios à Navegação Almirante Moraes Rego
CASCO	Conformity Assessment Committee
CGCRE	Coordenação Geral de Acreditação
CMM	<i>Capability Maturity Model</i>
CMM	Centro de Munição da Marinha
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i>
CMS	Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CSC	<i>Critical Security Controls</i>
CTecCFN	Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais
DepCMRJ	Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro
Dicla	Divisão de Acreditação de Laboratórios
IAF	International Accreditation Forum
IEAPM	Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira
IEC	International Electrotechnical Commission
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
IMRR	Índice de aturidade dos Requisitos de recursos
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IPA	<i>Importance-Performance Analysis</i>
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPqM	Instituto de Pesquisas da Marinha
ISO	International Organization for Standardization
MB	Marinha do Brasil
MMEI	<i>Maturity Model for Enterprise Interoperability</i>
MRA	<i>Mutual Recognition Arrangement</i>
NBR	Norma Brasileira
OAC	Organismos de Avaliação da Conformidade
RBC	Rede Brasileira de Calibração
RBLE	Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios
SCOR	<i>Supply Chain Operations Reference</i>
SCMMM	<i>Supply Chain Management Maturity Model</i>
Sismetrom	Sistema de Metrologia da Marinha
STF	Supremo Tribunal Federal
TBT	<i>Technical Barriers to Trade</i>
VIM	Vocabulário Internacional de Metrologia

Conhecer a realidade não é  
espremê-la no pensável: é  
integrar-se nela  
conscientemente e de todo o  
coração, como o nadador que  
conhece o mar, jogando-se  
nele sem medo das ondas.  
Olavo de Carvalho

# 1

## Introdução

O mapeamento e avaliação da infraestrutura de pesquisas e de serviços tecnológicos de uma região é de fundamental importância para a formulação de políticas públicas em Ciência, Tecnologia e Inovação (CT&I)<sup>1</sup> e implantação de estratégias assertivas para aplicação de recursos por parte de instituições públicas e privadas e empresas dos mais diversos setores da economia. Particularmente, os serviços tecnológicos constituem um segmento estratégico de sistemas nacionais de inovação (Lundvall, 1992) e compreendem os serviços de metrologia, ensaio e calibração, inspeção, certificação e acreditação.

A prestação de tais serviços tecnológicos, bem como o arcabouço legal e normativo em que se situam com suas instituições e agentes, constituem uma verdadeira infraestrutura tecnológica ao dispor de sistemas nacionais de inovação. Nesses contextos, os laboratórios prestadores de serviços tecnológicos caracterizam-se como uma interface entre as instituições de ensino, pesquisa e desenvolvimento científico e tecnológico às quais pertencem e os setores produtivos (Ipea, 2016).

Os setores produtivos que demandam esses serviços podem executá-los eles próprios ou recorrer a fornecedores externos, ou seja, laboratórios fora do âmbito de suas atividades.

A prestação de serviços tecnológicos em geral, e de ensaios e calibração em particular, se dá sob condições de relações de mercado, com competição pela preferência do cliente, que avalia os custos, a qualidade dos serviços prestados e os prazos na escolha do laboratório fornecedor. Um elemento de diferenciação pela preferência do demandante do serviço é ser o provedor acreditado junto ao Inmetro.

Por seus impactos em questões não apenas econômicas, mas também de segurança, os laboratórios de ensaio e calibração – foco principal desta pesquisa –

---

<sup>1</sup> No Brasil, o recente Decreto N° 9.283 de 7 de fevereiro de 2018 (Brasil, 2018) regulamenta o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação e tem por objetivo estimular, simplificar, unificar, promover e desburocratizar as atividades relacionadas aos processos de pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) no país.

devem ser acreditados, visando assegurar que seus serviços sejam fornecidos em conformidade com requisitos normativos aplicáveis.

No Brasil, a Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) é o único organismo reconhecido no país que concede acreditação para laboratórios que realizam serviços de calibração e ensaios em instalações permanentes, móveis ou de clientes, segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. A acreditação realizada pela Cgcre é de caráter voluntário e representa o reconhecimento formal da competência, imparcialidade e consistência na operação de laboratórios de ensaio e calibração (Inmetro, 2019).

A acreditação de laboratórios é realizada conforme os requisitos estabelecidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, que estabelece os requisitos para que os laboratórios possam demonstrar que operam de forma consistente, com competência e que são capazes de gerar resultados válidos de ensaios e calibração de equipamentos. Além da referida Norma, a Cgcre estabelece documentos normativos (NIE-CGCRE, NIT-DICLA), que também constituem requisitos para a acreditação, sendo a conformidade do laboratório a estes requisitos avaliada em todas as etapas da acreditação (Inmetro, 2019).

No Brasil, a infraestrutura de laboratórios de ensaio e calibração acreditados no ano de 2018 compreende 1511 laboratórios, sendo 400 laboratórios na modalidade de calibração e 1111 laboratórios de ensaio, de acordo com a Rede Brasileira de Calibração (RBC) e a Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaio (RBLE) (Inmetro, 2018).

A motivação do autor desta dissertação – oficial da Marinha do Brasil (MB) – de desenvolver um modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração, partiu da proposta de estruturação e implementação de um Sistema de Metrologia da Marinha (Sismetrom), responsável pela supervisão das atividades de metrologia, normalização e avaliação da conformidade no âmbito da MB. Nessa proposta, consta que o Sismetrom avaliará a competência técnica, a imparcialidade e consistência operacional dos laboratórios de ensaio e calibração da MB<sup>2</sup>, de forma a verificar se os mesmos estão aptos a serem acreditados pela Cgcre.

---

<sup>2</sup> No que tange à infraestrutura laboratorial da Marinha do Brasil instalada no estado do Rio de Janeiro, identificaram-se 27 laboratórios que realizam ensaios e calibração de equipamentos, além de atividades de produção e pesquisa aplicada.



Um segundo aspecto reforçou o interesse na modelagem para autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração, quando ficou constatada, durante a revisão bibliográfica e documental, na qual não foram encontrados de estudos empíricos, abordagens metodológicas e modelos de maturidade para avaliação de laboratórios de ensaio e calibração para fins de acreditação. Tais lacunas confirmaram a oportunidade de aprofundar o conhecimento sobre este tema de pesquisa.

Parte-se do pressuposto que, com a aplicação do modelo de autoavaliação proposto nesta dissertação, os laboratórios de ensaio e calibração poderão identificar as questões críticas e oportunidades de melhoria a serem gerenciadas para obtenção da acreditação pelo organismo nacional responsável.

### 1.1.

#### **Definição do problema de pesquisa**

A eficácia das operações de um laboratório de ensaio e calibração depende tanto de sua competência em realizar ensaios e calibrações de equipamentos, quanto de sua capacidade de gerenciar suas operações de forma consistente. Nessa perspectiva, considera-se oportuno desenvolver um modelo conceitual de autoavaliação para que laboratórios de ensaio e calibração possam verificar em que nível de maturidade se encontram em relação ao atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025. Assim, definiu-se a questão principal a ser respondida ao longo da pesquisa:

“Como avaliar o nível de maturidade de laboratórios de ensaio e calibração, em relação à sua competência, imparcialidade e consistência operacional, tendo como base os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017?”

A seguir, formulam-se as seguintes questões norteadoras da pesquisa, como desdobramento da questão principal acima:

- Quais as contribuições das principais abordagens metodológicas e referenciais normativos aplicáveis às atividades de laboratórios de ensaio e calibração?
- Quais as características comuns dos diferentes modelos de maturidade descritos na literatura e como esses modelos tem sido utilizados na avaliação de desempenho de processos e organizações?

- Quais os elementos-chave e detalhados da gestão de laboratórios de ensaio e calibração que deverão ser considerados na estrutura hierárquica do modelo de autoavaliação?
- Que métodos multicritério de apoio à decisão e ferramentas deverão ser aplicados no desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível de maturidade de laboratórios de ensaio e calibração?
- Qual o nível de maturidade do Laboratório de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil, selecionado para fins de demonstração da aplicabilidade do modelo proposto?
- Quais os principais desafios a serem gerenciados por esse Laboratório e que recomendações deverão ser endereçadas ao seu gestor, tendo em vista uma futura acreditação pela Cgcre?

## 1.2.

### **Objetivos: geral e específicos**

O objetivo geral da pesquisa é propor um modelo de autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional para laboratórios de ensaio e calibração, com base nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e com emprego de métodos de apoio à decisão.

Para alcançar o objetivo geral, estabeleceram-se os seguintes objetivos específicos:

- Discutir as contribuições das principais abordagens metodológicas e referenciais normativos aplicáveis às atividades de laboratórios de ensaio e calibração;
- Selecionar o referencial normativo e as abordagens metodológicas a serem adotadas na fase de modelagem e caracterizar os elementos-chave e detalhados da gestão de laboratórios de ensaio e calibração;
- Desenvolver um modelo de autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional para laboratórios de ensaio e calibração, com base nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e com emprego de métodos de apoio à decisão;
- Demonstrar a aplicabilidade deste modelo, mediante o desenvolvimento de um estudo empírico conduzido em um dos Laboratórios de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil, doravante denominado Laboratório;
- Mapear os principais desafios a serem gerenciados pelo Laboratório em foco e propor recomendações, tendo em vista sua futura acreditação.

## 1.3.

### **Metodologia**

Segundo Vergara (2015; 2016), a pesquisa pode ser considerada aplicada, descritiva e metodológica, quanto aos fins. Quanto aos meios de investigação, a pesquisa compreende: (i) pesquisa bibliográfica e documental sobre os temas centrais da pesquisa, incluindo estudos empíricos e cobrindo o período de 1988-2018; (ii) desenvolvimento de um modelo conceitual de autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional para laboratórios de ensaio e calibração, com base nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e com emprego de métodos de apoio à decisão; (iii) uso do método analítico hierárquico (sigla em inglês, AHP) para definição dos pesos dos elementos que integram o modelo de autoavaliação (elementos-chave e detalhados); (iv) emprego do método de análise ‘desempenho-importância’ (sigla em inglês, IPA) para identificação de questões críticas a serem gerenciadas pelos laboratórios, na perspectiva de uma futura acreditação; e (v) demonstração da aplicabilidade do modelo conceitual, mediante o desenvolvimento de um estudo empírico conduzido em um dos Laboratórios de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil.

A figura 1.1 apresenta a sequência da pesquisa em suas três grandes fases: (i) exploratória e descritiva; (ii) pesquisa aplicada; (iii) conclusivo-propositiva.

Na sequência, descrevem-se as três fases da pesquisa, representadas esquematicamente na figura 1.1.

### 1.3.1.

#### Fase exploratória e descritiva

A fase exploratória da pesquisa iniciou com a pesquisa bibliográfica em bases de dados internacionais e outras fontes digitais e impressas da produção científica sobre a atuação e importância de laboratórios de ensaio e calibração; modelos de maturidade de processos; e métodos de apoio à decisão aplicáveis à modelagem pretendida. A revisão bibliográfica foi complementada com pesquisa sobre documentos normativos aplicáveis ao tema central da pesquisa, com o objetivo de construir seu referencial teórico e normativo.

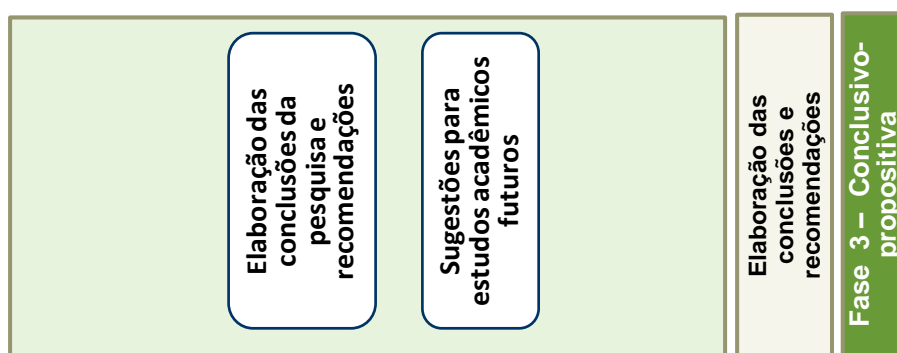


Figura 1.1 – Desenho da pesquisa, seus componentes e métodos  
Fonte: Elaboração própria.

Durante esta fase, como já abordado no capítulo introdutório, não foram encontradas abordagens metodológicas e estudos empíricos voltados para a avaliação da maturidade de laboratórios de ensaio e calibração para fins de acreditação. Esta evidência sinalizou a oportunidade de se aprofundar o conhecimento sobre este tema de pesquisa com foco nesta lacuna.

Os resultados da revisão bibliográfica e documental nortearam a delimitação da pesquisa e permitiram definir a estrutura analítica para a autoavaliação dos laboratórios de ensaio e calibração e selecionar os métodos de apoio à decisão para integrar o modelo conceitual. Ainda nesta fase, elaborou-se o instrumento de autoavaliação para a coleta de dados na fase aplicada e realizou-se um pré-teste com especialistas no campo da Tecnologia Industrial Básica (metrologia, normalização, acreditação e avaliação da conformidade). O instrumento de autoavaliação baseou-se na mencionada estrutura analítica e incluiu uma escala de maturidade definida a partir da análise das escalas definidas em modelos consagrados de maturidade de processos.

Assim, foi possível desenvolver um modelo conceitual de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração que buscam a acreditação conforme os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

A figura 1.2, a seguir, representa esquematicamente o mapa conceitual da pesquisa, resultante dos esforços desta fase, na perspectiva de responder às questões norteadoras da pesquisa enunciadas no item 1.1 (questão principal e específicas).

### **1.3.2.**

#### **Fase de pesquisa aplicada**

A fase aplicada iniciou-se com a seleção de um dos Laboratórios de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil, visando demonstrar a aplicabilidade do modelo de autoavaliação proposto na fase anterior.

O método adotado nesta fase foi o estudo de caso que, conforme apresentado por Yin (2005), trata-se de uma investigação empírica que permite um entendimento integral de um fenômeno estudado e se desenvolve por meio de planejamento, coleta de dados e análise das informações.

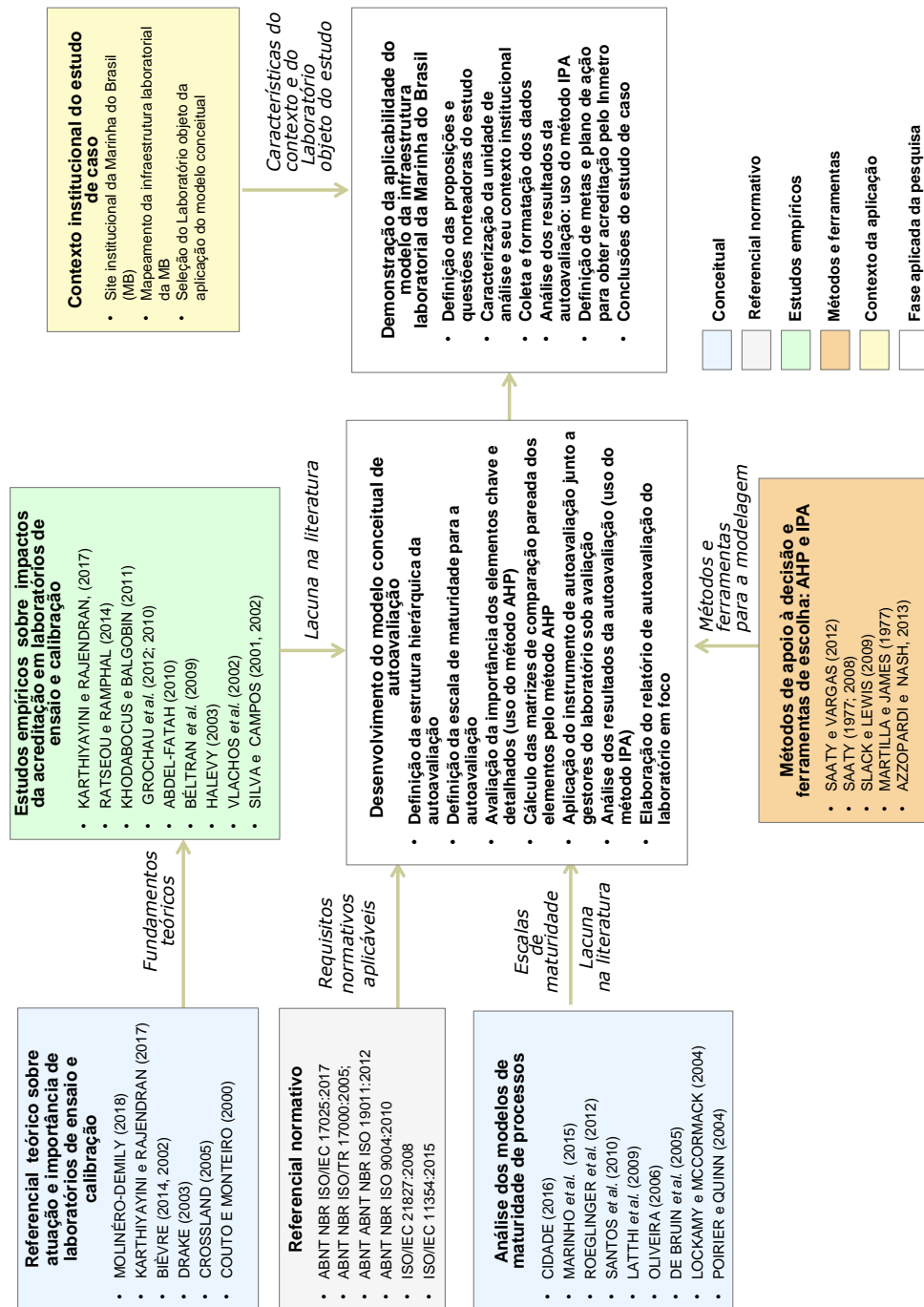


Figura 1.2 – Modelo conceitual da pesquisa  
Fonte: Elaboração própria.

Neste método de pesquisa, o fenômeno estudado e seu contexto são claramente definidos e delimitados. A partir de então todas as evidências relevantes devem ser coletadas. Ventura (2007) destaca que a estratégia de pesquisa baseada em estudo de caso pode ser utilizada tanto em abordagens quantitativas quanto abordagens qualitativas de investigação e pode ser aplicada em diversas áreas de conhecimento.

Em síntese, na fase de pesquisa aplicada, foram realizadas as seguintes etapas: (i) seleção do Laboratório de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil; (ii) planejamento do estudo de caso no Laboratório selecionado, segundo protocolo de Yin (2005), definindo-se a questão principal do estudo e proposições; o tipo de caso; o contexto organizacional e a unidade de análise; (iii) coleta de dados, de forma participativa, com aplicação do instrumento de autoavaliação em reunião com o gestor do Laboratório selecionado; (iv) tratamento e análise dos dados coletados; (v) discussão dos resultados da autoavaliação do Laboratório, com emprego do método de análise importância-desempenho (IPA) para identificação de questões críticas, tendo em vista uma futura acreditação pelo Inmetro; e (vi) conclusões do estudo de caso.

### **1.3.3.**

#### **Fase conclusivo-propositiva**

Por fim, na terceira e última fase desta pesquisa, elaboraram-se as conclusões da pesquisa e formularam-se as recomendações para o gestor do Laboratório avaliado, em particular, e para laboratórios de ensaio e calibração, em geral. Além disso, propuseram-se estudos acadêmicos futuros como desdobramentos naturais da presente pesquisa.

### **1.4.**

#### **Estrutura da dissertação**

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, incluindo esta introdução.

O capítulo 2 apresenta, inicialmente, os conceitos básicos e referenciais normativos relacionados às atividades de laboratórios de ensaio e calibração que fundamentam o desenvolvimento do modelo de autoavaliação objeto da presente pesquisa. Complementando essa abordagem mais geral, descreve os requisitos necessários para a comprovação técnica e consistência operacional de laboratórios de ensaio e calibração, conforme a Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017. Na sequência, apresenta e compara vantagens e desvantagens da acreditação, segundo a ótica de laboratórios de ensaio e calibração acreditados, que foram objeto de estudos empíricos em laboratórios de diversos países, incluindo o Brasil (Visser, 1999; Silva e Campos, 2001; 2002; Vlachos *et al.*, 2002; Halevy, 2003; Grochau *et*

al., 2010; Abdel-Fatah, 2010; Khodabocus e Balgobin, 2011; Grochau e Caten, 2012.; Ratseou e Ramphal, 2014; e Karthiyayini e Rajendran, 2017). Ao final, focalizando especificamente o contexto brasileiro da acreditação de laboratórios de ensaio e calibração, descreve a infraestrutura tecnológica existente no Brasil, bem como o processo e o arcabouço institucional de acreditação desses laboratórios no país. A partir do mapeamento da infraestrutura laboratorial acreditada e do conhecimento do processo de acreditação em si, apresenta uma estimativa dos custos envolvidos neste processo para o ano de 2018.

No capítulo 3, analisam-se os principais modelos de maturidade de processos adotados pelas organizações de diversos setores, que buscam mensurar e avaliar o nível de qualidade das suas estruturas internas e, assim, melhorar a maneira como as rotinas são executadas. Dentre os modelos de maturidade desta categoria, destacaram-se os seguintes: *Capability Maturity Model (CMM)*; *Capability Maturity Model Integration (CMMI)*; *Computer Science (CSC) Framework*; *Business Process Orientation Maturity Model (BPOMM)*; e *Supply Chain Management Maturity Model (SCMMM)*. Juntamente com os conceitos e requisitos normativos já abordados no capítulo 2, a revisão desses modelos fundamentou o desenvolvimento do modelo conceitual de autoavaliação objeto da presente pesquisa e a elaboração do instrumento para a coleta de dados na fase aplicada.

O capítulo 4 apresenta o modelo conceitual de autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional para laboratórios de ensaio e calibração, baseado na Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017, com incorporação de métodos de apoio à decisão (AHP e IPA) em duas de suas etapas. Esse modelo compreende sete etapas, a saber: (i) identificação dos elementos-chave e detalhados da estrutura hierárquica de autoavaliação; (ii) definição da escala de maturidade para laboratórios de ensaio e calibração; (iii) avaliação da importância dos elementos-chave e detalhados com emprego do método analítico hierárquico (AHP); (iv) execução dos cálculos das matrizes de comparação pareada dos elementos-chave e detalhados; (v) aplicação do instrumento de autoavaliação junto a gestores de um laboratório de ensaio e calibração; (vi) análise dos resultados da autoavaliação com emprego do método de análise importância-desempenho (IPA); e (vii) elaboração do relatório de autoavaliação do laboratório de ensaio e calibração, com indicação de questões críticas e oportunidades de melhoria a serem consideradas por seus



gestores, tendo em vista uma futura acreditação pelo organismo nacional responsável.

O capítulo 5 inicia com as proposições do estudo de caso e a definição das questões norteadoras para seu desenvolvimento, conforme protocolo proposto por Yin (2005). Na sequência, delimita e caracteriza a unidade de análise e o contexto organizacional de um dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil (MB), selecionado para fins deste estudo. Em seguida, apresenta e discute os resultados da aplicação do modelo conceitual de autoavaliação no referido Laboratório. Com base nesses resultados, foi possível identificar oportunidades de melhoria para o Laboratório em foco, que poderão ser objeto de ações por parte de seu gestor, visando alcançar níveis superiores de desempenho em relação aos requisitos da Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017 e obter a acreditação pela Cgcre. O principal resultado advindo da aplicação do modelo conceitual no Laboratório em foco foi a determinação do atual nível de maturidade em relação ao atendimento aos requisitos da referida Norma e proposição de ações na perspectiva da futura acreditação pela Cgcre.

No último capítulo, apresentam-se as conclusões da pesquisa e um conjunto de recomendações ao gestor Laboratório de Ensaio e Calibração da MB avaliado e aos diversos atores interessados na aplicação do modelo de autoavaliação aqui proposto, como outros laboratórios congêneres no Brasil e no mundo.

## 2

## Laboratórios de ensaio e calibração

Neste capítulo, apresentam-se os conceitos básicos e referenciais normativos relacionados às atividades de laboratórios de ensaio e calibração, que fundamentaram o desenvolvimento do modelo de autoavaliação objeto da presente pesquisa. Em item específico, descrevem-se os requisitos necessários para a comprovação da competência, integridade e consistência operacional de laboratórios de ensaio e calibração, conforme estabelecido na Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017. Na sequência, analisam-se os resultados de estudos empíricos sobre vantagens e desvantagens da acreditação, segundo a ótica de laboratórios de ensaio e calibração pesquisados em diversos países. Ao final, focalizando-se especificamente o contexto brasileiro da acreditação de laboratórios de ensaio e calibração, descreve-se a infraestrutura tecnológica existente no Brasil, bem como o processo e o arcabouço institucional de acreditação desses laboratórios no país. A partir do mapeamento da infraestrutura laboratorial acreditada e do conhecimento do processo de acreditação em si, foi possível estimar os custos envolvidos neste processo para o ano de 2018.

### 2.1.

#### Conceitos básicos

O conceito de laboratório de ensaio e calibração consta da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 como sendo “uma organização que realiza as atividades de ensaio, calibração e amostragem associados às duas atividades anteriores”. Esta definição somente foi incluída na terceira versão da referida Norma. O item 5.1 da Norma especifica a necessidade do laboratório ser parte definida de uma entidade legal ou ser o próprio a entidade legal que possui a responsabilidade sobre suas atividades (ABNT/ISO/IEC, 2017).

Os laboratórios de ensaio e calibração são, por si só, locais de realização de ensaios que objetivam a obtenção de dados. Por este motivo, as atividades realizadas nessas organizações necessitam do gerenciamento e controle das

variáveis chave para o reconhecimento pelo mercado de sua competência, integridade, consistência operacional e desempenho. Conforme apresentado por Molinéro-Demily *et al.* (2018), os laboratórios de ensaio e calibração são organizações que necessitam do controle de todas as variáveis relacionadas ao ambiente no qual a obtenção de dados ocorre.

Os laboratórios de ensaio e calibração podem ser classificados quanto ao tipo de procedimento que realiza e quanto ao tipo de cliente que atende. No que tange ao tipo de procedimento que realiza, os laboratórios podem ser de ensaio, de calibração, ou de ambos. Por sua vez, com relação ao tipo de cliente que atende, esses laboratórios podem se destinar ao atendimento de clientes internos, externos ou ambos.

Além disso, uma outra opção para a classificação dos laboratórios de ensaio e calibração pode ser feita em relação a ação destas organizações frente ao processo de acreditação. Os laboratórios de ensaio e calibração podem ter ação pró-ativa ou reativa em relação a esse processo. Atividades que necessitam de calibrações ou ensaios exigidos de forma compulsória por agências regulamentadoras obrigam às organizações a buscarem por laboratórios acreditados. Neste caso, os laboratórios possuem ação reativa em relação à acreditação, uma vez que esta é condição para o seu funcionamento. Por outro lado, no caso de ensaios ou calibrações cuja realização não é compulsória, a acreditação do laboratório ocorre em função dos benefícios que advindas desta, sendo, resumidamente a melhoria da confiabilidade dos resultados, aumento da qualidade e a diferenciação frente a seus concorrentes no mercado.

Couto e Monteiro (2000), ao estudarem a função dos laboratórios concluíram que ela transcende as atividades de realização dos ensaios e calibrações e se estendem a: (i) a atuação no auxílio da especificação da instrumentação para a medição dos processos nas empresas; (ii) a avaliação do impacto das incertezas das grandezas que interferem nos processos; e (iii) a conscientização dos segmentos da indústria aos conceitos de metrologia, normalização e qualidade.

Conforme definido pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17000:2005, as atividades de ensaio e calibração realizadas pelos laboratórios são tarefas de avaliação da conformidade, ou seja, práticas que visam demonstrar que requisitos normativos específicos relativos a um produto, processo, sistema (no caso de laboratórios) são atendidos (ABNT/ISO/IEC, 2005).

O ensaio é a atividade de realização de um procedimento estabelecido que tem por objetivo a determinação de características desejadas de um objeto (Norma ABNT NBR ISO/IEC 17000:2005).

A calibração, por sua vez, conforme definição do Vocabulário Internacional de Metrologia (VIM), é um procedimento de medição que estabelece uma relação entre os valores e as incertezas de medição de padrões com as indicações e suas incertezas associadas do objeto que está sendo submetido a esse procedimento permitindo a utilização dessas novas indicações como resultados de medição (VIM, 2012).

## **2.2.**

### **A Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017**

A Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 encontra-se atualmente em sua terceira edição e estabelece os requisitos necessários para que os laboratórios possam demonstrar que operam competentemente e que são capazes de gerar resultados válidos. Laboratórios que estejam em conformidade com esses requisitos também operarão de modo geral de acordo com os princípios da Norma ABNT NBR ISO 9001: 2015.

A terceira versão da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 é recente e as modificações que ocorreram tiveram como objetivo a flexibilização da Norma com relação aos requisitos de processo, procedimentos, documentação e responsabilidades organizacionais, bem como a redução e substituição de requisitos prescritivos por requisitos baseados em desempenho (ABNT/ISO/IEC, 2017).

Os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 enquadram-se nas seguintes categorias: (i) ‘Requisitos gerais’; (ii) ‘Requisitos de estrutura’; (iii) ‘Requisitos de recursos’; (iv) ‘Requisitos de processo’; e (v) ‘Requisitos do sistema de gestão’.

No que tange à categoria ‘Requisitos gerais’, a Norma estabelece aqueles requisitos a serem atendidos pelos laboratórios de ensaio e calibração relacionados à imparcialidade de ação e à confidencialidade com relação à gestão das informações pelo laboratório.

Os ‘Requisitos de estrutura’ referem-se à legalidade da organização, a estrutura organizacional e gerencial com as respectivas responsabilidades dentro da organização e a documentação das atividades executadas pelo laboratório.

Na sequência, os ‘Requisitos de recursos’ focalizam: (i) a competência e imparcialidade do pessoal; (ii) a adequação das instalações físicas e condições ambientais de modo a garantir o funcionamento adequado do laboratório sem provocação de interferências na execução de suas atividades; (iii) as condições de uso dos equipamentos envolvidos nos ensaios do laboratório juntamente com suas calibrações e rastreabilidade metrológica; (iv) a rastreabilidade metrológica dos resultados de medição do laboratório; e (v) o uso de produtos e serviços externos à organização.

Quanto aos ‘Requisitos de processo’, a Norma estabelece as exigências relacionadas a: (i) os procedimentos para a análise crítica de pedidos, propostas e contratos; (ii) a metodologia dos procedimentos de seleção, verificação e validação de métodos utilizados; (iii) o plano e método de amostragem, quando aplicáveis; (iv) os procedimentos de manipulação de itens de ensaio e calibração incluindo a identificação em todas as etapas do processo desde o recebimento até o descarte; (v) a certificação e o controle do registro técnico de cada atividade realizada pelo laboratório; (vi) a avaliação quanto à incerteza de medição; (vii) o registro, análise e monitoramento da validade e relato dos resultados; (viii) o relato de resultados; (ix) o tratamento das reclamações; (x) o tratamento de trabalhos não conformes; e (xi) o controle de dados e gestão da informação.

Por fim, com relação aos ‘Requisitos do sistema de gestão’, a Norma estabelece os critérios relacionados à implantação e a manutenção de um sistema de gestão pelos laboratórios. Esse sistema pode ser próprio da organização, caso no qual deve, pelo menos, contemplar os requisitos apresentados no item 8.1.2 da Norma. Uma segunda opção é a adoção pelo laboratório de um sistema de gestão da qualidade, como previsto na Norma ABNT NBR ISO 9001:2015 (ABNT/ISO, 2015).

Além dos requisitos apresentados no corpo do texto da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, o Anexo A dessa Norma apresenta ainda os conceitos relacionados à rastreabilidade metrológica, em virtude de sua importância para o processo de acreditação.

Bièvre (2014) ressalta que a rastreabilidade é um conceito muito importante em acreditação de laboratórios por ser a pré-condição para a comparabilidade metrológica de resultados de medição. Além disso, Bièvre (2002) esclarece que a demonstração da rastreabilidade é de responsabilidade da mesma entidade que

realiza o ensaio ou calibração, uma vez que é ela quem possui conhecimento suficiente do procedimento de medição realizado.

### **2.2.1.**

#### **Competência, imparcialidade e consistência operacional de laboratórios de ensaio e calibração**

Conforme apresentado anteriormente, a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 estabelece os requisitos necessários para que os laboratórios possam comprovar competência, imparcialidade e consistência operacional.

A competência é definida pela Norma ABNT NBR ISO 9000:2015 como a capacidade da aplicação de conhecimento e de habilidades para o alcance de resultados pretendidos (ABNT, 2015). Para laboratórios de ensaio e calibração a demonstração da competência técnica ocorre pelo processo de avaliação da conformidade denominado acreditação.

A imparcialidade, conforme apresentado no item 4.1 da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, está relacionada com a realização das atividades do laboratório sem a interferência de pressões tanto internas quanto externas de ordem financeira e comercial, dentre outras.

A consistência operacional, por sua vez, está relacionada com a capacidade da organização em executar adequadamente as suas atividades e reproduzir os resultados de seus ensaios ou calibração.

O International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) conceitua acreditação como um processo de avaliação transparente e imparcial que avalia os organismos de avaliação da conformidade contra normas e requisitos reconhecidos internacionalmente (ILAC, 2013). Além disso, considera que a acreditação é uma forma de obtenção de vantagem competitiva na conquista de novos mercados, uma vez que acordos de reconhecimento mútuo multilaterais permitem a aceitação de ensaios realizados por laboratórios acreditados (ILAC, 2013).

Em abril de 2017, a International Organization for Standardization (ISO), o International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) e o International Accreditation Forum (IAF) assinaram um comunicado, no qual afirmam que laboratórios acreditados segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 operam com sistemas de gestão que atendem aos princípios da Norma ISO

9001:2015 e possuem competência técnica – atributos esses que juntos garantem a realização de ensaios e calibrações reconhecidas (ISO *et al.*, 2017).

### 2.3.

#### **Estudos sobre acreditação de laboratórios de ensaio e calibração**

Ao pesquisar sobre laboratórios de ensaio e calibração em bancos de dados nacionais e internacionais da literatura encontram-se estudos sobre os resultados das atividades laboratoriais, o que não possui relação com o objetivo desta pesquisa, bem com, estudos sobre os impactos advindos do processo de acreditação para casos específicos de laboratórios estudados. Estudos sobre modelos de maturidade aplicados a laboratórios de ensaio e calibração não foram encontrados no período de pesquisa desta dissertação.

Apresentam-se nesta seção os resultados de estudos empíricos sobre os impactos da acreditação de laboratórios de ensaio e calibração em ordem cronológica, segundo a ótica de laboratórios específicos em diferentes países. É importante ressaltar que, desde a sua primeira publicação, a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 já passou por duas revisões. Conforme apresentado na seção 2.2, a atual versão da Norma tornou-se mais flexível com relação à requisitos e substituiu requisitos prescritivos por requisitos baseados em desempenho.

Visser (1999), ao avaliar estudos realizados em laboratórios acreditados ingleses e belgas, concluiu que a acreditação de laboratórios levou à redução da variabilidade dos resultados apresentados por cada um dos laboratórios que o autor estudou. Em seus estudos, o autor informou a dificuldade a época em tirar conclusões sobre o efeito da acreditação nos laboratórios que havia estudado.

Silva e Campos (2001, 2002), ao estudarem a importância da metrologia no processo produtivo e do comércio no Brasil e a demanda por serviços de calibração, indicaram que as maiores dificuldades enfrentadas pelos laboratórios brasileiros no processo de acreditação são: (i) os custos de adequação necessários ao laboratório para atender aos requisitos necessários para a acreditação; (ii) os custos associados a consultorias; (iii) custos do processo de acreditação e sua manutenção; (iv) baixa demanda; e (v) deficiências na estrutura física e do pessoal técnico do laboratório. Por outro lado, os autores verificaram que a implantação de um processo de confiabilidade metrológica em laboratórios de calibração de empresas na área de exploração e produção de petróleo no Brasil implicou em melhorias na qualidade

dos produtos, no atendimento a requisitos normativos, na melhoria na segurança dos equipamentos, instalações e das pessoas envolvidas no processo. A partir das dificuldades enfrentadas pelos laboratórios brasileiros no processo de acreditação apresentadas pelos autores, é possível observar que elas estão relacionadas principalmente aos custos de consultoria e de implementação de ações que visam o atendimento dos requisitos estabelecidos pela Norma. Essas categoria de despesas indicam que os laboratórios encontram-se com baixa maturidade, conforme poderá ser observado no modelo proposto no capítulo 4 desta dissertação.

