

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
LABORATÓRIO DE TECNOLOGIA, GESTÃO DE NEGÓCIOS E MEIO AMBIENTE
DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS

MARCELO CONTENTE ARESE

**MATURIDADE DA GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS DE PROCESSO: UMA
PERSPECTIVA SUSTENTÁVEL UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sistemas de Gestão Sustentáveis. Área de Concentração: Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. Linha de Pesquisa: **Apoio à Decisão em Organizações Sustentáveis.**

Orientadores:

Prof. Sergio Luiz Braga França, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Luis Alberto Duncan Rangel, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Niterói, RJ
2018

Ficha catalográfica automática - SDC/BEE
Gerada com informações fornecidas pelo autor

A678m Arese, Marcelo Contente

Maturidade da gestão de ativos físicos de processo : uma perspectiva sustentável utilizando lógica nebulosa / Marcelo Contente Arese ; Sérgio Luiz Braga França, orientador ; Luis Alberto Duncan Rangel, coorientador. Niterói, 2018.
228 f.

Tese (doutorado)-Universidade Federal Fluminense, Niterói,2018.

DOI: <http://dx.doi.org/10.22409/PPSIG.2018.d.95591010725>

1. Gestão de ativos. 2. Modelo de maturidade. 3.Sustentabilidade.
4. Produção intelectual. I. França, Sérgio Luiz Braga, orientador. II. Rangel, Luis Alberto Duncan, coorientador. III. Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDD -

Bibliotecária responsável: Fabiana Menezes Santos da Silva - CRB7/5274

MARCELO CONTENTE ARESE

**MATURIDADE DA GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS DE PROCESSO: UMA
PERSPECTIVA SUSTENTÁVEL UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense como requisito parcial para obtenção do Grau de Doutor em Sistemas de Gestão Sustentáveis. **Área de Concentração:** Sistemas de Gestão da Sustentabilidade. **Linha de Pesquisa:** Apoio à Decisão em Organizações Sustentáveis

Aprovado em 18 de dezembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Sergio Luiz Braga França, D.Sc. – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Luis Alberto Duncan Rangel, D.Sc. – Orientador
Universidade Federal Fluminense

Prof. Luis Perez Zotes, D.Sc.
Universidade Federal Fluminense

Prof. Carlos Alberto Alves Lemos, D.SC
Universidade Estadual da Zona Oeste

Prof. Julio Nichioka, D.Sc.
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Prof. Rosley Anholon, D.Sc.
Universidade Estadual de Campinas

Niterói, RJ
2018

RESUMO

Uma gestão de ativos eficaz e eficiente deve ser o principal negócio de qualquer organização com significativos ativos de infraestrutura, para garantir a sustentabilidade de seus produtos e processos, resultando na sustentabilidade da empresa. Diversos modelos foram desenvolvidos para apoiar as organizações na gestão de seus ativos e formas de medir sua maturidade. A principal razão para a utilização de modelos de maturidade é que eles criam possibilidades para os gerentes ganharem conhecimento sobre como está a empresa no presente e para onde direcionar as ações futuras. Este estudo tem como objetivo desenvolver um método para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, utilizando lógica nebulosa. Para isso, foram pesquisados os modelos de maturidade de gestão de ativos existentes; foi estruturado o sistema de inferência *Fuzzy* (lógica nebulosa) e realizado dois estudos de casos em empresas renomadas para testar e validar o método proposto. O resultado apresentado pelo método *Fuzzy* foi aceito por ambas as empresas, se mostrando adequado para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos. Esse método se mostra inovador ao apresentar valores para cada uma das maturidades econômica, social e ambiental, que irão compor o valor final calculado para a maturidade global.

Palavras-chave: Gestão de ativos, Modelos de maturidade, Lógica nebulosa, *Fuzzy*, Sustentabilidade.

ABSTRACT

Effective and efficient asset management should be the core business of any organization with significant infrastructure assets to ensure the sustainability of its products and processes, resulting in the company's sustainability. Several models have been developed to support organizations in managing their assets and ways to measure their maturity. The main reason for using maturity models is that they create possibilities for managers to gain insight into how the company is in the present and where to direct future action. This study aims to develop a method to measure the degree of maturity of physical asset management in a sustainable perspective, using nebulous logic. For this, was searched the existing asset management maturity models, the Fuzzy inference system (nebulous logic) was structured, and two case studies were carried out in renowned companies to test and validate the proposed method. The result presented by the Fuzzy method was accepted by both companies, proving adequate to measure the degree of maturity of physical asset management. This method is innovative when presenting values for each of the economic, social and environmental maturities that will compose the calculated final value for global maturity.

Key words: Asset management, Maturity models, Nebulous logic, Fuzzy, Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Artigos do portfólio bibliográfico da Fase 1 e suas respectivas áreas.....	17
Figura 2: Processo de bibliometria proposto.....	21
Figura 3: Pastas do Excel.....	24
Figura 4: Etapa de leitura dos títulos.....	25
Figura 5: Planilha de registros.....	26
Figura 6: Planilha de registros com número de citações.....	26
Figura 7: Etapa de consulta de citações e seleção dos artigos.....	28
Figura 8: Etapa 2.....	30
Figura 9: Resultado da busca por livros do tema na amazon.com.....	31
Figura 10: Etapa 4.....	31
Figura 11: Tipos de arquivo da pesquisa.....	33
Figura 12: As entidades de gestão de ativos.....	40
Figura 13: Relacionamento entra as 6 áreas de Gestão de Ativos.....	42
Figura 14: Funções de pertinência.....	53
Figura 15: Núcleo, suporte e limites de um conjunto <i>fuzzy</i>	54
Figura 16: Variável linguística temperatura.....	55
Figura 17: Sistema de Inferência <i>Fuzzy</i>	58
Figura 18: Sistema de inferência <i>Fuzzy</i> proposto.....	78
Figura 19: Escala das variáveis linguísticas.....	79
Figura 20: Estruturação das Regras.....	82
Figura 21: Função de pertinência.....	84
Figura 22: As funções de pertinência no MATLAB®.....	85
Figura 23: Exemplo do questionário preenchido.....	86
Figura 24: Sistema de inferência <i>Fuzzy</i> do estudo de caso 1.....	87
Figura 25: Valores de saídas calculados.....	88
Figura 26: As funções de pertinência no MATLAB®.....	89
Figura 27: Sistema de inferência <i>Fuzzy</i> do estudo de caso 2.....	90
Figura 28: Valores de saídas calculados.....	90
Figura 29: Escala de maturidade da empresa do estudo de caso 1.....	95
Figura 30: Escala de maturidade da empresa do estudo de caso 2.....	95

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Publicações de estudos referentes a gestão de ativos, modelos de maturidade e sustentabilidade	18
Tabela 2: Resultados da pesquisa com variadas combinações dos eixos	22
Tabela 3: Total de artigos por banco de dados pesquisados.....	23
Tabela 4: Total de artigos por ano	24
Tabela 5: Redundância nos bancos de pesquisa	25
Tabela 6: Tabela dinâmica Grau de Alinhamento vs Número de citações.....	27
Tabela 7: Aplicação do método de Pareto nas citações.....	28
Tabela 8: Planilha de registros com alinhamento do resumo	29
Tabela 9: Artigos do PB	29
Tabela 10: Portfólio Bibliográfico	32
Tabela 11: Frequência dos periódicos do PB	33
Tabela 12: Autores do PB mais citados nas referências.....	34
Tabela 13: Relação entre citação dos artigos do PB e autores citados.....	36
Tabela 14: Correlação entre as palavras-chave dos artigos do portfólio e as utilizadas no algoritmo de pesquisa	37
Tabela 15: Palavras-chave relevantes.....	38
Tabela 16: Quantidade de componentes do grupo focal	64
Tabela 17: Composição do grupo focal.....	65
Tabela 18: Faixa de valores das variáveis linguísticas.....	80
Tabela 19: Exemplo de regra.....	82
Tabela 20: Exemplo de regra (2).....	83
Tabela 21: Exemplo de regra (3).....	83
Tabela 22: Tabulação e ajuste das respostas	87
Tabela 23: Tabulação e ajuste das respostas	89
Tabela 24: Resultados do cálculo das maturidades	91
Tabela 25: Definição do grau de maturidade	91
Tabela 26: Resultados do cálculo das maturidades	92
Tabela 27: Definição do grau de maturidade	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos	144
Quadro 2: Os 39 indicadores de Maturidade de Gestão de Ativos do IAM	15
Quadro 3: Eixos da pesquisa e respectivas palavras-chave	22
Quadro 4: Algoritmo usado para a pesquisa	22
Quadro 5: Aferidor de maturidade da gerência da qualidade de Crosby	50
Quadro 6: Níveis de maturidade segundo o CMMI.....	51
Quadro 7: Outros modelos de maturidade	52
Quadro 8: Etapas da metodologia	59
Quadro 9: Modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos	61
Quadro 10: Categorias e Aspectos	63
Quadro 11: Dimensões de performance em sustentabilidade	64
Quadro 12: Indicadores selecionados	76
Quadro 13: Indicadores selecionados e suas correlações.....	77
Quadro 14: Nomes resumidos.....	78
Quadro 15: Variáveis linguísticas	79
Quadro 16: Definição dos níveis de maturidade dos requisitos.....	80
Quadro 17: Definição dos níveis de maturidade final.....	81
Quadro 18: Respondentes da pesquisa.....	84

LISTA DE SIGLAS

ABRAMAN	Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos
BSI	<i>British Standards Institution</i> (Instituição Britânica de Normas)
CMM	<i>Capability Maturity Model</i> (Modelo de Maturidade em Capacitação)
CMMI	<i>Capability Maturity Model Integration</i> (Modelo Integrado de Maturidade em Capacitação)
EFNMS	<i>European Federation of National Maintenance Societies</i> (Federação Europeia das Sociedades Nacionais de Manutenção)
GA	Gestão de Ativos
GFMAN	<i>Global Forum on Maintenance & Asset Management</i> (Fórum Global de Manutenção e Gestão de Ativos)
IAM	<i>Institute of Asset Management</i> (Instituto de Gestão de Ativos)
PAS	<i>Publicly Available Specification</i> (Especificação publicamente disponível)
QSMS	Qualidade, Saúde, Meio Ambiente e Segurança
SMS	Saúde, Meio Ambiente e Segurança
WPiAM	<i>World Partners in Asset Management</i> (Parceiros Mundiais em Gestão de Ativos)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA	12
1.2. SITUAÇÃO PROBLEMA	13
1.3. OBJETIVO GERAL	15
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.5. QUESTÕES DA PESQUISA	16
1.6. ADERÊNCIA AO PPSIG	16
1.7. INEDITISMO	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1. O PROCESSO DE PESQUISA EM BANCO DE DADOS E BIBLIOMETRIA	20
2.1.1. Seleção de artigos científicos	20
2.1.1.1 Definição do tema de pesquisa	21
2.1.1.2 Definição das palavras-chave e suas combinações	21
2.1.1.3 Pesquisa de artigos nas bases de dados escolhidas	23
2.1.1.4 Exportação para Excel, cada base em uma pasta e criação de uma consolidada	24
2.1.1.5 Verificação de redundância	24
2.1.1.6 Leitura do título dos artigos	25
2.1.1.7 Consulta do número de citações no Google Scholar	26
2.1.1.8 Aplicar grau de alinhamento vs número de citações	26
2.1.1.9 Leitura dos resumos	28
2.1.1.10 Leitura dos artigos	29
2.1.1.11 Seleção dos artigos não alinhados, leitura dos resumos e leitura dos artigos ..	30
2.1.1.12 Pesquisa de livros sobre o tema, congressos e documentos de associações profissionais e consultorias especializadas	30
2.1.1.13 Pesquisa por título nas referências dos artigos, verificação de redundância, leitura dos resumos, leitura dos artigos e exportação do PB para o Mendeley.	31
2.1.2. Análise bibliométrica	33
2.1.2.1 Periódicos relevantes	33
2.1.2.2 Autores relevantes	34
2.1.2.3 Artigos relevantes	35
2.1.2.4 Palavras-chave relevantes	37

2.1.3.	<i>Análise da Bibliometria</i>	38
2.2.	GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS	39
2.2.1.	<i>Definição</i>	39
2.2.2.	<i>As entidades de gestão de ativos</i>	39
2.2.3	<i>A Especificação PAS 55</i>	41
2.2.4	<i>O ciclo de vida do ativo</i>	43
2.2.5	<i>A função Manutenção</i>	43
2.2.5.1	<i>Os métodos de manutenção</i>	44
2.2.5.2	<i>As funções de apoio da manutenção</i>	46
2.3	MATURIDADE DE PROCESSOS	48
2.3.1	<i>Capability Maturity Model Integration (CMMI)</i>	51
2.4	A LÓGICA NEBULOSA OU LÓGICA FUZZY	52
2.4.1	<i>Histórico</i>	52
2.4.2	<i>Teoria dos conjuntos Fuzzy</i>	52
2.4.3	<i>Variáveis linguísticas</i>	55
2.4.4	<i>Estrutura de regras</i>	56
2.4.5	<i>Funções de pertinência</i>	56
2.4.6	<i>“Fuzzificação”</i>	57
2.4.7	<i>“Defuzzificação”</i>	57
2.4.8	<i>Modelos de inferência</i>	57
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	59
4	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	61
4.1	SELECÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE DE GESTÃO DE ATIVOS	61
4.2	SELECÇÃO DAS DIMENSÕES DE PERFORMANCE DE SUSTENTABILIDADE.....	62
4.3	A FORMAÇÃO DO GRUPO FOCAL	64
4.4	A SELECÇÃO DOS 13 INDICADORES (1º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)	67
4.5	CORRELAÇÃO DOS 13 INDICADORES SELECIONADOS COM AS CATEGORIAS DE SUSTENTABILIDADE (2º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)	76
4.6	MODELO DE INFERÊNCIA FUZZY PROPOSTO.....	77
4.6.1	<i>O desenho do sistema de inferência Fuzzy</i>	77
4.6.2	<i>A definição das variáveis linguísticas</i>	79
4.6.3	<i>A escala das variáveis linguísticas</i>	79
4.6.4	<i>O significado das variáveis linguísticas</i>	80
4.7	DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE INFERÊNCIA FUZZY (3º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)	81
5	ESTUDOS DE CASO	84

5.1	ESTUDO DE CASO 1.....	84
5.1.1	<i>A empresa e os respondentes</i>	84
5.1.2	<i>A definição das funções de pertinência</i>	84
5.1.3	<i>O questionário</i>	85
5.1.4	<i>A tabulação das respostas</i>	86
5.1.5	<i>O sistema de inferência Fuzzy</i>	87
5.2	ESTUDO DE CASO 2.....	88
5.2.1	<i>A empresa e os respondentes</i>	88
5.2.2	<i>A definição das funções de pertinência</i>	88
5.2.3	<i>Tabulação das respostas</i>	89
5.2.4	<i>O sistema de inferência Fuzzy</i>	90
5.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	91
5.3.1	<i>O estudo de caso 1</i>	91
5.3.2	<i>O estudo de caso 2</i>	92
5.3.3	<i>O ponto de vista das empresas participantes da pesquisa</i>	93
5.3.3.1	<i>O questionário</i>	93
5.3.3.2	<i>As regras utilizadas</i>	93
5.3.3.3	<i>O Sistema de Inferência Fuzzy</i>	94
5.3.3.4	<i>A validação dos resultados</i>	94
6.	CONCLUSÃO	96
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICES	103
	ANEXOS	136

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA

Em 2004, o Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido e a Instituição Britânica de Padrões de Especificação (BSI) lançaram um documento de orientação para a gestão de ativos fixos nas indústrias, denominado PAS 55 (BSI, 2008). A ideia principal da iniciativa foi determinar pontos chave para o correto acompanhamento de equipamentos, a fim de que aspectos como planos estratégicos de produção, cuidados operacionais, manutenções corretiva, preventiva e preditiva e outros convergissem em um só ponto: a confiabilidade. Apesar de óbvia, a premissa não deixa de ser desafiadora: quanto mais confiável for o equipamento, mais a empresa poderá contar com ele para elevar sua produção (MOUBRAY, 2000). Uma gestão de ativos eficaz e eficiente deve ser o principal negócio de qualquer organização com significativos ativos de infraestrutura. Não é surpreendente que diversos modelos foram desenvolvidos para apoiar as organizações na gestão de seus ativos e formas de medir sua maturidade (LAUE *et al.*, 2012).

Em 2008, o esse documento foi revisto com a inclusão de 50 instituições sediadas em 10 países do mundo, dentre eles o Brasil, que ajudaram a aperfeiçoar as sugestões originais. A partir de então, os direcionamentos da PAS 55 vieram ganhando força nos processos de gestão de equipamentos – ou gestão de ativos físicos, como o setor de manutenção industrial prefere denominar – até que, em 2011, o seu texto foi finalmente aceito pela Organização Internacional de Normalização (ISO) como base para a formatação da ISO 55001. Isso fez com que a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) – representante brasileira no debate – lançasse a tradução da PAS 55 para o português durante o seu 27º Congresso Brasileiro de Manutenção, realizado em setembro de 2012 no Rio de Janeiro.

Ao longo dos últimos vinte anos, tem havido um crescimento no número de modelos de maturidade desenvolvido por acadêmicos e profissionais na indústria. As ferramentas desenvolvidas têm sido usadas em um número de diversas aplicações em particular na área de desenvolvimento de *software*, TI, gestão da qualidade, gestão de negócios, gestão de projetos, gestão de operações e gestão do conhecimento (KIRKWOOD; ALINAGHIAN; SRAI, 2011). A principal razão para a utilização de medidas de desempenho ou modelos de maturidade é que eles criam possibilidades para os gerentes ganharem conhecimento sobre como está a

empresa no presente e para onde direcionar as ações futuras (ELG, 2007) garantindo a sustentabilidade da empresa.

Com o passar dos anos, empresas estão exigindo as habilidades para medir a sustentabilidade em seus produtos e processos. Essas habilidades, que são chamados desempenho de sustentabilidade, podem ajudar as empresas a atingir diversos objetivos, entre eles, eficiência energética, gestão de resíduos, conservação do meio ambiente e reciclagem de produtos (ZHANG *et al.*, 2014).

A implementação de uma estratégia de sustentabilidade pode impulsionar a inovação e proporcionar uma melhor relação custo-eficácia. Ao lado de conformidade com os requisitos mínimos, como a gestão da qualidade na ISO 9001 e gestão ambiental na ISO 14001, há uma crescente importância dos aspectos de saúde e segurança apresentados na BS OHSAS 18001, bem como os requisitos de gerenciamento de energia da ISO 50001 (GOLINSKA; KUEBLER, 2014).

1.2. SITUAÇÃO PROBLEMA

Algumas das empresas de excelência reconhecem que o foco apenas na rentabilidade não oferece condições para a sustentabilidade, ou seja, na busca pelo equilíbrio entre os aspectos econômicos, ambientais e sociais na sua avaliação do desempenho organizacional. A gestão de ativos abrange essas três áreas e é um elemento-chave para o atingimento dos objetivos e metas do "*triple botton line*" (LUTCHMAN, 2006). Para Vavrova e Albitres (2014), é importante considerar o "*triple botton line*" em todos os níveis de tomadas de decisão, desde o nível estratégico até o nível operacional.

A PAS 55 (*Publicly Available Specification* - Especificação Publicamente Disponível), um procedimento técnico com 28 pontos que visa estabelecer uma gestão abrangente e aperfeiçoar o sistema de gestão para todos os tipos de ativos físicos das empresas, cita em seu texto que um dos principais benefícios de uma gestão otimizada do ciclo de vida dos ativos inclui a capacidade de demonstrar que o desenvolvimento sustentável é ativamente considerado no âmbito da gestão dos ativos ao longo do seu ciclo de vida.

Além dos modelos tradicionais de maturidade de processo, descritos no item 2.4 desta tese, na pesquisa bibliográfica também foram identificados por Nateque *et al.* (2012) modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos, e também através

de pesquisa na internet em sites de consultorias especializadas e entidades de classe (Quadro 1).

Modelos	Entidade / Empresa	Fonte(s)
AMMSG-IAM (<i>Asset Management Maturity Scale and Guidance</i>)	IAM	www.theiam.org e NATEQUE et al. (2012)
AMMM-OARISK (<i>Asset Management Maturity Model</i>)	OARS	NATEQUE et al. (2012)
PAMMM-OGC (<i>Property Asset Management Maturity Matrix</i>)	OGC	NATEQUE et al. (2012)
AMM-IBM (<i>Asset Management Maturity</i>)	IBM	NATEQUE et al. (2012)
AMM-SKF (<i>Asset Maturity Management</i>)	SKF	NATEQUE et al. (2012)
PAMCAM-OGC (<i>Property Asset Management Capability Model</i>)	OGC	NATEQUE et al. (2012)
AMCMM (<i>Asset Management Council Maturity Model</i>)	Asset Management Council	www.amcouncil.com.au
AMIP (<i>Asset Management Improvement Planning</i>)	PRAGMA	www.pragmatam.com
Asset Management Landscape	GFMAN	www.gfman.org

Quadro 1: Modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos

Fonte: O próprio autor

A maioria dos documentos não estão disponíveis ou estão disponíveis parcialmente, a exceção do *Asset Management Maturity Scale and Guidance* (Escala e Orientação de Maturidade de Gestão de Ativos) desenvolvido pelo IAM (Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido). Esse documento apresenta uma escala de maturidade genérica, que vai desde Inocência até a Excelência (5 níveis), avaliando 39 tópicos divididos em 6 grupos (Quadro 2).

Pela facilidade de acesso e disponibilidade de *download*, e mais o fato de ser desenvolvido pela mesma entidade que desenvolveu a PAS-55, utilizaremos esse documento como referência de modelo de maturidade de gestão de ativos físicos para fins desse estudo.

Nesse contexto, é evidenciada a ausência de um modelo de maturidade que apresente e forneça ao gestor em qual nível de maturidade se encontra o seu sistema de gestão de ativos, em relação aos critérios de sustentabilidade apresentados por Sachs (2002). Com base nesse contexto, como mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável?

Dimensões	Indicadores
Asset Management Strategy & Planning	Asset Management Policy Asset Management Strategy & Objectives Demand Analysis Strategic Planning Asset Management Planning
Asset Management Decision-Making	Capital Investment Decision-Making Operations & Maintenance Decision Making Life Cycle Value Realisation Resourcing Strategy Shutdowns & Outage Strategy
Life Cycle Delivery Activities	Technical Standards & Legislation Asset Creation & Acquisition Systems Engineering Configuration Management Maintenance Delivery Reliability Engineering Asset Operations Resource Management Shutdown & Outage Management Fault & Incident Response Asset Decommissioning and Disposal
Asset Knowledge Enablers	Asset Information Strategy Asset Information Management Asset Information Systems Data & Information
Organization & People Enablers	Procurement & Supply Chain Management Asset Information Leadership Organisational Structure Organisational Culture Competence Management
Risk Review & Continual Improvement	Risk Assessment and Management Contingency Planning & Resilience Analysis Sustainable Development Management of Change Assets Performance & Health Monitoring Asset Management System Monitoring Management Review, Audit & Assurance Asset Costing & Valuation Stakeholder Engagement

Quadro 2: Os 39 indicadores de Maturidade de Gestão de Ativos do IAM

Fonte: IAM (2015)

1.3. OBJETIVO GERAL

- Desenvolver um método para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, utilizando lógica nebulosa.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Pesquisar os modelos de maturidade de gestão de ativos existentes e selecionar o que será utilizado como referência;
- Estabelecer correlação entre os indicadores de maturidade para sistemas de gestão de ativos físicos e as dimensões do "triple botton line";

- Estruturar o sistema de inferência *fuzzy* (lógica nebulosa) relacionado com o tema da pesquisa;
- Aplicar o método proposto em duas empresas.

1.5. QUESTÕES DA PESQUISA

- Quais os principais modelos de maturidade de gestão de ativos existentes?
- Como apresentar a maturidade de gestão de ativos relacionada à sustentabilidade da empresa?
- Como obter um valor para a maturidade global dos sistemas de gestão de ativos, e não só por requisitos do sistema?

1.6. ADERÊNCIA AO PPSIG

Esta tese é aderente à linha de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão Sustentáveis da Universidade Federal Fluminense (PPSIG/UFF), intitulada “apoio a decisão em organizações sustentáveis”.

Essa aderência é determinada através do seu objeto de pesquisa, a proposta de um instrumento para mensuração do grau de maturidade da sustentabilidade dos sistemas de gestão de ativos físicos, objeto este que possibilitará ao gestor seu uso como uma ferramenta para análise e tomada de decisão, informando como está a sua gestão no presente e para onde direcionar as ações futuras para garantir a sua sustentabilidade.

A aderência desta tese à interdisciplinaridade do PPSIG é demonstrada pela necessidade de se buscar literatura em diversas áreas da ciência, como administração (*business, management*), ciências sociais, engenharia e ciências ambientais.

A Figura 1 apresenta os artigos do portfólio bibliográfico da Fase 1 e suas respectivas áreas conforme classificado no banco de dados bibliográfico SCOPUS. A área de engenharia se destaca relacionada em 5 de 6 artigos, seguido pela área de gestão de negócios em 3 de 6 artigos. Ciências sociais, ciências ambientais, energia e ciências de decisão aparecem em 1 artigo cada.

Artigos da etapa 1	Áreas informadas pelo Scopus
Development of a strategic asset management framework	Business, Management and Accounting Engineering
Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management	Social Sciences
Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies	Business, Management and Accounting Energy Engineering Environmental Science
Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis	Business, Management and Accounting Decision Sciences Engineering
The method for assessment of the sustainability maturity in remanufacturing companies	Engineering
Towards an Integrated Maturity Model of Asset Management	Engineering Mechanical

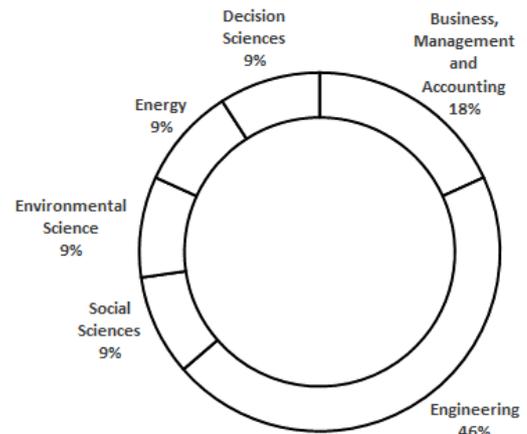


Figura 1: Artigos do portfólio bibliográfico da Fase 1 e suas respectivas áreas

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

1.7. INEDITISMO

O ineditismo desta tese de doutorado foi verificado por meio de uma revisão sistemática da literatura em diversas base de dados, conforme apresentado no item 2.1, e principalmente se existia alguma proposta de um instrumento para mensuração do grau de maturidade da sustentabilidade dos sistemas de gestão de ativos físicos. Como ensaio exploratório, procurou-se o ineditismo, pela intersecção dos temas modelos de maturidade, gestão de ativos e, por fim, sustentabilidade.