Vlachos *et al.* (2002) estudaram a acreditação de laboratórios na Grécia e constataram que o principal motivo que leva os laboratórios a buscarem a acreditação são as pressões externas impostas por clientes e agências reguladoras. Além disso, os autores observaram que a acreditação torna-se um dispositivo de *marketing* utilizado pela organização acreditada.

Os benefícios constatados pelos autores na pesquisa junto a laboratórios acreditados na Grécia foram: (i) aumento da competitividade por meio da garantia da credibilidade dos resultados; (ii) melhoria no atendimento aos clientes; (iii) promoção internacional do laboratório (*marketing*); (iv) melhoria no treinamento e qualificação dos profissionais; e (v) melhoria na gestão dos processos nos laboratórios.

Em contrapartida, também foram detectados os inconvenientes provenientes do processo de implantação da Norma ISO/IEC 17025, sendo eles: (i) grande consumo de tempo para a implementação dos requisitos exigidos pela norma; e (ii) aumento da burocracia na gestão da documentação com impactos no aumento do custo e do tempo de execução das atividades de laboratório.

Diferentemente do observado por Vlachos *et al.* (2002), Halevy (2003), ao avaliar os motivos que impulsionaram os laboratórios de Israel a buscarem a acreditação pela Norma ISO/IEC 17025, concluiu que os motivos que levaram os laboratórios a buscarem a acreditação ocorreram mais por interesses internos, do que por pressão externa.

A pesquisa de Halevy (2003) mostrou que os laboratórios acreditados pesquisados não obtiveram aumento no número de clientes, após a sua acreditação conforme a Norma ISO/IEC 17025. Além disso, foi observado piora na produção, na produtividade e na quantidade de ordens de trabalho. Em contrapartida, com relação às melhorias advindas da acreditação, o autor identificou a obtenção de



melhorias no planejamento e execução das atividades mais precisas, na confiabilidade e eficiência do processo de medição, na aprendizagem organizacional e habilidades dos profissionais, na manutenção dos equipamentos e no detalhamento da documentação. Os laboratórios acreditados israelenses também apresentaram aumento na troca de informações junto aos seus clientes e na obtenção de benefícios provenientes da realização de comparações interlaboratoriais. Por fim, com relação às dificuldades encontradas durante o processo de acreditação, os laboratórios pesquisados informaram que os maiores obstáculos foram os de ordem gerencial impostos pela Norma, tais como: exigências relacionadas à documentação, criação e imposição de exagerados requisitos que consomem demasiado tempo e custo.

Grochau *et al.* (2010) analisaram o processo de implantação de um sistema de gestão baseado na Norma ISO/IEC 17025 em laboratórios de pesquisa públicos no Brasil. Segundo estes autores, a prioridade dos laboratórios de pesquisa não é a realização de ensaios, mas sim o ensino e a pesquisa associada à publicação de estudos. Apesar disso, laboratórios de pesquisa públicos no Brasil podem prestar serviços de ensaios, calibração ou pesquisa para a comunidade externa que, por sua vez, em muitos casos exigem que os laboratórios sejam acreditados, pois os clientes externos acreditam que a acreditação é uma forma de garantia da confiabilidade dos resultados apresentados pelos laboratórios.

Grochau *et al.* (2010) informam que o principal resultado da implantação do sistema de gestão da qualidade em laboratórios de pesquisa e sua respectiva acreditação foi o aumento da realização de ensaios para clientes externos. Os principais problemas encontrados no processo de implantação do sistema de gestão da qualidade nos laboratórios de pesquisa avaliados foram: (i) a definição da estrutura com a definição das funções e seus respectivos responsáveis; (ii) a presença de estudantes nos laboratórios; e (iii) a participação da mão de obra técnica responsável pela operação dos aparelhos. Neste caso, percebe-se que os problemas enfrentados estavam todos vinculados às pessoas que trabalham nos laboratórios de pesquisa.

Abdel-Fatah (2010), ao avaliar a implementação da Norma ISO/IEC 17025 em um laboratório no Egito, verificou que os benefícios advindos da acreditação do laboratório foram o aumento da confiabilidade dos resultados dos ensaios, a melhoria na competência do pessoal e o aumento na satisfação dos clientes. Em

contrapartida, o autor constatou que a implementação e manutenção da acreditação implicou em grandes dispêndios de recursos financeiros e de tempo, aumento considerável na quantidade de documentos e procedimentos e na ausência no aumento no número de clientes. O autor indica que o processo de acreditação por Laboratórios segundo a Norma ISO/IEC 17025 deve ser realizado nos casos em que existam significativos ganhos que compensem os gastos envolvidos no processo de implementação e manutenção da acreditação. Além disso, indica que a acreditação de laboratórios é uma ferramenta de *marketing* e um meio de obtenção de novos clientes que exigem que os laboratórios sejam acreditados.

Khodabocus e Balgobin (2011) verificaram os benefícios advindos da acreditação de um laboratório nas Ilhas Maurício. Os autores observaram que alguns dos requisitos exigidos pela Norma já são aplicados pelos laboratórios de ensaio e calibração na região. Os autores observaram que os benefícios advindos da acreditação de um laboratório são: (i) melhoria na rastreabilidade; (ii) maior envolvimento do pessoal nas tomadas de decisões; (iii) vantagens relacionadas ao marketing e reconhecimento internacional; (iv) satisfação do cliente; e (v) redução de custos nas atividades de laboratório. Em contrapartida, os autores também identificaram que o processo de acreditação acarreta em custos, além de demandar tempo e apoio da alta administração do laboratório.

Baseado na experiência de acreditação de dois laboratórios de pesquisa no Brasil, Grochau e Caten (2012) consideram que a motivação que leva os laboratórios de pesquisa a buscarem a acreditação são as pressões externas oriundas de clientes ou de agências regulatórias. Além disso, Grochau e Caten (2012) também informam que, devido ao fato dos laboratórios de pesquisa em universidades públicas no Brasil realizarem estudos diversos, não disporem de foco no atendimento ao cliente e possuírem mão de obra temporária (pesquisadores-alunos), existem maiores dificuldades na definição de um sistema de gestão da qualidade.

Ratseou e Ramphal (2014) compararam o desempenho de laboratórios acreditados e não acreditados na África do Sul em relação à satisfação dos clientes, seleção de fornecedores, recursos humanos, rentabilidade e saúde e segurança. Os autores não observaram em sua pesquisa diferenças significativas entre os resultados observados por laboratórios acreditados em relação àqueles não acreditados. Segundo os autores, a explicação para o observado em sua pesquisa foi

o fato da exigência e aplicação de boas práticas inerentes às atividades de laboratório ocorrerem independentemente do processo de acreditação. Por este motivo, os autores afirmam que a acreditação acaba sendo uma ferramenta de propaganda para o laboratório.

Karthiyayini e Rajendran (2017) estudaram a correlação entre as exigências das normas e os resultados obtidos pelos laboratórios acreditados pela Norma ISO/IEC 17025 na Índia e constataram que: (i) a satisfação do cliente está relacionada com o foco no cliente, a boa comunicação ao longo de todas as etapas do processo e a entrega de resultados precisos; (ii) a satisfação dos empregados está relacionada com o treinamento e as habilidades dos profissionais; e (iii) desempenho do laboratório está relacionada com a competência técnica do pessoal, a capacidade técnica do laboratório e a qualidade dos serviços oferecidos. Os autores também verificaram que a confiança foi preservada por parte dos clientes já existentes, bem como o aumento no número de clientes em virtude da acreditação dos laboratórios. Segundo os autores, o maior benefício da acreditação o aumento da confiança e da satisfação de seus clientes. Além disso, informam que a acreditação melhora a imagem e a reputação dos laboratórios, facilitando a entrada desses no mercado global, mercado que tem utilizado cada vez mais a acreditação como uma ferramenta de regulação de mercado.

A partir dos casos aqui apresentados, observa-se que, tanto interesses internos dos laboratórios, quanto pressões externas impostas influenciam a decisão pela acreditação. Além disso, pode-se observar a existência de diversos efeitos advindos da acreditação. Particularmente com relação aos custos, é importante ressaltar que, apesar de alguns autores observarem aumento nos custos relacionados ao processo de acreditação, torna-se necessário separar o custo efetivo da acreditação das demais despesas relacionados às atividades realizadas pelo laboratório. Despesas de capacitação de pessoal, calibração de equipamentos e realização de ensaios de comparações interlaboratoriais, por exemplo, estão relacionados com a manutenibilidade da capacidade operacional dos laboratórios e podem estar erroneamente sendo atribuídos no processo de acreditação. Estas despesas são, na verdade, condicionantes para o funcionamento adequado do laboratório.

O quadro 2.1, a seguir, resume os principais impactos da acreditação e a análise da relação custo/benefício em cada estudo abordado nesta revisão. A análise

dessas informações permite identificar vantagens e desvantagens da acreditação na maioria dos laboratórios acreditados que foram pesquisados.

Quadro 2.1 – Impactos da acreditação em laboratórios de ensaio e calibração, segundo a ótica dos laboratórios pesquisados

Impacto da acreditação	Relação custo/benefício	Autor (es)
Obtenção de vantagem competitiva na conquista de novos mercados e mecanismo de <i>marketing</i>	Favorável	Vlachos <i>et al.</i> (2002)
		ILAC (2013)
		Grochau <i>et al.</i> (2010)
		Abdel-Fatah (2010)
		Khodabocus e Balgobin (2011)
		Ratseou e Ramphal (2014)
		Karthiyayini e Rajendran (2017)
Aumento da satisfação dos clientes	Favorável	Vlachos <i>et al.</i> (2002)
		Abdel-Fatah (2010)
		Khodabocus e Balgobin (2011)
		Karthiyayini e Rajendran (2017)
Aumento no número de clientes	Favorável	Karthiyayini e Rajendran (2017)
Melhoria nos resultados: redução da variabilidade dos resultados e melhor planejamento	Favorável	Visser (1999)
		Silva e Campos (2001, 2002)
		Vlachos <i>et al.</i> (2002)
		Halevy (2003)
		Abdel-Fatah (2010)
		Khodabocus e Balgobin (2011)
Melhoria nas instalações	Favorável	Silva e Campos (2001, 2002)
		Halevy (2003)
Melhoria na capacitação e envolvimento do pessoal	Favorável	Silva e Campos (2001, 2002)
		Halevy (2003)
		Abdel-Fatah (2010)
		Khodabocus e Balgobin (2011)
Redução de custos nas atividades de laboratório	Favorável	Khodabocus e Balgobin (2011)
Melhoria na gestão de processos no laboratório	Favorável	Vlachos <i>et al.</i> (2002)
Aumento da burocracia na gestão do laboratório	Desfavorável	Vlachos <i>et al.</i> (2002)
		Halevy (2003)
		Abdel-Fatah (2010)
Ausência do aumento de clientes	Desfavorável	Halevy (2003)
		Abdel-Fatah (2010)
Ausência de melhoria do desempenho operacional	Desfavorável	Halevy (2003)
Elevada exigência de tempo e altos custos relacionados à acreditação	Desfavorável	Silva e Campos (2001, 2002)
		Vlachos <i>et al.</i> (2002)
		Halevy (2003)
		Abdel-Fatah (2010)
		Khodabocus e Balgobin (2011)

Fonte: Elaboração própria.

## 2.4.

### A estrutura brasileira de laboratórios de ensaio e calibração

O conhecimento da existência da infraestrutura industrial e tecnológica de uma região, assim como seu grau de desenvolvimento, é uma informação importante para o desenvolvimento, a implantação de estratégias e a aplicação assertiva de recursos em determinados setores da economia. Os laboratórios de ensaio e calibração são partes importantes da infraestrutura industrial e tecnológica de um país.

No Brasil a estrutura de laboratórios de ensaio e calibração acreditados está disponível nos bancos de dados da Rede Brasileira de Laboratórios de Ensaios (RBLE) e da Rede Brasileira de Calibração (RBC). Em consulta realizada nestes dois bancos de dados no site do Inmetro, para verificar o número de laboratórios acreditados em 2018, foi constatada a existência de 1511 laboratórios cadastrados, sendo 400 laboratórios na modalidade de calibração e 1111 laboratórios na modalidade de ensaios. A quantidade encontrada em 2018 representa um aumento de 75% com relação aos 866 laboratórios acreditados em 2013, apresentados na Pesquisa de satisfação com Organismos de Avaliação da Conformidade (OAC) realizada pelo Inmetro naquele ano. Além disso, nessa Pesquisa de satisfação realizada em 2013, foi constatado que 57,7% dos OAC são de micro ou pequeno porte, 24,8% são de médio porte e 17,5% são de grande porte (Inmetro, 2013).

Além da infraestrutura laboratorial de laboratórios de ensaio e calibração acreditados disponível na RBLE e RBC, é possível identificar a quantidade de laboratórios de ensaio e calibração destinados à pesquisa existentes no Brasil a partir do levantamento da infraestrutura laboratorial de pesquisa realizado pelo IPEA em 2016 nas áreas de das ciências exatas e da terra, ciências biológicas, engenharias, ciências da saúde e ciências agrárias. Neste levantamento, o IPEA considerou como infraestrutura de pesquisa todas as instalações físicas e condições materiais de apoio utilizados pelos pesquisadores para a realização de atividades de pesquisa e desenvolvimento. Das 1.760 infraestruturas de pesquisa identificadas pelo levantamento, 84% são laboratórios. Dessa porcentagem, que equivale a 1479, foi identificado pela pesquisa que 364 laboratórios afirmavam realizar ensaios para empresas e 427 para pesquisadores. Além disso, 31 laboratórios eram acreditados em calibração e 125 em ensaios. A pesquisa do IPEA também indicou que a maioria dos laboratórios é de pequeno porte e nova, bem como, revelou que uma pequena quantidade desses laboratórios de pesquisa é acreditada pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro.

## **2.5.**

### **O processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração e o arcabouço institucional no Brasil**

O único organismo de acreditação no Brasil reconhecido pelo governo federal é a Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro, conforme estabelecido

pelo inciso IX do Artigo 8 do Decreto Nº 6.275, de 28 de novembro de 2007, que foi alterado pelo Decreto nº 7.938 de 19 de fevereiro de 2013. O Cgre é signatário do Acordo de Reconhecimento Mútuo (*Mutual Recognition Agreement* ou MRA), que reconhece a equivalência dos sistemas de acreditação de laboratórios do International Laboratory Accreditation Co-Operation (ILAC) desde o ano 2000.

A concessão e a manutenção da modalidade de acreditação para laboratórios de ensaio e calibração no Brasil é realizada especificamente pela Divisão de Acreditação de Laboratórios (Dicla) da Cgre. Além da modalidade de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração, também existem modalidades para acreditação de laboratórios clínicos que realizam exames em amostras provenientes de seres humanos; acreditação de produtores de materiais de referência; e acreditação de provedores de ensaio de proficiência.

Na figura 2.1, situa-se a Divisão de Acreditação de Laboratórios no organograma simplificado do Inmetro.

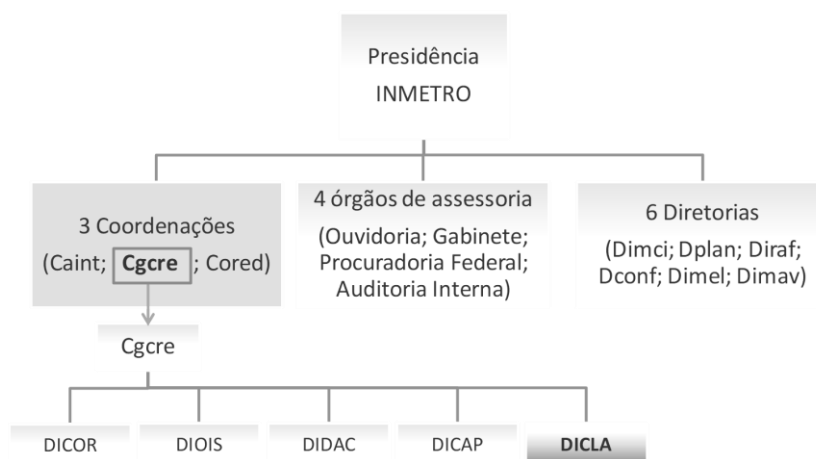


Figura 2.1 – Posição da Divisão de Acreditação de Laboratórios (Dicla) no organograma simplificado do Inmetro

O processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração realizado pela Dicla no Brasil segue as etapas apresentadas no organograma simplificado da figura 2.2. Todas as etapas do processo de acreditação são realizadas e acompanhadas por meio da plataforma digital Orquestra da Cgre. O documento de caráter orientativo DOQ-CGCRE-001-Revisão-16 apresenta detalhadamente as instruções relativas a cada uma dessas etapas.

Uma vez acreditado, o laboratório, na condição de um organismo de avaliação da conformidade (OAC), passa a ser formalmente reconhecido como competente para a realização do serviço específico declarado no documento de formalização da acreditação. Um fato importante relacionado à acreditação é que ela é concedida por endereço e por natureza de serviço. Além disso, possui a validade inicial de 12 meses e, após reavaliação, passa a ter uma validade de 24 meses. O regulamento a ser atendido pelos laboratórios de ensaio e calibração é apresentado na Norma NIT-DICLA-031.

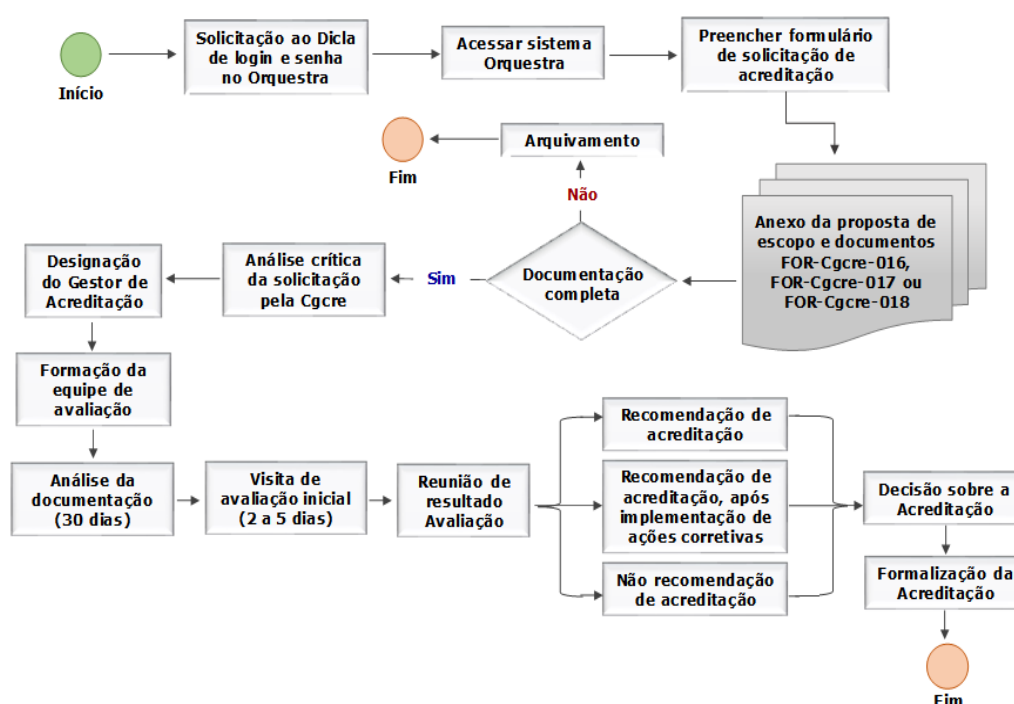


Figura 2.2 – Fluxograma simplificado do processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração

Fonte: DOQ-CGCRE-001-Revisão 16-MAI/2018, adaptado pelo autor.

## 2.5.1.

### Prazos para acreditação de laboratórios de ensaio e calibração

O documento normativo DOQ-CGCRE-001 não indica os prazos necessários para a execução de todas as atividades previstas no processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração. Os prazos apresentados no DOQ-CGCRE-001

são: até 5 dias para a contestação da indicação da equipe de avaliação; até 150 dias para realização da avaliação inicial; até 30 dias para a análise completa da documentação; 2 a 5 dias para a realização da avaliação inicial; e até 7 dias para a proposição de implementação de ações corretivas condicionantes à acreditação.

O relatório de gestão do exercício de 2017 do Inmetro informa que tempo médio para a concessão de acreditação de laboratórios em 2017 foi de 10,3 meses.

### **2.5.2.**

#### **Qualificação dos avaliadores de laboratórios de ensaio e calibração**

A avaliação inicial consiste em uma visita da equipe de avaliação às instalações objeto da solicitação da acreditação com o objetivo de verificar por meio de evidências objetivas se o laboratório de ensaio e calibração possui competência técnica para realizar os serviços pelos quais busca acreditação, conforme estabelecido no documento normativo DOQ-CGCRE-001.

A auditoria, conforme definido pela ABNT NBR ISO19011, trata-se de um processo sistemático, documentado e independente para obter evidência de auditoria e avaliá-la, objetivamente, para determinar a extensão na qual os critérios de auditoria são atendidos.

A partir destas duas definições pode-se inferir que a avaliação inicial do laboratório de ensaio e calibração faz parte de um processo de auditoria realizada nas instalações para a verificação por meio de evidências objetivas do atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

A auditoria é realizada por uma equipe de auditores. A quantidade de auditores responsáveis pela realização da auditoria não é definida, conforme apresentado pelos itens 5.4.4 da Norma ABNT NBR ISO 19011:2011 e 9.1.3 da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17021-1:2016. A quantidade mínima de auditores exigida é um auditor. Neste caso, o auditor deve exercer todas as responsabilidades do auditor-líder. O tamanho de uma equipe de auditoria, segundo as normas supracitadas, deve levar em consideração aspectos relacionados à complexidade da auditoria, ao método de auditoria selecionado e à competência global da equipe de auditores.

A qualificação exigida para os avaliadores líderes, avaliadores técnicos e especialistas que realizam avaliação em laboratórios de ensaio e calibração é determinada pela Norma N° NIE-CGCRE-017. Os requisitos apresentados nesta



Norma contemplam os requisitos de competência estabelecidos nos documentos ISO/IEC 17011:2017, IAF MD 20: 2016 - *Generic Competence for AB Assessors: Application to ISO/IEC 17011* e IAF MD 8:2015 - *Application of ISO/IEC 17011:2004 in the Field of Medical Device Quality Management Systems* (ISO 13485). Os requisitos exigidos pela Norma N° NIE-CGCRE-017 para os avaliadores de laboratórios de ensaio e calibração segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 são requisitos de nível educacional, experiência profissional, e qualificação específica em normas e procedimentos determinados pela Cgcre.

### 2.5.3.

#### **Estimativa dos custos envolvidos no processo de acreditação dos laboratórios de ensaio e calibração no Brasil**

Os custos relacionados ao processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil estão distribuídos em cinco etapas, sendo elas: (i) R\$ 270,00 (duzentos e setenta reais) na fase de verificação da completeza da documentação e análise crítica da solicitação; (ii) R\$ 2.230,00 (dois mil duzentos e trinta reais) ou R\$ 1.630,00 (um mil seiscentos e trinta) na fase de aceitação da solicitação pela Cgcre, relacionados à avaliação inicial ou à extensão da acreditação, respectivamente; (iii) R\$ 540,00 (quinhentos e quarenta reais) por avaliador técnico utilizado na fase de análise da documentação; (iv) R\$ 808,00 (oitocentos e oito reais por avaliador por dia) somado ao valor adicional que pode variar entre R\$ 404,00 e R\$ 1.414,00 (um mil quatrocentos e catorze reais) na fase de avaliação e; (v) até R\$ 2.424,00 (dois mil quatrocentos e vinte e quatro reais) na fase conclusiva.

Além disso, somam-se os custos relacionados aos transporte e hospedagem dos avaliadores. Por fim, ainda existe uma taxa de manutenção semestral da acreditação no valor de R\$ 730,00 (setecentos e trinta reais). Os valores acima apresentados estão referenciados na Norma n° NIT-DICLA-011 para o ano de 2018.

Partindo-se dos seguintes fatores:

- valores necessários para obter e manter uma acreditação no Brasil;
- quantidade existente de 1.511 laboratórios acreditados (base primeiro semestre de 2018);
- distribuição percentual dos organismos de avaliação de conformidade (OAC) em pequenas, médias e grandes empresas da Pesquisa de Satisfação do Inmetro de 2013; e

- premissa da ocorrência de um crescimento anual linear no número de laboratórios acreditados entre os anos de 2013 (866 laboratórios) e 2018 (1.511 laboratórios) de 15%,

é possível estimar uma ordem de grandeza dos valores anuais envolvidos no processo de acreditação de laboratórios no país no ano de 2018.

A figura 2.3 apresenta uma estimativa da distribuição dos laboratórios de ensaio e calibração acreditados no Brasil no ano de 2018 com relação a sua condição de acreditação inicial ou de renovação da acreditação.

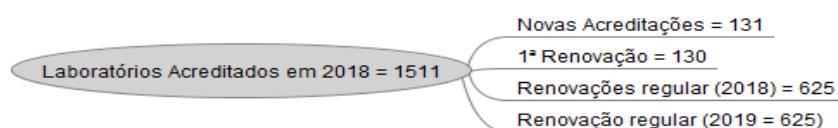


Figura 2.3 - Quantidade de laboratórios acreditados em 2018 no Brasil

Fonte: Elaboração própria.

A análise da figura 2.3 permite identificar que, dos 1511 laboratórios acreditados em 2018, 131 foram considerados como submetidos ao processo inicial de acreditação, outros 130 foram considerados como submetidos ao processo de primeira renovação de acreditação de 12 meses, e o restante de 1.250 laboratórios foram divididos igualmente em dois grupos iguais de 625 sendo o primeiro grupo com renovação prevista para 2018 e o segundo para 2019, uma vez que a validade normal da acreditação é de dois anos. A associação desta informação à distribuição dos laboratórios entre pequenas, médias e grandes empresas, segundo a porcentagem apresentada pela Pesquisa de Satisfação do Inmetro de 2013 permite a estimativa da distribuição dos laboratórios com relação ao porte da empresa, conforme apresentado na tabela 2.1 a seguir.

Tabela 2.1 - Estimativa da distribuição dos laboratórios com relação ao porte da empresa

Tipo de Certificação	QTD	Micro e pequeno porte (57,7%)	Médio porte (24,8%)	Grande porte (17,5%)
Novas Certificações	131	76	32	23
1ª renovação	130	75	32	23
2ª renovação	625	361	155	109
Semestralidade	625	361	155	109
Total	1511	872	375	264

Fonte: Elaboração própria.

A adoção de uma estrutura de avaliação para cada porte de empresa associada ao tipo de acreditação a ser realizada (inicial ou de renovação) possibilita o cálculo

dos custos envolvidos no processo de acreditação no Brasil, excetuando-se as despesas relacionadas ao transporte e à hospedagem dos avaliadores (tabela 2.2).

Tabela 2.2 - Estimativa dos valores envolvidos no processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil em 2018 por porte da empresa

Porte da empresa	Equipe		VD (R\$)	AC (R\$)	AD (R\$)	HAL (R\$)	HAT (R\$)	HES (R\$)	CP (R\$)	SM (R\$)	Total (R\$)
Micro e pequeno	2 avaliadores (1 avaliador líder e técnico 1 avaliador técnico); 2 dias de avaliação	Nova	270,00	2.230,00	1.080,00	3.030,00	2.222,00	0,00	808,00	730,00	<b>9.640,00</b>
		Renovação	0,00	0,00	1.080,00	3.030,00	2.222,00	0,00	808,00	730,00	<b>7.140,00</b>
Médio	3 avaliadores (1 avaliador líder e técnico e 2 avaliadores técnicos) e 3 dias de avaliação	Nova	270,00	2.230,00	1.620,00	3.838,00	6.060,00	0,00	808,00	730,00	<b>14.826,00</b>
		Renovação	0,00	0,00	1.620,00	3.838,00	6.060,00	0,00	808,00	730,00	<b>12.326,00</b>
Grande	4 avaliadores (1 avaliador líder e técnico e 3 avaliadores técnicos e 1 especialista) e 5 dias de avaliação	Nova	270,00	2.230,00	1.620,00	5.454,00	13.938,00	4.444,00	1.616,00	730,00	<b>29.572,00</b>
		Renovação	0,00	0,00	1.620,00	5.454,00	13.938,00	4.444,00	1.616,00	730,00	<b>27.072,00</b>

Legenda: VD - Verificação da Documentação; AC - Aceitação pela Cgcre; AD - Análise da documentação; HAL - Honorários avaliador-líder; HAT - Honorário avaliador técnico; HES - Honorário especialista; CP - Conclusão do projeto; SM - semestralidade.

Fonte: Elaboração própria.

A partir do cruzamento das informações das tabelas 2.1 e 2.2, é possível realizar a estimativa dos valores anuais envolvidos com o processo de acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no Brasil em 2018, incluindo-se os custos de renovação semestral e excluindo os custos de transporte e hospedagem (tabela 2.3). A análise da tabela 2.3 permite mostrar que a estimativa do custo com acreditação de laboratórios de ensaio e calibração no ano de 2018 gira em torno de R\$ 12,5 milhões.

Tabela 2.3 - Estimativa do valor anual (ano base 2018) envolvido no processo de acreditação de laboratórios no Brasil

Porte da empresa	Tipo de certificação	Quantidade estimada	Valor unitário (R\$)	Valor estimado (R\$)
Micro e pequeno porte	Novas Certificações	76	10.370,00	783.837,19
	1ª Renovação	75	7.870,00	590.328,70
	2ª renovação	361	7.870,00	2.838.118,75
	Semestralidade	361	1.460,00	526.512,50
Média porte	Novas Certificações	32	15.556,00	505.383,33
	1ª Renovação	32	13.056,00	420.925,44
	2ª renovação	155	13.056,00	2.023.680,00
	Semestralidade	155	1.460,00	226.300,00
Grande porte	Novas Certificações	23	30.302,00	694.673,35
	1ª Renovação	23	27.802,00	632.495,50
	2ª renovação	109	27.802,00	3.040.843,75
	Semestralidade	109	1.460,00	159.687,50
Total		1.511	-	12.442.786,01

Fonte: Elaboração própria.

## 2.6. Considerações finais sobre o capítulo

Buscou-se neste capítulo apresentar o referencial teórico e normativo relacionado às atividades de laboratórios de ensaio e calibração, como base para o desenvolvimento do modelo de autoavaliação objeto da presente pesquisa.

Os resultados de estudos empíricos sobre os impactos da acreditação de laboratórios de ensaio e calibração apontaram as vantagens e desvantagens desse processo, segundo a ótica de laboratórios pesquisados em diversos países.

A partir do mapeamento da infraestrutura laboratorial acreditada e do conhecimento do processo de acreditação no Brasil, foi possível estimar os custos envolvidos neste processo para o ano de 2018.

### 3

## Modelos de maturidade de processos

Neste capítulo, analisam-se os principais modelos de maturidade de processos de gestão adotados pelas organizações de diversos setores para mensurarem e avaliarem o nível de qualidade das suas estruturas e, assim, melhorar a maneira como as rotinas são executadas, a saber: *Capability Maturity Model* (CMM); *Capability Maturity Model Integration* (CMMI); *Computer Science* (CSC) *Framework*; *Business Process Orientation Maturity Model* (BPOMM); e *Supply Chain Management Maturity Model* (SCMMM). Juntamente com os conceitos e requisitos normativos já abordados no capítulo 2, a revisão desses modelos fundamentou a elaboração e proposição do modelo conceitual de autoavaliação, objeto da presente pesquisa.

### 3.1.

#### Conceitos básicos

A Norma ISO/IEC 16680:2012 define a maturidade como "a criação de características e comportamento em uma organização como resultado da transformação e adoção, que permite a ela operar melhor de acordo com os seus objetivos de negócio".

Lockamy e McCormack (2004) informam que o conceito de maturidade propõe que um processo tem um ciclo de vida que pode ser avaliado na medida em que esse processo possa ser explicitamente definido, gerenciado, medido e controlado.

Conceito semelhante é utilizado por Latthi *et al.* (2009) na definição da maturidade para cadeias logísticas de suprimento. Além disso, Latthi *et al.* (2009) informam que a ideia por trás do conceito da maturidade é a evolução, ou seja, o processo de passar por estágios intermediários para se alcançar a maturação.

Poirier e Quinn (2004), assim como Santos *et al.* (2010), informam que o alcance de elevados níveis de maturidade significa que a organização atingiu um

nível de excelência que permite a sua melhoria contínua e o alinhamento à dinâmica de mercado.

Santos *et al.* (2010) informam que a conquista de níveis mais elevados de maturidade pelas organizações em seus processos de negócios é expressada na demonstração de seus esforços de padronização, medição, controle e melhoria contínua de seus processos de valor. A avaliação e a comparação da competência das organizações em relação a processos-chaves, segundo esses autores, pode ser realizada por meio da utilização de modelos de maturidade.

Uma organização é composta pela integração de diversos processos diferentes. Desta forma, a avaliação da maturidade de uma organização como um todo é o resultado da avaliação da maturidade de cada um de seus processos. O estágio de maturidade alcançado por cada um dos processos existentes na organização pode se encontrar em níveis diferentes de evolução.

Dufry (2001) informa que a evolução da organização em uma escala de maturidade deve acontecer em todos os seus processos, ou seja, sob uma perspectiva holística, uma vez que um baixo grau de maturidade em determinado processo pode afetar o sucesso nos demais processos da organização, mesmo que esses já se encontrem em elevado nível de maturidade.

### **3.2. Modelos de maturidade de processos**

Existem diferentes modelos de maturidade de processos que podem ser aplicados por organizações dos mais diversos ramos de atuação.

Oliveira (2006) informa que os modelos de maturidade se iniciaram com os níveis de maturidade em gerência da qualidade de Crosby (Crosby, 1979). Os níveis de maturidade nesta época tinham o objetivo de avaliar o grau de evolução na gestão dos diversos processos de qualidade. O modelo de Crosby é composto por cinco níveis de maturidade, a saber: (i) incerteza; (ii) despertar; (iii) esclarecimento; (iv) sabedoria; e (v) certeza.

O quadro 3.1, a seguir, descreve os cinco níveis de maturidade de processos de qualidade, como proposto por Crosby (1979).

Quadro 3.1 - Níveis de maturidade de processos de gestão da qualidade propostos por Crosby

Nível		Descrição
1	Incerteza	Falta de compreensão e apreço pelo problema em geral.
2	Despertar	Reconhecer o problema e o valor do processo para os negócios.
3	Esclarecimento	Iniciar melhorias e aprender mais sobre novas ou existentes formas de promover avanços adicionais aos esforços de trabalho.
4	Sabedoria	Participação pessoal nos processos e nas melhorias. Valorizar continuamente o aprimoramento do processo.
5	Certeza	Considerar a gerência do processo como sendo uma parte essencial do sistema organizacional.

Fonte: Oliveira (2006)

Segundo Oliveira (2006), a partir da natureza genérica e aplicada identificada no modelo de maturidade de Crosby, diversos outros modelos de maturidade foram desenvolvidos para os mais diversos processos e áreas de negócios.

Roeglinger *et al.* (2012), por sua vez, ao apresentarem as fundações relacionadas aos modelos de maturidade, identificaram que os primeiros exemplos de modelos de maturidade foram o modelo de hierarquia das necessidades humanas (Maslow, 1954), do crescimento econômico de Kuznets (1965) e a evolução da tecnologia da informação nas organizações Nolan (1973, 1979).

Dufry (2001) argumenta que cada modelo de maturidade é projetado para refletir as características de um determinado negócio. Segundo o autor, o valor de um modelo de maturidade se estabelece no seu uso como uma ferramenta de análise de posicionamento a ser utilizado pela organização, uma vez que é projetado para ajudá-la no reconhecimento de sua situação em relação às melhores práticas reconhecidas, além do fornecimento de informações que possibilitarão o planejamento e execução de ações necessárias para o avanço da organização.

Roeglinger *et al.* (2012) destacam que o objetivo básico de um modelo de maturidade é o delineamento dos estágios ao longo do processo de maturação, incluindo as características de cada estágio e a relação lógica entre eles.

De Bruin *et al.* (2005) destacam que, na prática, os modelos de maturidade de processos podem ter objetivos descritivos, prescritivos ou comparativos. Os modelos descritivos são aqueles que visam somente avaliar a situação em que a organização se encontra no momento da avaliação. O modelo prescritivo é aquele que, além de avaliar a condição da organização, indica um roteiro para a obtenção de melhoria no *status* do avaliado. O modelo comparativo é aquele que é capaz de



comparar a condição da organização em relação às melhores práticas existentes mesmo entre organizações de setores diferentes.

Ao realizar um estudo exploratório sobre os modelos de maturidade *Capability Maturity Model* (CMM) e *Capability Maturity Model Integration* (CMMI), *CSC Framework*, *Business Process Orientation Maturity Model* (BPOMM) e *Supply Chain Management Maturity Model* (SCMMM), Santos *et al.* (2010) constataram que, apesar de serem modelos distintos de maturidade de processos, todos geraram um sistema de métricas que são úteis para a avaliação do desempenho dos processos em organizações e até em cadeias de suprimento.

Além disso, esses autores identificaram que os modelos de maturidade de processos abordados apresentaram pontos em comum relacionados à abordagem e à avaliação das organizações nas áreas de mensuração de desempenho de processos, redução de custos, desenvolvimento e parcerias estratégicas, compartilhamento de ganhos e de informações ao longo da cadeia produtiva e na busca da satisfação dos clientes por meio da agregação de valor em seus produtos/serviços.

Marinho *et al.* (2015) compararam as características dos principais modelos de maturidade de processos, que foram objeto de estudos científicos identificados na revisão da literatura conduzida pelos autores referente ao período de 2010-2015. O quadro 3.2, a seguir, resume os resultados da análise comparativa conduzida por Marinho *et al.* (2015).

Quadro 3.2 – Análise comparativa dos principais modelos de maturidade de processos

Autor(es)	Título	Modelo de referência	Níveis de maturidade propostos
Ahmed e Capretz (2010)	Modelo de maturidade organizacional de software de engenharia de linha de produto	CMM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preliminar (<i>preliminary</i>)</li> <li>• Consistente (<i>consistent</i>)</li> <li>• Implementado (<i>streamlined</i>)</li> <li>• Maduro (<i>matured</i>)</li> <li>• institucionalizado (<i>institutionalized</i>)</li> </ul>
Fitterer e Rohner (2010)	Modelo de maturidade para avaliação da capacidade de organização de cuidados de saúde com relação a capacidade de envolvimento eficiente em relações comerciais	CMM e CMMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial (<i>initial</i>)</li> <li>• Gerenciado (<i>managed</i>)</li> <li>• Definido (<i>defined</i>)</li> <li>• Gerenciado quantitativamente (<i>quantitatively managed</i>)</li> <li>• Otimizado (<i>optimized</i>)</li> </ul>

Continua...

Quadro 3.2 – Análise comparativa dos principais modelos de maturidade de processos (cont.)

Autor(es)	Título	Modelo de referência	Níveis de maturidade propostos
Rohloff (2011)	Modelo de maturidade que contempla o conjunto de aspectos que afetam o sucesso do Business Process Management (BPM)	SCOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial (<i>initial</i>)</li> <li>• Gerenciado (<i>managed</i>)</li> <li>• Definido (<i>defined</i>)</li> <li>• Gerenciado quantitativamente (<i>quantitatively managed</i>)</li> <li>• Otimizado (<i>optimized</i>)</li> </ul>
Jia <i>et al.</i> (2011)	Modelo de maturidade integrado de gerenciamento da organização do programa de mega construções na China	CMMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Padronizado (<i>standardized</i>)</li> <li>• Mensurado (<i>measured</i>)</li> <li>• Controlado (<i>controlled</i>)</li> <li>• Melhorado continuamente (<i>continuously improved</i>)</li> </ul>
Cuenca <i>et al.</i> (2013)	Modelo de maturidade para avaliação de elementos estruturais dos mecanismos de coordenação no processo de planejamento colaborativo	CMM e SCMM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial (<i>initial</i>),</li> <li>• Repetitivo (<i>repeatable</i>)</li> <li>• Definido (<i>defined</i>)</li> <li>• Gerenciado quantitativamente (<i>quantitatively managed</i>)</li> <li>• Otimizado (<i>optimising</i>)</li> </ul>
Koehler <i>et al.</i> (2013)	Modelo de maturidade para estudo de caso de atividades complexas abrangendo as atividades de trabalho social, cuidados com a saúde, e o tratamento de reclamações complexas em seguros.	C3M maturity model for IT-based case management	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individualista (<i>individualistic</i>)</li> <li>• Apoiado (<i>supported</i>)</li> <li>• Gerenciado (<i>managed</i>)</li> <li>• Padronizado (<i>standardized</i>)</li> <li>• Transformador (<i>transformative</i>)</li> </ul>
Ngai <i>et al.</i> (2013)	Modelo de maturidade para gestão do consumo de recursos e de energia em processos industriais	CMMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial (<i>initial</i>)</li> <li>• gerenciado (<i>managed</i>)</li> <li>• definido (<i>defined</i>)</li> <li>• gerenciado quantitativamente (<i>quantitatively managed</i>)</li> <li>• otimizado (<i>optimized</i>)</li> </ul>
Oliveira <i>et al.</i> (2012)	Modelo de maturidade do processo da cadeia de suprimentos e avaliação da necessidade de mudança no processamento da Informação para os diferentes níveis	SCOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundação (<i>foundation</i>)</li> <li>• estrutura (<i>structure</i>)</li> <li>• visão (<i>vision</i>)</li> <li>• integração (<i>integration</i>)</li> <li>• dinâmico (<i>dynamics</i>).</li> </ul>
Pigosso <i>et al.</i> (2013)	Modelo de maturidade para implementação de projetos ecológicos	CMMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompleto (<i>incomplete</i>),</li> <li>• <i>ad hoc</i></li> <li>• formalizado (<i>formalized</i>)</li> <li>• controlado ( <i>controlled</i>)</li> <li>• melhorado (<i>improved</i>)</li> </ul>
Valdés <i>et al.</i> (2011)	Modelo de maturidade para avaliação de agências públicas que operam via e-Government	CMM e CMMI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicial (<i>initial</i>)</li> <li>• em desenvolvimento (<i>developing</i>)</li> <li>• definido (<i>defined</i>)</li> <li>• gerenciado (<i>managed</i>)</li> <li>• otimizado (<i>optimized</i>)</li> </ul>

Fonte: Adaptação de Marinho *et al.* (2015).

Legenda: CMM – Capability Maturity Model; CMMI – Capability Maturity Model Integration; SCMMM – Supply Chain Management Maturity Model; SCOR – Supply Chain Operations Reference.

A partir da análise comparativa dos referidos modelos, Marinho *et al.* (2015) identificaram que, na maioria das vezes, os modelos adotam escalas em cinco níveis de evolução dos processos organizacionais (maturidade). A partir desta constatação, os autores identificaram as características comuns existentes em cada um dos níveis de maturidade definidos nos diferentes modelos e apresentaram uma síntese, conforme mostrado no quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Características comuns dos modelos de maturidade, conforme Marinho *et al.* (2015)

Nível de maturidade	Características comuns
Nível 1	Processos não definidos e não padronizados. Organização possui baixo desempenho.
Nível 2	Processos básicos definidos e documentados. O desempenho da organização ainda não é satisfatório.
Nível 3	Processos definidos, padronizados e melhorados. Organização apresenta melhorias no desempenho.
Nível 4	Objetivos de desempenho são estabelecidos para os processos e resultados são medidos. O desempenho da organização é considerado satisfatório.
Nível 5	Resultados são analisados e processos são constantemente melhorados. Organização possui alto desempenho.

Fonte: Marinho *et al.* (2015).

### 3.3. Modelos de maturidade e adoção de normas

Apresentam-se nesta seção algumas normas que adotam modelos de maturidade para avaliação de sistemas e processos em diversos setores da economia e contextos organizacionais. Nesta revisão, selecionaram-se para fins da presente pesquisa os seguintes referenciais normativos: (i) Norma ABNT ISO 9004:2010 (Anexo A – Ferramenta de autoavaliação); (ii) Norma ISO/IEC 16680:2012; (iii) Norma ISO/IEC 21827:2008; (iv) Norma ISO/IEC 11354:2015; e (v) Norma ABNT NBR ISO/IEC 15504:2003.

Ao final da seção, apresenta-se um quadro comparativo dos modelos de maturidade incluídos nas referidas normas.

#### 3.3.1. Norma ABNT NBR ISO 9004:2010

A Norma ABNT NBR ISO 9004:2010, intitulada como “Gestão para o sucesso sustentado de uma organização – uma abordagem da gestão da qualidade”, é um guia técnico para a autoavaliação de uma organização que objetiva atingir o sucesso sustentado, segundo uma abordagem da gestão da qualidade.

Esta Norma visa auxiliar as organizações que buscam sua melhoria sistemática e contínua de seu desempenho global. O sucesso sustentado é definido como o resultado da capacidade de uma organização para alcançar e manter seus objetivos de longo prazo. Considera o ambiente da organização a combinação de fatores internos e externos, além de condições que podem afetar o alcance dos objetivos da organização e seu comportamento em relação às suas partes interessadas (ABNT/ISO, 2010).

Segundo a referida Norma, o sucesso sustentado de uma organização pode ser atingido pela sua habilidade no atendimento das necessidades e expectativas de todas as partes interessadas, com visão de longo prazo e de forma equilibrada. O Anexo A da Norma apresenta uma ferramenta de autoavaliação genérica a ser utilizada para que as organizações possam identificar lacunas em seu sistema de gestão e oportunidades de melhorias e de inovação.

O modelo genérico para autoavaliação de maturidade em gestão da qualidade, apresentado no quadro 3.4, relaciona os elementos a serem avaliados com cinco níveis de maturidade.

Quadro 3.4 – Modelo genérico para autoavaliação de maturidade em gestão da qualidade segundo a Norma ABNT NBR ISO 9004:2010

Elemento-chave	Níveis de maturidade em direção ao sucesso sustentado				
	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
Elemento 1	Critério 1 Nível básico	Critério 1 Nível intermediário	Critério 1 Nível intermediário	Critério 1 Nível intermediário	Critério 1 Melhor prática
Elemento 2	Critério 2 Nível básico	Critério 2 Nível intermediário	Critério 2 Nível intermediário	Critério 2 Nível intermediário	Critério 2 Melhor prática
Elemento 3	Critério 3 Nível básico	Critério 3 Nível intermediário	Critério 3 Nível intermediário	Critério 3 Nível intermediário	Critério 3 Melhor prática

Fonte: Adaptação de ABNT/ISO (2010).

### 3.3.2.

#### **Norma ISO/IEC 16680:2012**

A Norma ISO/IEC 16680:2012, intitulada como "Tecnologia da informação - modelo de maturidade de integração de serviços do grupo aberto (*Open group*)" apresenta um modelo de maturidade para auxiliar a organização na determinação da estratégia de arquitetura de tecnologia da informação, incluindo a integração e o desenvolvimento de arquitetura de aplicativos e softwares que possam integrar os diferentes serviços existentes na organização.

Neste modelo, a escala de maturidade tem sete níveis, a saber: individual (*silo*), integrado (*integrated*), componentizado (*componentized*), serviço (*service*), serviços compostos (*composite services*), serviços virtualizados (*virtualized services*) e serviços dinamicamente reconfigurados (*dynamically re-configurable services*).

### 3.3.3. Norma ISO/IEC 21827:2008

A Norma ISO/IEC 21827:2008 descreve as características essenciais do processo de engenharia de segurança dos sistemas de tecnologia da informação de uma organização.

A figura 3.1 mostra os cinco níveis definidos nesta Norma para a avaliação da maturidade do processo de engenharia de segurança para diferentes tipos de organizações que atuam nessa área.

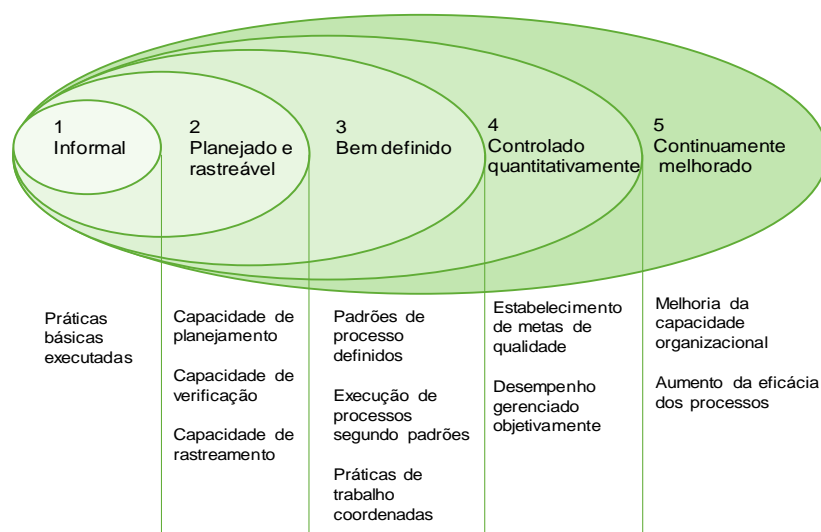


Figura 3.1 - Níveis de maturidade segundo a Norma ISO/IEC 21827:2008

Fonte: ISO/IEC 21827:2008.

Esta Norma apresenta um modelo para gestão de segurança em engenharia de sistemas, cobrindo as fases de desenvolvimento, operação, manutenção e descomissionamento. Conforme discutido por Kroll *et al.* (2010) e Alqatawna (2014), a Norma ISO/IEC 21827:2008 vem sendo adotada como um guia para o desenvolvimento da gestão da segurança de sistemas de informação e é estruturada em 22 áreas de processo.

### 3.3.4.

### **Norma ISO/IEC 11354:2015**

A Norma ISO/IEC 11354:2015, intitulada "Tecnologias de automação avançadas e suas aplicações", estabelece requisitos a serem observados em relação à interoperabilidade entre organizações, ou seja, à habilidade de comunicação e interação efetiva entre diferentes organizações.

A parte 2 desta Norma apresenta um modelo de maturidade, denominado *Maturity Model for Enterprise Interoperability* (MMEI), que possui cinco níveis de maturidade.

O modelo MMEI pode ser utilizado como uma avaliação *a priori*, na qual se avalia a potencialidade de uma organização quanto à sua interoperabilidade, ou a *posteriori*, quando se avalia a sua efetiva interoperabilidade.

Os cinco níveis da escala de maturidade do MMEI, propostos na Norma ISO 11354-2:2015 em ordem crescente de evolução da organização são: (i) despreparada (*unprepared*); (ii) definida (*defined*); (iii) alinhada (*aligned*); (iv) organizada (*organized*); e (v) adaptativa (*adaptive*).

#### **3.3.5.**

### **Norma ABNT NBR ISO/IEC 15504:2003**

A Norma ABNT NBR ISO/IEC 15504:2003, intitulada "Tecnologia da informação - avaliação de processo", define um modelo bidimensional, compreendendo as dimensões de processos e de capacidade. Tem por objetivo avaliar processos de engenharia de *software*, com o foco da melhoria dos processos.

A Norma ISO/IEC 15504:2003 estabelece um modelo de referência que identifica e descreve um conjunto de processos considerados universais e fundamentais para a boa prática da engenharia de *software*. Além disso, define seis níveis de maturidade de capacidade que avaliam o nível de maturidade da organização em um determinado processo. Os níveis de maturidade estabelecidos nesta Norma são: (i) incompleto; (ii) executado; (iii) gerenciado; (iv) estabelecido; (v) previsível; e (vi) otimizado.

#### **3.3.6.**

### **Comparação dos modelos de maturidade incluídos nas Normas abordadas**

Neste item, comparam-se os focos de avaliação das normas abordadas nesta seção, segundo os focos de avaliação e os níveis de maturidade adotados (quadro 3.5).

Quadro 3.5 – Comparação dos modelos de maturidade incluídos nas Normas abordadas

<b>Norma</b>	<b>Foco da avaliação</b>	<b>Níveis de maturidade</b>
Norma ABNT ISO 9004:2010 (Anexo A)	Sistema de gestão da organização Focos de avaliação: elementos-chave e detalhados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nível básico</li> <li>• Três níveis intermediários</li> <li>• Melhor prática</li> </ul>
ISO/IEC 16680:2012	Integração existente entre os serviços de uma organização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Isolada (<i>siló</i>)</li> <li>• Integrada (<i>Integrated</i>)</li> <li>• Componentizada (<i>componentized</i>)</li> <li>• Serviço (<i>service</i>),</li> <li>• Serviços compostos (<i>composite services</i>),</li> <li>• Serviços virtualizados (<i>virtualized services</i>)</li> <li>• Serviços dinamicamente reconfigurados (<i>dynamically re-configurable services</i>)</li> </ul>
Norma ISO/IEC 21827:2008	Processo de engenharia de segurança dos sistemas de uma organização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Executado informalmente (<i>informally performed</i>)</li> <li>• Planejado e executado (<i>planned and tracked</i>)</li> <li>• Bem definido (<i>well defined</i>)</li> <li>• Quantitativamente controlado (<i>quantitatively controlled</i>)</li> <li>• Continuamente melhorado (<i>continuously improved</i>)</li> </ul>
ISO 11354: 2015	Interoperabilidade de organizações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Despreparada (<i>unprepared</i>)</li> <li>• Definida (<i>defined</i>)</li> <li>• Alinhada (<i>aligned</i>)</li> <li>• Organizada (<i>organized</i>)</li> <li>• Adaptativa (<i>adaptive</i>)</li> </ul>
ISO/IEC 15504: 2003	Processos de engenharia de <i>software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incompleto</li> <li>• Executado</li> <li>• Gerenciado</li> <li>• Estabelecido</li> <li>• Previsível</li> <li>• Otimizado.</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria.

### 3.4. Considerações finais sobre o capítulo

Buscou-se neste capítulo conceituar maturidade de processos organizacionais e de negócios, bem como a forma como os modelos de maturidade permitem avaliar o estágio de evolução em que diferentes processos se encontram em uma determinada organização.

A evolução no nível de maturidade de uma organização significa a demonstração dos esforços desta em busca da padronização, melhoria contínua de seus processos e, conseqüentemente, níveis superiores de desempenho no contexto socioprodutivo no qual atua. Esta evolução deve ocorrer em todos os processos da organização, em virtude das relações e sinergias que existem entre eles.

Pelos estudos revistos neste capítulo, constatou-se que diferentes modelos de maturidade de processos abordados adotam escalas de cinco níveis de evolução.

O entendimento dos modelos de maturidade associado aos conceitos e requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 apresentados no capítulo 2 constituem as bases conceituais e normativas para o desenvolvimento de um modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração – objeto desta pesquisa. Para fins desta dissertação, o termo ‘nível de maturidade’ de um laboratório de ensaio e calibração deve ser entendido como o estágio de evolução que um laboratório de ensaio e calibração se encontra em relação aos requisitos técnicos internacionais estabelecidos para que esta organização opere de forma consistente e com a competência técnica requerida.



## 4

### **Modelo conceitual de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração**

Apresenta-se neste capítulo o modelo conceitual de autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional para laboratórios de ensaio e calibração, baseado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, com incorporação de métodos de apoio à decisão (AHP e IPA) em duas de suas etapas.

Esse modelo compreende sete etapas, a saber: (i) identificação dos elementos-chave e detalhados da estrutura hierárquica de autoavaliação; (ii) definição da escala de maturidade para laboratórios de ensaio e calibração; (iii) avaliação da importância dos elementos-chave e detalhados com emprego do método analítico hierárquico (AHP); (iv) execução dos cálculos das matrizes de comparação pareada dos elementos-chave e detalhados; (v) aplicação do instrumento de autoavaliação junto a gestores de um laboratório de ensaio e calibração; (vi) análise dos resultados da autoavaliação com emprego do método de análise importância-desempenho (IPA); e (vii) elaboração do relatório de autoavaliação do laboratório de ensaio e calibração, com indicação de questões críticas e oportunidades de melhoria a serem consideradas por seus gestores, tendo em vista uma futura acreditação pelo organismo nacional responsável.

A seguir, apresenta-se uma visão geral do modelo, para em seguida detalharem-se suas etapas e respectivos resultados esperados.

#### **4.1.**

##### **Visão geral do modelo**

A elaboração do modelo proposto fundamentou-se, principalmente, na criação de uma ferramenta de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração construída a partir das características comuns existentes em diferentes modelos de maturidade, conforme observado por Marinho *et al.* (2015), associada ao uso do Anexo A da Norma ABNT NBR ISO 9004:2010 e à utilização dos métodos de apoio à decisão AHP (Saaty, 1977; 1980; 1982; 1994; 2005; 2008; Saaty e Vargas,

2012) e IPA (Martilla e James 1977; Slack, 1994; e Slack e Lewis 2009; Azzopardi e Nash, 2013).

O modelo conceitual de autoavaliação proposto para laboratórios de ensaio e calibração compreende sete etapas, como representado na figura 4.1.

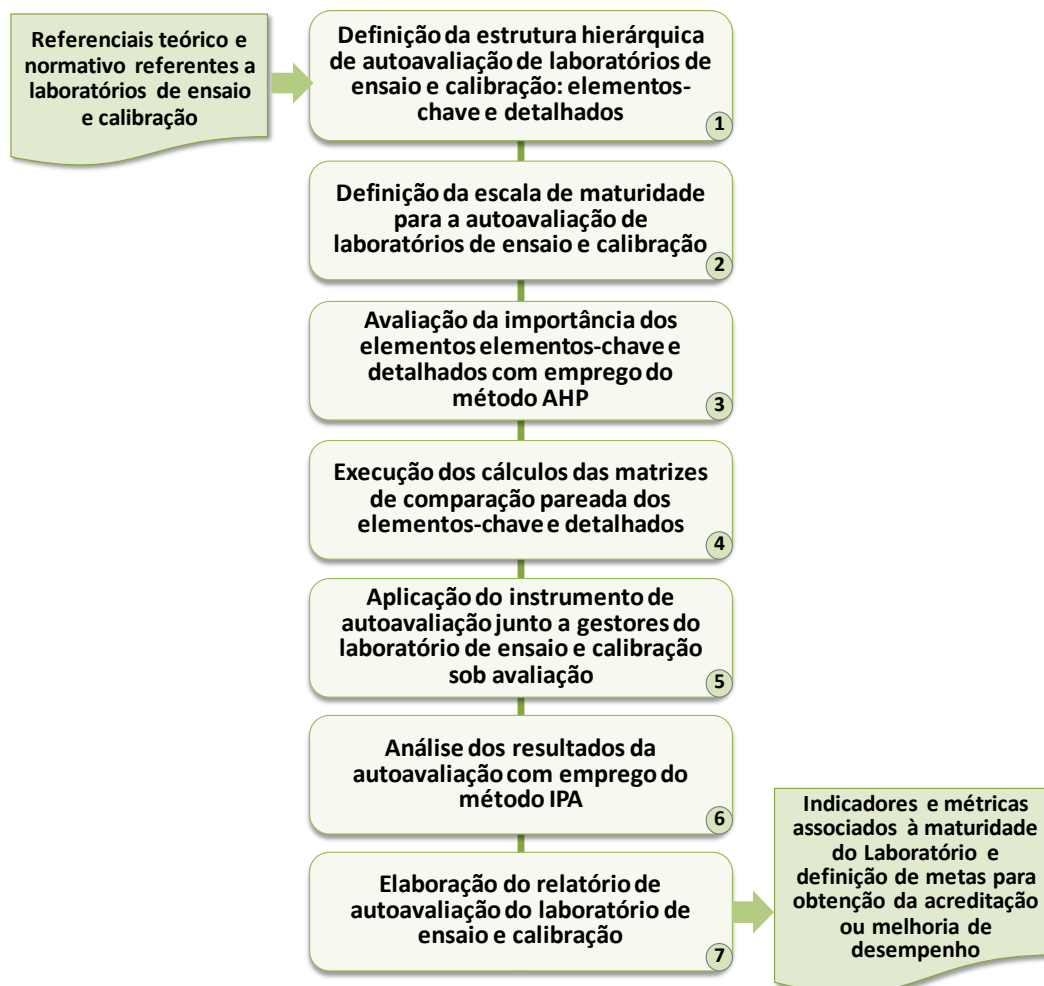


Figura 4.1 – Fluxograma da elaboração do modelo conceitual para autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração

Fonte: Elaboração própria.

## 4.2. Visão detalhada do modelo

Descrevem-se nesta seção as etapas que integram o modelo em foco, conforme fluxograma da figura 4.1.

#### 4.2.1.

### Etapa 1 – Definição da estrutura hierárquica de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração: elementos-chave e detalhados

A identificação dos elementos constitutivos do modelo de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração foi realizada, inicialmente, por meio da leitura e interpretação da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

A figura 4.2 a seguir apresenta a estrutura hierárquica para avaliação da maturidade de um laboratório de ensaio e calibração – base analítica para o desenvolvimento do modelo, contendo seus elementos-chave e detalhados.

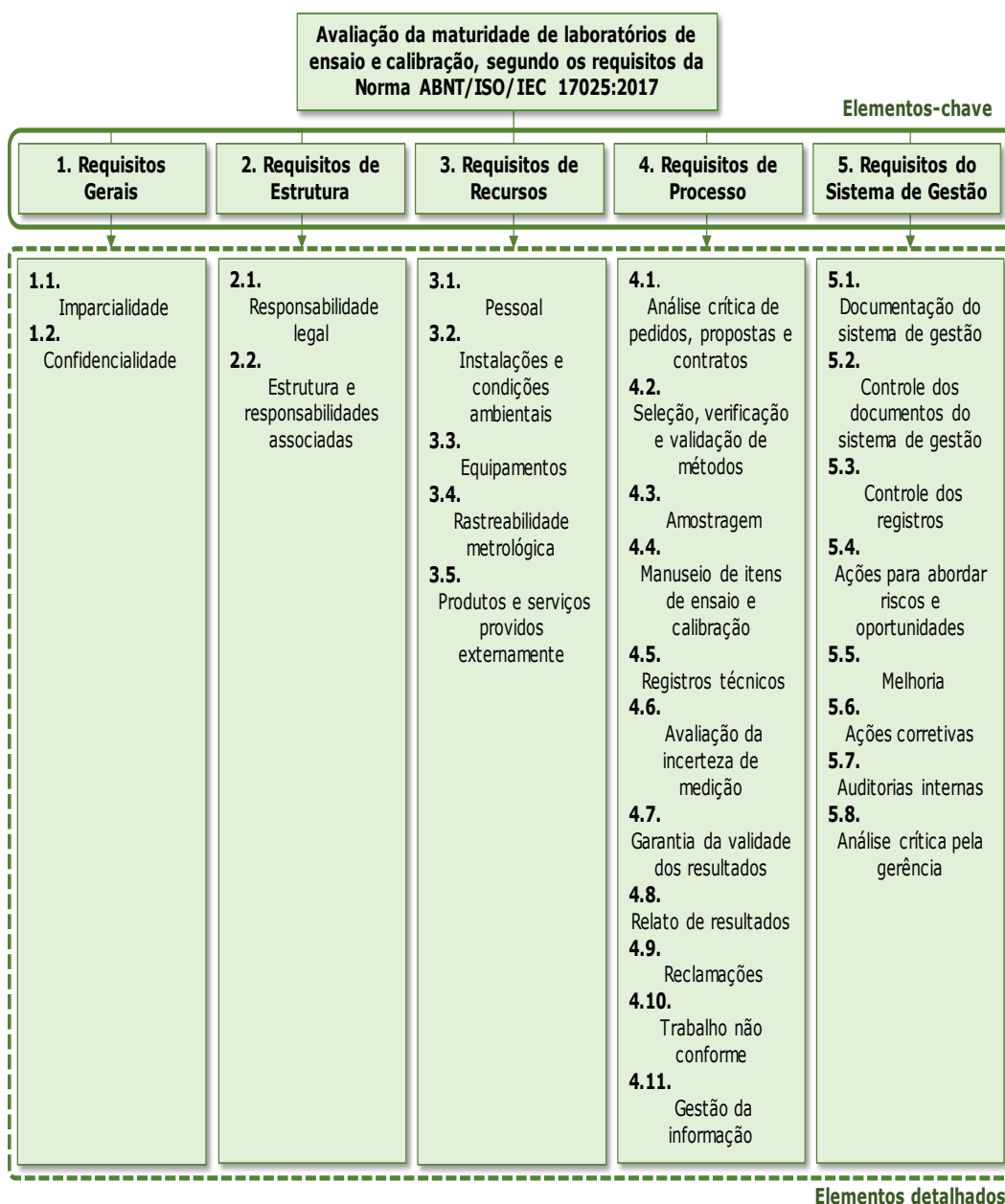


Figura 4.2 – Estrutura hierárquica de avaliação dos laboratórios de ensaio e calibração

Fonte: Elaboração própria, com base nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Na figura 4.2, observa-se que os elementos-chave que compõem o modelo totalizam a quantidade de cinco elementos. Os elementos detalhados, por sua vez, totalizam 28 elementos e estão distribuídos nos cinco elementos-chave.

O primeiro elemento chave é o elemento ‘Requisitos gerais’. Neste elemento-chave estão contidos os elementos detalhados ‘Imparcialidade’ e ‘Confidencialidade’. Esses dois elementos detalhados estão relacionados à forma de execução de todas as atividades do laboratório e ao tratamento das informações geradas pela instituição junto a seus clientes e demais órgãos externos.

O segundo elemento-chave é o elemento ‘Requisitos de estrutura’. Neste elemento-chave estão contidos os elementos detalhados ‘Responsabilidade legal’ e ‘Estrutura e responsabilidades associadas’. Os requisitos apresentados no segundo elemento-chave e seus elementos detalhados estão, em suma, relacionados à necessidade do laboratório ser ou integrar uma instituição legal, possuir sua estrutura organizacional definida, além de documentar o conjunto de atividades que executa e as normas às quais atua em conformidade.

O terceiro elemento-chave é o elemento ‘Requisitos de recursos’. Neste elemento-chave estão contidos os elementos detalhados de (i) pessoal; (ii) instalações e condições ambientais; (iii) equipamentos; (iv) rastreabilidade metrológica e (v) produtos e serviços providos externamente. Os requisitos apresentados no terceiro elemento-chave estão, sucintamente, relacionados à capacitação, competência e treinamento do pessoal; à adequação e ao monitoramento das condições ambientais e dos equipamentos; à rastreabilidade metrológica dos resultados de medição; e à garantia do uso de produtos e serviços em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo laboratório.

O quarto elemento-chave refere-se aos ‘Requisitos de processo’. Neste elemento-chave estão contidos os elementos detalhados de: (i) análise crítica de pedidos, propostas e contratos; (ii) seleção, verificação e validação de métodos; (iii) amostragem; (iv) manuseio de itens de ensaio ou calibração; (v) registros técnicos; (vi) avaliação da incerteza de medição; (vii) garantia da validade dos resultados; (viii) relato de resultados; (ix) reclamações; (x) trabalho não conforme; e (xi) controle de dados e gestão da informação.

Os requisitos apresentados no quarto elemento-chave estão, de forma concisa, relacionados à adoção de formas para análise de pedidos e seleção de métodos adequados para realização de suas atividades, incluindo as de amostragem; à

garantia da repetibilidade da execução de suas atividades, da obtenção de resultados e da gestão de dados, por meio da existência e disponibilidade de procedimentos e registros técnicos; e ao tratamento de não conformidades e reclamações em seus processos.

O quinto e último elemento-chave é o elemento ‘Requisitos do sistema de gestão’. Neste elemento-chave estão contidos os elementos detalhados de: (i) documentação do sistema de gestão; (ii) controle de documentos do sistema de gestão; (iii) controle de registros; (iv) ações para abordar riscos e oportunidades; (v) melhoria; (vi) ações corretivas, (vii) auditorias internas; e (viii) análise crítica pela gerência.

Os requisitos apresentados no último elemento-chave estão, basicamente, relacionados às atividades de gestão do laboratório incluindo, dentre outros aspectos, a implementação, controle e divulgação de documentos internos e externos do laboratório; bem como, realização de auditorias internas e análises críticas pela gerência do laboratório, com a finalidade de assegurar a contínua adequação, suficiência e eficácia do sistema de gestão (considerando riscos, oportunidades, possibilidades de melhoria relacionadas às atividades de laboratório).

#### **4.2.2.**

#### **Etapas 2 – Definição da escala de maturidade para laboratórios de ensaio e calibração**

A segunda etapa do modelo de autoavaliação é a definição da escala de maturidade para laboratórios de ensaio e calibração. Propõe-se uma escala de cinco níveis de evolução para cada um dos elementos detalhados do modelo, que se enquadra nas características comuns das escalas dos modelos de maturidade de processos mais utilizados pelas organizações em geral (conforme Marinho *et al.*, 2015; e anexo A da Norma ABNT ISO 9004:2010).

No apêndice 1 desta dissertação encontra-se a versão final do instrumento de autoavaliação da maturidade de laboratórios de ensaio e calibração, segundo a Norma ABNT NBR ISO 17025:2017. Este instrumento foi elaborado conforme a estrutura hierárquica representada esquematicamente na figura 4.2 e contempla escalas de cinco níveis de maturidade associadas aos 28 elementos detalhados que integram o modelo.

A primeira versão deste instrumento foi submetida a um pré-teste realizado junto a três especialistas que atuam nas áreas da Tecnologia Industrial Básica, sendo o primeiro um profissional com experiência superior a 10 anos em consultoria de gestão de organizações, incluindo laboratórios; o segundo é um profissional da Cgcre do Inmetro com mais de 10 anos de experiência em acreditação de laboratórios; e o último é o chefe da Divisão de Gestão da Qualidade do Instituto Nacional de Tecnologia.

Após a avaliação do instrumento pelos referidos especialistas, algumas sugestões foram incorporadas à versão final apresentada no apêndice 1.

Foi observado por um dos especialistas que o processo de acreditação de laboratórios não possui um sistema de reconhecimento para os diferentes requisitos que compõem a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, sendo a acreditação um processo que avalia o atendimento aos requisitos da Norma como um todo.

Foi sugerido ainda que, em virtude da necessidade do processo de acreditação ser reavaliado em 12 meses (após a primeira acreditação) e em 24 meses nas renovações seguintes, fosse substituída no nível 5 a parte relacionada ao reconhecimento pela excelência e alto desempenho.

A redação sugerida foi ‘condição do laboratório possuir um certificado de acreditação válido há, pelo menos, três avaliações consecutivas’. Foi verificado ainda que, para avaliação da excelência da gestão de organizações sediadas no Brasil realizada pela Fundação Nacional da Qualidade, existe no âmbito do Prêmio Nacional da Qualidade a premiação denominada *summa cum laude*. A referida premiação refere-se exatamente ao reconhecimento das organizações que alcançam o patamar de ‘premiada’ por três vezes consecutivas (FNQ, 2018).

A condição de possuir um certificado de acreditação válido nas últimas três avaliações consecutivas (estabelecida no nível 5 da autoavaliação) implica que cada elemento detalhado do modelo não apresente não conformidades nesse período, conforme descrito adiante na etapa 3.

O quadro 4.1, a seguir, apresenta a escala em cinco níveis que integra o instrumento de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração, já considerando as recomendações dos especialistas por ocasião do pré-teste de sua primeira versão.

Quadro 4.1 – Escala de maturidade que integra o instrumento de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração

Nível	Descrição
<b>Nível 5</b>	Rumo à excelência, o laboratório adota o conceito do ciclo PDCL (melhoria contínua e aprendizagem) em todos seus processos e incorpora as melhores práticas nas atividades de ensaio e calibração. O laboratório possui as últimas três avaliações consecutivas favoráveis à sua acreditação.
<b>Nível 4</b>	Metas de melhoria de desempenho são estabelecidas para os processos e os respectivos indicadores são monitorados e avaliados de forma sistemática para o alcance das metas. As atividades de laboratório são realizadas segundo uma abordagem de gestão de riscos. O desempenho nas atividades de laboratório atinge níveis superiores (de satisfatório a alto).
<b>Nível 3</b>	Atividades de ensaio e calibração são realizadas segundo processos padronizados. Em função da padronização de todos os seus processos, o desempenho do laboratório apresenta melhoria significativa em relação ao nível anterior. No entanto, as metas de melhoria de desempenho para os processos não se encontram definidas e documentadas.
<b>Nível 2</b>	Atividades de ensaio e calibração são realizadas, segundo processos que se encontram em fase de definição e documentação. O desempenho nas atividades de laboratório ainda não é satisfatório em comparação a laboratórios congêneres.
<b>Nível 1</b>	Atividades de ensaio e calibração são realizadas pelo laboratório, sem que os processos se encontrem padronizados. O desempenho nas atividades de laboratório é considerado baixo.