A Tabela 1 apresenta o portfólio bibliográfico resultante e seus respectivos objetos de estudo. Pode-se perceber que nenhum dos estudos selecionados propôs um instrumento para mensuração do grau de maturidade da sustentabilidade dos sistemas de gestão de ativos físicos utilizando lógica nebulosa.

O avanço da ciência é uma contribuição obtida pelo ineditismo dessa tese, ao propor um instrumento para mensuração do grau de maturidade da sustentabilidade dos sistemas de gestão de ativos físicos para ser utilizado no processo de apoio à decisão nas organizações que possuem um parque de equipamentos / ativos físicos significativos.

Tabela 1: Publicações de estudos referentes a gestão de ativos, modelos de maturidade e sustentabilidade

Autores	Ano	Citações	Objetivo do Estudo
Maheshwari, A.	2006	3	O documento define uma estrutura estratégica de gestão de ativos, que se denomina SAMF Strategic Asset Management Framework, e discute as etapas envolvidas no desenvolvimento e implementação de tal estrutura.
Vavrova, M. Chang Albitres, C.M.	2014	3	O objetivo deste trabalho é explorar o uso de medidas de desempenho relacionadas ao meio ambiente na gestão de ativos para mitigar os danos ecológicos e reduzir a poluição de gases de efeito estufa e ruído através da otimização do uso de energia e recursos naturais. Uma abordagem holística é proposta para abordar o tema das medidas relacionadas com o ambiente, incluindo um quadro abrangente que pode ser seguido por qualquer agência interessada em adotá-lo em suas práticas de gestão de ativos.
Golinska, P. Kosacka, M. Mierzwiak, R. W-Lewandowska, K.	2015	3	Neste artigo, os autores apresentam um conjunto de indicadores que são utilizados como critérios para a avaliação da sustentabilidade e para a classificação das empresas. Os autores definem três classes de empresas, que respondem aos diferentes níveis de sustentabilidade.
Zhang, H. Ouzrout, Y. Bouras, A. Savino, M. M.	2014	3	Este artigo propõe um quadro de pesquisa para medir o nível de sustentabilidade dos componentes do PLM (<i>Product Lifecycle Management</i> - ciclo de vida do produto). É realizado um estudo de caso em duas empresas do sul da Itália.
Golinska, P. Kuebler, F.	2014	4	O objetivo deste artigo é discutir um método que forneça critérios de avaliação de sustentabilidade válidos entre empresas. O método é elaborado com base na revisão da literatura e estudos de caso. Os autores apresentam o potencial de aplicação do método em empresas de remanufatura.
Mahmood, M. N. Dhakal, S. P. Wiewiora, A.	2015	1	Este artigo realiza uma análise comparativa abrangente de seis modelos de maturidade existentes para identificar as lacunas em áreas-chave do processo. Os resultados sugerem a incorporação destes em uma abordagem integrada para avaliar a maturidade de organizações com ativos significativos.
ISO/IEC	2004	0	Norma técnica de TI (tecnologia da informação) que entre outros assuntos, apresenta uma escala para medição do nível de maturidade de processo.
Laue, M. Brown, K. Scherrer, P. Keast, R.	2012	4	Os autores apresentam uma proposta de um modelo de maturidade para a gestão de ativos considerando três dimensões: tempo, organizacional e espacial, cada uma com seus respectivos conjuntos de indicadores.
Rayner, R.	2010	6	Capítulo de um livro de gestão de ativos, esse texto fala de como considerar as questões ambientais, especificamente mudanças climáticas, na gestão de ativos. Apresenta um estudo de caso na barreira contra inundações do rio Tamisa
Feng, S. C. Joung, C. B.	2009	59	O artigo apresenta uma visão geral e vários conjuntos de indicadores de sustentabilidade.
Van Looy, A. Poels, G.	2012	7	Os autores apresentam uma ferramenta para seleção de modelos de maturidade de negócios.
Feng, S. C. Joung, C. Li, G.	2010	54	Os autores apresentam as características métricas para indicadores de performance da sustentabilidade na indústria de manufatura.
Lutchman, R.	2006	0	O livro aborda novas maneiras de manter e melhorar o desempenho dos ativos físicos em ambientes de manufatura.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Resumidamente destacam-se 2 características inéditas desta tese de doutorado:

- a) A correlação de indicadores de gestão de ativos físicos e as dimensões do "*triple botton line*", proporcionando aos gestores uma visão voltada para a sustentabilidade da sua gestão, e
- b) O método tratamento dos dados, no caso, a utilização da lógica nebulosa.

Portanto, através dessas duas características apresentadas se traça o caminho pelo qual esta tese alcançará o objetivo proposto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O PROCESSO DE PESQUISA EM BANCO DE DADOS E BIBLIOMETRIA

Com o objetivo de identificar referencial teórico para o desenvolvimento da tese, foi realizado um processo de pesquisa a partir de 3 temáticas: gestão de ativos, modelo de maturidade e sustentabilidade. O processo identificou 12 artigos alinhados com a visão do tema do pesquisador, em 12 bancos de dados bibliográficos distintos, publicados entre 2006 e 2016. É também realizada uma análise bibliométrica onde identificou-se 1 periódico com maior participação, 1 autor de maior relevância e as 4 palavras-chave mais utilizadas.

O método utilizado neste estudo foi a bibliometria, que consiste numa técnica para medição dos índices de produção e divulgação do conhecimento científico, o qual permite obter informações em uma área acadêmica, e serve, entre outras funções, para demonstrar características relacionadas à produção científica desta área (OLIVEIRA; BOLDORINI; MARTINS; DIAS, 2016). Esse estudo se classifica como pesquisa-ação, uma vez que o pesquisador está envolvido de modo participativo com o objeto de pesquisa (FARIAS FILHO; ARRUDA FILHO, 2012). O instrumento utilizado é uma adaptação do processo ProKnow-C (*Knowledge Development Process – Constructivist*) apresentado no artigo “Processo Estruturado de Revisão da Literatura e Análise Bibliométrica sobre Avaliação de Desempenho de Processos de Implementação de Eficiência Energética” de Ensslin *et al.* (2014).

O tópico Processo de Pesquisa em Banco de Dados e Bibliometria é dividido em duas subseções: (a) procedimentos para seleção da literatura (Portfólio Bibliográfico) com reconhecimento científico, alinhado com a visão do pesquisador sobre o tema e suas delimitações; e (b) procedimentos para análise bibliométrica dos artigos selecionados e suas referências (CHAVES; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012).

2.1.1. Seleção de artigos científicos

O processo para seleção da literatura (Portfólio Bibliográfico) adaptado do processo ProKnow-C, alinhado com a visão do pesquisador sobre o tema e suas delimitações, compor-se-á de 19 atividades divididas em 4 etapas conforme exibido na Figura 2.

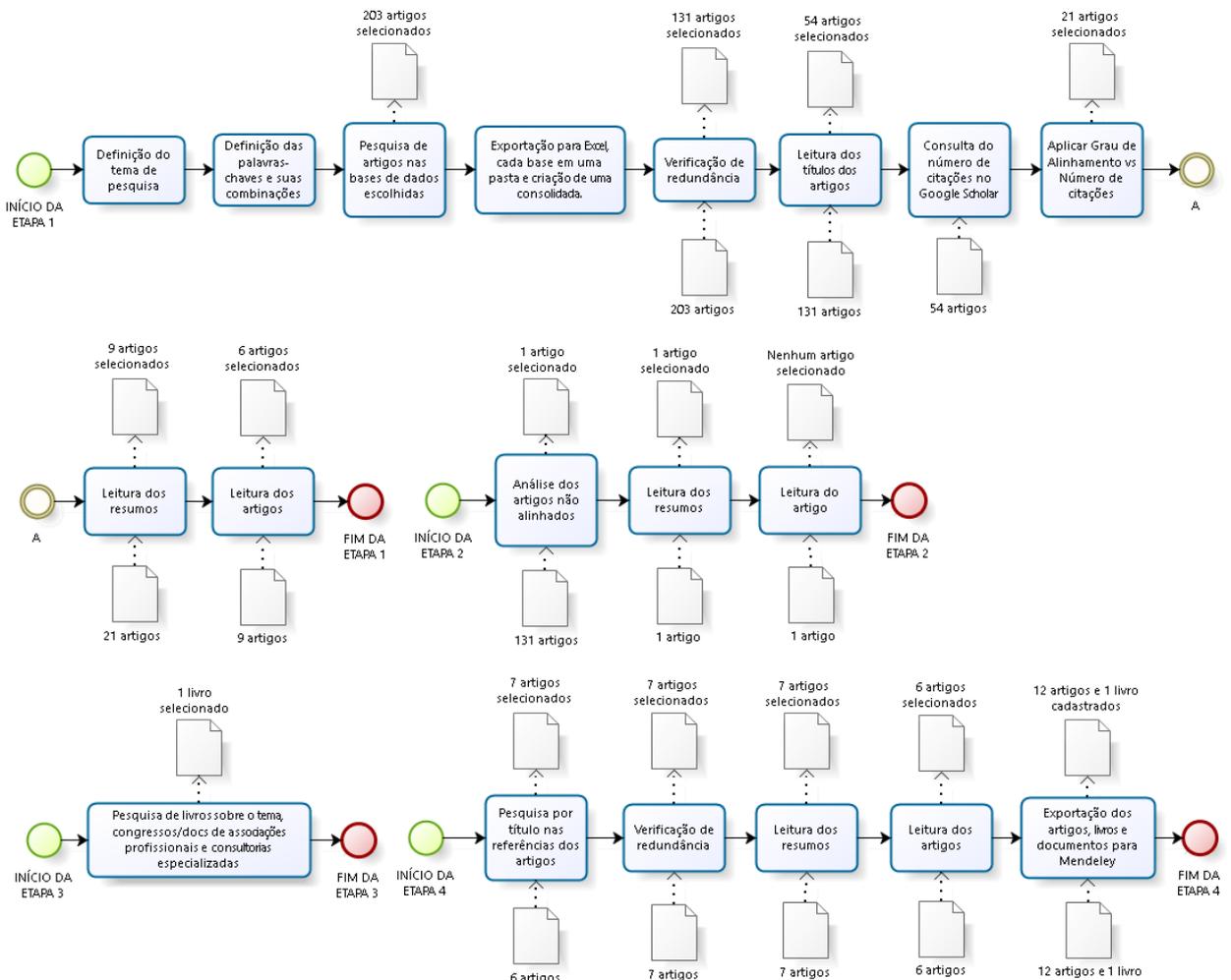


Figura 2: Processo de bibliometria proposto

Fonte: Adaptado de Chaves, Ensslin e Ensslin (2012).

2.1.1.1. Definição do tema de pesquisa

A primeira atividade é a definição do tema de pesquisa. O tema central desse trabalho, conforme discutido no item 1 desse artigo, é uma “proposta de um modelo de maturidade para a gestão sustentável de ativos”.

2.1.1.2. Definição das palavras-chave e suas combinações

Tomando como base o tema central desse trabalho (proposta de um modelo de maturidade para a gestão sustentável de ativos), foram definidos 4 eixos de pesquisa, cada um com sua palavra-chave principal em inglês: *Maturity* (eixo 1), *Model* (eixo 2), a expressão

“*Asset Management*” (eixo 3) e *Sustainability* (eixo 4). Cada um desses eixos contém um conjunto de palavras-chave secundárias, conforma apresentado no Quadro 3.

EIXO 1 (2 palavras)	EIXO 2 (7 palavras)	EIXO 3 (2 palavras)	EIXO 4 (3 palavras)
MATURITY	MODEL	"ASSET MANAGEMENT"	SUSTAINABILITY
Excellence	Level	"Life Cycle"	Sustainable
	Grade		"Triple Bottom Line"
	Measure		
	Evaluation		
	Assessment		
	Index		

Quadro 3: Eixos da pesquisa e respectivas palavras-chave

Fonte: O próprio autor

A partir da definição das palavras-chave, foi desenvolvido o algoritmo a ser inserido nos campos de pesquisa dos bancos de dados bibliográficos, conforme apresentado no Quadro 4, envolvendo os 4 eixos de pesquisa.

Algoritmo de Pesquisa
(Maturity OR Excellence)
AND
(Model OR Level OR Grade OR Measure OR Evaluation OR Assessment OR Index)
AND
("Asset Management" OR "Life Cycle")
AND
(Sustainability OR Sustainable OR "Triple Botton Line")

Quadro 4: Algoritmo usado para a pesquisa

Fonte: O próprio autor

Não é foco desse trabalho consultar combinações entre 3 eixos ou menos. Mesmo assim foi feita uma pesquisa em 3 bases de dados reconhecidas (Tabela 2) para conhecimento do volume de trabalho nas diversas áreas combinadas.