Fonte: Elaboração própria.

A título de ilustração, o quadro 4.2 mostra como os níveis de maturidade genéricos descritos no quadro 4.2 foram expressos para o elemento detalhado 'Instalações e condições ambientais', que compõe o elemento-chave 'Requisitos de recursos'.

Quadro 4.2 – Níveis de maturidade do elementos detalhado 'Instalações e condições ambientais' do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Elemento detalhado	Nível	Descrição
<b>3.2 - Instalações e condições ambientais</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório adota as melhores práticas, métodos e procedimentos aplicáveis relacionadas ao monitoramento, controle e registro das condições ambientais e do desempenho das instalações.
	<b>Nível 4</b>	O laboratório dispõe de instalações e condições ambientais adequadas para a realização das atividades de laboratório. Os requisitos para as instalações e condições ambientais necessárias para a realização das atividades de laboratório encontram-se documentados. O laboratório monitora, controla e registra as condições ambientais de acordo com as especificações, métodos e procedimentos aplicáveis.
	<b>Nível 3</b>	O laboratório consegue demonstrar o controle e monitoramento e controle da maioria das condições ambientais e das instalações necessárias para a realização das atividades de laboratório.
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de monitoramento e controle das condições ambientais e das instalações durante a realização de suas atividades de laboratório. No entanto, não possui documentação de todos os requisitos de condições ambientais e de instalações relacionados às atividades de laboratório.
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de instalações e condições ambientais adequadas para a realização de suas atividades.

Fonte: Elaboração própria.

### 4.2.3.

#### **Etapas 3 – Avaliação da importância dos elementos-chave e detalhados com emprego do método analítico hierárquico (AHP)**

O método AHP foi desenvolvido por Saaty na década de 1970 e é um dos métodos de multicritério de apoio à decisão mais empregados na atualidade (Cidade, 2016). O método compreende, resumidamente, quatro etapas, a saber: (i) identificação da estrutura hierárquica; (ii) aquisição dos dados e coleta dos julgamentos de valor por meio da comparação pareada dos elementos sob avaliação dois a dois; (iii) análise das comparações por meio de matrizes com a verificação da prioridade de cada um dos elementos; e (iv) avaliação de indicadores de desempenho derivados, tais como índices de consistência. O anexo 1, que integra esta dissertação, foi extraído da dissertação de Cidade (2016), que apresenta o método AHP, desenvolvido por Saaty (1991).

Para a avaliação da importância dos elementos-chave e detalhados com emprego do método analítico hierárquico (AHP), inicialmente construíram-se seis quadros a serem preenchidos por especialistas, a saber: (i) o primeiro quadro foi composto pelos elementos-chave; (ii) o segundo, pelos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos gerais’; (iii) o terceiro, pelos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos de estrutura’; (iv) o quarto, pelos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos de recursos’; (v) o quinto, pelos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos de processo’; e (vi) o sexto e último, pelos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos do sistema de gestão’.

Para preenchimento dos quadros com os julgamentos dos especialistas, deve ser adotada a escala proposta por Saaty (1991), conforme quadro 4.3, a seguir.

Quadro 4.3 – Escala dos julgamentos de valor do método AHP

<b>Grau de importância</b>	<b>Definição</b>	<b>Explicação</b>
1	Mesma importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo da decisão.
3	Importância moderada de um sobre o outro	Um dos critérios contribui um pouco mais que o outro para o objetivo da decisão.
5	Importância grande ou essencial	Um dos critérios contribui fortemente para o objetivo da decisão em relação ao outro.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um dos critérios contribui muito fortemente para o objetivo da decisão em relação ao outro.
9	Importância absoluta	Um dos critérios tem uma importância absoluta para o objetivo da decisão em relação ao outro.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty (1991).



A título de ilustração, o quadro 4.4 apresenta o preenchimento parcial do primeiro quadro (elementos-chave), com o exemplo da comparação pareada entre os dois elementos-chave do modelo proposto – ‘Requisitos gerais *versus* ‘Requisitos de estrutura’. Na linha em destaque, observa-se que o elemento ‘Requisitos gerais’ foi considerado mais importante do que ‘Requisitos de estrutura’ e que o grau de importância atribuído pelos especialistas foi 3, na escala de Saaty (1991).

Quadro 4.4 – Comparação pareada dos elementos-chave: exemplo ilustrativo

Comparação pareada				Grau de importância na escala Saaty (1991)
x	Requisitos gerais		Requisitos de estrutura	3 - Importância moderada de um sobre o outro
	Requisitos gerais		Requisitos de recursos	
	Requisitos gerais		Requisitos de processo	
	Requisitos gerais		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de estrutura		Requisitos de recursos	
	Requisitos de estrutura		Requisitos de processo	
	Requisitos de estrutura		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de recursos		Requisitos de processo	
	Requisitos de recursos		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de processo		Requisitos do sistema de gestão	

Fonte: Elaboração própria.

Para fins da presente pesquisa, os seis quadros (o primeiro, referente aos elementos-chave e os demais relativos aos respectivos elementos detalhados) foram encaminhados para sete especialistas, que realizaram os julgamentos conforme o método AHP, a saber: (i) dois especialistas da Cgcre que atuam diretamente na área de acreditação de laboratórios; (ii) um consultor sênior em processos de avaliação da conformidade; (iii) um mestre em metrologia pelo Inmetro; e (iv) três gestores de laboratórios acreditados.

Cada avaliador foi orientado a preencher os quadros indicando o elemento de maior importância e atribuindo um grau de intensidade, conforme a escala do quadro 4.3. No apêndice 2 desta dissertação, apresentam-se os referidos quadros, bem como as seis matrizes de comparação pareada dos elementos-chave e detalhados, resultantes dos julgamentos feitos pelos especialistas.

#### 4.2.4.

#### Etapa 4 – Cálculo dos pesos dos elementos do modelo segundo o método AHP

Com as matrizes de comparação pareada preenchidas com os julgamentos dos sete especialistas, foi possível calcular os pesos que esses haviam atribuído a cada um dos elementos do modelo.

Para cada matriz recíproca estruturada a partir das avaliações da etapa anterior calcula-se o vetor de prioridades, ou pesos, por meio do cálculo autovetor normalizado do máximo autovalor da matriz. Além de calcular os autovalores das respectivas matrizes, também faz-se a análise da consistência dos julgamentos para avaliar o quão afastado da consistência os julgamentos estão. Para a realização dos cálculos, utilizou-se o sistema computacional IPÊ (versão 1.0) de uso livre, desenvolvido por Costa (2006). O Anexo A desta dissertação apresenta a metodologia de cálculo e fórmulas utilizadas no processo analítico hierárquico.

Inicialmente, realizou-se o cálculo para cada uma das matrizes, de forma a verificar qual foi o peso percentual de cada elemento dentro de uma determinada matriz. As tabelas 4.1 a 4.6 apresentam os resultados dessa etapa.

Tabela 4.1 – Pesos atribuídos aos elementos-chave

Elemento-chave	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Requisitos gerais	0,043	0,08	0,048	0,05	0,033	0,169	0,147	<b>0,081</b>
Requisitos de estrutura	0,075	0,186	0,255	0,099	0,521	0,193	0,05	<b>0,197</b>
Requisitos de recursos	0,256	0,28	0,487	0,245	0,083	0,289	0,394	<b>0,291</b>
Requisitos de processo	0,307	0,309	0,12	0,378	0,148	0,22	0,211	<b>0,242</b>
Requisitos do sistema de gestão	0,32	0,145	0,091	0,228	0,215	0,129	0,197	<b>0,189</b>
Razão de consistência (<0,1)	0,046	0,071	0,099	0,09	0,091	0,044	0,076	

Legenda: Av 1 - Avaliador 1; Av 2 - Avaliador 2; Av 3 - Avaliador 3; Av 4 - Avaliador 4; Av 5 - Avaliador 5; Av 6 - Avaliador 6; e Av 7 - Avaliador 7.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.2 - Pesos atribuídos aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais'

Elemento detalhado	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Imparcialidade	0,667	0,75	0,875	0,75	0,875	0,5	0,75	<b>0,738</b>
Confidencialidade	0,333	0,25	0,125	0,25	0,125	0,5	0,25	<b>0,262</b>
Razão de consistência (<0,1)	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.3 - Pesos atribuídos aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura'

Elemento detalhado	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Responsabilidade legal	0,667	0,250	0,250	0,250	0,900	0,667	0,500	<b>0,498</b>
Estrutura organizacional e responsabilidades associadas	0,333	0,750	0,750	0,750	0,100	0,333	0,500	<b>0,502</b>
Razão de consistência (<0,1)	0	0	0	0	0	0	0	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.4 - Pesos atribuídos aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Elemento detalhado	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Pessoal	0,231	0,19	0,225	0,09	0,091	0,309	0,521	<b>0,237</b>
Instalações e condições ambientais	0,096	0,314	0,188	0,277	0,126	0,149	0,027	<b>0,168</b>
Equipamentos	0,229	0,22	0,225	0,148	0,215	0,183	0,149	<b>0,196</b>
Rastreabilidade metrológica	0,301	0,183	0,288	0,43	0,533	0,274	0,149	<b>0,308</b>
Produtos e serviços providos externamente	0,144	0,093	0,075	0,055	0,035	0,085	0,154	<b>0,092</b>
Razão de consistência (<0,1)	0,036	0,075	0,034	0,096	0,092	0,085	0,071	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.5 - Pesos atribuídos aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo'

Elemento detalhado	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	0,149	0,027	0,015	0,039	0,015	0,021	0,035	<b>0,043</b>
Seleção, verificação e validação de métodos	0,18	0,238	0,245	0,056	0,103	0,034	0,035	<b>0,127</b>
Amostragem	0,149	0,027	0,015	0,088	0,015	0,155	0,035	<b>0,069</b>
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	0,18	0,134	0,015	0,039	0,156	0,155	0,018	<b>0,099</b>
Registros técnicos	0,027	0,134	0,144	0,088	0,222	0,034	0,088	<b>0,105</b>
Avaliação da incerteza de medição	0,18	0,044	0,081	0,056	0,015	0,246	0,088	<b>0,101</b>
Garantia da validade dos resultados	0,027	0,238	0,245	0,015	0,04	0,246	0,419	<b>0,176</b>
Relato de resultados	0,027	0,044	0,144	0,015	0,366	0,034	0,018	<b>0,092</b>
Reclamações	0,027	0,027	0,015	0,359	0,015	0,021	0,018	<b>0,069</b>
Trabalho não conforme	0,027	0,044	0,015	0,23	0,015	0,021	0,088	<b>0,062</b>
Controle de dados e gestão da informação	0,027	0,044	0,081	0,015	0,04	0,034	0,035	<b>0,039</b>
Razão de consistência (<0,1)	0,008	0,022	0,007	0,062	0,043	0,029	0,054	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.6 - Pesos atribuídos aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão'

Elemento detalhado	Av 1	Av 2	Av 3	Av 4	Av 5	Av 6	Av 7	Média
Documentação do sistema de gestão	0,042	0,077	0,032	0,066	0,023	0,077	0,027	<b>0,049</b>
Controle de documentos do sistema de gestão	0,065	0,061	0,096	0,043	0,028	0,093	0,022	<b>0,058</b>
Controle de registros	0,062	0,12	0,24	0,05	0,13	0,101	0,024	<b>0,104</b>
Ações para abordar riscos e oportunidades	0,043	0,105	0,058	0,135	0,046	0,168	0,226	<b>0,112</b>
Melhoria	0,138	0,04	0,213	0,069	0,069	0,146	0,131	<b>0,115</b>
Ações corretivas	0,08	0,242	0,184	0,145	0,21	0,148	0,126	<b>0,162</b>
Auditorias internas	0,321	0,182	0,129	0,2	0,393	0,112	0,054	<b>0,199</b>
Análises críticas pela gerência	0,249	0,172	0,047	0,291	0,101	0,155	0,391	<b>0,201</b>
Razão de consistência (<0,1)	0,098	0,085	0,102	0,103	0,115	0,025	0,073	

Fonte: Elaboração própria.

O valores percentuais dos elementos detalhados (B) foram multiplicados pelo percentual do valor equivalente ao seu elemento-chave (A), de forma a se chegar ao peso final de cada elemento detalhado (C) da estrutura hierárquica de autoavaliação dos laboratórios de ensaio e calibração (tabela 4.7).

Tabela 4.7 - Pesos finais dos elementos do modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração

Elementos	(A)	(B)	(C)
<b>1. Requisitos gerais</b>	<b>0,081</b>		
1.1 Imparcialidade		0,738	0,060
1.2 Confidencialidade		0,262	0,021
<b>2. Requisitos de estrutura</b>	<b>0,197</b>		
2.1 Responsabilidade legal		0,498	0,098
2.2 Estrutura organizacional e responsabilidades associadas		0,502	0,099
<b>3. Requisitos de recursos</b>	<b>0,291</b>		
3.1 Pessoal		0,237	0,069
3.2 Instalações e condições ambientais		0,168	0,049
3.3 Equipamentos		0,196	0,057
3.4 Rastreabilidade metrológica		0,308	0,090
3.5 Produtos e serviços providos externamente		0,092	0,027
<b>4. Requisitos de processo</b>	<b>0,242</b>		
4.1 Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		0,043	0,010
4.2 Seleção, verificação e validação de métodos		0,127	0,031
4.3 Amostragem		0,069	0,017
4.4 Manuseio de itens de ensaio ou calibração		0,099	0,024
4.5 Registros técnicos		0,105	0,025
4.6 Avaliação da incerteza de medição		0,101	0,025
4.7 Garantia da validade dos resultados		0,176	0,042
4.8 Relato de resultados		0,092	0,022
4.9 Reclamações		0,069	0,017
4.10 Trabalho não conforme		0,062	0,015
4.11 Controle de dados e gestão da informação		0,039	0,010
<b>5. Requisitos do sistema de gestão</b>	<b>0,189</b>		
5.1 Documentação do sistema de gestão		0,049	0,009
5.2 Controle de documentos do sistema de gestão		0,058	0,011
5.3 Controle de registros		0,104	0,020
5.4 Ações para abordar riscos e oportunidades		0,112	0,021
5.5 Melhoria		0,115	0,022
5.6 Ações corretivas		0,162	0,031
5.7 Auditorias internas		0,199	0,038
5.8 Análises críticas pela gerência		0,201	0,038
<b>Total</b>	<b>1,000</b>		<b>1,000</b>

Legenda: (A) - peso do elemento-chave; (B) - peso do elemento detalhado; (C) - peso final do elemento detalhado.

Fonte: Elaboração própria, a partir dos julgamentos dos especialistas.

#### 4.2.5.

#### **Etapla 5 - Aplicação do instrumento de autoavaliação junto a gestores de um laboratório de ensaio e calibração**

A aplicação do instrumento de autoavaliação deve ser realizada junto aos gestores de um laboratório de ensaio e calibração. Essa etapa deve contemplar os seguintes passos: (i) realização de reunião para a apresentação do instrumento de autoavaliação para os gestores do laboratório de ensaio e calibração; (ii) preenchimento do formulário de autoavaliação pelos gestores; e (iii) formatação dos dados coletados para análise posterior, empregando-se o método de análise importância-desempenho (IPA). Esta análise é objeto da etapa 6 do modelo.

O instrumento de autoavaliação que integra o modelo de autoavaliação da maturidade para laboratório de ensaio e calibração segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 é composto por cinco seções. As seções do instrumento de autoavaliação referem-se aos elementos-chave e a avaliação do nível de maturidade de um determinado elemento-chave é feita a partir da avaliação de seus elementos detalhados (ver figura 4.2). O instrumento na íntegra encontra-se no Apêndice 1 desta dissertação.

Para a representação dos resultados da autoavaliação, geraram-se gráficos do tipo radar para os cinco elementos-chave. Esse tipo de gráfico foi inicialmente utilizado como ferramenta de *benchmarking* por Mosley (1999), devido a: (i) a simplicidade e apresentação objetiva de indicadores múltiplos de desempenho; e (ii) a possibilidade de usar a área do gráfico como um indicador de desempenho. O uso desse tipo de gráfico é recomendado também pela Norma ABNT NBR ISO 9004:2010 para a indicação dos resultados da avaliação da gestão sustentável das organizações.

Como sugerido por Mosley (1999), o nível de maturidade de um determinado elemento-chave deve ser calculado somando-se os percentuais da área do gráfico correspondente ao nível de maturidade (1 a 5) atribuído a cada um dos elementos detalhados deste elemento-chave e dividindo-se o total encontrado pelo número de elementos detalhados. Para o nível de maturidade 1, considera-se 20% de maturidade; para o nível 2, 40% ; para o nível 3, 60%; para o nível 4, 80%; e para o nível 5, 100%.

Além disso, conforme argumenta Cidade (2016), gráficos radiais permitem a visualização de progressos periódicos e o planejamento de novas metas de

desempenho. É importante observar que gráficos tipo radar apresentam a forma de polígonos e, por este motivo, necessitam de pelo menos três elementos de avaliação para a sua confecção. Quando existem somente dois elementos a serem avaliados a utilização de gráficos de radar se torna possível por meio do uso do primeiro quadrante de dois eixos perpendiculares entre si.

A figura 4.3 mostra um exemplo didático de um gráfico radar com os resultados da avaliação da maturidade dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos' (caso hipotético).

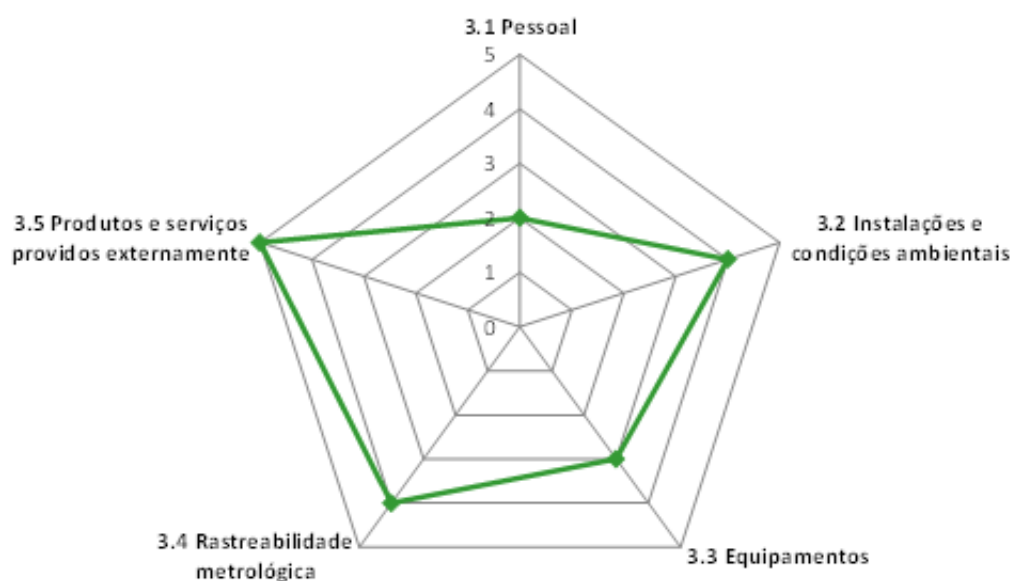


Figura 4.3 – Exemplo didático de um gráfico radar com os resultados da avaliação da maturidade dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Fonte: Elaboração própria.

Neste exemplo hipotético, o índice de maturidade do laboratório em relação ao elemento-chave 'Requisitos de recursos' (IMRR) pôde ser obtido pela soma dos percentuais da área do gráfico correspondente ao nível de maturidade (1 a 5) atribuído a cada um dos elementos detalhados, dividida por 5 (número de elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'). Neste exemplo didático, o IMRR é 72%.

#### 4.2.6.

#### **Etapa 6 - Análise dos resultados da autoavaliação com a utilização do método de análise importância-desempenho (IPA)**

A sexta etapa do modelo refere-se à análise dos resultados da autoavaliação. Recomenda-se nesta etapa o uso do método de análise importância-desempenho

(IPA), conforme proposto por Martilla e James (1977) e, posteriormente, adaptado por Slack (1994).

Para cada elemento-chave, gera-se um espaço bidimensional – importância, como eixo horizontal, e desempenho, como eixo vertical. Definem-se as respectivas escalas de importância pelos intervalos entre os valores máximos e mínimos dos pesos finais atribuídos aos elementos detalhados de cada elemento-chave.

As matrizes importância-desempenho permitem que os gestores de laboratórios de ensaio e calibração mapeiem quatro zonas para proposição de ações voltadas para o alcance de níveis superiores de maturidade (figura 4.4).

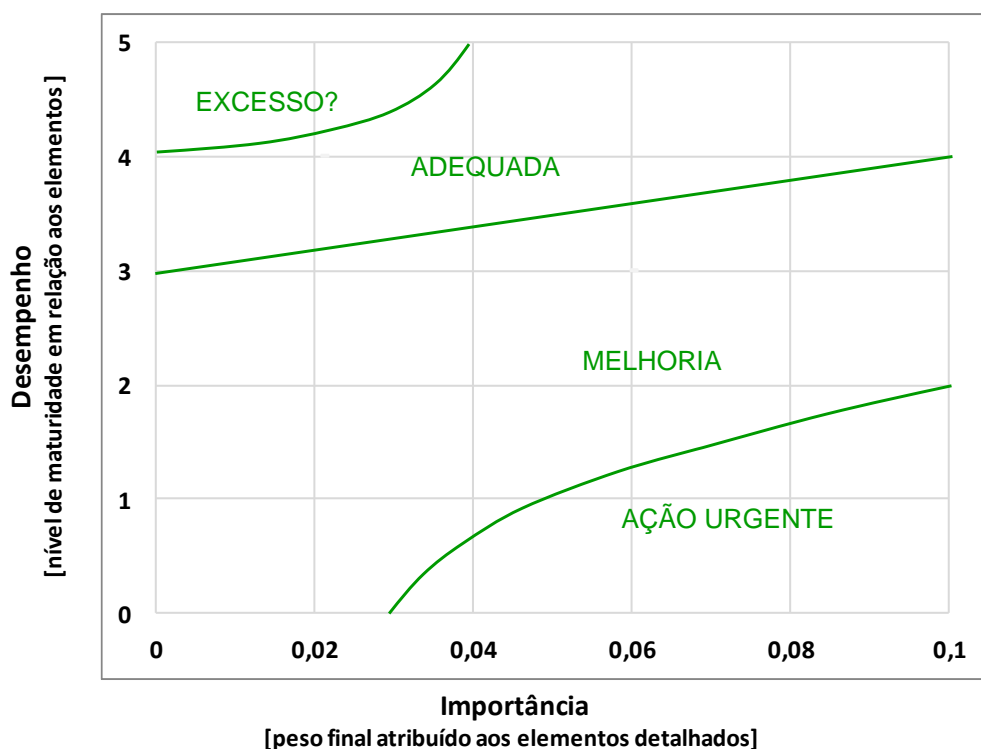


Figura 4.4 – Matriz importância-desempenho com indicação das zonas de decisão

Fonte: Elaboração própria, com base em Slack (1994).

Essas zonas podem ser assim caracterizadas: (i) zona de excesso? (elementos detalhados de baixa importância e alto nível de maturidade, sendo necessário analisar se recursos em demasia estão sendo utilizados para atingir esse nível); (ii) zona adequada (elementos detalhados de importância e maturidade equilibrados no curto e médio prazo, porém no longo prazo esse equilíbrio não se sustenta); (iii) zona de melhoria (elementos detalhados de importância e desempenho intermediário, situando-se entre a zona de equilíbrio e a de níveis baixos de maturidade); e (iv) zona de ação urgente (elementos detalhados de alta importância

e baixo nível de maturidade, portanto críticos, requerendo iniciativas urgentes do laboratório que foi avaliado).

Para o modelo de autoavaliação da maturidade de laboratórios de ensaio e calibração, os valores limites que deverão ser adotados na construção das matrizes IPA são: (i) 0 a 5 para o eixo vertical; e (ii) 0,000 e 0,100 para o eixo horizontal, considerando que o valor superior deve corresponder ao maior peso atribuído aos elementos detalhados do modelo.

Além disso, para definir os valores que delimitam as quatro zonas da matriz importância-desempenho devem ser utilizados os seguintes procedimentos: (i) a zona ‘Ação urgente’ deve ser situada entre o eixo horizontal e a curva logarítmica que liga os pontos de valores (0,03; 0) e (0,10; 2); (ii) a zona ‘Melhoria’ deve ser delimitada pela área entre a curva logarítmica mencionada e a reta que liga os pontos (0; 3) e (0,10; 4); (iii) a zona ‘Adequada’ deve ser situada entre a reta que liga os pontos (0; 3) e (0,10; 4) e a curva exponencial que interliga os pontos (0; 4) e (0,04; 5); e (iv) a zona ‘Excesso?’ deve ser delimitada pelos valores superiores à curva exponencial que interliga os pontos (0; 4) e (0,04; 5).

A figura 4.5 apresenta um exemplo didático de uma matriz importância-desempenho, para ilustrar o posicionamento de um determinado laboratório de ensaio e calibração em relação aos elementos detalhados do elemento-chave ‘Requisitos de recursos’.



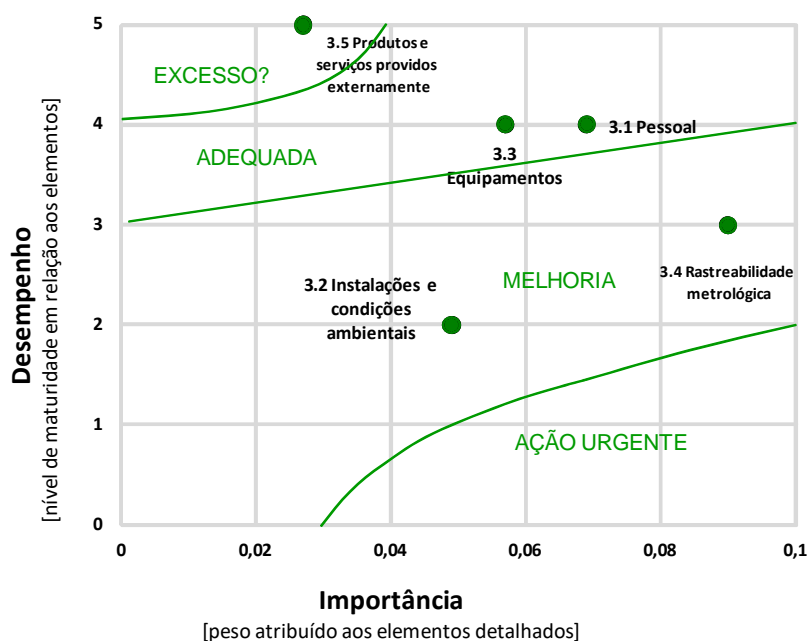


Figura 4.5 – Exemplo didático de uma matriz importância-desempenho referente aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Fonte: Elaboração própria.

#### 4.2.7.

#### **Etapla 7 – Elaboração do relatório de autoavaliação do laboratório de ensaio e calibração**

Esta é a última etapa do modelo conceitual, na qual deverá ser elaborado um relatório de autoavaliação contendo: (i) diagnóstico do nível de maturidade do laboratório de ensaio e calibração em questão, contendo gráficos radiais que indicam o estágio atual de maturidade do laboratório em relação aos elementos detalhados de cada elemento-chave; (ii) indicação de questões críticas e oportunidades de melhoria, conforme zonas de decisão das respectivas matrizes importância-dependência dos elementos-chave, como ilustrado na figura 4.4; e (iii) definição de metas para aumentar os níveis de maturidade referentes àqueles elementos detalhados, que se mostraram com níveis inferiores ou críticos.

Essas metas devem ser definidas, considerando-se um determinado horizonte temporal (curto, médio ou longo prazo) e podem ser expressas graficamente nos mesmos gráficos radiais do item (i) acima, porém em cor contrastante (figura 4.6).

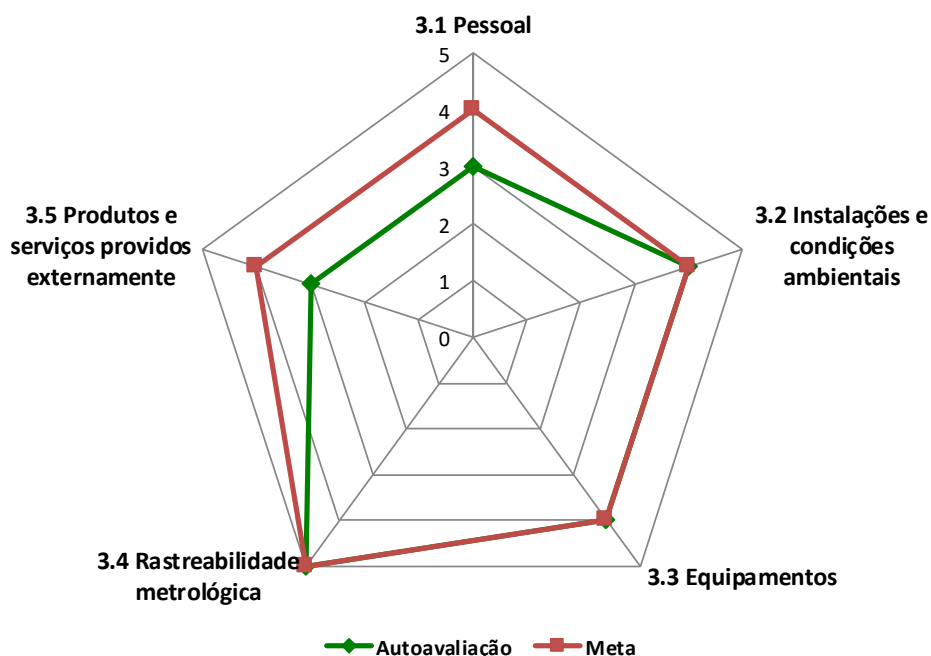


Figura 4.6 – Exemplo didático de um gráfico radar com metas de melhoria da maturidade referentes ao elemento-chave ‘Requisitos de recursos’

Fonte: Elaboração própria.

### 4.3. Considerações finais sobre o capítulo

Propôs-se neste capítulo um modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração. O modelo foi desenvolvido segundo os requisitos da Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017 e com emprego de uma escala de maturidade e de dois métodos de apoio à decisão. A definição do conceito de maturidade aplicado aos referidos laboratórios e a definição dos elementos-chave e dos vinte e oito elementos detalhados necessários à avaliação deste tipo de organização permitiu a estruturação do modelo de maturidade aqui proposto.

A atribuição de pesos aos elementos constituintes do modelo foi realizada mediante consulta a especialistas e utilizou um método multicritério de apoio à decisão consagrado – método analítico hierárquico ou AHP. Já a aplicação do instrumento de autoavaliação deve ser conduzida sempre junto aos gestores do

laboratório a ser avaliado, seguida da análise dos resultados pelo método de análise importância-desempenho (IPA), como descrito no item 4.2.6.

Este modelo de autoavaliação permite, além da identificação do nível de maturidade em que o laboratório se encontra, o planejamento de ações e o monitoramento de seu progresso. A partir da identificação do posicionamento dos elementos detalhados nas respectivas matrizes IPA, é possível planejar e priorizar os esforços que irão promover a evolução da maturidade do laboratório como um todo.

O modelo proposto, de acordo com a classificação de De Bruin *et al.* (2005), pode ser utilizado tanto como um modelo descritivo, quanto um modelo prescritivo. Na condição de modelo descritivo, pode ser utilizado como uma ferramenta de avaliação da condição em que o laboratório se encontra. Na condição de modelo prescritivo, por sua vez, além de avaliar a condição em que o laboratório se encontra, os resultados de sua aplicação fundamentam a elaboração de planos de ação que visem à obtenção da acreditação pretendida ou à melhoria contínua.

Além da identificação dos espaços para melhoria e evolução, a informação gerada nas matrizes IPA poderá ser útil para estimular iniciativas de *benchmarking* entre laboratórios de uma determinada rede, desde que mantidos os pesos finais dos elementos, como no modelo aqui proposto.

## 5

### **Validação empírica do modelo: estudo de caso de um laboratório de ensaio da Marinha do Brasil**

O capítulo 5 inicia com as proposições do estudo de caso e a definição das questões norteadoras para seu desenvolvimento, conforme protocolo proposto por Yin (2005). Na sequência, delimita e caracteriza a unidade de análise e o contexto organizacional de um dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil (MB), selecionado para fins deste estudo. Em seguida, apresenta e discute os resultados da aplicação do modelo conceitual de autoavaliação no referido Laboratório. Com base nesses resultados, foi possível identificar oportunidades de melhoria para o Laboratório em foco, que poderão ser objeto de ações por parte de seu gestor, visando alcançar níveis superiores de desempenho em relação aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e obter a acreditação pela Cgcre. O principal resultado advindo da aplicação do modelo conceitual no Laboratório em foco foi a determinação do atual nível de maturidade em relação ao atendimento aos requisitos da referida Norma e proposição de ações na perspectiva da futura acreditação pelo Inmetro.

#### **5.1.**

##### **Proposição do estudo de caso e definição das questões norteadoras**

A motivação de desenvolver um modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração partiu da proposta de estruturação e implementação de um Sistema de Metrologia da Marinha (Sismetrom), responsável pela supervisão das atividades de metrologia, normalização e avaliação da conformidade no âmbito da MB. Nessa proposta, consta que o Sismetrom avaliará a competência técnica, a imparcialidade e consistência operacional dos laboratórios de ensaio e calibração da MB, de forma a verificar se os mesmos estão aptos a serem acreditados pelo Inmetro, segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Assim, a proposição deste estudo é demonstrar que o instrumento de autoavaliação que consta do apêndice 1 desta dissertação pode ser utilizado de

maneira efetiva para medir o nível de maturidade de laboratórios de ensaio e calibração, segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Busca-se validar empiricamente o modelo conceitual de autoavaliação proposto no capítulo 4, tomando-se como ambiente organizacional um laboratório de ensaio e calibração da Marinha do Brasil localizado no município do Rio de Janeiro, tendo seu gestor conhecimento sobre a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Com base no protocolo de estudos de casos proposto por Yin (2005), definem-se também nesta seção as questões norteadoras para seu desenvolvimento.

As questões norteadoras foram assim formuladas:

- É possível demonstrar empiricamente a aplicabilidade do modelo conceitual de autoavaliação proposto para laboratórios de ensaio e calibração, que almejam obter a acreditação pelo Inmetro?
- Qual o nível de maturidade do Laboratório de Ensaio e Calibração da Marinha do Brasil, selecionado para fins de demonstração da aplicabilidade do modelo proposto?
- Quais os principais desafios a serem gerenciados por esse Laboratório e que recomendações deverão ser endereçadas ao seu gestor, tendo em vista uma futura acreditação pela Cgcre?

Segundo Yin (2005), pode-se classificar este estudo de caso como um caso simples holístico, que considera: (i) um único contexto geral – a estrutura de laboratórios da Marinha do Brasil; (ii) um único contexto organizacional – o Laboratório da MB, selecionado para este estudo; e (iii) uma unidade de análise, como será descrita no item 5.2.1.

## **5.2.**

### **Caracterização da unidade de análise e seu contexto organizacional**

Busca-se nesta seção delimitar e caracterizar a unidade de análise do estudo empírico e seu contexto organizacional, apresentando o perfil institucional da Marinha do Brasil e sua infraestrutura laboratorial.

### **5.2.1. Unidade de análise**

A unidade de análise deve considerar o modo como o problema de pesquisa foi definido. Dessa forma, analisando-se o problema de pesquisa, definiu-se que a unidade de análise neste estudo de caso é a autoavaliação da competência, imparcialidade e consistência operacional do Laboratório da MB, baseada nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

### **5.2.2. Contexto organizacional: a Marinha do Brasil e o laboratório de ensaio e calibração selecionado**

As Forças Armadas brasileiras, compostas pela Marinha do Brasil, Exército Brasileiro e pela Força Aérea Brasileira, são instituições permanentes, cuja existência foi e é estabelecida pela Constituição Federal. Conforme apresentado pelo Supremo Tribunal Federal (STF, 2008), o Brasil já teve sete constituições (1824, 1891, 1934, 1937, 1946, 1967 e 1988), desde a proclamação de sua independência em 1822, e em todas elas as Forças Armadas possuem sua função definida.