Tabela 2: Resultados da pesquisa com variadas combinações dos eixos

Eixos da pesquisa				Base de dados			Total
Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	SCOPUS	W.S.	SCIELO	
Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3	Eixo 4	66	36	-	102
Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3		798	478	16	1.292
Eixo 1	Eixo 2		Eixo 4	1.243	835	26	2.104
Eixo 1	Eixo 2			38.167	31.953	1.073	71.193
		Eixo 3	Eixo 4	9.132	6.082	53	15.267
		Eixo 3		89.749	61.918	1.015	152.682
			Eixo 4	254.835	169.245	5.207	429.287

Fonte: O próprio autor

2.1.1.3. Pesquisa de artigos nas bases de dados escolhidas

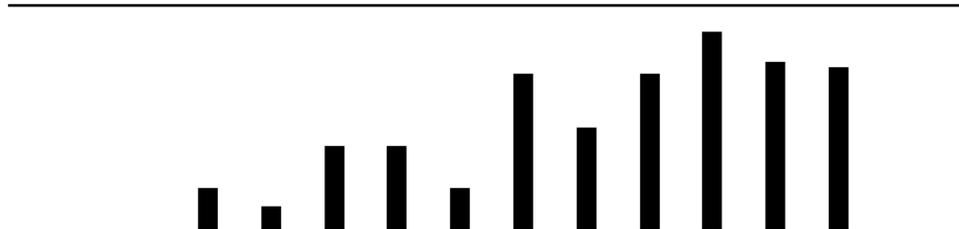
Para o êxito da bibliometria, é importante a escolha de bancos de dados bibliográficos com relevante utilização por pesquisadores dos temas abordados (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Os bancos selecionados para essa pesquisa foram propostos por Gray (2012), tendo o autor não utilizado os bancos PubMed e EMBASE, por serem da área de medicina. O período de busca se limitou aos últimos 10 anos (2006 a 2016). Foram obtidos um total de 203 artigos para o banco de artigos bruto. A Tabela 3 apresenta os bancos de dados bibliográficos utilizados, o endereço na internet da tela onde são acessados os campos de busca e o total de artigos obtidos em cada banco.

Tabela 3: Total de artigos por banco de dados pesquisados

Nome do banco de dados bibliográfico	Endereço na internet	Total de artigos	
Scopus	https://www.scopus.com/search/form.uri?zone=ToNavBar&origin=searchbasic	66	Scopus
Periódicos CAPES	http://www.periodicos.capes.gov.br/	55	Periódicos CAPES
Web of Science	http://apps-webofknowledge.ez24.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&SID=4DHohYk8dipSNhVZ5SD&preferencesSaved=	36	Web of Science
CSA (Cambridge Scientific Abstracts)	http://www.csa.com/	32	CSA (Cambridge Scientific Abstracts)
ScienceDirect	http://www.sciencedirect.com/science/search	12	ScienceDirect
WorldCat	http://www.worldcat.org/advancedsearch	1	WorldCat
ERIC (Educational Resources Information Center)	https://eric.ed.gov/?advanced	1	ERIC (Educational Resources Information Center)
SciELO	http://www.scielo.org/php/index.php	0	
EBSCO	http://web.a.ebscohost.com/ehost/search/basic?sid=767b22a9-c1a1-470f-ab3a-17bbd5667309%40sessionmgr4003&vid=0&hid=4212	0	
OIDVID	http://www.ovid.com/site/index.jsp	0	
Portal Domínio Público	http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaConteudoForm.jsp	0	
Social Science Research Network	http://papers.ssrn.com/sol3/DisplayAbstractSearch.cfm	0	
Total		203	

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

A Tabela 4 estratifica os artigos obtidos por ano de publicação. Observa-se um aumento de publicações a partir de 2011.

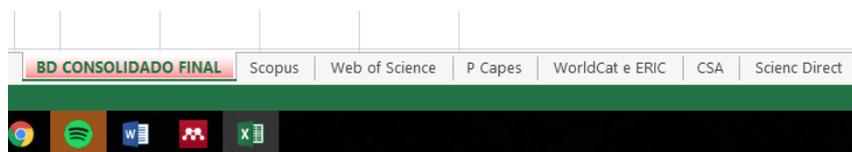
Tabela 4: Total de artigos por ano


Banco de dados	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	Total Geral
Scopus	2	2	6	2	3	10	5	9	13	7	7	66
Periódicos CAPES	2	1	2	4	1	5	7	11	7	7	8	55
Web of Science	1	1	1	4	1	2	4	4	6	6	6	36
CSA	2		4	4	2	5	1	2	5	4	3	32
Science Direct			1			2			2	4	3	12
WorldCAT						1						1
ERIC						1						1
Total Geral	7	4	14	14	7	26	17	26	33	28	27	203

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

2.1.1.4. Exportação para Excel, cada base em uma pasta e criação de uma consolidada

Os dados obtidos em cada base de dados foram exportados para um arquivo de Excel, cada um em uma pasta, conforma Figura 3. Todos os dados são então consolidados em uma só pasta para dar sequência ao processo.

**Figura 3:** Pastas do Excel

Fonte: O próprio autor

2.1.1.5. Verificação de redundância

Nessa etapa, verificou-se a existência de registros duplicados no banco de artigos bruto, utilizando o campo título do documento como base para a verificação. Foram identificados 72 documentos repetidos, selecionando então 131 documentos para a próxima etapa. A Tabela 5: Redundância nos bancos de pesquisa apresenta a quantidade de registros originais e duplicados, por banco de dados bibliográficos consultados.

Tabela 5: Redundância nos bancos de pesquisa

Nome do banco de dados bibliográfico	Original	Redundante	Total Geral
Scopus	62	4	66
Periódicos CAPES	31	24	55
Web of Science	12	24	36
CSA	22	10	32
Science Direct	3	9	12
WorldCAT		1	1
ERIC	1		1
Total Geral	131	72	203

Fonte: Dados da pesquisa, 2018

2.1.1.6. *Leitura do título dos artigos*

Foi feita a leitura dos títulos dos 131 artigos não duplicados. Desse total, foram selecionados 54 artigos onde o título estava alinhado com os eixos da pesquisa (Figura 4). Para registro dessa informação foi incluída uma coluna na pasta do Excel “BD CONSOLIDADO FINAL” onde é selecionada, para cada artigo, a opção “Alinhado” ou “Não alinhado”. Também é avaliado o grau de alinhamento, com valores: 3 para alto grau de alinhamento, 2 para médio grau de alinhamento e 1 para baixo grau de alinhamento. O critério adotado para definir o grau de alinhamento foi a percepção dos autores. No cabeçalho, é informada a data em que a atividade foi realizada (Figura 5). Foram selecionados 54 artigos nessa etapa.

**Figura 4:** Etapa de leitura dos títulos

Fonte: Adaptado de Chaves, Ensslin e Ensslin (2012)

K	L	M	N
Título	Redundância 20/06/2016	Alinhamento com os eixos da pesquisa 21/06/2016	Grau de alinhamento 21/06/2016
Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices	ORIGINAL	ALINHADO	3

Figura 5: Planilha de registros

Fonte: O próprio autor

2.1.1.7. Consulta do número de citações no Google Scholar

Foi utilizado o número de citações no meio acadêmico para analisar o reconhecimento científico dos 54 artigos que possuíam título alinhado. Para realizar essa análise, foram consultadas na ferramenta de pesquisa *on line* Google Scholar (<https://scholar.google.com.br/>) em 22/06/2016 o número de citações de cada um dos 54 artigos do Portfólio Bibliográfico (ENSSLIN; ENSSLIN; SOUZA, 2014). Mais uma coluna foi acrescentada na pasta do Excel “BD CONSOLIDADO FINAL”, para registro das citações (Figura 6).

K	L	M	N	O
Título	Redundância 20/06/2016	Alinhamento com os eixos da pesquisa 21/06/2016	Grau de alinhamento 21/06/2016	Citações 22/06/2016
Development of a strategic asset management framework	ORIGINAL	ALINHADO	3	3

Figura 6: Planilha de registros com número de citações

Fonte: O próprio autor

2.1.1.8. Aplicar Grau de Alinhamento vs Número de citações

Para a seleção dos artigos para próxima etapa, foi elaborada, primeiramente, uma tabela dinâmica selecionando os artigos agrupados e ordenados de forma decrescente pelo grau de alinhamento e depois pelo número de citações, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Tabela dinâmica Grau de Alinhamento vs Número de citações

Grau de alinhamento	Citações	Título	Ano	Periódico	Site
3	39	Tourism life cycle and sustainability analysis: Profitability and environmental impact	2012	Tourism Management	Periódicos CAPES
	25	Life Cycle Assessment for environmentally sustainable products	2013	Journal of Cleaner Production	Periódicos CAPES
	20	Environmental improvement of product supply chains through green design	2012	Journal of Environmental Management	Scopus
	13	Sustainable Information Systems and Green Metrics	2012	Harnessing Green IT: Principles and Practices	Scopus
	10	Understanding sustainable supply network capabilities	2013	Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part B: Journal of Engineering Manufacture	Web of Science
	5	Grey Decision Making as a tool for the classification of sustainable products	2015	Journal of Cleaner Production	Scopus
		Proposal of an Ecodesign Maturity Model: Support for the development of sustainable products	2011	Glocalized Solutions for Sustainable Products	Scopus
	4	The method for assessment of the sustainability maturity of products	2014	Procedia CIRP	Scopus
	3	Development of a strategic asset management framework for sustainable products	2006	Proceedings of the 1st World Conference on Engineering and Technology	Scopus
	2	Sustainability consideration within product lifecycle	2014	International Journal of Service Operations Management	CSA
	1	Maturity for sustainability in IT: Introducing the MIT Maturity Model	2013	International Journal of Information Management	Scopus
		Towards an Integrated Maturity Model of Asset Management	2015	Proceedings of The 7th World Conference on Engineering and Technology	Web of Science
	0	A maturity grid assessment tool for environmentally sustainable products	2016	Journal of Cleaner Production	Scopus
		Environmental-related performance measures framework for sustainable manufacturing	2014	Sustainability, Eco-Efficiency and Green Design	Scopus
		Sustainable manufacturing through lean and green design	2013	Proceedings of the ASME Design Engineering Technical Conference	Scopus
		The setting up of an internal asset management control system	2011	IET Conference Publications	Scopus
2	85	Issues to consider, existing tools and constraints in life cycle assessment of products	2011	Energy	CSA
	71	Environmental assessment of German electricity generation	2009	International Journal of Life Cycle Assessment	Periódicos CAPES
	67	PLM roadmap: stepwise PLM implementation based on sustainability	2006	International Journal of Product Development	CSA
	64	Design of sustainable product life cycles	2009	Design of Sustainable Products and Processes	Scopus
	45	Fuzzy optimisation for retrofitting a palm oil mill into a sustainable plant	2012	Chemical Engineering Journal	Periódicos CAPES
	37	Life cycle study of coal-based dimethyl ether as a vehicle fuel	2007	Energy	Periódicos CAPES
	29	Designing sustainable work systems: The need for a new approach	2014	Applied Ergonomics	Periódicos CAPES
	24	Life cycle assessment (LCA) for biofuels in Brazilian sugarcane ethanol production	2014	Renewable and Sustainable Energy	Periódicos CAPES
	6	A stakeholder-based perspective in the value impact of sustainable products	2011	Measuring Business Excellence	CSA
	4	Fashion-forward thinking: sustainability as a business strategy	2011	Global Business and Organizational Behavior	Periódicos CAPES
	2	A product-service system maturity model (PSS-MM)	2013	22nd International Conference on Engineering and Technology	Scopus
	1	Implementation of life cycle management practices in the automotive industry	2015	International Journal of Life Cycle Assessment	Scopus
	0	Life-cycle assessment of in situ thermal remediation of contaminated soil	2012	The Journal of Environmental Management	Periódicos CAPES
	0	A review of the sustainability of algal-based biofuels	2016	Renewable and Sustainable Energy	Scopus
	0	Continually improving asset management capability through digitalization	2006	41st International Conference on Engineering and Technology	Scopus
	0	Convergence in rural e-governance services for sustainable development	2014	ACM International Conference on Engineering and Technology	Scopus
0	Development and implementation of product sustainability maturity model	2016	Benchmarking: An International Journal	Scopus	
0	A Maturity Model for Construction Project Ecological Sustainability	2009	Proceedings of 2009 International Web of Science	Scopus	
1	43	Integrated life-cycle design of building enclosures	2011	Building and Environment	CSA
	25	Handset-based measurement of mobile service delivery	2008	Info	Scopus
	12	Strategic evaluation of manufacturing technologies	2011	Glocalized Solutions for Sustainable Products	Scopus
	10	Transformation and change process in innovation management	2010	International Journal of Business Management	Scopus
	9	Eco-innovations in more sustainable supply chains for the automotive industry	2015	International Journal of Product Development	Scopus
		Quality and Maturity of BIM Implementation in the Construction Industry	2013	Applied Mechanics and Materials	CSA
	6	Selection of product lifecycle management components for sustainable products	2013	2013 International Conference on Engineering and Technology	Scopus
	3	Analysis of environmental sustainability practices at the product level	2015	Procedia CIRP	Scopus
		Sustainable spatial architecture for geo engineering	2008	Proceedings - SPE Annual Technical Conference and Exhibition	Scopus
	2	Analysis on the development trend of China railway	2011	Zhongguo Tiedao Kexue/China Railway Science	Scopus
	1	Building Information Modeling (BIM) from the perspective of sustainability	2015	Proceedings of the 25th International Conference on Engineering and Technology	Scopus
	0	KEY FACTORS OF PROCESS MATURITY IN ENGLISH-SPEAKING COUNTRIES	2014	RAE	CSA
	0	Space transportation systems life cycle cost assessment	2008	44th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference and Exhibit	Scopus
	0	Systematic methods and tools for design of sustainable products	2016	Computers & Chemical Engineering	CSA
	0	A systematic literature review of modular product design for sustainability	2016	International Journal of Advanced Manufacturing Technology	Scopus
	0	Advances toward sustainability in manufacturing	2014	Lecture Notes in Mechanical Engineering	Scopus
0	Applications of advanced analytics in minerals processing	2008	Australasian Institute of Mining and Metallurgy	Scopus	
0	Challenges and conflicts in sustainable supply chain management	2014	Supply Chain Forum	Scopus	
0	Investigating the sustainability of a high-energy consumption product	2016	International Journal of Product Development	Scopus	
0	Research on business models in their life cycle	2016	Sustainability (Switzerland)	Scopus	

Fonte: O próprio autor

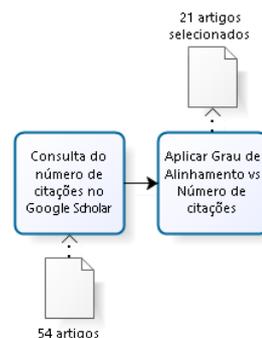
Foi adotado o seguinte critério para seleção dos artigos para a próxima fase: todos os artigos com grau de alinhamento 3 somados aos mais citados com grau de alinhamento 2. Tomando por base o princípio de Pareto que afirma que, em muitas situações, 80% das consequências de um acontecimento são devido a 20% de suas causas, foi arbitrado o valor de 80% (OLIVEIRA *et al.*, 2016) como o ponto de corte do total de citações encontrado para os artigos com grau de alinhamento 2. Os artigos com grau de alinhamento 1 são descartados.