A Marinha do Brasil (MB) tem como missão contribuir para a Defesa da Pátria, a garantia dos poderes constitucionais e da lei e da ordem por meio do preparo e emprego do Poder Naval, que é composto pelos meios navais, aeronavais e fuzileiros navais (Brasil, 2012). Para poder realizar sua missão é necessário, sucintamente, a aplicação de recursos pessoais e materiais. O material, resumidamente navios, aeronaves e veículos, deve estar em plena condição de emprego. Esta condição é atingida por meio da garantia do funcionamento adequado dos diversos sistemas e equipamentos e pela utilização de insumos dentro das especificações estabelecidas por esses. O controle do funcionamento de diversos equipamentos é realizado, entre outras coisas, por instrumentos de medição que devem estar adequadamente calibrados. A qualidade de insumos, por sua vez, na impossibilidade de comprovação de suas características ou em função da possibilidade de deterioração, deve ser continuamente verificada.

A MB possui instalações, comumente conhecidas como organizações militares, ao longo de todo território nacional, distribuídos em nove distritos navais conforme apresentado na figura 5.1. Além disso, cada organização militar da

Marinha do Brasil possui independência administrativa e possui próprio Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ).

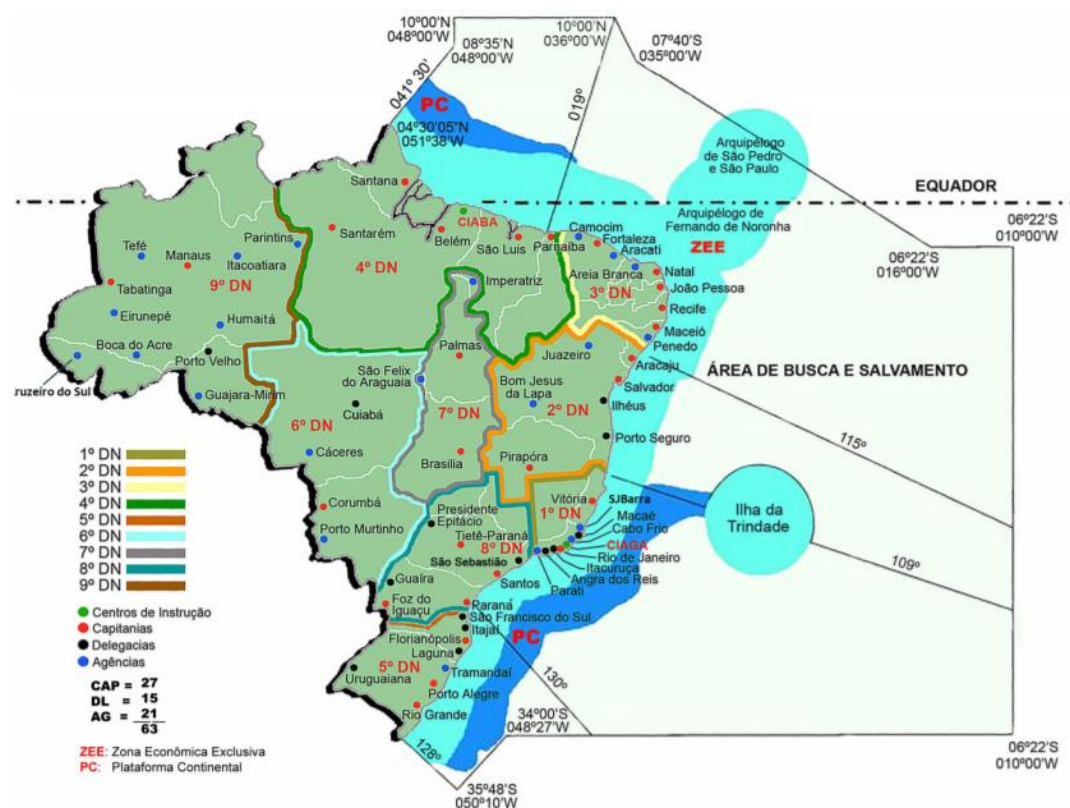


Figura 5.1 – Localização dos distritos navais da Marinha do Brasil

Fonte: Diretoria de Portos e Costas.

Uma proporção considerável da infraestrutura de logística, manutenção e pesquisa da MB está localizada no estado do Rio de Janeiro.

No que tange à infraestrutura laboratorial da instituição no estado do Rio de Janeiro, identificaram-se 27 laboratórios da MB, que realizam atividades tanto na área de produção, quanto de pesquisa e que se enquadram como laboratórios de ensaio e de calibração.

O quadro 5.1 apresenta a relação dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil, localizados no estado do Rio de Janeiro.

Quadro 5.1 – Relação dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil

<b>Laboratórios da Marinha do Brasil</b>
Laboratório de Análise de Propelentes do Centro de Munição da Marinha (CMM)
Laboratório de Preparo de Amostras de Paiol do CMM
Laboratório de Soluções do CMM
Laboratório do Depósito de Combustíveis da Marinha no Rio de Janeiro (DepCMRJ)
Laboratório de Sistemas Inerciais do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM)
Câmara Anecóica para Ensaio de Antenas Radar do IPqM
Laboratório de Micro-ondas para Caracterização de Componentes e Subsistemas do IPqM
Laboratório de Processamento e Caracterização de Cerâmicas Avançadas do IPqM
Laboratório de Análise Térmica e Calorimetria do IPqM
Laboratório de Processamento de Polímeros Especiais do IPqM
Laboratório de Análises Químicas do IPqM
Laboratório de Processamento e Caracterização de Cerâmicas Piezoelétricas do tipo PZT do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM)
Laboratório de Avaliação de Refletividade Eletromagnética em Materiais do Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM)
Laboratório de Ensaios Mecânicos do Arsenal de Marinha do Rio de Janeiro (AMRJ)
Laboratório de Ensaios Não-destrutivos do AMRJ
Seção de Metrologia do Centro de Manutenção de Sistemas da Marinha (CMS)
Laboratório de Análise de Fluidos da Base Aérea Naval de São Pedro da Aldeia (BaeNSPA)
Laboratório de Ensaios Não-destrutivos da BaeNSPA
Laboratório de Metrologia da BaeNSPA
Oficina de Equipamento de Teste da BaeNSPA
Laboratório de Metrologia da Base Almirante Castro e Silva (BACS)
Laboratório de detecção de Agentes Nuclear Biológico Químico e Radiológico do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais (CTecCFN)
Laboratório de Ensaio Dinamométrico (CTecCFN)
Oficina de Ensaios Não-Destrutivos da Base Naval do Rio de Janeiro (BNRJ)
Laboratório de Acústica Submarina do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM)
Divisão de Química e Geoquímica do Instituto de Estudos do Mar Almirante Paulo Moreira (IEAPM)
Divisão de Sinalização Náutica do Centro de Auxílios à Navegação Almirante Moraes Rego (CAMR)

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3.

#### Aplicação do modelo de autoavaliação no Laboratório da MB

O modelo de autoavaliação da maturidade de laboratórios de ensaio e calibração proposto nesta dissertação foi aplicado em um dos laboratórios da Marinha do Brasil, aqui denominado Laboratório da MB (nome fantasia).

Os critérios utilizados para a escolha do laboratório – ambiente organizacional para validação empírica do modelo conceitual proposto no capítulo 4 – foram: (i) localização, ou seja, o laboratório deveria se localizar na região metropolitana do Rio de Janeiro; e (ii) existência de responsável dedicado à gestão



do laboratório, com conhecimento sobre a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Com relação ao primeiro critério, a identificação dos laboratórios candidatos foi realizada por meio da seleção dos laboratórios existentes na estrutura organizacional da Marinha do Brasil apresentada no item 5.1 e localizados na região metropolitana do Rio de Janeiro.

No que tange ao segundo critério, por sua vez, a escolha teve como referência a pesquisa realizada por Branco (2018) que, por meio de questionário, realizou o diagnóstico organizacional dos laboratórios da Marinha do Brasil com relação aos conhecimentos de metrologia, normalização, regulamentação, acreditação, inspeção e avaliação da conformidade.

Após a seleção do laboratório foi realizado contato com seu gestor, visando verificar a disponibilidade em sua agenda para participar da aplicação do modelo conceitual. Após a resposta afirmativa, o gestor informou que o laboratório já havia passado por uma consultoria relacionada à acreditação, porém ainda não se encontrava com todas as condições necessárias para se submeter ao processo de acreditação junto à Cgcre. Por fim, em virtude de se tratar de uma organização militar, seu gestor solicitou confidencialidade sobre os dados de identificação do laboratório. Por esta razão, atribui-se um nome fantasia ao laboratório para fins deste estudo – Laboratório da MB.

### **5.3.1. Coleta e formatação dos dados**

Uma vez selecionado o Laboratório da MB, o instrumento do apêndice 1 foi encaminhado para seu gestor, que respondeu dentro do prazo previsto.

A tabela 5.1 congrega os resultados obtidos na autoavaliação do Laboratório e apresenta o nível de maturidade atribuído pelo seu gestor a cada elemento detalhado da estrutura da figura 4.2.

Após o preenchimento do instrumento de autoavaliação pelo gestor do Laboratório da MB, elaboraram-se gráficos radiais por elemento-chave, que permitiram visualizar os índices de maturidade desses elementos e a pontuação atribuída aos respectivos elementos detalhados do modelo.

Tabela 5.1 – Resultado da autoavaliação da maturidade do Laboratório da MB

Elemento	Nível de maturidade (n) [elemento detalhado]	Índice de maturidade (%) [elemento-chave]
<b>1. Requisitos gerais</b>		<b>70 (média aritmética)</b>
1.1 Imparcialidade	3	
1.2 Confidencialidade	4	
<b>2. Requisitos de estrutura</b>		<b>80 (média aritmética)</b>
2.1 Responsabilidade legal	4	
2.2 Estrutura organizacional e responsabilidades associadas	4	
<b>3. Requisitos de recursos</b>		<b>76 (média aritmética)</b>
3.1 Pessoal	3	
3.2 Instalações e condições ambientais	4	
3.3 Equipamentos	4	
3.4 Rastreabilidade metrológica	5	
3.5 Produtos e serviços providos externamente	3	
<b>4. Requisitos de processo</b>		<b>68 (média aritmética)</b>
4.1 Análise crítica de pedidos, propostas e contratos	4	
4.2 Seleção, verificação e validação de métodos	3	
4.3 Amostragem	Não se aplica	
4.4 Manuseio de itens de ensaio ou calibração	4	
4.5 Registros técnicos	4	
4.6 Avaliação da incerteza de medição	4	
4.7 Garantia da validade dos resultados	4	
4.8 Relato de resultados	4	
4.9 Reclamações	3	
4.10 Trabalho não conforme	2	
4.11 Controle de dados e gestão da informação	2	
<b>5. Requisitos do sistema de gestão</b>		<b>55 (média aritmética)</b>
5.1 Documentação do sistema de gestão	3	
5.2 Controle de documentos do sistema de gestão	3	
5.3 Controle de registros	3	
5.4 Ações para abordar riscos e oportunidades	2	
5.5 Melhoria	3	
5.6 Ações corretivas	3	
5.7 Auditorias internas	2	
5.8 Análises críticas pela gerência	3	
<b>Resultado geral da autoavaliação</b>	<b>3,3 (média)</b>	<b>69,8 (média aritmética)</b>

Fonte: Elaboração própria, com base nos julgamentos do gestor do Laboratório da MB.

As figuras 5.2 a 5.6 apresentam os gráficos radiais com os resultados da autoavaliação do Laboratório da MB, que permitem evidenciar os pontos fortes e oportunidades de melhoria referentes aos elementos detalhados de cada elemento-chave.

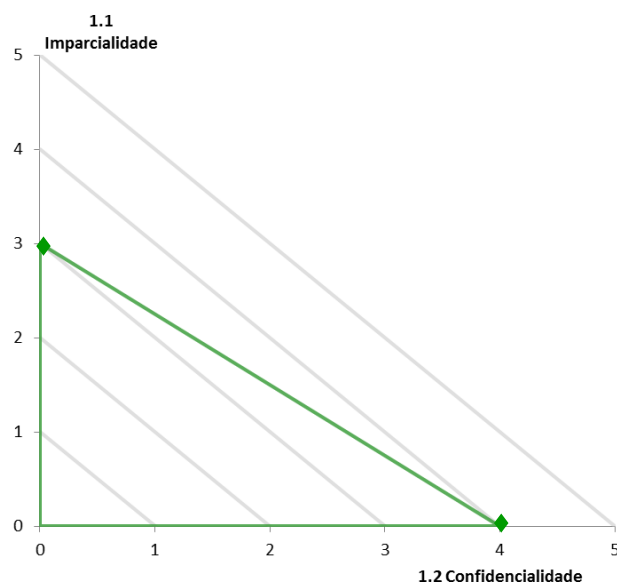


Figura 5.2 – Resultado da avaliação de desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais'

Fonte: Elaboração própria.

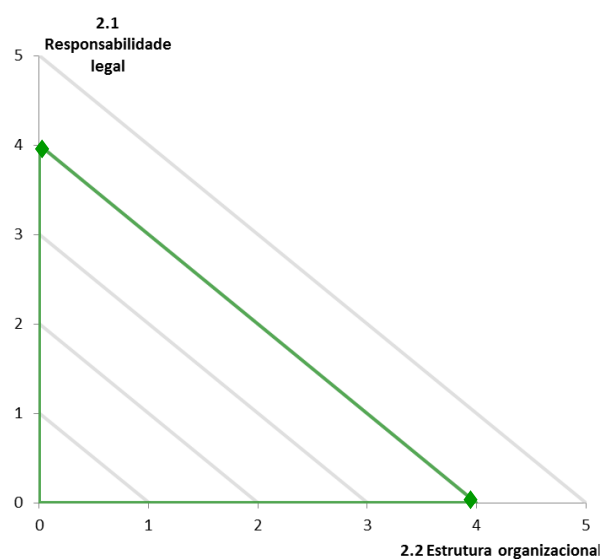


Figura 5.3 – Resultado da avaliação de desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura'

Fonte: Elaboração própria.

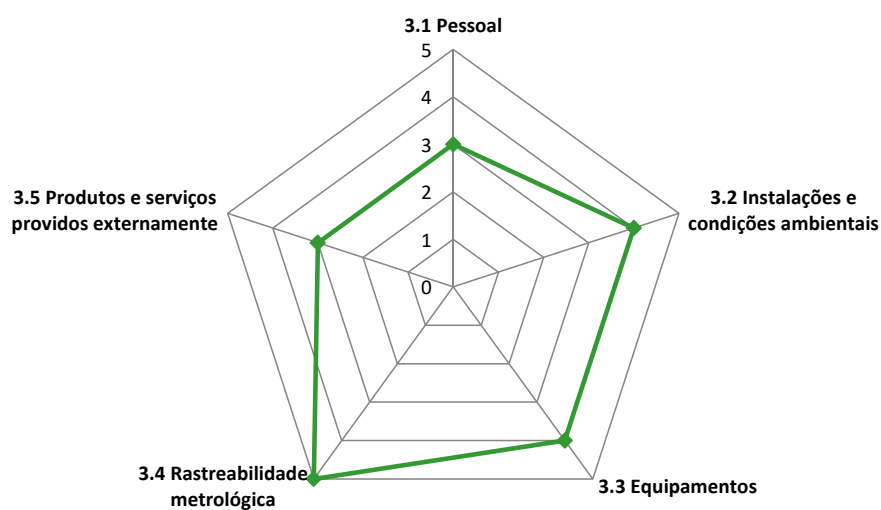


Figura 5.4 – Resultado da avaliação de desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Fonte: Elaboração própria.

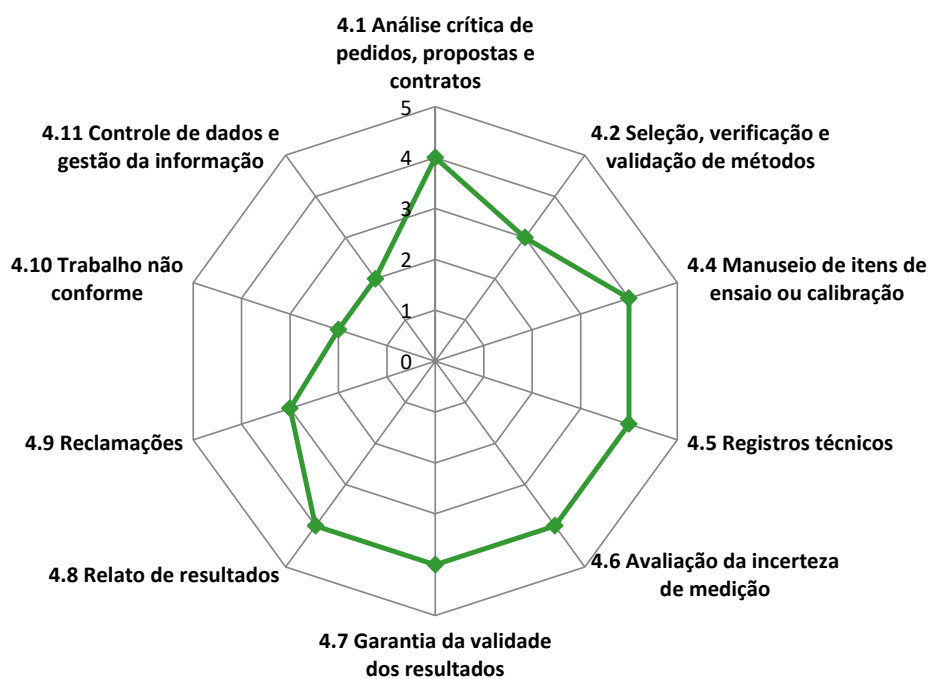


Figura 5.5 – Resultado da avaliação de desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo'

Fonte: Elaboração própria.

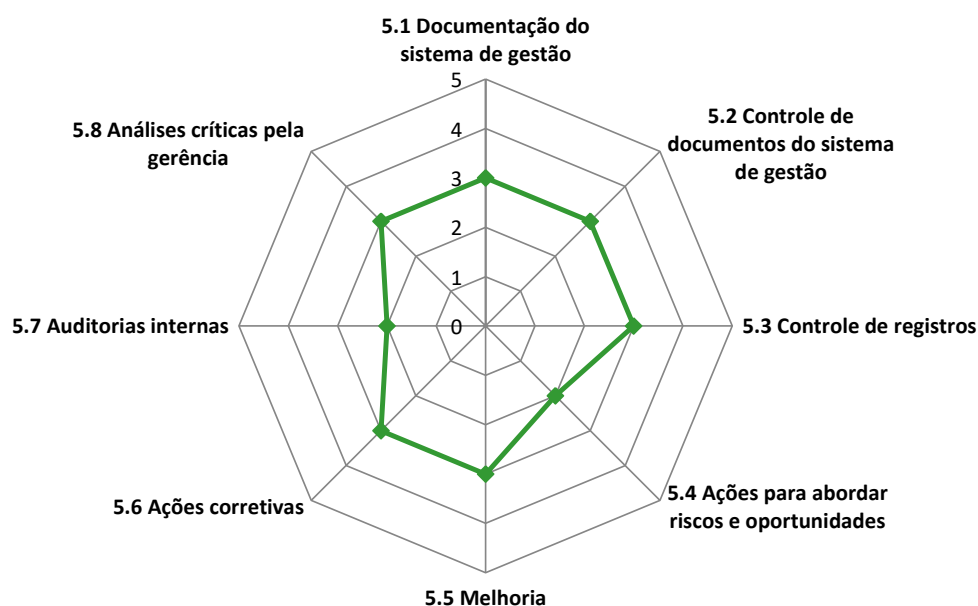


Figura 5.6 – Resultado da avaliação de desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão'

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3.2.

#### **Análise dos resultados da autoavaliação: uso do método de análise importância–desempenho (IPA)**

Na sequência, utilizou-se o método de análise importância-desempenho (IPA), conforme descrito no anexo 2 e sintetizado no item 4.2.6 desta dissertação.

Para a construção das matrizes importância-desempenho, consideraram-se os pesos finais dos elementos detalhados, conforme tabela 4.7, e os graus de maturidade atribuídos pelo gestor do Laboratório da MB a esses elementos (tabela 5.1). As escalas numéricas foram padronizadas para todas as matrizes, conforme pode ser observado nos eixos das figuras 5.7 a 5.11.

Essas figuras permitiram que o gestor identificasse, para cada elemento-chave, a situação de seus elementos detalhados, segundo as quatro zonas definidas por Slack (1994) e contextualizadas para fins desta pesquisa: (i) zona de 'excesso?' (elementos de baixa importância e alto nível de maturidade do Laboratório da MB, sendo necessário analisar se recursos em demasia estão sendo utilizados para atingir esse nível); (ii) zona adequada (elementos de importância e maturidade equilibrados no curto e médio prazo pelo gestor do Laboratório da MB, porém no longo prazo esse equilíbrio poderá não ser mais sustentado); (iii) zona de melhoria (elementos de importância e maturidade intermediárias do Laboratório da MB, situando-se

entre a zona de equilíbrio e a de baixa maturidade); e (iv) zona de ação urgente (elementos de alta importância e de baixa maturidade do Laboratório da MB, ou seja, representam questões críticas que irão requerer do gestor deste Laboratório iniciativas urgentes voltadas para o aumento do nível de maturidade em relação a esses elementos).

A figura 5.7 representa a matriz importância-desempenho referente ao elemento-chave 'Requisitos gerais', com indicação das quatro zonas acima descritas. Observa-se nesta figura que no Laboratório da MB o elemento detalhado 'Confidencialidade' situa-se na zona 'Adequada' e o elemento detalhado 'Imparcialidade' na zona 'Melhoria'. Não representam, portanto, situações críticas que irão demandar recursos e agilidade para seu equacionamento.

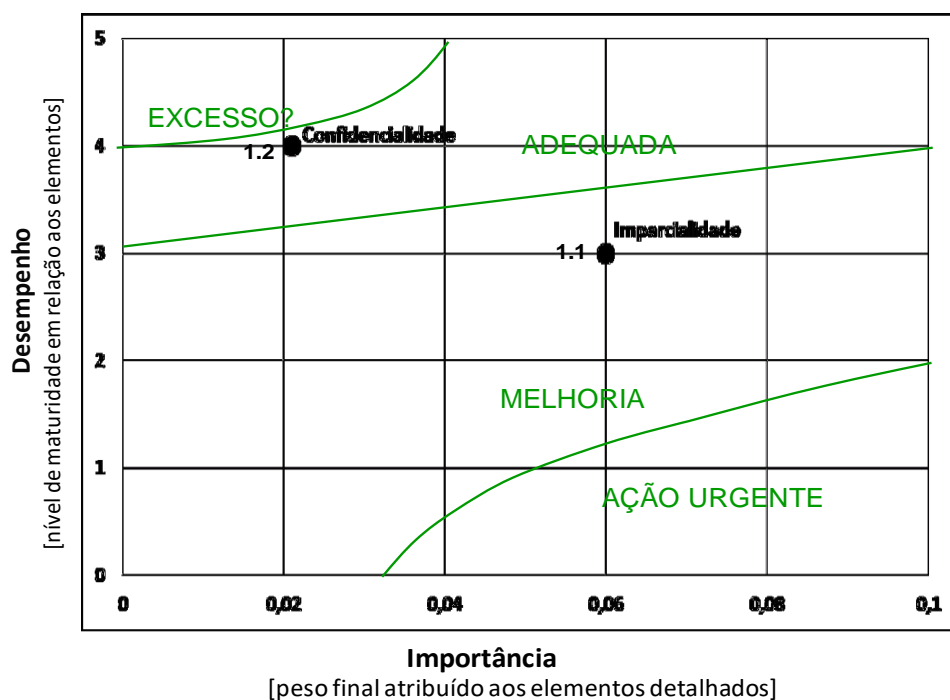


Figura 5.7 – Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais'

Fonte: Elaboração própria.

A figura 5.8, a seguir, representa a matriz importância-desempenho referente ao elemento-chave 'Requisitos de estrutura'.

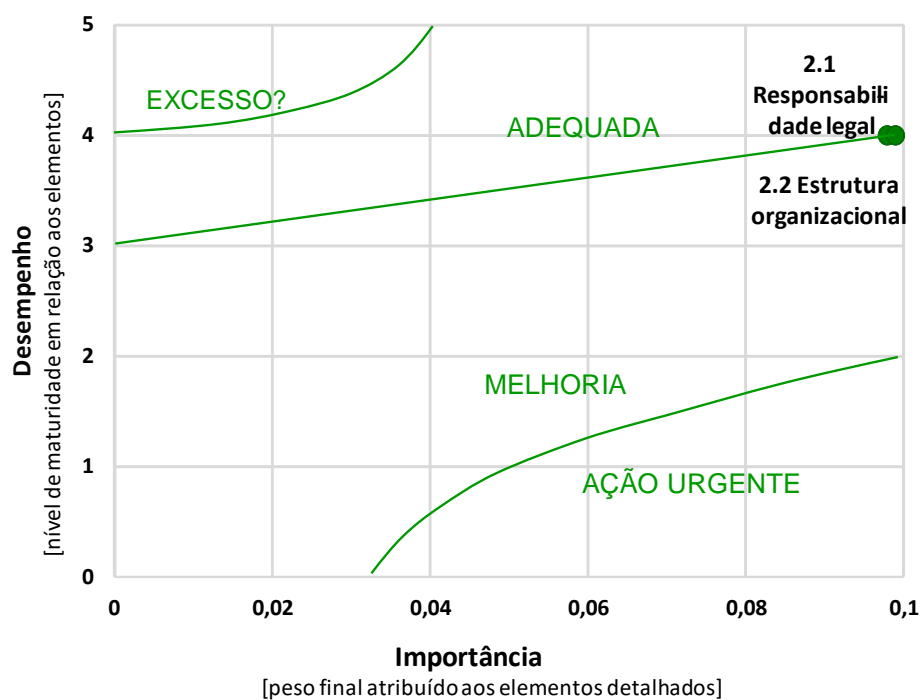


Figura 5.8 – Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'requisitos de estrutura'

Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de estrutura', apresentados na figura 5.8, observa-se que o Laboratório da MB possui os dois elementos detalhados deste grupo localizados na zona 'Adequada', embora limítrofes com a zona de 'Melhoria'.

Na sequência, apresenta-se na figura 5.9 a matriz importância-desempenho referente ao elemento-chave 'Requisitos de recursos'.

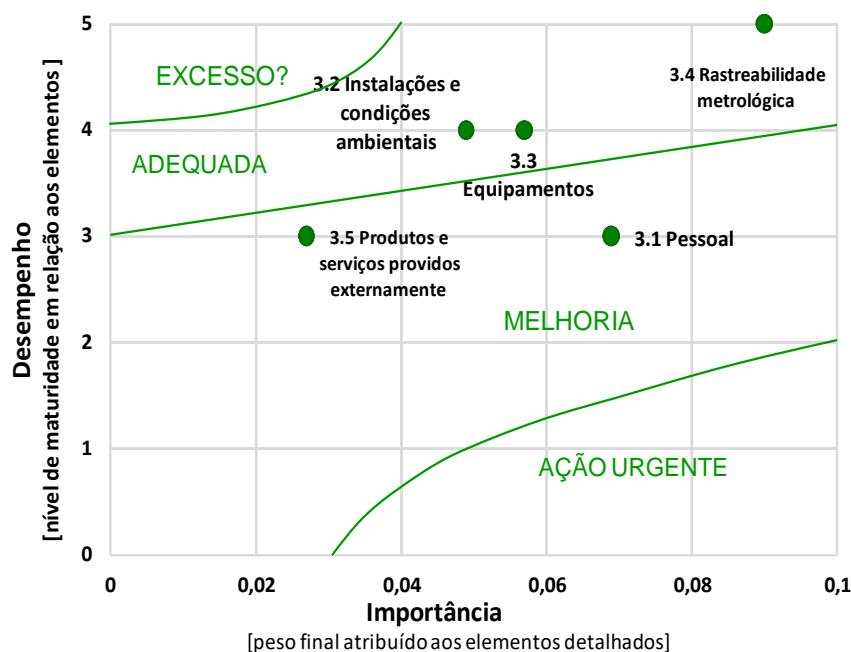


Figura 5.9 – Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

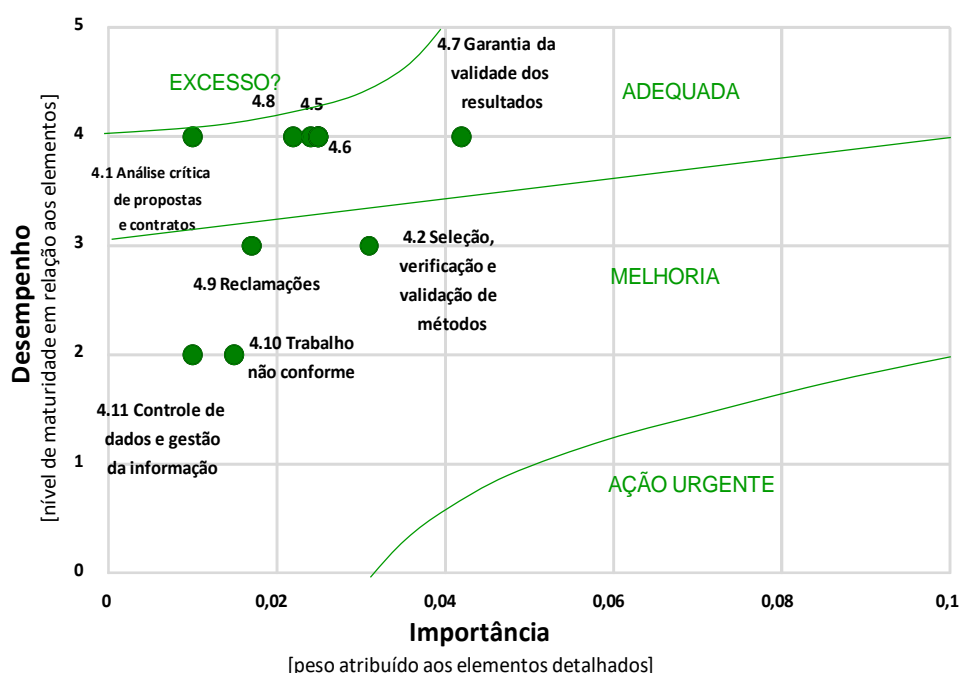
Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos', apresentados na figura 5.9, observa-se que os elementos detalhados 'Instalações e condições ambientais'; 'Equipamentos'; e 'Rastreabilidade metrológica' estão localizados na zona 'Adequada'. Já os elementos detalhados 'Pessoal' e 'Produtos e serviços providos externamente' estão localizados na zona de 'Melhoria' por serem elementos de importância e maturidade intermediárias, situando-se entre a zona de equilíbrio e a de baixa maturidade.

Todos os elementos detalhados deste elemento-chave deverão ser objeto de iniciativas por parte da liderança do Laboratório da MB, sendo que as ações associadas aos elementos da zona de 'Melhoria', ou seja, 'Pessoal' e 'Produtos e serviços providos externamente', deverão ser definidas para o curto e médio prazos.



A figura 5.10 representa a matriz importância-desempenho referente ao elemento-chave 'Requisitos de processo'.



Legenda: Itens 4.4 – Manuseio de itens de ensaio ou calibração; 4.5 – Registros técnicos; 4.6 – Avaliação da incerteza de medição; 4.8 – Relato de resultados.

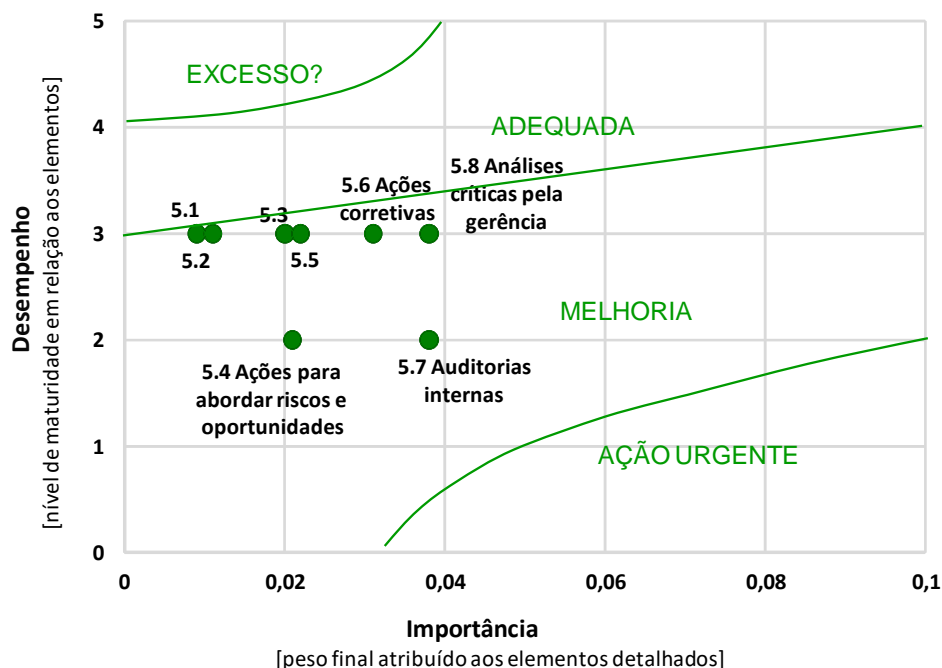
Figura 5.10 – Matriz importância-desempenho do Laboratório da MB: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo'

Fonte: Elaboração própria.

Com relação aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo', apresentados na figura 5.10, observa-se que dentre os 10 elementos considerados neste elemento-chave, apenas quatro situam-se na zona de 'Melhoria', ou seja, 'Seleção, verificação e validação de métodos'; 'Reclamações'; 'Trabalho não conforme'; e 'Controle de dados e gestão da informação'. Os demais encontram-se na zona 'Adequada'.

A matriz importância-desempenho referente ao elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão' é mostrada na figura 5.11, adiante. Com relação aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão', apresentados na figura 5.11, observa-se que todos os elementos detalhados desse grupo encontram-se na zona de 'Melhoria'.

A exemplo da análise de outras matrizes, todos os elementos detalhados deste elemento-chave deverão ser objeto de iniciativas por parte da liderança do Laboratório da MB no curto e médio prazos.



Legenda: 5.1 – Documentação do sistema de gestão; 5.2 – Controle de documentos do sistema de gestão; 5.3 – Controle de registros; 5.4 - Ações para abordar riscos e oportunidades; 5.5 – Melhoria.

Figura 5.11 – Matriz importância-desempenho do Laboratório: foco nos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos do sistema de gestão'

Fonte: Elaboração própria.

### 5.3.3.

#### Definição de metas e proposição de ações para acreditação

A avaliação das matrizes importância-desempenho permitiu identificar os elementos detalhados que não estão enquadrados na zona 'Adequada'. Uma vez identificados tais elementos, foi possível definir ações que, quando implementadas, deslocarão esses elementos para a zona desejada em um próximo ciclo de autoavaliação.

Para o Laboratório da MB, as ações a serem empreendidas por elemento-chave no curto prazo (horizonte de dois anos) são:

- 'Requisitos gerais': implementação pela alta administração do Laboratório de ações que visem à identificação e à salvaguarda da imparcialidade deste;

- 'Requisitos de estrutura': não existem ações a serem empreendidas em virtude dos dois elementos detalhados deste grupo estarem enquadrados na zona adequada.
- 'Requisitos de recursos':
  - Implementação pela alta administração e gerência do Laboratório de ações de capacitação e garantia da competência do pessoal;
  - Estabelecimento de procedimentos e registros para a definição, análise crítica, aprovação e comunicação de requisitos do laboratório para provedores externos.
- 'Requisitos de processo':
  - Implementação de procedimento e ações para seleção, utilização e validação de métodos das atividades de laboratório que executa;
  - Disponibilização de processo documentado para o recebimento, avaliação e tomada de decisão sobre reclamações;
  - Disponibilização e implementação de procedimento para a detecção e tratamento de trabalhos não conformes; e
  - Disponibilização e acesso aos dados e informações necessárias para a realização das atividades do Laboratório.
- 'Requisitos do sistema de gestão':
  - Estabelecimento, documentação, implementação e garantia de políticas e objetivos que visam o atendimento dos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017;
  - Controle da documentação interna e externa com garantia da aprovação destes por pessoal autorizado e realização de análise crítica periódica;
  - Implementação de controles necessários para a identificação, armazenamento, proteção, cópias de segurança, arquivamento, recuperação, tempo de retenção e disposição dos registros das atividades realizadas pelo Laboratório;
  - Planejamento de ações para a avaliação dos riscos e oportunidades associadas as atividades realizadas pelo Laboratório, definição da forma de implementação dessas ações no seu sistema de gestão e avaliação da eficácia das ações implementadas;
  - Identificação, seleção e implementação de oportunidades de melhoria advindas da realização de análises críticas e retroalimentação de clientes;
  - Fortalecimento da capacidade de identificação, análise e reação frente a ocorrência de não conformidades nas atividades de laboratório que executa;

- Planejamento, estabelecimento, implementação e análise de auditorias internas regulares; e
- Avaliação e realização de análises críticas do sistema de gestão do Laboratório pela sua gerência com fim assegurar sua contínua adequação, suficiência e eficácia.

A implementação das ações apresentadas implicará no alcance de novos patamares e, conseqüentemente, novos níveis de evolução de maturidade do Laboratório da MB. As figuras 5.12 a 5.15 apresentam os gráficos tipo radar com os resultados da autoavaliação e as metas de maturidade a serem alcançadas no horizonte de curto prazo (2 anos).

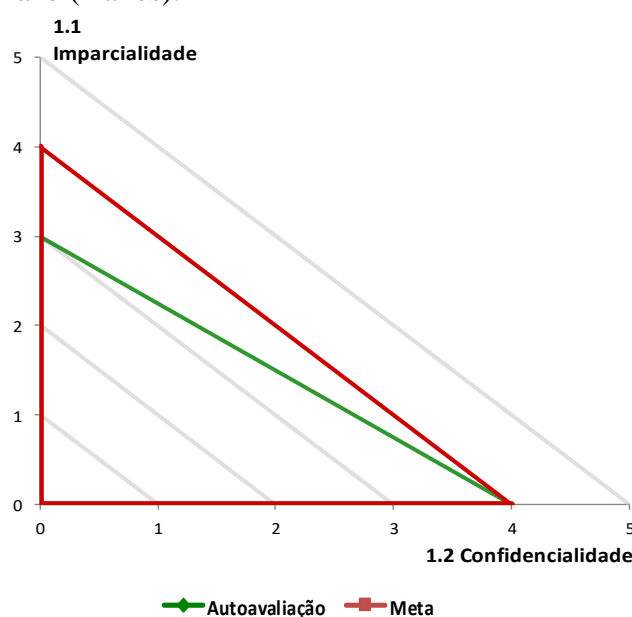


Figura 5.12 - Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos gerais'

Fonte: Elaboração própria.

Metas para o elemento-chave 'Requisitos de estrutura' não foram consideradas nesta etapa, porque todos os elementos detalhados já se encontram no nível 4 de maturidade. Para evoluir para o nível 5, o Laboratório da MB necessita pelo menos 6 anos, conforme discutido no capítulo 4, o que equivale a uma meta de médio prazo. Ressalta-se que a definição de metas nos gráficos das figuras a seguir refere-se ao curto prazo somente.

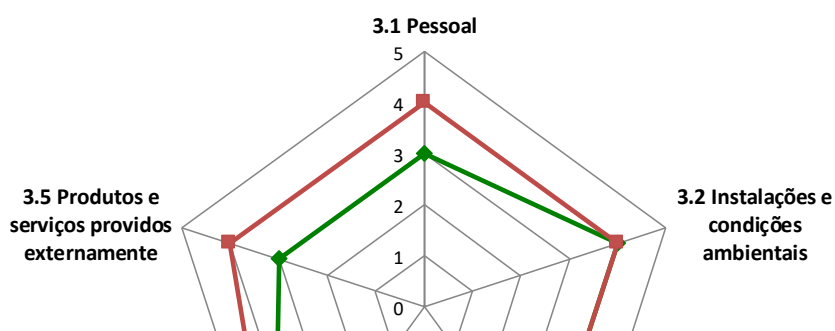


Figura 5.13 – Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Fonte: Elaboração própria.

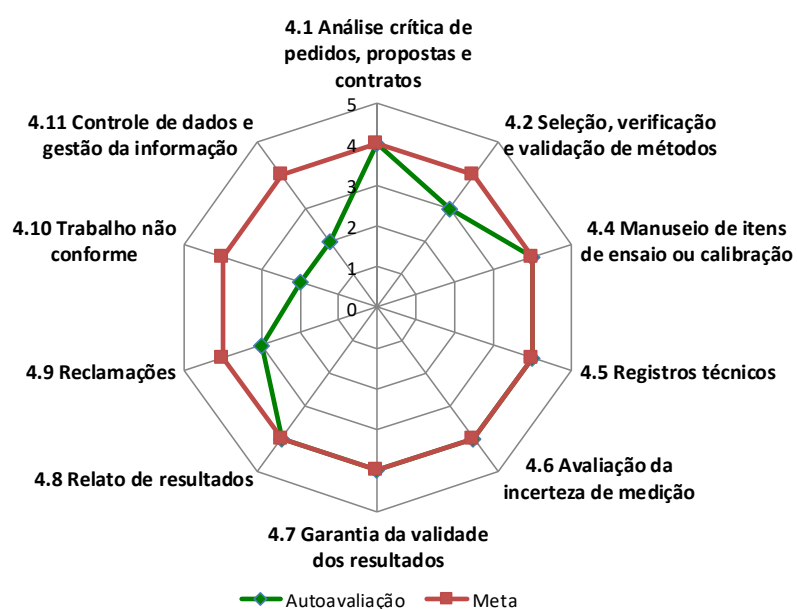


Figura 5.14 – Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo'

Fonte: Elaboração própria.

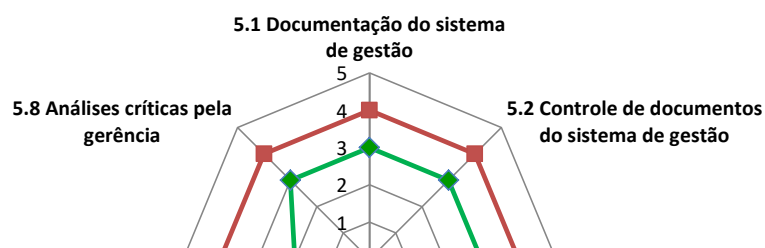


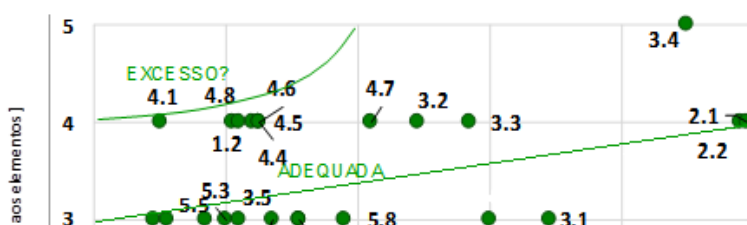
Figura 5.15 – Resultado da autoavaliação e metas de maturidade do Laboratório da MB associadas aos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de sistema do gestão'

Fonte: Elaboração própria.

#### 5.4. Conclusões do estudo de caso

O estudo de caso permitiu demonstrar a aplicabilidade do modelo conceitual de autoavaliação, segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 17025:2017, em um dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil, aqui denominado Laboratório da MB (por razões de sigilo e confidencialidade, como solicitado pelo seu gestor).

Foi possível também identificar objetivamente para quais elementos detalhados do modelo o Laboratório da MB deveria direcionar esforços, ou seja aqueles situados na zona denominada 'Melhoria' da figura 5.16.



Legenda: 1.1 - Imparcialidade; 1.2 - Confidencialidade; 2.1 - Responsabilidade legal; 2.2 - Estrutura organizacional e responsabilidades associadas; 3.1 - Pessoal; 3.2 - Instalações e condições ambientais; 3.3 - Equipamentos; 3.4 - Rastreabilidade metrológica; 3.5 - Produtos e serviços providos externamente; 4.1- Análise crítica de pedidos, propostas e contratos; 4.2 - Seleção, verificação e validação de métodos; 4.4 - Manuseio de itens de ensaio ou calibração; 4.5 - Registros técnicos; 4.6 - Avaliação da incerteza de medição; 4.7 - Garantia da validade dos resultados; 4.8 - Relato de resultados; 4.9 - Reclamações; 4.10 - Trabalho não conforme; 4.11 - Controle de dados e gestão da informação; 5.1 - Documentação do sistema de gestão; 5.2 - Controle de documentos do sistema de gestão; 5.3 - Controle de registros; 5.4 - Ações para abordar riscos e oportunidades; 5.5 - Melhoria; 5.6 - Ações corretivas; 5.7 - Auditorias internas; 5.8 - Análises críticas pela gerência.

Figura 5.16 – Visão sistêmica do nível de maturidade e posicionamento do Laboratório da MB em relação a todos os elementos detalhados do modelo

Fonte: Elaboração própria.

O instrumento de autoavaliação que integra o apêndice 1 desta dissertação pôde ser utilizado de maneira efetiva para avaliar o nível de maturidade em que se encontra o Laboratório da MB em relação a 27<sup>3</sup> dos 28 elementos detalhados correspondentes aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO 17025:2017 (figura 5.18).

Os resultados do estudo de caso desenvolvido no Laboratório da MB, além de demonstrarem a aplicabilidade do modelo conceitual proposto no capítulo 4, propiciaram o engajamento de seu gestor, que identificou as questões críticas e oportunidades para melhoria nas matrizes importância-desempenho a ele apresentadas (figuras 5.12 a 5.16).

---

<sup>3</sup> O elemento detalhado 4.3 – ‘Amostragem’ não se aplica neste caso, segundo o gestor do Laboratório da MB.

Numa perspectiva sistêmica, a tabela 5.2 apresenta o quantitativo das questões críticas e oportunidades para melhoria, por elemento-chave e por zona de decisão das cinco matrizes importância-desempenho.

Tabela 5.2 – Quantitativo das questões críticas e oportunidades de melhoria para aumento da maturidade do Laboratório da MB

Elemento-chave	Zonas de decisão (método IPA)	Nº de elementos detalhados	% de elementos por zona de decisão
Requisitos gerais [2 elementos detalhados]	Excesso?	0	50% na zona 'Adequada'
	Adequada	1	
	Melhoria	1	50% na zona 'Melhoria'
	Ação urgente	0	
Requisitos de estrutura [2 elementos detalhados]	Excesso?	0	100% na zona 'Adequada', porém limítrofes com a zona 'Melhoria'
	Adequada	2	
	Melhoria	0	
	Ação urgente	0	
Requisitos de recursos [5 elementos detalhados]	Excesso?	0	60% na zona 'Adequada'
	Adequada	3	
	Melhoria	2	40% na zona 'Melhoria'
	Ação urgente	0	
Requisitos de processo [10* elementos detalhados]	Excesso?	0	80% na zona 'Adequada'
	Adequada	6	
	Melhoria	4	20% na zona 'Melhoria'
	Ação urgente	0	
Requisitos do sistema de gestão [8 elementos detalhados]	Excesso?	0	100% na zona 'Melhoria'
	Adequada	0	
	Melhoria	8	
	Ação urgente	0	
Total		27*	44% na zona 'Adequada'
			56% na zona 'Melhoria'

Fonte: Elaboração própria.

Nota: (\*) O elemento detalhado 4.3 – 'Amostragem' não se aplica neste caso, segundo o gestor do Laboratório da MB.

O quantitativo das questões críticas e oportunidades de melhoria para aumento da maturidade do Laboratório da MB (tabela 5.2) permitiu concluir que mais da metade dos elementos detalhados situam-se na zona de 'Melhoria' (56%), seguidos dos elementos que se enquadraram na zona 'Adequada' (44%). Nenhum elemento detalhado foi classificado nas zonas 'Excesso?' ou 'Ação urgente'



## 6

## Conclusões e recomendações

A presente pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento sobre o tema de autoavaliação de laboratórios de ensaio e calibração, na perspectiva de uma futura acreditação. Nesse sentido, um modelo conceitual de autoavaliação com base na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 foi desenvolvido para esses laboratórios, partindo-se do pressuposto que sua adoção na prática poderá contribuir para que tais instituições alcancem patamares superiores de maturidade em relação aos elementos que integram o referido modelo. Os resultados obtidos ao longo da pesquisa aqui relatada permitiram que o objetivo geral da dissertação fosse alcançado. Foi possível demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto, mediante o desenvolvimento de um estudo de caso em um dos laboratórios de ensaio e calibração da Marinha do Brasil, para fins de replicação futura em outros laboratórios desta instituição militar.

Os referenciais – teórico e normativo – apresentados nos capítulos 2 e 3 fundamentaram o desenvolvimento e validação empírica do referido modelo, contribuindo de forma significativa para que os objetivos específicos da dissertação fossem alcançados.

Pelos aspectos descritos e resultados gerados na fase aplicada da pesquisa, considera-se que o modelo proposto propiciará aos gestores de laboratórios de ensaio e calibração, bem como às diversas partes interessadas no bom desempenho desses laboratórios, um ferramental adequado para avaliar sua competência, imparcialidade e consistência operacional. Quando aplicado pelos laboratórios em toda sua abrangência, a utilização desta ferramenta poderá ser considerada uma forma de inovação organizacional.

Com o suporte do método analítico hierárquico (AHP), foi possível definir pesos para os cinco elementos-chave e para os respectivos elementos detalhados, chegando-se ao peso final de cada um dos 28 elementos detalhados. Como resultado da hierarquização dos elementos por importância, destacaram-se no primeiro nível

os elementos ‘Requisitos de recursos’ (peso=0,291); e ‘Requisitos de processo’ (peso=0,242).

Em relação à demonstração da aplicabilidade desse modelo, mediante o desenvolvimento de um estudo de caso na Marinha do Brasil, a conclusão é que foi possível determinar o nível de maturidade de um dos seus laboratórios (nome fantasia, Laboratório da MB), segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

Como havia sido previsto pelo autor, os resultados do estudo de caso permitiram identificar questões críticas e oportunidades de melhoria, que poderão ser objeto de ações por parte do gestor do Laboratório da MB, visando alcançar níveis superiores de maturidade.

O quantitativo das questões críticas e oportunidades de melhoria para aumento da maturidade do Laboratório da MB (tabela 5.2) permitiu concluir que mais da metade dos elementos detalhados situam-se na zona de ‘Melhoria’ (56%), seguidos dos elementos que se enquadraram na zona ‘Adequada’ (44%). Nenhum elemento detalhado foi classificado nas zonas ‘Excesso?’ ou ‘Ação urgente’. Ao elaborar um plano de ação consistente com o que foi diagnosticado neste estudo, o gestor do Laboratório da MB terá mais chances de sucesso no processo de acreditação do Laboratório junto à Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Inmetro.

Nesse sentido, o modelo de autoavaliação proposto nesta dissertação atendeu às expectativas do gestor do Laboratório da MB e também aos interesses dos especialistas que colaboraram na etapa 3 de seu desenvolvimento, atribuindo pesos aos elementos-chave e detalhados.

Na reunião com o gestor do Laboratório da MB, houve reconhecimento da qualidade e objetividade do instrumento de autoavaliação, ressaltando-se o fato de que sua concepção se baseou nos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e incluiu uma escala de maturidade elaborada especificamente para o contexto dos laboratórios de ensaio e calibração.

Para trabalhos futuros referentes ao desdobramento natural da pesquisa e aprofundamento de seus resultados, propõem-se:

- Estender a experiência piloto conduzida no ‘Laboratório da MB’ para os demais laboratórios da Marinha do Brasil, buscando identificar oportunidades de melhoria do modelo proposto;
- Realizar estudos de casos múltiplos abrangendo laboratórios de ensaio e calibração de diversos segmentos de atuação, para fins comparativos dos resultados das autoavaliações, buscando também identificar oportunidades de melhoria do modelo proposto;
- Associar a lógica *fuzzy* no emprego dos julgamentos da autoavaliação em si, quando realizada por vários decisores;
- Avaliar a oportunidade e os benefícios de se implantar programas de premiação para laboratórios de ensaio e calibração nos moldes dos modelos atualmente existentes para sistemas de gestão, tais como o Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ), da Fundação Nacional da Qualidade;
- Aplicar o modelo conceitual proposto para avaliar o estado de maturidade dos laboratórios que não obtiveram sucesso da obtenção da acreditação pela Cgcre, visando evidenciar os elementos do modelo que apresentam menores níveis de maturidade;
- Desenvolver e aplicar ferramentas de avaliação *ex-post* junto a laboratórios de ensaio e calibração acreditados, visando mensurar os benefícios econômicos e outros impactos da acreditação;
- Desenvolver programa computacional baseado no modelo de autoavaliação aqui proposto, na perspectiva de sua futura utilização pelos laboratórios interessados na acreditação segundo a Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.

## Referências bibliográficas

ABDEL-FATAH, H. T. M. ISO/IEC 17025 Accreditation: Between the Desired Gains and the Reality. **The Quality Assurance Journal**, v. 13, p. 1-40. 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/qaj.465/epdf>>. Acesso em: 30 dez. 2017.

ALQATAWNA, J. The Challenge of Implementing Information Security Standards in Small and Medium e-Business Enterprises. **Journal of Software Engineering and Applications**. v. 7, p. 883-890, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade - Fundamentos e vocabulário**. Rio de Janeiro, p. 59. 2015.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO 9004: Gestão para o sucesso sustentado de uma organização - Uma abordagem da gestão da qualidade**. Rio de Janeiro, p. 47. 2010.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO/IEC 15504-3: Tecnologia da informação - Avaliação de processo. Parte 3: Orientações para realização de uma avaliação**. Rio de Janeiro, p. 54. 2008.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO/IEC 17000: Avaliação da conformidade - Vocabulário e princípios gerais**. Rio de Janeiro, p. 18. 2005.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO/IEC 17021-1: Avaliação da conformidade - Requisitos para organismos que fornecem auditoria e certificação de sistemas de gestão - Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, p. 54. 2016.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, p. 32. 2017.

\_\_\_\_\_. **ABNT NBR ISO 19011: Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão**. Rio de Janeiro, p. 53. 2012.

AZZOPARDI, E.; NASH, R. A critical evaluation of importance-performance analysis. **Tourism Management**, v. 35, p. 222-233, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261517712001343?via%3Dihub>>. Acesso em: 29 out. 2018.

BIÈVRE, P. D. Establishing degree of equivalence does not mean providing traceability. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 7, p. 277, 2002. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s007690050378>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

\_\_\_\_\_. Does understanding metrological traceability in analytical measurement require going “back to basics”? **Accreditation and Quality Assurance**, v. 7, p. 277, 2014. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00769-014-1035-x>>. Acesso em: 18 jan. 2018.

BRANCO, K. W. L. R. CARVALHO, L. S. D. **Proposta de Implantação do Sistema de Metrologia da Marinha do Brasil**. 2018. 137p. Dissertação (mestrado) - Pós-graduação em metrologia e qualidade, Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial.

BRASIL. Presidência da República. Decreto nº. 6.275, de 28 de novembro de 2007. Aprova a Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e das Funções Gratificadas do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 29 nov. 2007. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6275.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6275.htm)>. Acesso em: 18 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto nº. 7.938, de 19 de fevereiro de 2013. Altera o Decreto no 6.275, de 28 de novembro de 2007. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 fev. 2013. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2013/decreto/D7938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/D7938.htm)>. Acesso em: 18 jun. 2018.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Decreto nº. 9.283, de 7 de fevereiro de 2018. Regulamenta o Marco Legal da Ciência, Tecnologia e Inovação, Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 8 fev. 2018. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9283.htm)>. Acesso em: 01 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação**. Brasília, DF: p. 136, 2016. Disponível em: <<https://portal.insta.gov.br/images/documentos-oficiais/ENCTI-MCTIC-2016-2022.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA E APLICADA. IPEA. **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Fernanda De Negri; Flávia de Holanda Schmidt Squeff (Orgs). Brasília: IPEA/FINEP/CNPq, 2016. Disponível em: <[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro\\_sistemas\\_setoriais.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_sistemas_setoriais.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

BRASIL. **Livro Branco de Defesa Nacional**. Brasília, DF: [s.n.], 2012. 276 P. Disponível em: <<https://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/lbndn.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

CIDADE, I. A. **Gestão sustentável de Centros de Difusão de Ciência, Educação e Cultura: proposição de um modelo de autoavaliação**. 2016. 152p. Dissertação

(mestrado) - Pós-graduação em metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

COSTA, Helder Gomes. **IPÊ. Version 1.0**. Niterói: Helder Gomes Costa, 2006. Disponível em: < <http://www.producao.uff.br/index.php/aplicativos/130-ipe>>. Acesso em: 31 mar 2019.

CROSBY, P. B. **Quality is Free: The Art of Making Quality Certain**. Nova Iorque: McGraw-Hill Companies. 1979. 309 p.

DE BRUIN, T.; ROSEMAN, M.; FREEZE, R.; KULKARNI, U. Understanding the main phases of developing a maturity assessment model. In: Australasian Conference on Information Systems (ACIS), XVI. 2005. Sydney. **Anais eletrônicos**. Disponível em: < <https://eprints.qut.edu.au/25152/>>. Acesso em: 31 mar 2019.

DUFREY, J. Maturity models: Blueprints for e-volution. **Strategy & Leadership**. v. 29, n. 6 p. 19-26, 2001. Disponível em: < <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006530>>. Acesso em: 31 mar 2019.

DRAKE, G. Objectives and roles of accreditation and certification of laboratories. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 8, p. 441, 2003. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez370.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00769-003-0662-4>>. Acesso em: 31 mar 2019.

GROCHAU, I. H.; FERREIRA, C. A.; FERREIRA, J. Z.; CATEN, C. S. T. Implementation of a quality management system in university test laboratories: a brief review and new proposals. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 15, p. 681-689. 2010. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00769-010-0713-6.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

GROCHAU, I. H.; CATEN, C. S. T. A process approach to ISO/IEC 17025 in the implementation of a quality management system in testing laboratories. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 17, p. 519–527, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00769-012-0905-3.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

HALEVY, A. The benefits calibration and testing laboratories may gain from ISO/IEC 17025 accreditation. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 8, p. 286–290, 2003. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s00769-003-0632-x#citeas>>. Acesso em: 31 mar 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Vocabulário Internacional de Metrologia: Conceitos fundamentais e gerais e termos associados (VIM 2012)**. Portaria n.º 232, de 08 de maio de 2012. Duque de Caxias RJ: Inmetro, p. 94. 2012. Disponível em: <[www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **DOQ-CGCRE-001: Orientação para a Acreditação de Laboratórios, Produtores de Materiais de Referência e Provedores de Ensaios de Proficiência.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, p.16. 2018. Disponível em: <[http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/organismos/doc\\_organismos.asp?tOrganismo=CalibEnsaio](http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/organismos/doc_organismos.asp?tOrganismo=CalibEnsaio)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **NIE-CGCRE-017: Qualificação e manutenção de avaliadores, especialistas e inspetores da CGCRE.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, p.38. 2018. Disponível em: <[www.Inmetro.gov.br/credenciamento/docs/FOR-CGCRE-60\\_00.doc](http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/docs/FOR-CGCRE-60_00.doc)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **NIT-DICLA-011: Preços das Atividades de Acreditação de Laboratórios, Produtores De Materiais de Referência e Provedores de Ensaios de Proficiência.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, p.08. 2018. Disponível em: <[http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/sobre\\_lab.asp](http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/sobre_lab.asp)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **NIT-DICLA-031: Regulamento da acreditação de laboratórios, produtores de materiais de referência e provedores de ensaios de proficiência.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro, p.22. 2018. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa\\_link.asp?seq\\_tipo\\_documento=4&cod\\_uo\\_numeracao=00778&num\\_documento=031](http://www.inmetro.gov.br/Sidoq/pesquisa_link.asp?seq_tipo_documento=4&cod_uo_numeracao=00778&num_documento=031)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **Pesquisa de satisfação com organismos de avaliação da conformidade - OAC.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro Dgcor / Dplan, p.17. 2013. Disponível em: <[http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/docs/38102\\_Pesquisa%20de%20Satisfacao%20com%20OAC.pdf](http://www.Inmetro.gov.br/credenciamento/docs/38102_Pesquisa%20de%20Satisfacao%20com%20OAC.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019

\_\_\_\_. **Pesquisa de satisfação com organismos de avaliação da conformidade - OAC.** Rio de Janeiro, RJ: Inmetro Dplan / Dipla, p.171. 2018. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/gestao/pdf/relatorio\\_gestao\\_2017.pdf](http://www.inmetro.gov.br/gestao/pdf/relatorio_gestao_2017.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019

\_\_\_\_. **RELATÓRIO DE GESTÃO DO EXERCÍCIO DE 2017.** Portaria n.º 232, de 08 de maio de 2012. Duque de Caxias RJ: Inmetro, p. 94. 2012. Disponível em: <[www.Inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim\\_2012.pdf](http://www.Inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/vim_2012.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION. **Acreditação: Facilitando o comércio no mundo.** Austrália, 2013. 4 p. Disponível em: <<https://ilac.org/language-pages/portuguese/>>. Acesso em: 31 mar 2019.

INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION, INTERNATIONAL ACCREDITATION FORUM. **Acreditação: Facilitando o comércio no mundo.** Brochura. Austrália. 2013. Disponível em: <<https://ilac.org/language-pages/portuguese/>>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_. **ISO/IEC 11354-1: Advanced automation technologies and their applications -- Requirements for establishing manufacturing enterprise**

**process interoperability-- Part 2: Maturity model for assessing enterprise interoperability.** Suíça, p. 16. 2015.

\_\_\_\_\_. **ISO/IEC 16680: Information technology — The Open Group Service Integration Maturity Model (OSIMM).** Suíça, p. 86. 2012.

\_\_\_\_\_. **ISO/IEC 21827: Information technology -- Security techniques -- Systems Security Engineering -- Capability Maturity Model® (SSE-CMM®).** Suíça, p. 144. 2008

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION, INTERNATIONAL ACCREDITATION FORUM. Communiqué on the Management Systems Requirements of ISO/IEC 17025, General Requirements for the competence of testing and calibration laboratories. **In: Joint ISO-ILAC-IAF.** 2017. Disponível em: <[https://www.iaf.nu/upFiles/Joint\\_ISO\\_IEC\\_17025\\_communique\\_2017finalsigned.pdf](https://www.iaf.nu/upFiles/Joint_ISO_IEC_17025_communique_2017finalsigned.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

KARTHIYAYINI, N.; RAJENDRAN, C. Critical factors and performance indicators: accreditation of testing- and calibration-laboratories. **Benchmarking: An International Journal**, v. 24, p.1814-1833, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2016-0058>>. Acesso em: 31 mar 2019.

KHODABOCUS, F; BALGOBIN, K. Implementation and practical benefits of ISO/IEC 17025:2005 in a testing laboratory. **University of Mauritius Research Journal**. v. 17 n. 1, p. 27-60. 2011. Disponível em: <<https://www.ajol.info/index.php/umrj/article/viewFile/70730/59326>>. Acesso em: 31 mar 2019.

KROLL, J; FONTOURA, L. WAGNER, R. D'Ornellas, M. Usando Padrões para o Desenvolvimento da Gestão da Segurança de Sistemas de Informação baseado na Norma ISO/IEC 21827:2008. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas da Informação, VI. 2010, Marabá. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2010/003.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

KUZNETS, S. **Economic Growth and Structure**. 1.ed. London: UK, W. W. Norton & Company. 1965. 378 p.

LAHTI, M.; SHAMSUZZOHA, A. H. M.; HELO, P. Developing a maturity model for supply chain management. **International Journal of Logistics Systems and Management**, v. 5, n. 6, p. 654-678, 2009. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/235256591\\_Developing\\_a\\_maturity\\_model\\_for\\_Supply\\_Chain\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/235256591_Developing_a_maturity_model_for_Supply_Chain_Management)>. Acesso em: 31 mar 2019.

LOCKAMY, A.; MCCORMACK, K. The development of a supply chain management process maturity model using the concepts of business process orientation. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 9, n. 4, p.



272-278, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/13598540410550019>>. Acesso em: 31 mar 2019.

LUNDVALL, B-Å (Ed.). **National innovation systems: towards a theory of innovation and interactive learning**. London: Pinter, 1992.

MARINHO, E. Z.; SILVA, N.; CAMPOS, A. R. G.; BALDAM, R. L. Modelos de maturidade de BPM mais comumente usados. In: Anais do Simpósio Gestão Estratégica: Tecnologia e o Impacto nas Organizações. 2015, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <[www.admpg.com.br/2015/down.php?id=1816&q=1](http://www.admpg.com.br/2015/down.php?id=1816&q=1)>. Acesso em: 31 mar 2019.

MARTILLA, J. A.; JAMES, J. C. Importance-performance analysis. *Journal of Marketing*, v. 41, n. 1, p. 77-79. 1977. Disponível em: <<https://archive.ama.org/archive/ResourceLibrary/JournalofMarketing/Pages/1977/41/1/4997426.aspx>>. Acesso em: 31 mar 2019.

MASLOW, A. **Motivation and personality**. 1.ed. New York: Harper, 1954. 411 p.

MOLINÉRO-DEMILLY, V.; CHARKI, A.; JEOFFRION, C.; LYONNET, B; O'BRIEN, S; MARTIN, L. An onverview of quality management system implementation in a research laboratory. **International Journal of Metrology and Quality Engineering**, v. 9, p. 2-9, 2017. Disponível em: <<https://www.metrology-journal.org/articles/ijmqe/pdf/2018/01/ijmqe170027.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

MOSLEY, H; MAYER, A. Benchmarking National Labour Market Performance: a Radar Chart Approach. In: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, 1999, Berlin. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/p/zbw/wzblpe/fsi99202.html>>. Acesso em: 31 mar 2019.

NOLAN, R. L. Managing the computer resource: a stage hypothesis. **Communications of the ACM**, v. 16, n. 7, p. 399-405, 1973. Disponível em: <<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=362284>>. Acesso em: 31 mar 2019.

OLIVEIRA, M. P. V. **Análise estrutural de construtos e relações entre maturidade e desempenho logístico**. 2006. 125p. Dissertação (mestrado) - Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração, Universidade Federal de Minas Gerais.

ORGANISMOS ACREDITADOS DO INMETRO: banco de dados. Disponível em <<http://www.Inmetro.gov.br/organismos/consulta.asp>>. Acesso em: 31 mar 2019.

POIRIER, C. C; QUINN, F. J. 'How are we doing? A survey of supply chain progress'. **Supply Chain Management Review**, v. 8, n. 8, p. 24-31, 2004.

RATSEOU, E; RAMPHAL, R.R. The impact of laboratory quality assurance standards on laboratory operational performance. **African Journal of Hospitality, Tourism and Leisure**, v. 3, n. 2, p. 1-13. 2014. Disponível em:

<[http://www.ajhtl.com/uploads/7/1/6/3/7163688/article\\_33\\_vol\\_3\\_2\\_july\\_2014.pdf](http://www.ajhtl.com/uploads/7/1/6/3/7163688/article_33_vol_3_2_july_2014.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

REDE BRASILEIRA DE CALIBRAÇÃO do INMETRO: banco de dados. Disponível em: <<http://www.Inmetro.gov.br/laboratorios/rbc/>>. Acesso em: 31 mar 2019.

REDE BRASILEIRA DE LABORATÓRIOS DE ENSAIO do INMETRO: banco de dados. Disponível em: <<http://www.Inmetro.gov.br/laboratorios/rble/>>. Acesso em: 31 mar 2019.

ROEGLINGER, M.; BECKER, J.; POEPELBUSS, J. Maturity Models in Business Process Management. **Business Process Management Journal**. v. 18, n. 2, p. 328-346, 2012. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/241509649>>. Acesso em: 31 mar 2019.

SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.

SAATY, T. L. **Decision making for leaders: the analytical hierarchy process for decisions in a complex world**. Belmont, CA: Wadsworth, 1982.

SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v.1, n.1, p. 83-98, 2008.

SAATY, T. L. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **Interfaces**, v. 24, n. 6, p.19-43, 1994.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**, New York: McGraw Hill, 1980.

SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. 2nd ed. New York: International Series in Operations Research & Management Science, 2012.

SAATY, T.L. **Theory and applications of the analytic network process**. Pittsburgh, PA: RWS Publications, 2005.

SANTOS, N. M.; SANTOS, F. M. T.; LADEIRA, M. B.; OLIVEIRA, M. P. V. Modelos de maturidade em processos: um estudo exploratório. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXX. 2010, São Carlos. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010\\_tn\\_sto\\_130\\_833\\_15241.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_tn_sto_130_833_15241.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

SLACK, N.; LEWIS, M. **Estratégia de operações**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 528 p.

SLACK, N. The importance-performance matrix as a determinant of improvement priority. **International Journal of Operations & Production Management**, v.14, n.5, p. 59-75, 1994

SILVA, E. A. D.; CAMPOS, R. D. A importância da metrologia na gestão empresarial e na competitividade do País. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXI. 2001, Salvador. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2001\\_TR24\\_0698.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2001_TR24_0698.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

\_\_\_\_\_. Análise da demanda por serviços de calibração em laboratórios de metrologia. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXII. 2002, Curitiba. **Anais eletrônicos**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2002\\_TR24\\_1120.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGETP2002_TR24_1120.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

SUPREMO TRIBUNAL FEDERAL. **As constituições do Brasil**. 2008. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=97174>>. Acesso em: 31 mar 2019.

TIRONI, L. F. Serviços tecnológicos. In:\_\_\_\_\_. **Sistemas setoriais de inovação e infraestrutura de pesquisa no Brasil**. Brasília, DF, 2016. cap. 12, p 519-542.

VENTURA, M. M. E Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa. Revista **Sociedade de cardiologia do Estado do Rio de Janeiro**, v. 20, n 5, p. 383-386, 2007. Disponível em: <[http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007\\_05/a2007\\_v20\\_n05\\_art10.pdf](http://sociedades.cardiol.br/socerj/revista/2007_05/a2007_v20_n05_art10.pdf)>. Acesso em: 31 mar 2019.

VERGARA, S. C. **Métodos de pesquisa em Administração**, 6ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015.

\_\_\_\_\_. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**, 16ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2016.

VISSER, R. G. Is accreditation useful for quality improvement?. **Accreditation and Quality Assurance**, v. 4, p. 108-110. 1999. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs007690050326.pdf>>. Acesso em: 31 mar 2019.

VLACHOS, N. A.; MICHAIL, C.; SOTIROPOULOU, D. Is ISO/IEC 17025 Accreditation a Benefit or Hindrance to Testing Laboratories? The Greek Experience. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, I. 6, p. 749–757, 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157502910975>>. Acesso em: 31 mar 2019.

YIN, R.K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2005.

## Apêndice 1

# Instrumento de autoavaliação do grau de maturidade de laboratórios de ensaio e calibração segundo os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC17025

### Seção 1 - Elemento-chave: Requisitos gerais (1/2)

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>1.1 - Imparcialidade</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas na identificação e mitigação dos riscos à sua imparcialidade.	
	<b>Nível 4</b>	As atividades de laboratório são realizadas com imparcialidade e são estruturadas e gerenciadas de forma a salvaguardar a imparcialidade requerida. O laboratório não permite que pressões comerciais, financeiras ou outras comprometam sua imparcialidade. Identifica de forma contínua os riscos inerentes e caso algum risco seja identificado, o laboratório é capaz de demonstrar como pode eliminá-lo ou minimizá-lo.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório é comprometido com a imparcialidade e consegue demonstrá-la na execução da maioria de suas atividades.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é comprometido com a imparcialidade na execução de todas as suas atividades. No entanto, não consegue demonstrar a imparcialidade em todas suas atividades.	
	<b>Nível 1</b>	As atividades de laboratório não são estruturadas e gerenciadas de forma a salvaguardar a imparcialidade requerida.	