Tabela 7: Aplicação do método de Pareto nas citações

Artigos com Grau de Alinhamento 2	Número de Citações	% Relativo	% Acum	Classe	Gráfico demonstrativo com as faixas da curva ABC
Artigo 1	85	19,54	19,54	A	
Artigo 2	71	16,32	35,86	A	
Artigo 3	67	15,40	51,26	A	
Artigo 4	64	14,71	65,98	A	
Artigo 5	45	10,34	76,32	A	
Artigo 6	37	8,51	84,83	B	
Artigo 7	29	6,67	91,49	B	
Artigo 8	24	5,52	97,01	C	
Artigo 9	6	1,38	98,39	C	
Artigo 10	4	0,92	99,31	C	
Artigo 11	2	0,46	99,77	C	
Artigo 12	1	0,23	100,00	C	
Artigo 13	0	0,00	100,00	C	
Artigo 14	0	0,00	100,00	C	
Artigo 15	0	0,00	100,00	C	
Artigo 16	0	0,00	100,00	C	
Artigo 17	0	0,00	100,00	C	
Artigo 18	0	0,00	100,00	C	
Total	435	100,00			

Fonte: O próprio autor

A Tabela 7 apresenta o cálculo para seleção dos artigos com grau de alinhamento 2. Os 5 artigos mais citados respondem por 76,32 % das citações e são selecionados para aproxima fase, junto com os artigos de grau de alinhamento 3, já destacados na Figura 7, chegando a um total de 21 artigos selecionados para a próxima etapa.

**Figura 7:** Etapa de consulta de citações e seleção dos artigos

Fonte: Adaptado de Chaves, Ensslin e Ensslin (2012)

2.1.1.9. Leitura dos resumos

A próxima etapa do processo é a leitura dos resumos dos 21 artigos para confirmar se realmente estão alinhados com os tópicos desejados. Com a conclusão desta atividade, 9 documentos foram considerados como relevantes para os eixos de pesquisa definidos como objeto de análise. Mais uma coluna foi acrescentada na pasta do Excel “BD CONSOLIDADO

FINAL”, para registro das leituras dos resumos onde é selecionado, para cada artigo, a opção “Alinhado” ou “Não alinhado” (Tabela 8).

Tabela 8: Planilha de registros com alinhamento do resumo

K	L	M	N	O	P	V	W
Título	Redundância 20/06/2016	Alinhamento com os eixos da pesquisa 21/06/2016	Grau de alinhamento 21/06/2016	Citações 22/06/2016	Selecionados para ler resumo 22/06/2016	Resumo	Alinhamento do resumo
Development of a strategic asset management framework	ORIGINAL	ALINHADO	3	3	SELECIONADO	Success of an asset intensive organisation is based on adoption of high quality asset management practices and systems. A strategic asset management framework (SAMF), ties an asset management organisation from end to end, and is targeted at improving Asset management has been gaining popularity worldwide, endeavoring to provide the required level of service in transportation infrastructure assets in the most cost-effective manner. The decision situation is complex as many perspectives, often producing conflicting goals, need to be considered. The objective of this paper is to explore the usage of environment-	ALINHADO
Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices	ORIGINAL	ALINHADO	3	0	SELECIONADO		ALINHADO

Fonte: O próprio autor

2.1.1.10. Leitura dos artigos

Após a leitura dos 9 artigos selecionados, somente 6 deles se enquadraram nos eixos da pesquisa. Sete dos 9 artigos estavam disponíveis para *download* gratuitamente (Tabela 9). Os outros 2 foram comprados, somando um total de U\$ 50,00. Ao fim da Etapa 1, temos 6 artigos selecionados para compor o Portfólio Bibliográfico (PB).

Tabela 9: Artigos do PB

Seq	Etapa	Autor	Título	Ano	Periódico	Tipo do arquivo pelo Mendeley
62	1	Maheshwari, A.	Development of a strategic asset management framework	2006	Proceedings of the 1st World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM 2006	Conference Proceedings
79	1	Vavrova, M. Chang Albitres, C.M.	Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices	2014	Sustainability, Eco-Efficiency and Conservation in Transportation Infrastructure Asset Management - Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Infrastructure, ICTI 2014	Conference Proceedings
92	1	Golinska, P. Kosacka, M. Mierzwiak, R. Werner-Lewandowska, K.	Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies	2015	Journal of Cleaner Production	Journal Article
179	1	Zhang, H. Ouzrout, Y. Bouras, A. Savino, M. M.	Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis	2014	International Journal of Services and Operations Management	Journal Article
186	1	Golinska, P. Kuebler, F.	The method for assessment of the sustainability maturity in remanufacturing companies	2014	Procedia CIRP	Journal Article
194	1	Mahmood, M. N. Dhaka, S. P. Wiewiora, A.	Towards an Integrated Maturity Model of Asset Management Capabilities	2015	Proceedings of The 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012)	Conference Proceedings

Fonte: O próprio autor

2.1.1.11. Seleção dos artigos não alinhados, leitura dos resumos e leitura dos artigos

Etapa 2 do processo de pesquisa. Para essa análise foi feita uma busca na planilha do Excel “BD CONSOLIDADO FINAL” dos artigos não alinhados (banco de artigos brutos não redundantes) que tinham como autores um dos autores dos 6 artigos alinhados. Apenas um único artigo foi identificado. Após a leitura de seu resumo e do artigo completo, ele foi classificado como NÃO ALINHADO, conforme apresentado na Figura 8.

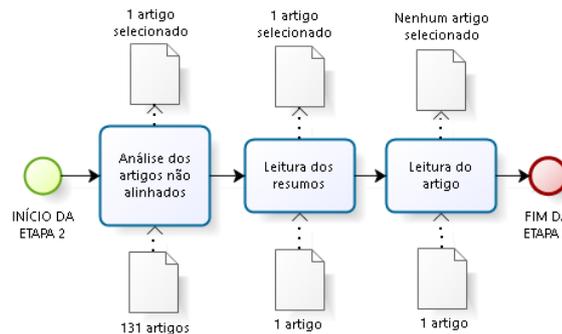


Figura 8: Etapa 2

Fonte: Adaptado de (CHAVES; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012)

2.1.1.12. Pesquisa de livros sobre o tema, congressos e documentos de associações profissionais e consultorias especializadas

Terceira etapa do processo de pesquisa. Livrarias na internet se apresentam como um importante complemento a catálogos de bibliotecas por oferecer descrições detalhadas de livros incluindo seu conteúdo. As associações profissionais relacionadas a área da pesquisa em questão também se mostram uma rica fonte de consulta, tendo algumas suas próprias publicações e realizam congressos e seminários (GRAY, 2012). Foi aplicada a sentença “Maturity Model for Sustainable Asset Management” no campo de busca da amazon.com, obtendo 8 propostas de livros, sendo 1 escolhido para compra pelos autores (Figura 9).

Ao fim da Etapa 3 temos 1 livro selecionado para compor o Portfólio Bibliográfico (PB), pelo seu grande alinhamento com o tema da pesquisa.

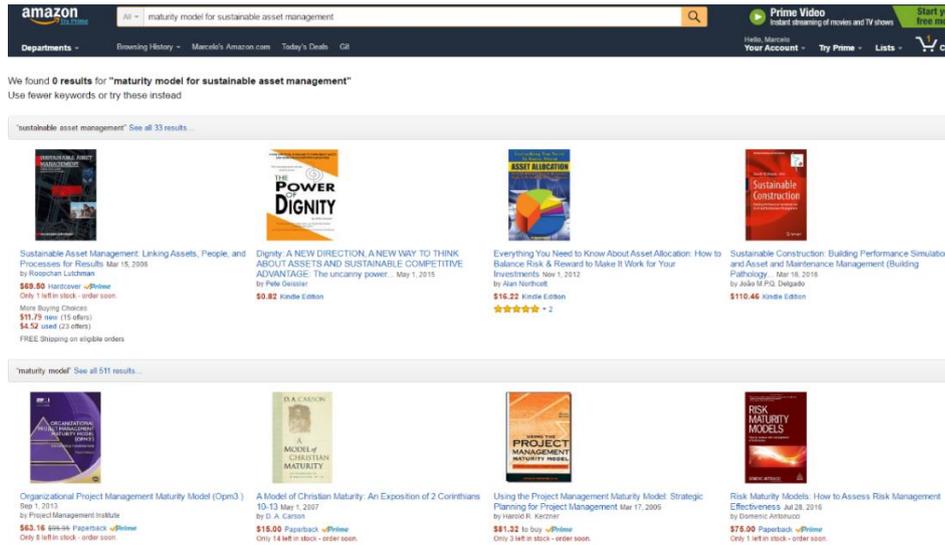


Figura 9: Resultado da busca por livros do tema na amazon.com

Fonte: O próprio autor

2.1.1.13. Pesquisa por título nas referências dos artigos, verificação de redundância, leitura dos resumos, leitura dos artigos e exportação do PB para o Mendeley.

A partir da seleção dos 6 artigos na fase 1, foi possível executar um teste de representatividade do portfólio com o objetivo de identificar se há algum outro artigo relevante que precisa ser acrescentado. O teste consiste em criar um banco das referências do portfólio bibliográfico e aplicar nele os mesmos critérios utilizados fase 1 deste trabalho: remoção de duplicidades e documentos diferentes de artigos de periódicos, bem como desconsiderar publicações anteriores a 2006 (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

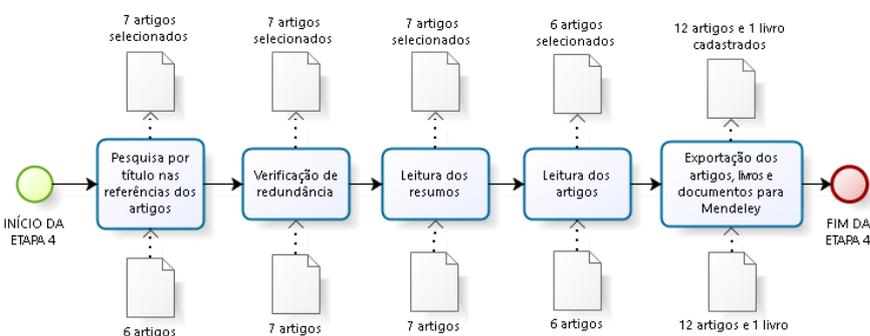


Figura 10: Etapa 4

Fonte: Adaptado de Chaves, Ensslin e Ensslin (2012)

Como após a verificação de alinhamento pelo título em um total de 155 referências somente 7 foram selecionadas, realizou-se a leitura dos resumos sem considerar o grau de

alinhamento e nem o número de citações. Após a leitura integral dos artigos, 6 foram selecionados para compor o portfólio bibliográfico final (Tabela 10). O total de documentos selecionados ao longo do processo de pesquisa em banco de dados bibliográficos (6 artigos na fase 1, 1 livro na fase 3 e mais 6 artigos na fase 4) são exportados para o Mendeley, programa gerenciador de referências bibliográficas (www.mendeley.com) conforme apresentado na Figura 10.