### Seção 1 - Elemento-chave: Requisitos gerais (2/2)

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>1.2 - Confidencialidade</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas na gestão da informação obtida ou gerada durante a realização de suas atividades e ao estabelecer com o cliente acordos de confidencialidade das informações que não poderão ser disponibilizadas ao público, exceto quando exigido por lei.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório é legalmente responsável pela gestão da informação obtida ou criada durante a realização de suas atividades e estabelece com o cliente acordos de confidencialidade das informações que não poderão ser disponibilizadas ao público, exceto quando exigido por lei.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório assume a responsabilidade legal sobre gestão da informação obtida ou criada durante a realização de suas atividades. Os esforços na direção de estabelecer acordos de confidencialidade com os clientes se intensificam.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório está consciente de sua responsabilidade legal sobre gestão da informação obtida ou criada durante a realização de suas atividades. Estabelece os primeiros acordos de confidencialidade com o cliente das informações que não poderão ser disponibilizadas ao público.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não se responsabiliza pela divulgação da informação obtida ou criada durante a realização de suas atividades. Não se preocupa em estabelecer com o cliente acordos de confidencialidade das informações que não poderão ser disponibilizadas ao público.	

**Seção 2 - Elemento-chave: Requisitos de estrutura (1/2)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>2.1 - Responsabilidade legal</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório realiza com excelência e em conformidade com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, requisitos dos clientes, das autoridades regulamentadoras e de organismos acreditadores todas as atividades de laboratório.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório é uma entidade legal ou pertence a uma entidade legalmente constituída. Constitui uma gerência com responsabilidade geral pelo laboratório. Define e documenta o conjunto de atividades de laboratório conforme os requisitos da Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017. Realiza essas atividades conforme os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017, requisitos dos clientes, das autoridades regulamentadoras e de organismos acreditadores.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório é uma entidade legal ou pertence a uma entidade legalmente constituída. No entanto, não constituiu ainda uma gerência com responsabilidade geral pelo laboratório e não definiu o conjunto de atividades de laboratório, conforme os requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório encontra-se em fase de legalização de suas atividades junto às autoridades regulamentadoras.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não é uma entidade legal ou não pertence a uma entidade legalmente constituída.	

**Seção 2 - Elemento-chave: Requisitos de estrutura (2/2)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>2.2 - Estrutura organizacional e responsabilidades associadas</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas na definição da estrutura organizacional e na atribuição de responsabilidades associadas.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório definiu sua estrutura organizacional e gerencial, bem como as relações entre a gerência, as operações técnicas e os serviços de apoio. O pessoal envolvido nas atividades de laboratório tem suas responsabilidades e inter-relacionamentos definidos, bem como autoridade e os recursos necessários para executar suas tarefas. A gerência do laboratório assegura a comunicação sobre o sistema de gestão e a importância do atendimento aos requisitos dos clientes, das autoridades regulamentadoras e de organismos acreditadores.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório definiu sua estrutura organizacional e gerencial, porém as responsabilidades associadas à estrutura ainda não se encontram definidas e documentas.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório está em processo de definição de sua estrutura organizacional e gerencial.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não definiu ainda sua estrutura organizacional e gerencial.	

**Seção 3 - Elemento-chave: Requisitos de recursos (1/5)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
3.1 - Pessoal	Nível 5	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas de gestão de pessoal por competências incluindo as atividades de seleção, capacitação, supervisão de pessoal e monitoramento de suas competências.	
	Nível 4	Todo o pessoal envolvido nas atividades de laboratório é competente e age com imparcialidade. O laboratório documenta e retém registros para determinação dos requisitos de competência para todas as funções que influenciam os resultados das atividades de laboratório. O laboratório tem procedimentos e retém registros para seleção, capacitação, supervisão de pessoal e monitoramento de suas competências.	
	Nível 3	O laboratório é capacitado em gestão de pessoal por competências e inicia processos simultâneos de seleção, capacitação, supervisão de pessoal e monitoramento de suas competências. Também inicia a documentação e registro para determinação dos requisitos de competência para todas as funções que influenciam os resultados das atividades de laboratório.	
	Nível 2	O laboratório é consciente da necessidade de dispor de pessoal competente e que aja com imparcialidade para gerenciar e realizar suas atividades de laboratório. Busca se capacitar em gestão de pessoal por competências para consolidar a equipe que executa as atividades de laboratório.	
	Nível 1	O laboratório não dispõe de pessoal necessário para gerenciar e realizar suas atividades de laboratório.	

**Seção 3- Elemento-chave: Requisitos de recursos (2/5)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
3.2 - Instalações e condições ambientais	Nível 5	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores prática, métodos e procedimentos aplicáveis ao monitoramento, controle e registro das condições ambientais e do desempenho das instalações.	
	Nível 4	O laboratório dispõe de instalações e condições ambientais adequadas para a realização das atividades de laboratório. Os requisitos para as instalações e condições ambientais necessárias para a realização das atividades de laboratório encontram-se documentados. O laboratório monitora, controla e registra as condições ambientais de acordo com as especificações, métodos e procedimentos aplicáveis.	
	Nível 3	O laboratório consegue demonstrar o controle e monitoramento e controle da maioria das condições ambientais e das instalações necessárias para a realização das atividades de laboratório.	
	Nível 2	O laboratório é consciente da necessidade de monitoramento e controle das condições ambientais e das instalações durante a realização de suas atividades de laboratório. No entanto, não possui documentação de todos os requisitos de condições ambientais e de instalações relacionados às atividades de laboratório.	
	Nível 1	O laboratório não dispõe de instalações e condições ambientais adequadas para a realização de suas atividades.	

**Seção 3- Elemento-chave: Requisitos de recursos (3/5)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>3.3- Equipamentos</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas em gestão de equipamentos requeridos para a realização das atividades de laboratório e que possam influenciar seus resultados de medição incluindo na identificação e mitigação dos riscos relacionados à gestão desses equipamentos.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório tem acesso e mantém registros de todos os equipamentos requeridos para a realização das atividades de laboratório e que possam influenciar seus resultados. Possui procedimentos documentados para manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção planejada dos equipamentos. Verifica se os todos os equipamentos estão em conformidade com os requisitos especificados e se são capazes de alcançar a exatidão de medição com sua respectiva incerteza de medição. O laboratório possui programa de calibração, codifica os equipamentos para que o usuário possa identificar a situação de calibração e seu prazo de validade. Retira de serviço equipamentos que se encontram fora dos requisitos especificados.	
	<b>Nível 3</b>	Apesar do acesso aos equipamentos necessários para realizar suas atividades, o laboratório ainda não possui um programa de calibração, nem codifica os equipamentos de forma sistemática para que o usuário possa identificar a situação de calibração e seu prazo de validade.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório dispõe dos equipamentos necessários para realizar suas atividades, porém não assegura para todos os equipamentos a exatidão de medição requerida e sua respectiva incerteza de medição. Observa-se descontinuidade de processos de calibração de alguns equipamentos.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de todos os equipamentos que necessita para realizar suas atividades.	

**Seção 3- Elemento-chave: Requisitos de recursos (4/5)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>3.4- Rastreabilidade metrológica</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas de rastreabilidade metrológica dos seus resultados de medição em relação ao Sistema Internacional de Unidades e a referências apropriadas, quando aplicáveis.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório estabelece e mantém a rastreabilidade metrológica dos seus resultados de medição, por meio de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, relacionando-os a uma referência apropriada. Assegura que os resultados de medição são rastreáveis ao Sistema Internacional de Unidades. Quando a rastreabilidade metrológica às unidades do SI não for tecnicamente viável, o laboratório assegura a rastreabilidade metrológica a uma referência apropriada.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório estabelece a rastreabilidade metrológica dos seus resultados de medição em relação ao Sistema Internacional de Unidades e a referências apropriadas, quando aplicáveis, porém não consegue manter a rastreabilidade metrológica por descontinuidade de processos de calibração de equipamentos.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é comprometido em estabelecer e manter a rastreabilidade metrológica de seus resultados de medição. No entanto, não é capaz de viabilizar a rastreabilidade metrológica de todos os seus resultados de medição em relação ao Sistema Internacional de Unidades e a referências apropriadas, quando aplicáveis.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não estabelece, nem mantém a rastreabilidade metrológica de seus resultados de medição.	

**Seção 3- Elemento-chave: Requisitos de recursos (5/5)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>3.5- Produtos e serviços providos externamente</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório aplica as melhores práticas e métodos de avaliação do desempenho de provedores externos de produtos e serviços para a realização de suas atividades, com base em procedimentos, registros próprios e resultados das reuniões de análise crítica.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório assegura que sejam utilizados somente produtos e serviços de provedores externos que estejam em conformidade com os requisitos estabelecidos pelo laboratório. Para tal, dispõe de procedimentos e retém registros para a definição, análise crítica, aprovação e comunicação de requisitos de laboratório para produtos e serviços providos externamente. Define, realiza análise crítica e aprova critérios para seleção, monitoramento e avaliação do desempenho dos provedores externos com base em procedimentos, registros próprios e resultados das avaliações de conformidade.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório é comprometido em assegurar que os produtos e serviços de provedores externos atendam a requisitos por ele estabelecidos, porém ainda não realiza de forma sistemática reuniões de análise crítica para verificação do atendimento dos requisitos, nem o monitoramento e avaliação do desempenho dos provedores externos.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório busca definir e aprovar requisitos para produtos e serviços providos externamente, bem como critérios para seleção, monitoramento e avaliação do desempenho dos provedores externos.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de procedimentos para a definição, análise crítica, aprovação e comunicação de requisitos de laboratório para produtos e serviços providos externamente.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (1/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.1- Análise crítica de pedidos, propostas e contratos</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório adota melhores práticas na condução e no registro dos resultados das análises críticas dos pedidos, propostas e contratos, bem como na comunicação e cooperação com os clientes ou seus representantes para o esclarecimento de pedidos, propostas e contratos.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório possui e adota de forma sistemática um procedimento para a análise crítica dos pedidos, propostas e contratos. Define adequadamente os requisitos dos clientes e seleciona os métodos apropriados para atender tais requisitos. Negocia, comunica e coopera com os clientes sobre regras de decisão, diferenças entre pedidos e propostas e eventuais desvios de contratos.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório define um procedimento para realizar a análise crítica dos pedidos, propostas e contratos, que se encontra em fase de implementação.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório busca definir um procedimento para realizar a análise crítica dos pedidos, propostas e contratos. Ainda não iniciaram as análises críticas de pedidos, propostas e contratos, pela ausência do referido procedimento.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não tem um procedimento para realizar a análise crítica dos pedidos, propostas e contratos.	



**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (2/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.2 - Seleção, verificação e validação de métodos</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas na seleção, monitoramento, verificação e validação de desempenho dos métodos e procedimentos empregados na execução de suas atividades.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório utiliza métodos e procedimentos adequados para todas as atividades que executa. É capaz de validar métodos não normalizados, métodos desenvolvidos internamente e aqueles normalizados fora de seu escopo pretendido. Assegura a utilização da última versão validada de métodos e procedimentos que emprega. Mantém comunicação efetiva com os clientes sobre os métodos utilizados. Mantém registros de todos os métodos, procedimentos, avaliações e validações realizadas.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório utiliza métodos e procedimentos adequados para as atividades que executa. Já se encontra em condições de validar a maioria dos métodos não normalizados, desenvolvidos internamente e aqueles normalizados fora de seu escopo pretendido.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório busca dispor de métodos e procedimentos adequados para a maioria das suas atividades. Ainda não se encontra em condições de validar métodos não normalizados, desenvolvidos internamente e aqueles normalizados fora de seu escopo pretendido.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório utiliza métodos e procedimentos adequados para somente algumas das suas atividades. Não se encontra em condições de validar métodos não normalizados, desenvolvidos internamente e aqueles normalizados fora de seu escopo pretendido.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (3/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.3 - Amostragem</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores prática, métodos e procedimentos aplicáveis no planejamento, seleção de métodos e amostragem de substâncias, materiais ou produtos para ensaio ou calibração subsequente.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório dispõe de planos e métodos de amostragem, que abordam os fatores a serem controlados para assegurar a validade dos resultados de ensaio e calibração subsequentes. Os planos de amostragem baseiam-se em métodos estatísticos apropriados. O laboratório retém registros dos dados de amostragem que fazem parte dos ensaios ou calibrações que executa.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório já dispõe de planos e métodos de amostragem, que abordam os fatores a serem controlados para assegurar a validade dos resultados de ensaio e calibração subsequentes. O laboratório ainda não retém registros, de forma sistemática, dos dados de amostragem que fazem parte dos ensaios ou calibrações que executa.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório busca dispor de planos e métodos de amostragem para realizar amostragem de substâncias, materiais ou produtos para ensaio ou calibração subsequente, quando aplicável.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não tem definidos planos e métodos de amostragem para realizar amostragem de substâncias, materiais ou produtos para ensaio ou calibração subsequente, quando aplicável.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (4/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.4- Manuseio de itens de ensaio ou calibração</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório adota melhores práticas no transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção, descarte ou retorno dos itens de ensaio ou calibração e atinge nível de excelência no manuseio de itens de ensaio e calibração.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório possui um procedimento para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção, descarte ou retorno dos itens de ensaio ou calibração. Toma precauções para evitar deterioração, contaminação, perda ou dano de itens durante o manuseio, transporte, armazenamento, espera e preparação para ensaio ou calibração. Dispõe de um sistema para a identificação não ambígua de itens de ensaio ou calibração. No ato de recebimento do item, registra os desvios das condições especificadas.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório inicia a implantação de um procedimento para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção, descarte ou retorno dos itens de ensaio ou calibração, mas ainda não adota práticas para evitar deterioração, contaminação, perda ou dano de itens durante o manuseio, transporte, armazenamento, espera e preparação para ensaio ou calibração.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de dispor de um procedimento para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção, descarte ou retorno dos itens de ensaio ou calibração. o manuseio de itens de ensaio e calibração. Toma iniciativas nesse sentido, focalizando algumas das referidas atividades, mas não todas.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não possui um procedimento para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção, descarte ou retorno dos itens de ensaio ou calibração, nem toma precauções para evitar deterioração, contaminação, perda ou dano de itens durante essas atividades.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (5/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.5- Registros técnicos</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas relacionadas a registros técnicos de atividades de laboratório, contemplando os resultados e todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem o resultado de medição e sua incerteza de medição associada na calibração.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório assegura que os registros técnicos das atividades de laboratório contenham os resultados, o relatório e todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem o resultado de medição e sua incerteza de medição associada. Tais informações permitem ainda que a atividade de laboratório possa ser repetida em condições as mais próximas das condições originais. Assegura que as emendas aos registros técnicos possam ser vinculadas às versões anteriores ou às observações originais.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório inicia a implantação de procedimentos para que os registros técnicos das atividades de laboratório. No entanto, observa-se que alguns registros não contemplam todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem o resultado de medição e sua incerteza de medição associada.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de dispor de procedimentos para que os registros técnicos das atividades de laboratório contenham os resultados, o relatório e todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem o resultado de medição e sua incerteza de medição associada. Toma iniciativas nesse sentido, focalizando algumas de suas atividades de laboratório, mas não todas.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não adota procedimentos que visam assegurar que os registros técnicos das atividades de laboratório contenham os resultados, o relatório e todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem o resultado de medição e sua incerteza de medição associada.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (6/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.6 - Avaliação da incerteza de medição</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório adota as melhores práticas e métodos de avaliação da incerteza de medição, tanto em ensaios quanto nas calibrações que executa.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório identifica as contribuições para a incerteza de medição. Ao avaliar a incerteza de medição, considera todas as contribuições que sejam significativas incluindo as oriundas de amostragem, utilizando-se métodos apropriados de análise. Se o laboratório realizar calibrações, também avalia a incerteza de medição para todas as calibrações.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório passa a buscar e adotar métodos apropriados para avaliar a incerteza de medição de suas atividades (ensaio e/ou calibração). No entanto, observa-se que alguns registros não contemplam todas as informações suficientes para que possam ser identificados fatores que afetem a incerteza de medição associada aos resultados das atividades que executa.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de dispor de métodos apropriados de avaliação da incerteza de medição de suas atividades. Toma iniciativas nesse sentido, focalizando algumas de suas atividades de laboratório, mas não todas.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não é capaz de distinguir as contribuições significativas a serem consideradas na avaliação da incerteza de medição das atividades de ensaio ou de calibração.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (7/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.7 - Garantia da validade dos resultados</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório adota as melhores práticas para monitorar e garantir a validade de seus resultados. Realiza de forma sistemática comparações de seu desempenho com resultados de outros laboratórios, quando disponíveis e apropriados.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório dispõe de um procedimento para monitorar a validade dos resultados. Os dados resultantes são registrados de forma a detectar tendências e, quando aplicável, emprega técnicas estatísticas para a análise crítica dos resultados. Realiza comparações de seu desempenho com resultados de outros laboratórios, quando disponíveis e apropriados. Os dados resultantes do monitoramento são analisados e utilizados para controlar as atividades do laboratório e, se aplicável, melhorá-las. Se os resultados estiverem fora dos critérios predefinidos, o laboratório toma medidas para evitar o relator de resultados incorretos.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório passa a buscar e adotar métodos apropriados para monitorar e garantir a validade dos resultados de suas atividades (ensaio e/ou calibração). É capaz de detectar tendências resultantes de dados obtidos de suas atividades. Inicia comparações de seu desempenho com resultados de alguns laboratórios, quando disponíveis e apropriados, mas não de forma sistemática.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de dispor de um procedimento para monitorar a validade dos resultados de suas atividades. Toma iniciativas nesse sentido, focalizando algumas das atividades de laboratório, mas não todas. Não se encontra ainda em condições de realizar comparações de seu desempenho com resultados de outros laboratórios.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de um procedimento para monitorar a validade dos resultados. Não se encontra em condições de realizar comparações de seu desempenho com resultados de outros laboratórios.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (8/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.8 - Relato de resultados</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas para o relato de resultados das atividades do laboratório (ensaio/calibração/amostragem).	
	<b>Nível 4</b>	Os resultados das atividades do laboratório (ensaio/calibração/amostragem) são fornecidos com exatidão, clareza, objetividade, sem ambiguidade, normalmente no formato de um relatório (relatório de ensaio ou certificado de calibração ou relatório de amostragem). Todos os relatos emitidos são retidos como registros técnicos.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório dispõe de modelos e utiliza-os de forma sistemática, buscando sua melhoria contínua. Os relatos apresentam os resultados das atividades com exatidão, clareza, objetividade e sem ambiguidade. No entanto, nem todos relatos emitidos são retidos como registros técnicos.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório já dispõe de modelos padronizados para emissão dos relatos dos resultados de suas atividades (ensaio/calibração/amostragem). No entanto, alguns relatos ainda não atendem todos os critérios de qualidade, como exatidão, clareza e objetividade.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de modelos padronizados para emissão dos relatos dos resultados de suas atividades (ensaio/calibração/amostragem). Como consequência, os relatos não atendem a maioria dos critérios de qualidade, como exatidão, clareza e objetividade.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (9/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>4.9 - Reclamações</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório realiza análise crítica de forma sistemática para melhoria contínua e incorpora as melhores práticas relacionadas ao recebimento, análise e tomada de decisões relacionada à reclamações de clientes.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório dispõe de um processo documentado para receber, avaliar e tomar decisões sobre reclamações, conforme requisitos definidos na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Quando solicitado, disponibiliza para as partes interessadas a descrição do processo para tratar reclamações. Torna-se responsável por todas as decisões em todos os níveis do processo de tratamento de reclamações.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório é comprometido com a avaliação das reclamações recebidas e busca responder a todas as reclamações recebidas, com a prontidão esperada.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório assume a responsabilidade pelo recebimento, avaliação e decisões das reclamações recebidas. Dispõe de processo documentado para o recebimento e avaliação de reclamações, porém não é capaz de responder a todas as reclamações recebidas.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não dispõe de um processo documentado para receber, avaliar e tomar decisões sobre reclamações. Responde às reclamações de forma não sistemática.	

**Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (10/11)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
4.10 - Trabalho não conforme	Nível 5	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora as melhores práticas e procedimentos relacionados à capacidade de avaliação, tomada de decisão e implementação de ações corretivas e preventivas referentes a trabalhos não conformes.	
	Nível 4	O laboratório dispõe de um procedimento, que é implementado sempre que qualquer aspecto das atividades de laboratório ou seus resultados não estiverem em conformidade com seus próprios procedimentos ou com requisitos acordados com os clientes. O laboratório retém registros dos trabalhos não conformes e das ações implementadas, como especificado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017/ABNT ISO/IEC 17025:2017.	
	Nível 3	O laboratório dispõe de um procedimento para registro e tratamento dos trabalhos não conformes e é capaz de tomar decisões quanto aos casos de não conformidade mais críticos. No entanto, não é capaz ainda de implementar ações corretivas e preventivas para evitar trabalhos não conformes que possam se repetir.	
	Nível 2	Apesar de possuir um procedimento para registro e tratamento dos trabalhos não conformes, o laboratório ainda não é capaz de realizar a gestão dos trabalhos não conformes, como especificado na Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.	
	Nível 1	O laboratório não dispõe de um procedimento para registro e tratamento dos trabalhos não conformes.	

#### Seção 4 - Elemento-chave: Requisitos de processo (11/11)

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
4.11- Controle de dados e gestão da informação	Nível 5	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório incorpora os melhores procedimentos e práticas em controle de dados e gestão da informação laboratorial, incluindo a proteção contra acessos não autorizados, adulteração ou perda e segurança da integridade dos dados e das informações.	
	Nível 4	O laboratório tem acesso aos dados e informações necessários para realizar as atividades de laboratório. O(s) sistema(s) de gestão da informação laboratorial utilizado(s) para a coleta, processamento, registro, relato, armazenamento ou recuperação de dados é(são) validado(s) pelo laboratório quanto à funcionalidade e à operação das interfaces. Esse(s) sistema(s) é (são) protegido(s) contra acessos não autorizados, adulteração ou perda e mantido(s) de forma a assegurar a integridade dos dados e informações.	
	Nível 3	O laboratório dispõe de sistema(s) de gestão da informação laboratorial. No entanto, esse(s) sistema(s) ainda não foi (foram) validado(s) quanto à funcionalidade e à operação das interfaces. Tampouco é (são) protegido (s) contra acessos não autorizados, adulteração ou perda e mantido(s) de forma a assegurar a integridade dos dados e informações. A funcionalidade do sistema não garante a integridade e disponibilidade de toda a informação.	
	Nível 2	O laboratório está em processo de implantação de sistema(s) de gestão da informação laboratorial para a coleta, processamento, registro, relato, armazenamento ou recuperação de dados.	
	Nível 1	O laboratório não dispõe de sistema(s) de gestão da informação laboratorial para a coleta, processamento, registro, relato, armazenamento ou recuperação de dados.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (1/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.1 - Documentação do sistema de gestão</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas referentes à documentação de seu sistema de gestão.	
	<b>Nível 4</b>	A gerência do laboratório estabelece, documenta e mantém políticas e objetivos para o atendimento aos requisitos da Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017. Assegura que tais políticas e objetivos sejam implementados e divulgados em todos os níveis da organização do laboratório. Fornece evidências de seu comprometimento com o desenvolvimento e implementação de seu sistema de gestão e com a melhoria contínua de sua eficácia. Toda a documentação, processos, sistemas e registros relacionados com o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 são incluídos, referenciados ou vinculados ao sistema de gestão.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório está em processo de incluir, referenciar ou vincular ao sistema de gestão toda a documentação, processos, sistemas e registros relacionados com o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório planeja incluir, referenciar ou vincular ao sistema de gestão toda a documentação, processos, sistemas e registros relacionados com o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.	
	<b>Nível 1</b>	A documentação, processos, sistemas e registros relacionados com o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 não se encontram incluídos, referenciados ou vinculados ao sistema de gestão do laboratório.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (2/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.2 - Controle de documentos do sistema de gestão</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para o efetivo controle de documentos de seu sistema de gestão.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório controla os documentos internos e externos relacionados com o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. O laboratório assegura que os documentos sejam aprovados com relação à sua adequação antes de serem emitidos por pessoal autorizado e que sejam periodicamente submetidos à análise crítica e atualizados, conforme necessidade considerada na análise crítica.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório está em processo de implementação de um sistema de controle de documentos do seu sistema de gestão.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de implementar um sistema de controle de documentos do seu sistema de gestão e encontra-se em fase de planejamento para implementação desse sistema.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não possui sistema de controle de documentos do seu sistema de gestão.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (3/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.3 - Controle de registros</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para os controles necessários para a identificação, armazenamento, proteção, cópias de segurança, arquivamento, recuperação, tempo de retenção e disposição de seus registros.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório estabelece e retém os registros legíveis para demonstrar o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Implementa os controles necessários para a identificação, armazenamento, proteção, cópias de segurança, arquivamento, recuperação, tempo de retenção e disposição dos seus registros. Retém os registros por um período consistente com suas obrigações contratuais. Os registros encontram-se prontamente disponíveis, respeitando-se os compromissos de confidencialidade estabelecidos.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório está comprometido com o controle da documentação de seus registros legíveis para demonstrar o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. No entanto, não consegue ainda implementar os controles necessários para a identificação, armazenamento, proteção, cópias de segurança, arquivamento, recuperação, tempo de retenção e disposição dos seus registros.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de controlar registros legíveis para demonstrar o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017 e encontra-se em fase de implantação de um sistema de controle para esse fim.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não possui controle de registros legíveis para demonstrar o atendimento aos requisitos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (4/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.4- Ações para abordar riscos e oportunidades</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para planejamento e execução de ações para abordar riscos e oportunidades.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório considera os riscos e oportunidades associados com suas atividades, de forma a prevenir ou reduzir impactos indesejáveis e possíveis falhas nas atividades de laboratório e aumentar as oportunidades para atingir seus objetivos. O laboratório planeja ações para abordar riscos e oportunidades e define como integrar e implementar essas ações em seu sistema de gestão. Avalia a eficácia de tais ações.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório considera os riscos e oportunidades associados com suas atividades e planeja ações para abordar tais riscos e oportunidades. Todavia, não é capaz de integrar e implementar essas ações em seu sistema de gestão, nem avaliar a eficácia de tais ações.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de considerar os riscos e oportunidades associados com suas atividades. No entanto, não é capaz de planejar ações para abordar os riscos e oportunidades identificados.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não possui nenhum processo de identificação de riscos e oportunidades associados com suas atividades.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (5/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.5- Melhoria</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para identificação, seleção de oportunidades para melhoria e implementação de quaisquer ações necessárias.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório identifica e seleciona oportunidades para melhoria e implementa quaisquer ações necessárias. Procura obter retroalimentação de seus clientes. Por meio da análise da retroalimentação, aprimora o sistema de gestão, as atividades de laboratório e o atendimento aos clientes.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório identifica e seleciona oportunidades para melhoria, porém não consegue implementar todas ações necessárias. Procura obter retroalimentação de seus clientes, no entanto não analisa e utiliza essas informações para aprimorar seu sistema de gestão, as atividades de laboratório e o atendimento aos clientes.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade da identificação e seleção de oportunidades para melhoria de suas atividades. Encontra-se em fase de preparação para poder avaliar oportunidades para aprimorar seu sistema de gestão, as atividades de laboratório e o atendimento aos clientes.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não possui nenhum processo de identificação e seleção de oportunidades para a melhoria.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (6/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.6 - Ações corretivas</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para planejamento e execução de ações corretivas.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório é capaz de reagir a ocorrência de não conformidades e toma ações necessárias para controlá-las e corrigi-las. Analisa criticamente as não conformidades, identificando suas causas e tomando as ações necessárias para evitar sua recorrência. Retém registros como evidências da natureza das não conformidades, suas causas, as ações tomadas e seus resultados.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório identifica não conformidades e toma as ações corretivas necessárias, porém de forma não sistemática.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório é consciente da necessidade de identificar e reagir a ocorrência de não conformidades. Apesar de ser capaz de identificar algumas não conformidades, não é capaz de tomar ações de controle e correção dessas não conformidades.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não percebe a ocorrência de não conformidades.	



**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (7/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.7 - Auditorias internas</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para planejamento e realização de auditorias internas.	
	<b>Nível 4</b>	O laboratório planeja, estabelece, implementa e mantém um programa de auditoria interna, incluindo a frequência, métodos, responsabilidades, requisitos para planejar e o relato dos resultados das auditorias. O programa leva em consideração a importância das atividades de laboratório concernentes, mudanças que afetam o laboratório e os resultados de auditorias anteriores. O laboratório conduz auditorias internas a intervalos planejados, de acordo com o referido programa.	
	<b>Nível 3</b>	O laboratório planeja e realiza algumas auditorias internas, porém não as realiza a intervalos planejados, nem leva em consideração a importância das atividades de laboratório, as mudanças que afetam o laboratório e os resultados de auditorias anteriores.	
	<b>Nível 2</b>	O laboratório está consciente da necessidade de realizar auditorias internas e encontra-se em fase de preparação para realizar essas auditorias.	
	<b>Nível 1</b>	O laboratório não realiza auditorias internas para prover informação sobre seu sistema de gestão.	

**Seção 5 - Elemento-chave: Requisitos do sistema de gestão (8/8)**

Elemento detalhado	Nível	Descrição	Situação atual
<b>5.8 - Análises críticas pela gerência</b>	<b>Nível 5</b>	O laboratório não possui nas últimas três avaliações consecutivas não conformidades relacionadas a este elemento detalhado. O laboratório mantém um sistema de gestão de acordo com os requisitos da Norma ABNT NBR ISO 9001. A gerência do laboratório é capaz de apoiar e demonstrar o atendimento consistente aos requisitos gerais, de estrutura, de recursos e de processos da Norma ABNT NBR ISO/IEC 17025:2017. Em particular, emprega as melhores práticas para planejamento e realização das análises críticas de seu sistema de gestão.	
	<b>Nível 4</b>	Com a finalidade de assegurar a contínua adequação, suficiência e eficácia do sistema de gestão, a gerência do laboratório realiza análises críticas de seu sistema de gestão a intervalos planejados. Identifica e registra as fontes de informações necessárias para a realização das análises críticas, bem como as decisões e ações tomadas provenientes dessas análises.	
	<b>Nível 3</b>	A gerência do laboratório encontra-se comprometida com a melhoria contínua de seu sistema de gestão, realizando análises críticas deste sistema. No entanto, ainda não realiza tais análises a intervalos planejados.	
	<b>Nível 2</b>	A gerência do laboratório está consciente da necessidade de realizar análises críticas de seu sistema de gestão e encontra-se em fase de preparação para iniciar a realização dessas análises.	
	<b>Nível 1</b>	A gerência do laboratório não realiza análises críticas de seu sistema de gestão.	

## Apêndice 2

### Comparação pareada dos elementos do modelo de autoavaliação para laboratórios de ensaio e calibração

Neste segundo apêndice, apresentam-se, inicialmente os formulários utilizados durante a comparação pareada dos elementos do modelo (quadros Ap.1 a Ap.6), conduzida pelos especialistas que participaram da etapa 3 do desenvolvimento do referido modelo. Na sequência, mostram-se os resultados da atribuição de pesos aos elementos.

Quadro Ap. 1 - Comparação pareada dos elementos-chave

Comparação pareada				Nota
	Requisitos gerais		Requisitos de infraestrutura	
	Requisitos gerais		Requisitos de recursos	
	Requisitos gerais		Requisitos de processo	
	Requisitos gerais		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de infraestrutura		Requisitos de recursos	
	Requisitos de infraestrutura		Requisitos de processo	
	Requisitos de infraestrutura		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de recursos		Requisitos de processo	
	Requisitos de recursos		Requisitos do sistema de gestão	
	Requisitos de processo		Requisitos do sistema de gestão	

Fonte: Elaboração própria.

Quadro Ap. 2 - Comparação pareada dos elementos detalhados do elemento-chave Requisitos Gerais

Comparação pareada			Nota
	Imparcialidade	Confidencialidade	

Fonte: Elaboração própria.

Quadro Ap. 3 - Comparação pareada dos elementos detalhados do elemento-chave Requisitos de estrutura

Comparação pareada				Nota
	Responsabilidade legal		Estrutura organizacional e responsabilidades associadas	

Fonte: Elaboração própria.

Quadro Ap. 4 - Comparação pareada dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de recursos'

Comparação pareada				Nota
	Pessoal		Instalações e condições ambientais	
	Pessoal		Equipamentos	
	Pessoal		Rastreabilidade Metrológica	
	Pessoal		Produtos e serviços providos externamente	
	Instalações e condições ambientais		Equipamentos	
	Instalações e condições ambientais		Rastreabilidade Metrológica	
	Instalações e condições ambientais		Produtos e serviços providos externamente	
	Equipamentos		Rastreabilidade Metrológica	
	Equipamentos		Produtos e serviços providos externamente	
	Rastreabilidade Metrológica		Produtos e serviços providos externamente	

Fonte: Elaboração própria.

Quadro Ap. 5 - Comparação pareada dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de processo'

Comparação pareada				Nota
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Seleção, verificação e validação de métodos	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Amostragem	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Manuseio de itens de ensaio ou calibração	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Registros técnicos	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Avaliação da incerteza de medição	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Garantia da validade dos resultados	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Relato de resultados	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Reclamações	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Trabalho não conforme	
	Análise crítica de pedidos, propostas e contratos		Controle de dados e gestão da informação	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Amostragem	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Manuseio de itens de ensaio ou calibração	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Registros técnicos	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Avaliação da incerteza de medição	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Garantia da validade dos resultados	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Relato de resultados	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Reclamações	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Trabalho não conforme	
	Seleção, verificação e validação de métodos		Controle de dados e gestão da informação	
	Amostragem		Manuseio de itens de ensaio ou calibração	
	Amostragem		Registros técnicos	

Amostragem	Avaliação da incerteza de medição	
Amostragem	Garantia da validade dos resultados	
Amostragem	Relato de resultados	
Amostragem	Reclamações	
Amostragem	Trabalho não conforme	
Amostragem	Controle de dados e gestão da informação	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Registros técnicos	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Avaliação da incerteza de medição	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Garantia da validade dos resultados	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Relato de resultados	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Reclamações	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Trabalho não conforme	
Manuseio de itens de ensaio ou calibração	Controle de dados e gestão da informação	
Registros técnicos	Avaliação da incerteza de medição	
Registros técnicos	Garantia da validade dos resultados	
Registros técnicos	Relato de resultados	
Registros técnicos	Reclamações	
Registros técnicos	Trabalho não conforme	
Registros técnicos	Controle de dados e gestão da informação	
Avaliação da incerteza de medição	Garantia da validade dos resultados	
Avaliação da incerteza de medição	Relato de resultados	
Avaliação da incerteza de medição	Reclamações	
Avaliação da incerteza de medição	Trabalho não conforme	
Avaliação da incerteza de medição	Controle de dados e gestão da informação	
Garantia da validade dos resultados	Relato de resultados	
Garantia da validade dos resultados	Reclamações	
Garantia da validade dos resultados	Trabalho não conforme	
Garantia da validade dos resultados	Controle de dados e gestão da informação	
Relato de resultados	Reclamações	
Relato de resultados	Trabalho não conforme	
Relato de resultados	Controle de dados e gestão da informação	
Reclamações	Trabalho não conforme	
Reclamações	Controle de dados e gestão da informação	
Trabalho não conforme	Controle de dados e gestão da informação	

Fonte: Elaboração própria.

Quadro Ap. 6 - Comparação pareada dos elementos detalhados do elemento-chave 'Requisitos de sistema de gestão'

Comparação pareada			Nota
	Documentação do sistema de gestão	Controle de documentos do sistema de gestão	
	Documentação do sistema de gestão	Controle de registros	
	Documentação do sistema de gestão	Ações para abordar riscos e oportunidades	
	Documentação do sistema de gestão	Melhoria	
	Documentação do sistema de gestão	Ações corretivas	
	Documentação do sistema de gestão	Auditorias internas	
	Documentação do sistema de gestão	Análises críticas pela gerência	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Controle de registros	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Ações para abordar riscos e oportunidades	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Melhoria	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Ações corretivas	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Auditorias internas	
	Controle de documentos do sistema de gestão	Análises críticas pela gerência	
	Controle de registros	Ações para abordar riscos e oportunidades	
	Controle de registros	Melhoria	
	Controle de registros	Ações corretivas	
	Controle de registros	Auditorias internas	
	Controle de registros	Análises críticas pela gerência	
	Ações para abordar riscos e oportunidades	Melhoria	
	Ações para abordar riscos e oportunidades	Ações corretivas	
	Ações para abordar riscos e oportunidades	Auditorias internas	
	Ações para abordar riscos e oportunidades	Análises críticas pela gerência	
	Melhoria	Ações corretivas	
	Melhoria	Auditorias internas	
	Melhoria	Análises críticas pela gerência	
	Ações corretivas	Auditorias internas	
	Ações corretivas	Análises críticas pela gerência	
	Auditorias internas	Análises críticas pela gerência	

Fonte: Elaboração própria.

Cada avaliador foi orientado e preencheu as seis tabelas acima identificando para cada avaliação pareada qual era o elemento de maior importância, bem como, realizou o julgamento sobre o nível de intensidade.

O quadro AP.7 a seguir apresenta a tabela com os graus de intensidade que foram apresentados e utilizados pelos avaliadores para a atribuição da intensidade.

Quadro AP.7 – Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo da decisão.
3	Importância moderada de um sobre o outro	Um dos critérios contribui um pouco mais que o outro para o objetivo da decisão.
5	Importância grande ou essencial	Um dos critérios contribui fortemente para o objetivo da decisão em relação ao outro.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um dos critérios contribui muito fortemente para o objetivo da decisão em relação ao outro.
9	Importância absoluta	Um dos critérios tem uma importância absoluta para o objetivo da decisão em relação ao outro.
2,4,6,8	Valores intermediários entre os valores adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Fonte: Saaty (1991).

A partir do preenchimento das tabelas pelos especialistas, tornou-se possível construir as matrizes quadráticas recíprocas com os resultados das comparações pareadas por eles realizadas. Na matriz quadrática, os valores da diagonal principal sempre serão equivalentes a 1 uma vez que tratam da comparação do elemento consigo mesmo. Os demais valores indicados indicam a comparação do elemento da linha em relação ao elemento da coluna. Com relação à diagonal principal, todos os valores acima desta apresentaram um valor inverso ao seu recíproco na posição diagonalmente abaixo e oposta. Tal fato ocorre uma vez que se tratam de comparações semelhantes porém com os itens da linha e da coluna em posições invertidas. A seguir são apresentados as 42 tabelas com as matrizes preenchidas com os resultados dos julgamentos dos especialistas.

Tabela AP.1 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 1

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1/3	1/5	1/7	1/6
EC2	3	1	1/3	1/8	1/6
EC3	5	3	1	1	1
EC4	7	8	1	1	1
EC5	6	6	1	1	1

Legenda: EC1 - Requisitos gerais; EC2 - Requisitos de infraestrutura; EC3 - requisitos de recursos; EC4 - requisitos de processo; EC5 - Requisitos de sistemas de gestão.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.2 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 2

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1/2	1/3	1/3	1/3
EC2	2	1	1/2	1/3	3
EC3	3	2	1	1	1
EC4	3	3	1	1	2
EC5	3	1/3	1	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.3 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 3

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1/5	1/7	1/3	1/2
EC2	5	1	1/5	3	5
EC3	7	5	1	5	3
EC4	3	1/3	1/5	1	2
EC5	2	1/5	1/3	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.4 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 4

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1/4	1/3	1/5	1/6
EC2	4	1	1/3	1/3	1/5
EC3	3	3	1	1/2	2
EC4	5	3	2	1	3
EC5	6	5	1/2	1/3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.5 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 5

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1/8	1/5	1/6	1/7
EC2	8	1	7	5	4
EC3	5	1/7	1	1/3	1/4
EC4	6	1/5	3	1	1/2
EC5	7	1/4	4	2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.6 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 6

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	1	1/2	1/2	2
EC2	1	1	1	1	1
EC3	2	1	1	2	2
EC4	2	1	1/2	1	2
EC5	1/2	1	1/2	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.7 - Matriz de comparação pareada dos elementos-chave do Avaliador 7

Elementos-chave	EC1	EC2	EC3	EC4	EC5
EC1	1	2	1/3	1	1
EC2	1/2	1	1/5	1/8	1/8
EC3	3	5	1	2	3
EC4	1	8	1/2	1	1
EC5	1	8	1/3	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.8 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 1

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	2
EC1B	1/2	1

Legenda: EC1A - Imparcialidade; EC1B - Confidencialidade.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.9 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 2

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	3
EC1B	1/3	1

Fonte: Elaboração própria..

Tabela AP.10 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 3

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	7
EC1B	1/7	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.11- Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 4

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	3
EC1B	1/3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.12 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 5

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	7
EC1B	1/7	1

Fonte: Elaboração própria.



Tabela AP.13 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 6

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	1
EC1B	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.14 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos gerais do Avaliador 7

Elementos	EC1A	EC1B
EC1A	1	2
EC1B	1/2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.15 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de estrutura do Avaliador 1

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	2
EC2B	1/2	1

Legenda: EC2A - Responsabilidade legal; EC2B - Estrutura organizacional e responsabilidades associadas.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.16 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de estrutura do Avaliador 2

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	1/3
EC2B	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.17 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de estrutura do Avaliador 3

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	1/3
EC2B	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.18 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de estrutura do Avaliador 4

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	1/3
EC2B	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.19 – Matrizes de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de estrutura dos Avaliadores 5, 6 e 7

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	9
EC2B	1/9	1

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	2
EC2B	1/2	1

Elementos	EC2A	EC2B
EC2A	1	1
EC2B	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.20 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 1

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	3	1	1	1
EC3B	1/3	1	1/3	1/3	1
EC3C	1	3	1	1/2	2
EC3D	1	3	2	1	2
EC3E	1	1	1/2	1/2	1

Legenda: EC3A - Pessoal; EC3B - Instalações e condições ambientais; EC3C - Equipamentos; EC3D - Rastreabilidade Metrológica; EC3E - Produtos e serviços providos externamente.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.21- Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 2

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	1	1	1	1
EC3B	1	1	1	3	5
EC3C	1	1	1	1	3
EC3D	1	1/3	1	1	3
EC3E	1	1/5	1/3	1/3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.22- Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 3

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	1	1	1	3
EC3B	1	1	1	1/3	3
EC3C	1	1	1	1	3
EC3D	1	3	1	1	3
EC3E	1/3	1/3	1/3	1/3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.23- Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 4

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	1/3	1/3	1/5	3
EC3B	3	1	4	1/3	4
EC3C	3	1/4	1	1/3	3
EC3D	5	3	3	1	5
EC3E	1/3	1/4	1/3	1/5	1

Tabela AP.24 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 5

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	1/3	1/4	1/7	4
EC3B	3	1	1/3	1/6	6
EC3C	4	3	1	1/5	7
EC3D	7	6	5	1	9
EC3E	1/4	1/6	1/7	1/9	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.25 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 6

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	2	2	2	2
EC3B	1/2	1	1/2	1/2	3
EC3C	1/2	2	1	1/3	3
EC3D	1/2	2	3	1	3
EC3E	1/2	1/3	1/3	1/3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.26 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de recursos do Avaliador 7

Elementos	EC3A	EC3B	EC3C	EC3D	EC3E
EC3A	1	9	5	5	4
EC3B	1/9	1	1/9	1/9	1/9
EC3C	1/5	9	1	1	1
EC3D	1/5	9	1	1	1
EC3E	1/4	9	1	1	1

Tabela AP.27 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 1

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/2	1	1/2	2	1/2	1/2	2	2	2	1
EC4B	2	1	1	1	3	1	3	3	3	3	3
EC4C	1	1	1	1/2	1/2	1/2	2	2	2	2	1
EC4D	2	1	2	1	3	1	3	3	3	3	3
EC4E	1/2	1/3	2	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1
EC4F	2	1	2	1	3	1	3	3	3	3	3
EC4G	2	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1
EC4H	1/2	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1
EC4I	1/2	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1
EC4J	1/2	1/3	1/2	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1
EC4K	1	1/3	1	1/3	1	1/3	1	1	1	1	1

Legenda: EC4A - Análise crítica de pedidos, propostas e contratos; EC4B - Seleção, verificação e validação de métodos; EC4C - Amostragem; EC4D - Manuseio de itens de ensaio ou calibração; EC4E - Registros técnicos; EC4F - Avaliação da incerteza de medição; EC4G - Garantia da validade dos resultados; EC4H - Relato de resultados; EC4I - Reclamações; EC4J - Trabalho não conforme; EC4K - Controle de dados e gestão da informação.

Tabela AP.28 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 2

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3	1	1/3	1/3
EC4B	4	1	4	2	2	3	1	3	4	1/3	3
EC4C	1	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3	1	1/3	1/3
EC4D	3	1/2	3	1	1	2	1/2	2	3	2	2
EC4E	3	1/2	3	1	1	2	1/2	2	3	2	2
EC4F	3	1/3	3	1/2	1/2	1	1/3	1	3	1	1
EC4G	4	1	4	2	2	3	1	3	4	3	3
EC4H	3	1/3	3	1/2	1/2	1	1/3	1	3	1	1
EC4I	1	1/4	1	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3	1	1/3	1/3
EC4J	3	3	3	1/2	1/2	1	1/3	1	3	1	1
EC4K	3	1/3	3	1/2	1/2	1	1/3	1	3	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP. 29 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 3

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/7	1	1	1/5	1/3	1/7	1/5	1	6	1/3
EC4B	7	1	7	7	2	3	1	2	7	7	3
EC4C	1	1/7	1	1	1/5	1/3	1/7	1/5	1	1	1/3
EC4D	1	1/7	1	1	1/5	1/3	1/7	1/5	1	1	1/3
EC4E	5	1/2	5	5	1	2	1/2	1	5	7	2
EC4F	3	1/3	3	3	1/2	1	1/3	2	5	3	1
EC4G	7	1	7	7	2	3	1	2	7	7	3
EC4H	5	1/2	5	5	1	1/2	1/2	1	5	5	2
EC4I	1	1/7	1	1	1/5	1/5	1/7	1/5	1	1	1/3
EC4J	1/6	1/7	1	1	1/7	1/3	1/7	1/5	1	1	1/3
EC4K	3	1/3	3	3	1/2	1	1/3	1/2	3	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.25 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 4

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/2	1/3	1	1/3	1/3	3	3	1/4	3	3
EC4B	2	1	1/3	2	1/3	1	1/3	3	1/4	1/3	3
EC4C	3	3	1	3	1	1/3	4	4	1/3	1/2	4
EC4D	1	1/2	1/3	1	1/3	1/3	3	3	1/4	1/3	3
EC4E	3	3	1	3	1	3	4	4	1/3	1/2	4
EC4F	3	1	3	3	1/3	1	3	3	4	1/3	3
EC4G	1/3	3	1/4	1/3	1/4	1/3	1	1	1/5	1/4	1
EC4H	1/3	1/3	1/4	1/3	1/4	1/3	1	1	1/5	1/4	1
EC4I	4	4	3	4	3	1/4	5	5	1	2	5
EC4J	1/3	3	2	3	2	3	4	4	1/2	1	5
EC4K	1/3	1/3	1/4	1/3	1/4	1/3	1	1	1/5	1/5	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.26 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 5

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/4	1	1/5	1/6	1/2	1/4	1/7	1/2	1/2	1/4
EC4B	4	1	4	1/2	1/3	3	2	4	3	3	2
EC4C	1	1/4	1	1/5	1/6	1/2	1/4	1/7	1/2	1/2	1/4
EC4D	5	2	5	1	1/2	4	3	1/3	4	1/4	3
EC4E	6	3	6	2	1	5	1/4	1/3	5	1/5	4
EC4F	2	1/3	2	1/4	1/5	1	1/3	1/6	1	1	1/3
EC4G	4	1/2	4	1/3	4	3	1	5	3	3	1
EC4H	7	1/4	7	3	3	6	1/5	1	6	6	5
EC4I	2	1/3	2	1/4	1/5	1	1/3	1/6	1	1	1/3
EC4J	2	1/3	2	4	5	1	1/3	1/6	1	1	1/3
EC4K	4	1/2	4	1/3	1/4	3	1	1/5	3	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.27- Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 6

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1/3	1/5	1/5	1/3	1/6	1/6	1/3	1	1	1/3
EC4B	3	1	1/3	1/3	1	1/4	1/4	1	3	3	1
EC4C	5	3	1	1	3	1/2	1/2	3	5	5	3
EC4D	5	3	1	1	3	1/2	1/2	3	5	5	3
EC4E	6	1	1/3	1/3	1	1/4	1/4	1	3	3	1
EC4F	6	4	2	2	4	1	1	4	6	6	4
EC4G	3	4	2	2	4	1	1	4	6	6	4
EC4H	1	1	1/3	1/3	1	1/4	1/4	1	3	3	1
EC4I	1	1/3	1/5	1/5	1/3	1/6	1/6	1/3	1	1	1/3
EC4J	3	1/3	1/5	1/5	1/3	1/6	1/6	1/3	1	1	1/3
EC4K	3	1	1/3	1/3	1	1/4	1/4	1	3	3	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.28 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de processo do Avaliador 7

Elementos	EC4A	EC4B	EC4C	EC4D	EC4E	EC4F	EC4G	EC4H	EC4I	EC4J	EC4K
EC4A	1	1	1	2	1/2	1/2	1/5	2	2	1/2	1
EC4B	1	1	1	2	1/2	2	1/3	2	2	1/2	1
EC4C	1	1	1	2	1/2	2	1/3	2	2	1/2	1
EC4D	1/2	1/2	1/2	1	1/2	2	1/4	1	1	1/2	1/2
EC4E	2	2	2	2	1	1	1/2	2	2	1	2
EC4F	2	1/2	1/2	1/2	1	1	1/2	2	2	1	2
EC4G	5	3	3	4	2	2	1	1	4	4	3
EC4H	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1	1	1	2	2
EC4I	1/2	1/2	1/2	1	1/2	1/2	1/4	1	1	1/3	1/2
EC4J	2	2	2	2	1	1	1/4	1/2	3	1	1/2
EC4K	1	1	1	2	1/2	1/2	1/3	1/2	2	2	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.29 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 1

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	1/4	1/4	1	1/3	1	1/7	1/3
EC5B	4	1	1	1	1/2	1/2	1/7	1/4
EC5C	4	1	1	1	1/3	1/3	1/7	1/4
EC5D	1	1	1	1	1/3	1/3	1/6	1/6
EC5E	3	2	3	3	1	1	1/5	1/3
EC5F	1	2	3	3	1	1	1/5	1
EC5G	7	7	7	6	5	5	1	1
EC5H	3	4	4	6	3	1	1	1

Legenda: EC5A - Documentação do sistema de gestão; EC5B - Controle de documentos do sistema de gestão; EC5C - Controle de registros; EC5D - Ações para abordar riscos e oportunidades; EC5E - Melhoria; EC5F - Ações corretivas; EC5G - Auditorias internas; EC5H - Análises críticas pela gerência.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.30 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 2

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	3	1/2	1/3	3	1/3	1/3	1/3
EC5B	1/3	1	1/2	1/2	3	1/3	1/3	1/3
EC5C	2	2	1	1/3	1/3	3	3	3
EC5D	3	2	3	1	3	1/3	1/3	1
EC5E	1/3	1/3	3	1/3	1	1/3	1/3	1/5
EC5F	3	3	1/3	3	3	1	2	2
EC5G	3	3	1/3	3	3	1/2	1	1
EC5H	3	3	1/3	1	5	1/2	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.31 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 3

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	1/3	1/5	1/3	1/5	1/3	1/6	1/2
EC5B	3	1	1	3	1/3	1/3	1/3	1
EC5C	5	1	1	5	3	1	3	5
EC5D	3	1/3	1/5	1	1/4	1/3	1	1
EC5E	5	3	1/3	4	1	1/2	1/3	1/5
EC5F	3	3	1	3	2	1	3	5
EC5G	6	3	1/3	1	3	1/3	1	6
EC5H	2	1	1/5	1	5	1/5	1/6	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.32 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 4

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	2	2	1/3	2	1/4	1/5	1/5
EC5B	1/2	1	2	1/4	1/3	1/5	1/5	1/5
EC5C	1/2	1/2	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/3
EC5D	3	4	3	1	3	1/2	1/2	1/2
EC5E	1/2	3	2	1/3	1	1/3	1/3	1/3
EC5F	4	5	2	2	3	1	1/4	1/4
EC5G	5	5	2	2	3	4	1	1/4
EC5H	5	5	3	2	3	4	4	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.33 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 5

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	1/2	1/5	1/3	1/4	1/6	1/8	1/5
EC5B	2	1	1/5	1/3	1/4	1/6	1/8	1/5
EC5C	5	5	1	4	4	1/4	1/6	5
EC5D	3	3	1/4	1	1/5	1/5	1/7	1/4
EC5E	4	4	1/4	5	1	1/5	1/7	1/3
EC5F	6	6	4	5	5	1	1/5	5
EC5G	8	8	6	7	7	5	1	6
EC5H	5	5	1/5	4	3	1/5	1/6	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.34 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 6

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	1	1	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
EC5B	1	1	1	1/2	1/2	1	1	1/2
EC5C	1	1	1	1/2	1	1	1	1/2
EC5D	2	2	2	1	1	1	2	1
EC5E	2	2	1	1	1	1/2	2	1
EC5F	2	1	1	1	2	1	1	1
EC5G	2	1	1	1/2	1/2	1	1	1
EC5H	2	2	2	1	1	1	1	1

Fonte: Elaboração própria.

Tabela AP.35 - Matriz de comparação pareada dos elementos detalhados dos requisitos de sistema de gestão do Avaliador 7

Elementos	EC5A	EC5B	EC5C	EC5D	EC5E	EC5F	EC5G	EC5H
EC5A	1	2	1	1/9	1/6	1/6	1/3	1/9
EC5B	1/2	1	1	1/9	1/6	1/6	1/3	1/9
EC5C	1	1	1	1/9	1/6	1/6	1/3	1/9
EC5D	9	9	9	1	1	1	7	1
EC5E	6	6	6	1	1	1	3	1/9
EC5F	6	6	6	1	1	1	2	1/9
EC5G	3	3	3	1/7	1/3	1/2	1	1/9
EC5H	9	9	9	1	9	9	9	1

Fonte: Elaboração própria.



## **Anexo 1**

### **Método Analítico Hierárquico (AHP)**

Este anexo 1 descreve o método ‘Método Analítico Hierárquico (AHP), conforme proposto por Saaty (1991). Ele é parte integrante da dissertação de Irlaine de Alvarenga Cidade, intitulada “Gestão Sustentável de Centros de Difusão de Ciência, Educação e Cultura: proposição de um modelo de autoavaliação” (Cidade, 2016).

O método AHP compreende quatro etapas, de acordo com a descrição de Saaty (1991) e Costa (2006):

- Organização da estrutura hierárquica, através da identificação do foco principal, dos critérios e subcritérios (quando existirem) e das alternativas, refletindo as relações existentes entre eles;
- Aquisição dos dados e coleta de julgamentos de valor, através da comparação dos elementos dois a dois e estabelecimento das matrizes de comparações;
- Análise das matrizes de comparações geradas na fase anterior, que indicarão a prioridade de cada alternativa em relação ao foco principal;
- Análise dos indicadores de desempenho derivados, como índices de consistência por exemplo.

No AHP, os elementos de uma hierarquia para a resolução de problemas de decisão são o foco principal (ou meta), o conjunto de alternativas viáveis e o conjunto de critérios, de acordo com o ilustrado na figura A.1.

O foco principal é o objetivo global, o que a resolução do problema trará. As alternativas viáveis são as possibilidades de escolha dentro do problema para que a decisão seja tomada. Por fim, os critérios são as características ou propriedades a partir das quais as alternativas devem ser avaliadas.

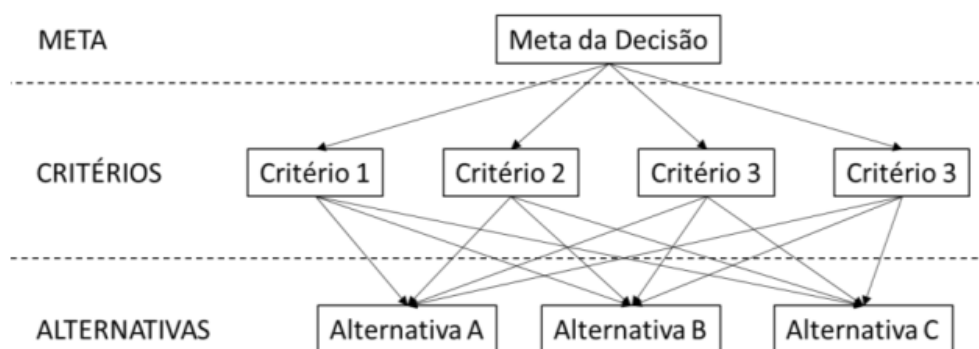


Figura A.1 – Exemplo de estrutura hierárquica de problemas de decisão (em três níveis)  
Fonte: Saaty, 1991.

Após a hierarquização, o método aponta para os julgamentos de valor, em que o avaliador deve comparar os elementos dois a dois à luz de um determinado critério. O julgamento é, então, a representação numérica dessa relação e o grupo de todos os julgamentos, considerando a comparação de todos os elementos em relação a um critério específico, pode ser representado através de uma matriz quadrada (Saaty, 1991).

Para o estabelecimento do processo de julgamento, Saaty (1990) definiu uma escala específica para padronizar os julgamentos de valor, escala essa que capta a subjetividade natural existente em variáveis qualitativas. O Quadro A.1, a seguir, apresenta essa escala.

Quadro A.1 – Escala para padronizar os julgamentos de valor pelo método AHP

Grau de importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	Os dois atributos contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente um atributo em relação ao outro.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente um atributo em relação ao outro.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Um atributo é muito fortemente favorecido em relação ao outro; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece um atributo em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes.	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Fonte: Saaty, 1991.

O julgamento consiste no reflexo de duas perguntas: qual dos dois elementos é o mais importante, à luz do objetivo pretendido, e com qual intensidade ele é mais importante, utilizando-se a escala de 1 a 9 apresentada no Quadro A.2.

Para o elemento mais importante, é utilizado um valor inteiro, enquanto que o menos importante recebe o inverso dessa unidade, como ilustrado no exemplo didático da figura A.2.

**Matriz A**

	A	B	C	D
A	1	5	6	7
B	1/5	1	4	6
C	1/6	1/4	1	4
D	1/7	1/6	1/4	1

Figura A.2 – Exemplo de matriz de julgamentos para o método AHP  
Fonte: Saaty, 1991.

As letras A, B, C e D representam os elementos a serem comparados dois a dois. A diagonal da matriz recebe sempre 1, pois é a comparação do elemento com ele mesmo. Para o preenchimento dos outros campos, são feitos os julgamentos para determinar a intensidade de importância, utilizando a escala determinada por Saaty. Para as comparações inversas, ou seja, o que está na parte inferior esquerda da matriz, são adicionados os valores recíprocos referentes a cada julgamento, que estão na parte superior direita da mesma.

Com as matrizes recíprocas devidamente estruturadas, obtém-se o vetor de prioridades, ou pesos, a partir do cálculo do autovetor normalizado do máximo autovalor. Existem métodos específicos para o cálculo aproximado desses valores (Saaty, 1991). Tais aproximações foram desenvolvidas por limitações computacionais da época em que o método foi desenvolvido, sendo custoso o cálculo de autovetores e autovalores para matrizes de ordem elevada.

Para fins deste trabalho, será utilizado o valor preciso de ambas as grandezas, que são denotadas matricialmente por:

$$Aw = \lambda_{max}w \quad (1)$$

$A$  é a matriz de julgamentos (quadrada, recíproca e positiva);

$w$  é o autovetor principal, referente aos pesos;

$\lambda_{max}$  é o autovalor principal de  $A$ .

Com as características das matrizes de julgamentos em mãos, através do teorema de Perron-Frobenius, Saaty (1991) afirma que a solução tem um único maior autovalor que corresponde a um autovetor de componentes estritamente positivos. Os teoremas e as provas acerca das características envolvendo as matrizes geradas, a partir da avaliação de especialistas, são apresentados em seu trabalho. Computados os autovalores das respectivas matrizes, é necessário realizar análise da consistência dos julgamentos para avaliar o quão afastado da consistência os julgamentos estão. Utiliza-se uma medida para avaliar a probabilidade de os julgamentos terem sido realizados puramente ao acaso e esta medida é chamada Razão de Consistência (RC). Por exemplo, um  $RC = 0,3$  diz que há 30% de chance do especialista responder as perguntas aleatoriamente.

Saaty (1991) apresenta um desenvolvimento simples e intuitivo para compreender a análise de consistência. Vamos supor uma matriz consistente, em que as comparações são baseadas em medidas exatas, isto é, os pesos já são conhecidos, então:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \quad (2)$$

Como o julgamento é perfeito para todas as comparações, tem-se que  $a_{ik} = a_{ij} a_{jk}$  para qualquer  $i, j, k$ , variando de 1 até  $n$  a ordem da matriz.

Também vale a afirmativa:

$$a_{ij} = \frac{w_j}{w_i} = \frac{1}{w_i/w_j} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (3)$$

Dessa forma, caracteriza-se uma matriz consistente de comparações paritárias.

Considerando  $x = (x_1, \dots, x_n)$  e  $y = (y_1, \dots, y_n)$ , pode-se escrever em notação matricial:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_1}{w_1} & & \frac{w_n}{w_n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Algebricamente, essa operação pode ser representada por:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot x_i = y_i \quad (5)$$

para  $i = 1, \dots, n$

Como  $a_{ij} = \frac{w_i}{w_j}$ , obtém-se:

$$a_{ij} \frac{w_j}{w_i} = 1 \quad (6)$$

para  $i, j = 1, \dots, n$

Consequentemente:

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot w_j \frac{1}{w_i} = n \quad (7)$$

para  $i = 1, \dots, n$

Ou

$$\sum_{j=0}^n a_{ij} \cdot w_j = n w_i \quad (8)$$

para  $i = 1, \dots, n$

Que é equivalente a equação matricial:

$$Aw = nw \quad (9)$$

Em álgebra linear, esta última equação expressa o fato de que  $w$  é autovetor de  $A$  com autovalor  $n$ .

Na prática,  $a_{ij}$  são os pesos atribuídos pelo julgamento dos especialistas, baseado na escala fundamental, e de certa forma subjetivos. Assim, os valores  $a_{ij}$  irão se afastar do 'ideal'  $w_i/w_j$ , fazendo com que a equação  $Aw = \lambda w$ , não seja mais válida.

Se  $\lambda_1, \dots, \lambda_n$  são os números que satisfazem a equação  $Aw = \lambda w$ , então  $\lambda$  é autovalor de  $A$  e, se  $a_{ij}=1$  para todo  $i$ , então:

$$\sum_{i=0}^n \lambda_i = n \quad (10)$$

Assim, se  $Aw = \lambda w$ , é válida, somente um dos autovalores é diferente de zero e valerá  $n$ , sendo o maior autovalor de  $A$ .

Caso os elementos de uma matriz recíproca positiva sofrerem pequenas variações, seus respectivos autovalores também variarão em pequenas quantidades.

Utilizando os resultados apresentados juntamente com o axioma anterior, pode-se dizer que, caso a diagonal principal de uma matriz possua os elementos iguais a 1 e for consistente, pequenas variações nos elementos  $a_{ij}$  farão com que o autovalor máximo  $\lambda_{max}$  permaneça próximo de zero e os outros autovalores próximos de zero, sendo  $\lambda_{max}$  maior ou igual  $n$ .

Portanto, para calcular o autovetor de prioridades de uma matriz de comparações paritárias  $A$ , deve-se encontrar o vetor que satisfaça a equação  $Aw = \lambda_{max}w$ .

O valor de interesse para o desenvolvimento da metodologia é o autovetor normalizado, de forma que a soma de  $w$  seja igual a 1. Para isso, cada elemento  $w_i$  é dividido pelo seu somatório.

Uma medida de consistência, chamada Índice de Consistência (IC), é utilizada para calcular o desvio de  $\lambda_{max}$  em relação a  $n$ , uma vez que a utilização da escala para os julgamentos geram variações em  $a_{ij}$ , alterando  $\lambda_{max}$ .

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (11)$$

É comum as avaliações realizadas pelos especialistas gerarem inconsistências, pois fazem parte do julgamento humano, mas deseja-se que sejam as menores possíveis. Para verificar a coerência, utiliza-se, como citado anteriormente, a Razão de Consistência, tendo como definição:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (12)$$

IR (Índice Randômico) é o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada randomicamente, baseada na escala de 1 a 9, com recíprocas forçadas (Saaty e Vargas, 2012). Este valor é tabelado e varia de acordo com a ordem da matriz. Na tabela A.1, é apresentado o valor de IR para matrizes de ordem 1 até 10.

Tabela A.1 – Índice de consistência aleatória (IR)

Tamanho $n$	1	2	3	4	5	6	7	8
IR	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40

Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas, 2012

A avaliação final da coerência do julgamento se dá ao comparar o valor de RC. Para o presente desenvolvimento, fazem-se as seguintes considerações:

a) RC menor ou igual a 1 consiste em um julgamento coerente, premissa básica do método em relação a análise de coerência, proposta inicialmente para julgar uma avaliação como satisfatória;

b) RC entre 0,1 e 0,2 significa um julgamento questionável, considerado para que especialista reveja seus julgamentos da respectiva etapa, analisando a matriz construída e busque melhorar alguma(s) comparação(ões) que tenha(m) sido inconsistente(s). Porém, não é obrigatório que se altere algum julgamento;

b) RC maior que 0,2 significa um julgamento incoerente, indica que as comparações pareadas daquela etapa geraram um alto índice de inconsistência e o especialista é obrigado a refazer seus julgamentos.

Uma vez alcançada a consistência no julgamento, são calculados os vetores de prioridades, ou seja, os pesos relativos de cada elemento do problema. Este cálculo é realizado através da multiplicação das matrizes de prioridades. Em outras palavras, para cada alternativa, o cálculo consiste na soma ponderada da importância relativa de cada atributo pelo nível de preferência de determinada alternativa em relação ao respectivo critério (Souza, 2013). No AHP, cada alternativa receberá uma pontuação através de uma função de valor aditiva. As alternativas com maior valor serão as preferíveis (Passos, 2010). Formalizando, a função de valor para cada alternativa será:

$$F(a) = \sum_{j=1}^n w_j v_j(a) \quad (13)$$

Onde:

$F(a)$  é o valor final de alternativa  $a$ ;

$w_j$  é o peso do  $j$ -ésimo critério;

$v_j$  é o desempenho da alternativa em relação ao  $j$ -ésimo critério.

## Referências do Anexo 1

- Costa, H. G. **Auxílio multicritério à decisão: método AHP**. Rio de Janeiro: Abepro. 2006.
- Saaty, T. L. Scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v.15, p.234-281. 1977.
- Saaty, T. L. Physics as a decision theory. **European Journal of Operational Research**, v. 48, p.98-104. 1990.
- Saaty, T. L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: Mc-Graw-Hill, Makron. 1991.
- Saaty, T. L. **Decision making for leaders**. Pittsburg: RWS Publications. 2000.
- Saaty, T. L.; Vargas, L. G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. 2<sup>a</sup> ed. New York: Springer. 2012.



## **Anexo 2**

### **Método de análise importância-desempenho (IPA)**

Este segundo anexo descreve o método de análise importância-desempenho, conforme proposto por Martilla e James (1977) e revisado por Slack (1994). Ele é parte integrante da dissertação de Irlaine de Alvarenga Cidade, intitulada “Gestão Sustentável de Centros de Difusão de Ciência, Educação e Cultura: proposição de um modelo de autoavaliação” (Cidade, 2016).

Dentre os métodos e ferramentas analíticas que vêm sendo adotadas para identificar oportunidades de melhoria nas organizações e direcionar ações para alcance de níveis superiores de desempenho, destaca-se na literatura especializada método de análise importância-desempenho (IPA), proposto por Martilla e James (1977) e revisado por Slack (1994).

Consiste na construção de matrizes importância-desempenho, com base em julgamentos sobre cada atributo da avaliação de desempenho e permite identificar lacunas nos sistemas de gestão e priorizar ações de melhoria, manutenção ou redução de esforços.

De acordo com Azzopardi e Nash (2013), o método de análise importância-desempenho é uma ferramenta de diagnóstico de decisão que facilita a identificação de prioridades de melhoria, o direcionamento de recursos para áreas prioritárias, bem como o alinhamento dos esforços à implementação da estratégia corporativa da organização. Ou seja, a ferramenta pode ser aplicada tanto no nível tático-operacional quanto estratégico da organização, cujo desempenho está sendo avaliado.

Com base nas médias das avaliações ou escalas, Martilla e James (1977) dividiam o espaço bidimensional em quadrantes, para que fossem identificadas as lacunas de gestão e definir zonas de prioridade, a saber: (i) importância e desempenho altos; (ii) baixa importância e alto desempenho; (iii) importância e desempenho baixos; e (iv) alta importância e baixo desempenho. Conforme Azzopardi e Nash (2013), diferentes abordagens têm sido

propostas para estabelecer as chamadas zonas de prioridade, como, por exemplo, os métodos dos dados centrados, escala-centrada e diagonal.

A título de ilustração, Slack (1999) adaptou o método de análise importância-desempenho para avaliar o posicionamento competitivo da organização em relação a seus concorrentes.

O espaço bidimensional da matriz importância-desempenho como apresentado por Slack (1999) divide-se em quatro áreas: (i) zona de excesso (baixa importância e altíssimo desempenho, sendo necessário reavaliar o emprego de recursos que estão sendo usados para fatores de menor importância); (ii) zona adequada (importância e desempenho equilibrados no curto e médio prazo, sendo que no longo prazo a organização poderá perder a posição competitiva favorável para seus concorrentes); (iii) zona de melhoria (fatores de desempenho intermediário entre a zona de equilíbrio e a de baixíssimo desempenho); (iv) zona de ação urgente (fatores de alta importância e baixo desempenho da organização, portanto críticos).

A figura B.1 representa graficamente uma matriz importância-desempenho genérica, segundo Slack (1994).

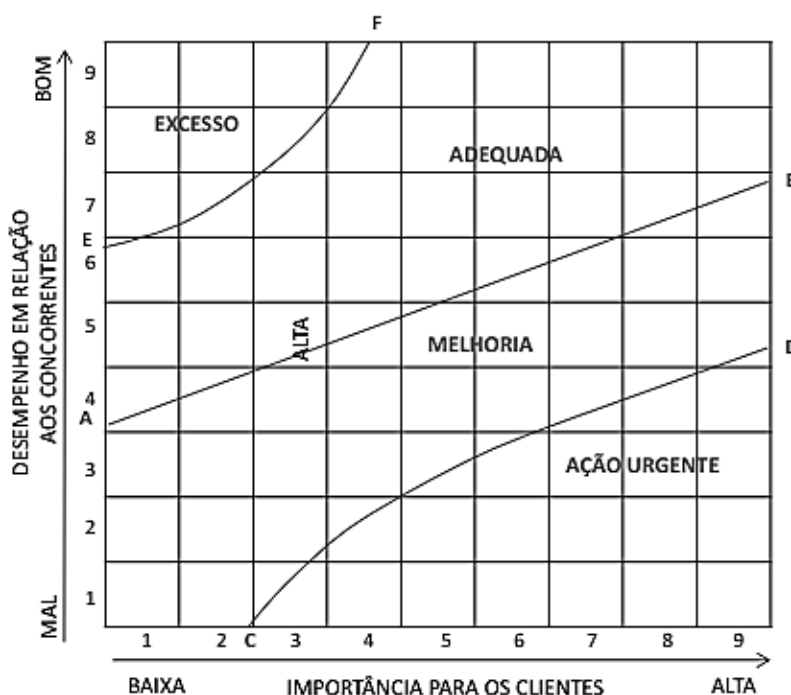


Figura B.1 – Matriz importância-desempenho segundo adaptação de Slack (1994)

Fonte: Slack (1994)

## Referências do Anexo 2

AZZOPARDI, E.; NASH, R. A critical evaluation of importance-performance analysis. **Tourism Management**, v. 35, p. 222-233, 2013.

CIDADE, IRLAINE CIDADE DE. **Gestão Sustentável de Centros de Difusão de Ciência, Educação e Cultura: proposição de um modelo de autoavaliação**. 2016. 152p. Dissertação (mestrado) - Pós-graduação em metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

MARTILLA, J. A.; JAMES, J. C. Importance-performance analysis. **Journal of Marketing**, v. 41, n. 1, p. 77-79. 1977. Disponível em: <<https://archive.ama.org/archive/ResourceLibrary/JournalofMarketing/Pages/1977/41/1/4997426.aspx>>. Acesso em: 20 jan. 2019.

SLACK, N. The importance-performance matrix as a determinant of improvement priority. **International Journal of Operations & Production Management**, v.14, n.5, p. 59–75, 1994.

SLACK, N.; LEWIS, M. **Estratégia de operações**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.