Tabela 10: Portfólio Bibliográfico

Seq	Etapa	Autor	Título	Ano	Periódico	Tipo do arquivo pelo Mendeley
62	1	Maheshwari, A.	Development of a strategic asset management framework	2006	Proceedings of the 1st World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM 2006	Conference Proceedings
79	1	Vavrova, M. Chang Albitres, C.M.	Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices	2014	Sustainability, Eco-Efficiency and Conservation in Transportation Infrastructure Asset Management - Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Infrastructure, ICTI 2014	Conference Proceedings
92	1	Golinska, P. Kosacka, M. Mierzwiaak, R. Werner-Lewandowska, K.	Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies	2015	Journal of Cleaner Production	Journal Article
179	1	Zhang, H. Ouzrout, Y. Bouras, A. Savino, M. M.	Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis	2014	International Journal of Services and Operations Management	Journal Article
186	1	Golinska, P. Kuebler, F.	The method for assessment of the sustainability maturity in remanufacturing companies	2014	Procedia CIRP	Journal Article
194	1	Mahmood, M. N. Dhakal, S. P. Wiewiora, A.	Towards an Integrated Maturity Model of Asset Management Capabilities	2015	Proceedings of The 7th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2012)	Conference Proceedings
204	4	ISO/IEC	ISO/IEC 15504-1 (2004) Information technology - Process assessment -- Part 1: Concepts and vocabulary	2004	ISO/IEC Copyright Office · Case postale 56 · CH-1211 Genève 20 · Switzerland	Report
205	4	Laue, M. Brown, K. Scherrer, P. Keast, R.	Integrated strategic asset management: frameworks and dimensions.	2012	Third International Engineering Systems Symposium CESUN 2012. Delft University of Technology	Conference Proceedings
206	4	Rayner, R.	Incorporating climate change within asset management	2010	Asset management – Whole-life management of physical assets 978-0-7277-3653-6	Book Section
207	4	Feng, S. C. Joung, C. B.	An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing	2009	The 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing	Conference Proceedings
208	4	Van Looy, A. Poels, G.	Towards a Decision Tool for Choosing a Business Process Maturity Model	2012	In Proceedings of the 7th International Conference on Design Science Research in Information Systems: Advances in Theory and Practice, 78–87	Conference Proceedings
209	4	Feng, S. C. Joung, C. Li, G.	Development Overview of Sustainable Manufacturing Metrics	2010	Proceedings of the 17th CIRP international conference on life cycle engineering, pp. 6–12	Conference Proceedings
211	3	Lutchman, R	Sustainable Asset Management	2006	NÃO SE APLICA	Book

Fonte: O próprio autor

2.1.2. Análise bibliométrica

A Análise Bibliométrica neste estudo tem o objetivo de realizar um estudo estatístico para a melhor compreensão sobre a relevância de quem são os principais periódicos, artigos, autores e palavras-chave. Esses atributos serão avaliados dentro do Portfólio Bibliográfico, das referências do Portfólio Bibliográfico (somente de artigos científicos publicados em periódicos) e dos artigos em comum no Portfólio e referências do Portfólio.

2.1.2.1. Periódicos relevantes

O gráfico da Figura 11 compara os tipos de arquivos obtidos antes e depois do processo de pesquisa. Observa-se que na fase inicial era predominante artigos de periódicos (75%). Já no portfólio bibliográfico, predominaram artigos de congressos (54%).

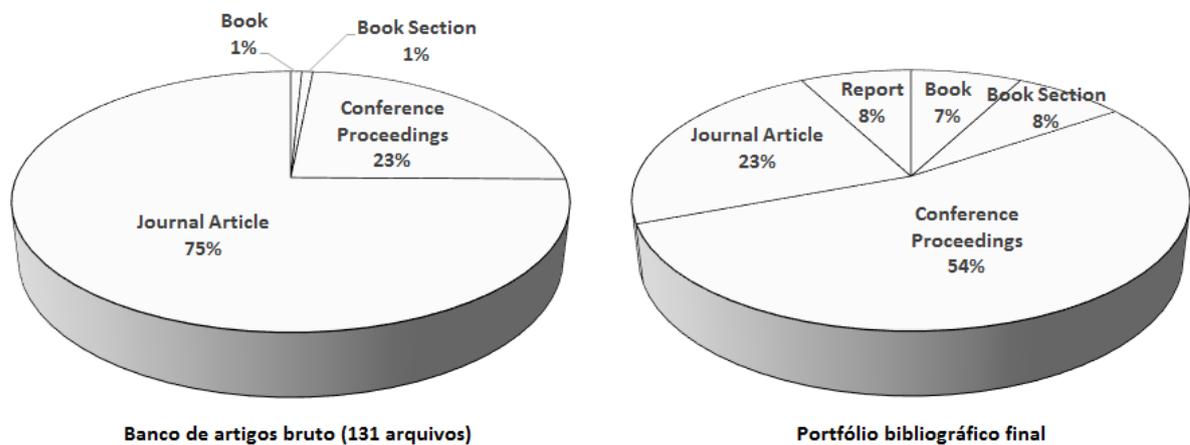


Figura 11: Tipos de arquivo da pesquisa

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

O periódico de destaque nessa pesquisa foi o Journal of Cleaner Production, aparecendo uma vez no portfólio bibliográfico e 8 vezes nas referências (Tabela 11).

Tabela 11: Frequência dos periódicos do PB

Periódico	Portifólio	Referências
Journal of Cleaner Production	1	8
International Journal of Services and Operations Management	1	0
Procedia CIRP	1	0

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

2.1.2.2. Autores relevantes

Nesta seção é feita uma análise quanto ao número de vezes em que os autores aparecem nas referências do portfólio bibliográfico, apresentada na Tabela 12. Pode-se concluir que o autor mais relevante é Brown, K. com 9 citações.

Tabela 12: Autores do PB mais citados nas referências

Autor	Número de vezes nas referências	
Brown, K.	9	
Feng, S.C.	4	
Golinska, P.	4	
Keast, R.	4	
Zhang, H.	4	
Joung, C.B.	3	
Laue, M.	2	
Ouzrout, Y.	2	
Poels, G.	2	
Savino, M.M.	2	
Van Looy, A.	2	
Bouras, A.	1	
Chang Albitres, C.M.	1	
De Backer, M.	1	
Gang Li	1	
Rayner, R.	1	
Scherrer, P.	1	
Vavrova, M.	1	
Dhakai, S.P.	0	
Kosacka, M.	0	
Kuebler, F.	0	
Maheshwari, A.	0	
Mahmood, M.N.	0	
Mierzwiak, R.	0	
Werner-Lewandowska, K.	0	
Wiewiora, A.	0	

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

2.1.2.3. Artigos relevantes

Foi avaliado (1) o número de citações dos artigos do Portfólio Bibliográfico no Google Acadêmico e (2) o número de vezes em que um autor é citado nas referências do Portfólio. O primeiro quadrante consta os artigos que se destacam no (1) e (2).

No segundo quadrante se encontram os artigos relevantes somente em (2). O terceiro quadrante é aquele cujos artigos não possuem destaque nem em (1) e nem em (2). O quarto quadrante é aquele em que os artigos são relevantes no que diz respeito a (1).

Como resultado, temos 2 artigos de destaque, que são Feng; Joung (2009) e Feng; Joung; Li (2010);

1. FENG, S. C.; JOUNG, C. B. An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. In: **Proceedings of the 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing**. Chennai - India: CIRP, 2009.

2. FENG, S.; JOUNG, C.; LI, G. Development overview of sustainable manufacturing metrics. In: **Proceedings of the 17th CIRP international conference on life cycle engineering**. 2010. p. 6-12.

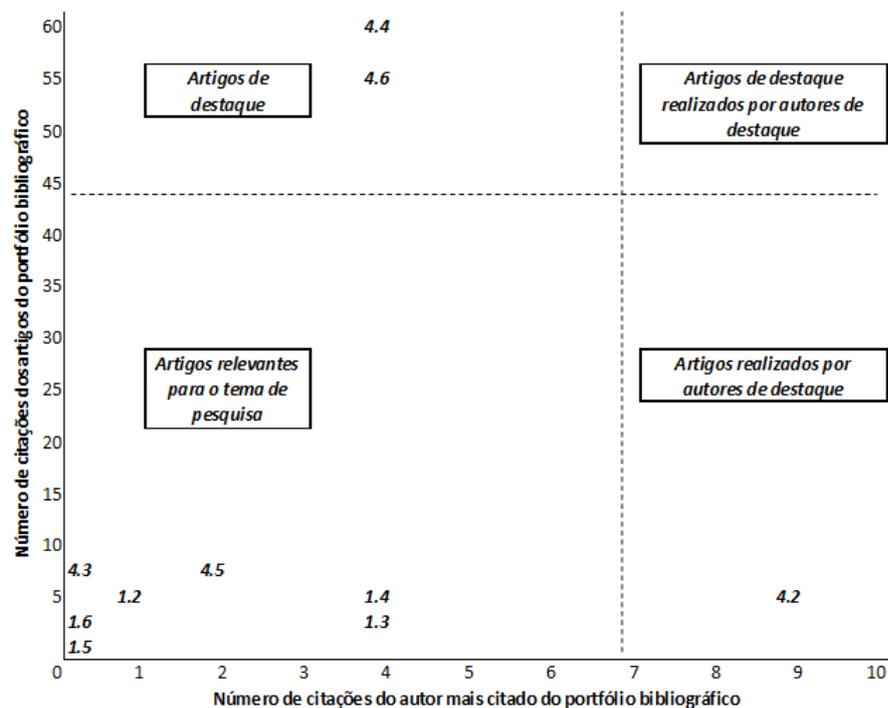
Como artigo realizado por autor de destaque: Laue *et al.*(2012)

1. LAUE, M. *et al.* Integrated strategic asset management: Frameworks and dimensions. In: **Proceedings of the Third International Engineering Systems Symposium CESUN**. The Netherlands: Delft University of Technology, 2012.

Nenhum artigo foi classificado no quadrante referente a artigos de destaque realizado por autores de destaque (vide Tabela 13).

Tabela 13: Relação entre citação dos artigos do PB e autores citados

Artigo	Citações	Autores	Citações
1.1 Development of a strategic asset management framework	0	Maheshwari, A.	0
1.2 Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices	5	Chang Albitres, C.M. Vavrova, M.	1 1
1.3 Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies	2	Golinska, P. Kosacka, M. Mierzwiak, R. Werner-Lewandowska, K.	4 0 0 0
1.4 Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis	4	Bouras, A. Ouzrout, Y. Savino, M.M. Zhang, H.	1 2 2 4
1.5 The method for assessment of the sustainability maturity in remanufacturing companies	1	Kuebler, F.	0
1.6 Towards an Integrated Maturity Model of Asset Management Capabilities	3	Dhakar, S.P. Mahmood, M.N. Wiewiora, A.	0 0 0
4.1 ISO/IEC 15504-1 (2004) Information technology - Process assessment	0	(Sem autores)	
4.2 Integrated strategic asset management: frameworks and dimensions.	4	Brown, K. Keast, R. Laue, M. Scherrer, P.	9 4 2 1
4.3 Incorporating climate change within asset management	6	Rayner, R.	1
4.4 An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing	59	Joung, C.B. Feng, S.C.	3 4
4.5 Towards a Decision Tool for Choosing a Business Process Maturity Model	7	Van Looy, A. De Backer, M. Poels, G.	2 1 2
4.6 Development Overview of Sustainable Manufacturing Metrics	54	Joung, C.B. Feng, S.C. Gang Li	3 4 1



Fonte: Dados da pesquisa, 2016 - adaptado de Ensslin *et al.* (2014)

2.1.2.4. Palavras-chave relevantes

Na Tabela 14, observa-se a correlação entre as palavras-chave dos artigos do portfólio e as utilizadas no algoritmo de pesquisa. *Sustainability* foi a mais relacionada (5 vezes), seguida por *Maturity* (4 vezes).

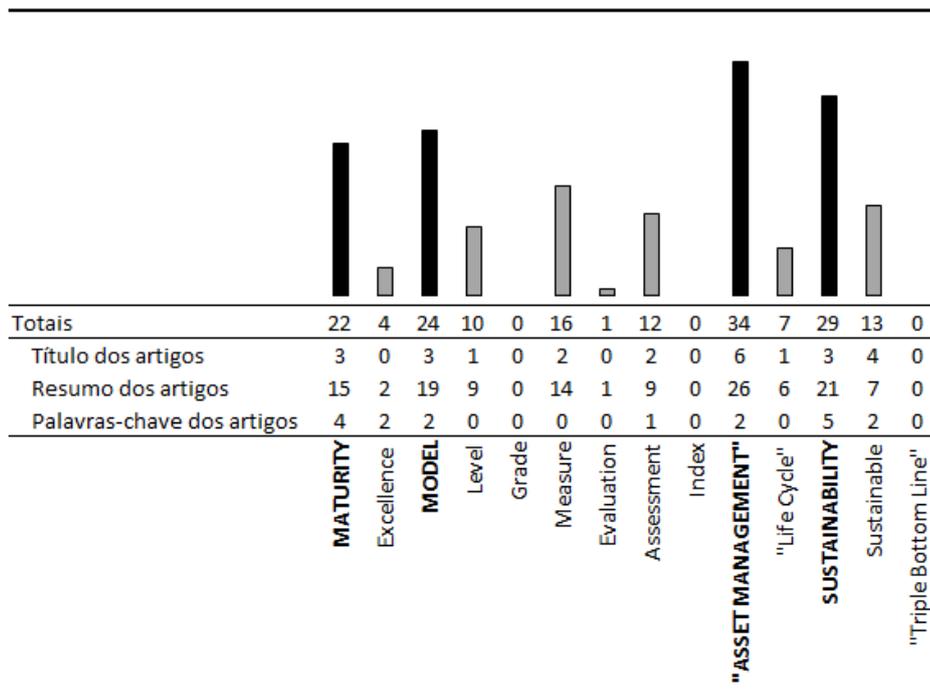
Tabela 14: Correlação entre as palavras-chave dos artigos do portfólio e as utilizadas no algoritmo de pesquisa

Artigo	Palavras-chaves dos artigos	Palavras-chave do algoritmo de pesquisa											Total				
		MATURITY	Excellence	MODEL	Level	Grade	Measure	Evaluation	Assessment	Index	"ASSET MANAGEMENT"	"Life Cycle"		SUSTAINABILITY	Sustainable	"Triple Bottom Line"	
1.1	Asset Management Framework Strategy										●						2
1.2	(sem palavra-chave)																0
1.3	Decision Making Grey Decision Making (GDM) Operational Excellence Performance Indicators Remanufacturing Process Sustainability Assessment		●														2
1.4	AHP Methodology PLM Benefits PLM Maturity Model Sustainability Measurement TIFOS Framework	●		●										●			3
1.5	Maturity Remanufacturing Sustainability Assessment	●							●				●				3
1.6	(sem palavra-chave)																0
3.1	(sem palavra-chave)																0
4.1	(sem palavra-chave)																0
4.2	Governance Indicators Maturity Model Operationalisation		●	●													2
4.3	(sem palavra-chave)																0
4.4	Sustainability Measurement Sustainability Performance Analysis Sustainable Manufacturing												●		●		2
4.5	Analytical Hierarchy Process Business Process Maturity Consensus-Seeking Decision-Making Decision Table Decision Tool Delphi Method Design Research Multi-Criteria Decision-Making		●														1
4.6	Performance Measurement Sustainability Indicator Sustainability Metrics Sustainable Manufacturing												●	●		●	3
Totais por palavra-chave		4	2	2	0	0	0	0	1	0	2	0	5	2	0	0	18

Fonte: Dados da pesquisa, 2016

A Tabela 15 apresenta a quantidade de vezes que cada palavra-chave dos eixos da pesquisa aparece no título, no resumo e nas palavras-chave dos artigos. As palavras-chave principais de cada eixo foram as que mais se destacaram: *Maturity* (14 vezes), *Model* (24 vezes), *Asset Management* (34 vezes) e *Sustainability* (29 vezes).

Tabela 15: Palavras-chave relevantes



Fonte: Dados da pesquisa, 2016

2.1.3. Análise da Bibliometria

O processo de pesquisa permitiu selecionar 6 artigos na primeira etapa em banco de dados, e mais 6 artigos oriundos de suas referências alinhados com os eixos da pesquisa. Na pesquisa por livros foi selecionado 1 com alto grau de aderência ao tema da pesquisa.

Na análise bibliométrica dos artigos selecionados, o periódico de destaque foi o *Journal of Cleaner Production*, aparecendo uma vez no portfólio bibliográfico e 8 vezes nas referências. Quanto a identificação dos autores, o mais relevante foi Brown, K. com 9 citações, seguidos por Feng, S.C.

Golinska, P., Keast, R. e Zhang, H. cada um com 4 citações no referencial do PB. As palavras-chave principais de cada eixo foram as que mais se destacaram: *Maturity* (14 vezes), *Model* (24 vezes), *Asset Management* (34 vezes) e *Sustainability* (29 vezes). Também foi

destacado o trabalho de Feng, S. C. e Joung, C. B. em 2 artigos de destaque, um com 59 e outro com 54 citações.

Como delimitações na pesquisa, o período de tempo analisado se restringiu aos últimos 11 anos (de 2006 a 2016) e o critério para avaliar o alinhamento e grau de alinhamento foi a percepção do autor.

Em linhas gerais, o estudo evidenciou que a área de conhecimento de gestão de ativos, modelo de maturidade e sustentabilidade configuram-se como um campo a ser explorado, pois como apresentado na tabela 14, não foi identificado no portfólio bibliográfico nenhum artigo que tratasse das 3 áreas estudadas simultaneamente.

2.2. GESTÃO DE ATIVOS FÍSICOS

2.2.1. Definição

Gestão de ativos é a otimização do ciclo de vida de um ativo para atingir a *performance* esperada (LUTCHMAN, 2006). Já Pinto (2014) define como a atividade coordenada de uma organização para obter valor dos ativos.

2.2.2. As entidades de gestão de ativos

São 4 as principais entidades de gestão de ativos reconhecidas internacionalmente, cada uma com seus modelos de gestão. São elas: (1) Institute of Asset Management, (2) Asset Management Council, (3) Association of Asset Management Professionals e (4) European Federation of National Maintenance Societies (Figura 12).

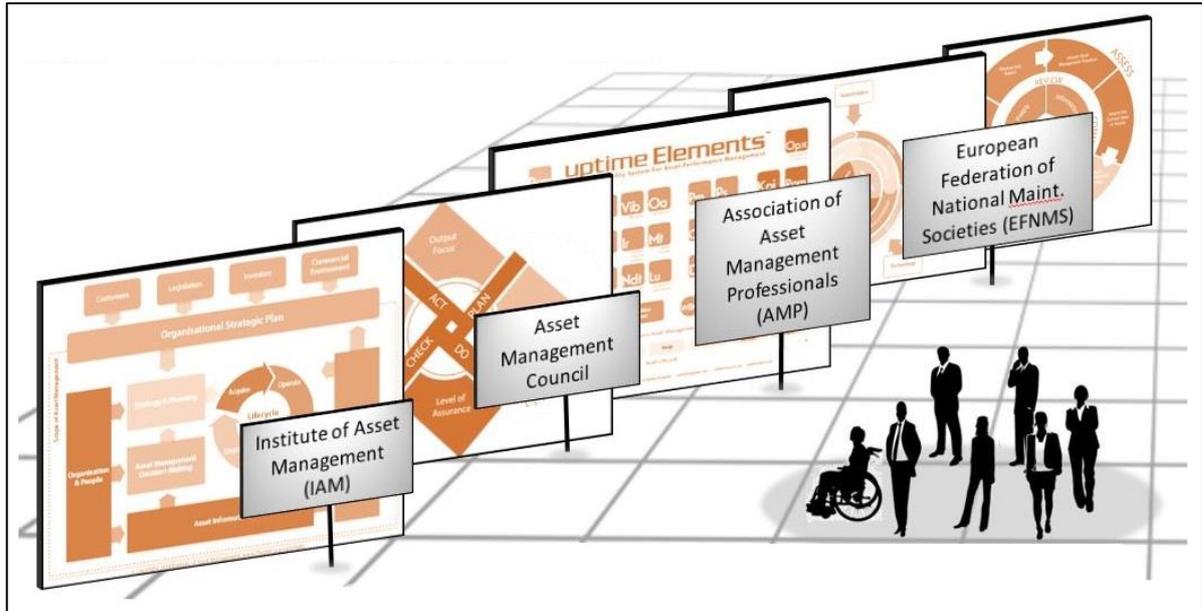


Figura 12: As entidades de gestão de ativos

Fonte: o próprio autor

a) *Institute of Asset Management (IAM)*

O IAM é uma associação profissional para envolvidos na aquisição, operação e manutenção de ativos físicos - especialmente infraestrutura. Em particular, o Instituto é para profissionais de todo o mundo que se dedicam a aprofundar o conhecimento e a compreensão do gerenciamento de ativos. Tem sua base no Reino Unido e foi o idealizador da PAS 55.

b) *Asset Management Council*

O *Asset Management Council* é uma organização sem fins lucrativos, uma Sociedade Técnica de Engenheiros da Austrália, membro fundador do Fórum Global de Manutenção e Gestão de Ativos (GFMAM) e membro fundador do *World Partners in Asset Management*. (WPiAM).

Como uma organização reconhecida internacionalmente na vanguarda do conhecimento e desenvolvimento de gerenciamento de ativos, ela fornece informações e orientação sobre gerenciamento de ativos em vários setores e funções profissionais, tanto na Austrália quanto no exterior. Seus serviços profissionais, conhecimento técnico e experiência organizacional atuam como uma plataforma para o desenvolvimento profissional e reconhecimento da indústria, e suas afiliações internacionais juntam as partes interessadas a uma comunidade cujo conhecimento e experiência são extraídos de todos os níveis de prática.

c) Association of Asset Management Professionals

A *Association for Asset Management Professionals* é uma organização sem fins lucrativos com sede na Flórida, com a missão de apoiar a evolução de práticas aprimoradas de gerenciamento de ativos através do compartilhamento de informações e da rede profissional. O site é gratuito para usuários registrados e é chamado de LinkedIn ou Facebook para Profissionais de Manutenção e Confiabilidade.

d) European Federation of National Maintenance Societies

A EFNMS, Federação Europeia de Sociedades Nacionais de Manutenção, foi criada em 1970. A EFNMS transformou-se em uma organização formal sem fins lucrativos de acordo com a lei belga criada em 18 de janeiro de 2003, em Amsterdã. A EFNMS tem como objetivo a melhoria da manutenção em benefício dos povos da Europa. O termo "manutenção" significa: a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e gerenciais durante o ciclo de vida de um item destinado a retê-lo ou restaurá-lo a um estado no qual ele possa executar sua função requerida. A manutenção é de extrema importância para o comércio, para o meio ambiente e para a saúde geral e a segurança. A fim de alcançar seus objetivos, o EFNMS se apresenta como uma organização abrangente para as Sociedades Nacionais de Manutenção sem fins lucrativos da Europa.

2.2.3 A Especificação PAS 55

A PAS 55 foi o documento que deu origem às discussões sobre Gestão de Ativos Físicos em nível mundial. Em 2002, o IAM, do Reino Unido, conduziu um seminário onde participaram gestores de vários ramos da indústria e agências regulatórias. Concluiu-se que seria necessário criar uma linguagem comum para gestão de ativos. Como não existia uma norma formal sobre o assunto, o IAM produziu a PAS 55:2004 (Especificações para a Gestão Otimizada de Ativos Físicos de Infraestrutura). Ela foi elaborada e revisada por um painel de 23 organizações, a maioria do Reino Unido

Em 2008, o IAM revisou a PAS 55, com a participação de 49 organizações, de 15 setores da indústria e 10 países diferentes, que passou a ser chamada de Especificação Disponível Publicamente para a Gestão Otimizada de Ativos Físicos. Ambas as versões foram publicadas pelo BSI e a versão 2008 foi traduzida para o português pela Abraman em 2011. A

PAS 55 especifica requisitos para 28 aspectos de boas práticas relativas à Gestão de Ativos, desde a estratégia para o ciclo de vida, até a manutenção no dia a dia (PINTO, 2014). De acordo com (BSI, 2008), a Gestão de Ativos possui 6 áreas principais, a saber:

1. Estratégia e planejamento da Gestão de Ativos;
2. Tomada de decisões relativas a Gestão de Ativos;
3. Atividades de entrega do ciclo de vida;
4. Ativadores de conhecimento dos ativos;
5. Organização e ativadores de pessoas;
6. Análise e avaliação de risco.

A Figura 13 a seguir apresenta o relacionamento entre essas 6 áreas. Nessa mesma figura, são apresentadas as 4 fases do ciclo de vida do ativo:

1. Aquisição;
2. Operação;
3. Manutenção;
4. Descarte.



Figura 13: Relacionamento entre as 6 áreas de Gestão de Ativos

Fonte: Adaptada de BSI (2008)

2.2.4 O ciclo de vida do ativo

Segundo Lutchman (2006), existem 8 estágios no ciclo de vida de um ativo. São eles:

1. Identificação da necessidade do ativo;
2. Desenvolvimento de uma estratégia de ativos;
3. Planejamento;
4. Projeto;
5. Criação: aquisição, construção e comissionamento;
6. Operação e Manutenção
7. Modificação
8. Descarte e reposição

2.2.5 A função Manutenção

No fim do século XIX, com o surgimento da mecanização das indústrias, surgiu a necessidade dos primeiros reparos nos equipamentos. Até 1914 a manutenção tinha importância secundária e as indústrias praticamente não possuíam equipe para execução deste tipo de serviço, fazendo os reparos com o mesmo efetivo de produção.

Com o advento da 1ª Guerra Mundial, as fábricas passaram a ter que manter uma produção mínima e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem corrigir as falhas das máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim, surgiu um órgão subordinado à produção, cujo objetivo básico era de execução de manutenção, hoje conhecida como manutenção corretiva.

Esta situação se manteve até a década de 30, quando em função da 2ª Guerra Mundial (pela necessidade de aumento de rapidez de produção) a alta administração industrial se preocupou, não só em corrigir falhas, como, também, evitar seu aparecimento. Isso levou os técnicos de manutenção a desenvolverem processos de prevenção de falhas, que, juntamente com a correção, completavam o quadro geral de manutenção, formando uma estrutura de manutenção tão importante quanto de produção.

De 1940 a 1966, o desenvolvimento da aviação comercial acarretou a expansão dos critérios de manutenção preventiva, uma vez que não era admissível executar corretivas na maioria dos equipamentos de uma aeronave em funcionamento. Surgiu então dentro da Gerência de Manutenção, um órgão especializado em nível departamental, chamado

ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO, que passou a desenvolver estudos e controles visando aumentar a confiabilidade de funcionamento dos equipamentos, através de execução de Manutenção Preventiva, segundo métodos técnico-científicos. As equipes de execução da manutenção também tiveram que ser desenvolvidas através da especialização de mão-de-obra e treinamento programado.

A partir de 1966, até a época atual, com a expansão da indústria e difusão dos computadores, a engenharia de manutenção passou a desenvolver processos mais sofisticados de controle e análise, utilizando fórmulas matemáticas mais complexas visando predeterminar os períodos mais econômicos de execução de manutenção preventiva. Estes critérios, conhecidos como controle preditivo de manutenção, ainda estão em desenvolvimento e são aplicados, conjunta ou separadamente, através de análise de sintomas e processos estáticos.

2.2.5.1 Os métodos de Manutenção

Os métodos de manutenção também são conhecidos por estratégias de manutenção. Branco Filho (2008) classifica os métodos de manutenção em manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e manutenção de melhoria. Para Xenos (1998) além desses métodos se inclui a prevenção de manutenção, que “consiste de atividades que são conduzidas juntamente com o fabricante, desde a fase de projeto do equipamento, visando a reduzir o volume de serviços de manutenção durante sua operação”. Podemos separar a manutenção corretiva em planejada e não planejada, e inclui manutenção detectiva e engenharia de manutenção. A seguir são apresentados e definidos os métodos de manutenção (KARDEC; NASCIF, 2005):

a) Manutenção Corretiva

Todo o trabalho de manutenção realizado em máquinas que estejam em falha, para sanar esta falha (AKHSHABI, 2011). A manutenção corretiva pode ser planejada ou não planejada. Se manutenção corretiva deve ser feita imediatamente, porque graves consequências poderão advir, poderá ser chamada de manutenção corretiva de emergência.

b) Manutenção Preventiva

É todo o serviço de manutenção realizado em máquinas que não estejam em falha, estando com isso em condições operacionais, ou em estado de defeito. Existe dentro deste tipo de manutenção, desta atividade, a manutenção sistemática que é prestada a intervalos regulares (quilômetros, horas de funcionamento, ciclos de operação, etc.), a inspeção, a preditiva, as atividades de lubrificação, etc. (RASHIDPOUR, 2013).

c) Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é um método de manutenção de equipamentos baseado em detectar, por monitoração e medição de parâmetros, as condições de um item até que sejam atingidos limites de deterioração pré-determinados (SMITH; HAWKINS, 2004). Assim, deve-se fazer as curvas de tendência combinando os dados obtidos e executar uma manutenção pró-ativa. A manutenção preditiva auxilia no diagnóstico dos problemas prematuramente, contribuindo para evitar falhas inesperadas. Através da manutenção perceptiva é possível trocar os componentes no momento adequado, antes que a falha ocorra, o que resulta na otimização do custo de manutenção. Desta forma, pode-se utilizar os componentes quase por toda a sua vida útil, sem ocorrer falhas e consequentes perdas de produção. Akhshabi (2011) define manutenção preditiva como tarefas de manutenção preventiva que visam acompanhar a máquina ou as peças, por monitoramento, por medições ou por controle estatístico para tentar prever ou prever proximidade da ocorrência de uma falha. É uma tarefa enquadrada como Manutenção Preventiva, pois deverá ser feita com ela ainda em funcionamento ou em condições de funcionar para executar a tarefa para qual se destina.

d) Manutenção de Melhoria

“Alteração efetuada em um item, da qual se espera/obtem um aperfeiçoamento de sua função” (BRANCO FILHO, 2008). Já Xenos (1998) define melhoria como manutenção de melhoria (ou kaizen dos equipamentos - a palavra “kaizen” é de origem japonesa e significa fazer melhorias), que significa melhorá-los gradativamente e continuamente para além de suas especificações originais.

2.2.5.2 As Funções de Apoio da Manutenção

Segundo Xenos (1998), para permitir o gerenciamento eficiente da manutenção, deve-se colocar em prática – juntamente com as estratégias de manutenção citadas – algumas funções de apoio importantes. São elas:

a) Planejamento da manutenção

A elaboração dos planos de manutenção para todos os equipamentos, a partir dos manuais dos equipamentos e dos resultados reais da manutenção, é essencial tanto para a execução de tarefas de manutenção adequadas e no momento certo, quanto para a elaboração do orçamento e para o controle das peças reservas. Os planos de manutenção definem as necessidades de inspeção, troca de peças e revisão geral, com suas periodicidades (NYMAN; LEVITT, 2001) . Para Xenos (1998), planejar a manutenção significa preparar os serviços de manutenção em um determinado período, bem como prever a mão-de-obra, materiais e ferramentas necessárias. O planejamento das ações preventivas permite o dimensionamento correto destes recursos, dando previsibilidade ao processo de manutenção (PALMER, 1999).

b) Padronização da manutenção

Através da elaboração de procedimentos e padrões de execução e inspeção, é possível garantir a qualidade no cumprimento das atividades de manutenção. Ao descrever as tarefas passo a passo e ao estabelecer parâmetros para avaliar as condições dos equipamentos, é possível minimizar o risco de ocorrerem erros. Além disso, os procedimentos e padrões escritos são úteis no treinamento dos funcionários e auxiliam na supervisão das tarefas. A padronização garante a retenção do *know how* de manutenção na empresa. A padronização da manutenção é a utilização dos procedimentos e padrões técnicos e gerenciais relacionados com as atividades de manutenção, catálogos de peças, padrões de inspeções procedimentos de teste de equipamentos. De forma mais abrangente, é o sistema de elaboração, atualização, arquivamento e controle dos documentos técnicos relativos aos equipamentos (SUTHEP; KULLAWONG, 2015).

c) Peças reservas e almoxarifado

O objetivo desta função é o de adquirir, armazenar e controlar peças de reposição e materiais de consumo dos equipamentos, conforme suas necessidades de manutenção preventiva. Esta é uma das funções de apoio mais críticas e que pode dificultar a execução da manutenção se não for gerenciada com eficiência. O bom funcionamento dos equipamentos depende da disponibilidade de peças de reposição de boa qualidade, baixo custo, na quantidade e no momento certo (ALEBRANT MENDES; DUARTE RIBEIRO, 2014).

d) Tratamento de falhas de equipamentos

O Sistema de Tratamento de Anomalias e Falhas visa principalmente o relato e registro das anomalias e falhas, a identificação de suas causas e o seu bloqueio através de ações corretivas eficazes. Também permite identificar problemas crônicos de manutenção na área. É necessário buscar exaustivamente a causa fundamental de todas as anomalias e falhas para que seja possível eliminá-las, evitando sua reincidência. Este é um aspecto fundamental de uma boa manutenção. Para Xenos (1998), estas são as atividades de remoção dos sintomas das falhas e identificação de causas fundamentais para estabelecer contramedidas adequadas. Inclui também o registro e análise dos dados sobre as falhas mais frequentes e em que equipamentos ocorrem.

e) Orçamento da manutenção

A função manutenção está correlacionada com a lucratividade, na medida em que suas ações influenciem a capacidade e os custos de produção. Lucros é uma função dos custos. Para maximizar lucros, é fundamental entender o comportamento dos custos. Nesse contexto, torna-se essencial o estabelecimento de modelos padronizados para a apropriação, medição, análise e controle dos custos, visando otimizá-los. A ferramenta que centraliza essas informações é o relatório de OS (ordem de serviço). Após a realização dos serviços de manutenção é feita a apropriação necessária para a apuração do custo do serviço. Essa apropriação é feita no relatório de OS. As especialidades e tempos de mão-de-obra própria, gastos em cada atividade compõem a parcela de custos de pessoal; o registro dos materiais e sobressalentes utilizados compõem a parcela de gasto de material; os contratos e os serviços

de terceiros compõem a parcela de custo de contratação; os tempos de indisponibilidade dos equipamentos compõem a parcela de faturamento cessante; e finalmente o tempo de vida dos equipamentos das oficinas e gastos de ferramentaria compõem a parcela de depreciação de bens da área de administração (TAVARES, 1999)

f) Educação e treinamento

É o conjunto de atividades de transferência e prática do conhecimento que visa a formar pessoal capacitado a desempenhar funções dentro do departamento de manutenção. Com o treinamento inadequado, a manutenção pode acabar introduzindo falhas nos equipamentos, ao invés de preveni-las (CHAN *et al.*, 2005).

2.3 MATURIDADE DE PROCESSOS

Os modelos de maturidade fundamentam-se nos conceitos preconizados pelas áreas de gerenciamento da qualidade. Crosby (1979) estruturou um modelo baseado em cinco níveis incrementais de maturidade para conceitos de qualidade em uma organização:

1. Incerteza;
2. Despertar;
3. Esclarecimento;
4. Sabedoria e
5. Certeza.

A maioria dos modelos de maturidade é baseada no *Capability Maturity Model* – CMM, desenvolvido na *Carnegie Mellon University*, como modelo de avaliação de fornecedores de *software* para o Departamento de Defesa norte-americano, entre eles o *Capability Maturity Model Integration* (SOUZA, 2016).

O *Capability Maturity Model* teve como fundamentação conceitual os princípios e práticas da qualidade total, inspirando-se, inicialmente, no modelo de mensuração da qualidade gerencial desenvolvido por Crosby em 1979 (Quadro 5). A ideia principal é descrever o comportamento típico exibido por uma organização em uma quantidade específica de graus, para cada critério estudado, classificando como boa prática, assim como evoluir de um determinado nível para o seguinte. (SILVEIRA, 2009) .

A medição de maturidade proposta por Crosby tem aplicação semelhante a um sistema de medição de desempenho, que ajuda as organizações na identificação de *gaps* em seus processos, na formulação de planos de ação para minimizar seus desvios e propiciar comparações de desempenho entre organizações. Os modelos de maturidade foram estabelecidos há muito tempo na indústria como meio pelo qual o desempenho do processo, em particular as funções de qualidade, pode ser monitorado e relatado. Para processos funcionais em que indicadores podem ser facilmente atribuídos, os modelos de maturidade são generalizados e, por meio de entidades de classe (o IAM é uma delas), existe um conjunto padrão de KPIs que pode ser aplicado em vários setores, oferecendo metas de desempenho comparáveis (KIRKWOOD; ALINAGHIAN; SRAI, 2011) .

Desta forma, a premissa não é somente definir em que nível a empresa se encontra, principalmente no que deve ser realizado para garantir a continuidade do desenvolvimento e a melhoria contínua e controlada de seus processos (ELG, 2007).

O *Grid* de Maturidade de Crosby (1979) considera o uso dos 14 fundamentos da qualidade:

1. Comprometimento da gerência
2. Disseminação da qualidade na empresa
3. Medição e monitoramento;
4. Planejamento para “zero defeitos”
5. Avaliação do custo da qualidade
6. Conscientização e comunicação
7. Ações corretivas e preventivas;
8. Busca do “zero defeitos”;
9. Treinamento dos supervisores;
10. Estabelecimento de metas específicas e mensuráveis;
11. Remoção das causas dos defeitos;
12. Reconhecimento genuíno;
13. Fomento à participação geral;
14. Continuidade da qualidade na empresa

Categorias de medida	Estágio 1: incerteza	Estágio 2: despertar	Estágio 3: esclarecimento	Estágio 4: sabedoria	Estágio 5: Certeza
Compreensão e atitude da gerência	Nenhuma compreensão da qualidade como instrumento da gerência. Tendência a culpar o departamento de qualidade pelos “problemas”	Reconhecimento de que a gerência da qualidade é útil, mas, não há disposição para gastar dinheiro ou tempo necessários à realização.	No decorrer do programa de melhoria da qualidade, aprenda mais sobre gerência da qualidade; dê apoio e seja útil.	Participe. Compreenda os absolutos da gerência qualidade. Reconheça o seu papel pessoal na continuação da ênfase.	Considere a gerência da qualidade parte essencial da companhia
Status de qualidade da empresa	A qualidade está oculta nos setores de produção ou engenharia. A inspeção não existe, provavelmente, na empresa. Ênfase em avaliação e classificação.	Nomeação de um líder mais forte para a qualidade, porém, a ênfase continua em avaliação de movimento do produto. Continua no setor de produção ou outro qualquer.	O departamento da qualidade presta contas à alta gerência, toda a avaliação é incorporada e o gerente tem um papel na administração da companhia.	O gerente da qualidade é um funcionário da companhia; comunicação efetiva de status e ação preventiva. Envolvimento com negócios de consumidor e encargos especiais.	Gerente de qualidade na diretoria. A prevenção é a maior preocupação. A qualidade é idéia prioritária.
Resolução de problemas	Problemas são combatidos à medida que ocorrem; nenhuma solução; definição inadequada; gritos e acusações.	Organização de equipes para solucionar principais problemas. Soluções em longo prazo não solicitadas	Comunicação de ação corretiva estabelecida. Problemas enfrentados com franqueza e resolvidos de modo ordeiro	Problemas identificados em estágio precoce de desenvolvimento. Todas as funções abertas a sugestões e melhoria.	Problemas evitados, exceto nos casos mais extraordinários
Custo de qualidade como % das vendas	Registrado: desconhecido Real: 20%	Registrado: 3% Real: 18%	Registrado: 8% Real: 12%	Registrado: 6,5% Real: 8%	Registrado: 2,5% Real: 2,5%
Medidas de melhoria da qualidade	Nenhuma atividade organizada. Nenhuma compreensão dessas atividades	Tentativas óbvias de “motivação” em curto prazo	Implementação de programa de 14 etapas com total compreensão e determinação de cada etapa	Continuação do programa de 14 etapas e início do Certifique-se	A melhoria da qualidade é uma atividade normal e contínua
Sumário das possibilidades da companhia no setor da qualidade	“Não sei por que temos problemas de qualidade”	“Será absolutamente necessário ter sempre problemas de qualidade?”	“Através do compromisso da gerência e da melhoria da qualidade é possível identificar e resolver os problemas”	“A prevenção de defeitos é parte rotineira da nossa operação”.	“Sabemos por que não temos problemas de qualidade”

Quadro 5: Aferidor de maturidade da gerência da qualidade de Crosby

Fonte: Adaptado de Crosby (1979)

2.3.1 Capability Maturity Model Integration (CMMI)

O *Capability Maturity Model Integration* (CMMI) foi desenvolvido em 1986 pelo SEI, com a finalidade de integrar os diversos modelos CMM. O CMMI, que objetivava a melhoria dos processos de desenvolvimento de *software*, foi publicado em 1993, com ênfase na área de engenharia de sistemas e *software*. O CMMI possui a premissa de que a qualidade é influenciada pelo processo e visa à melhoria dos processos das organizações. O CMMI compreende três modelos:

1. CMMI *for Development*, usado nos processos de desenvolvimento de produtos e serviços;
2. CMMI *for Acquisition*, usado nos processos de aquisição ou terceirização de bens e serviços; e
3. CMMI *for Services*, usado em processos de prestação de serviços.

O Quadro 6 demonstra os níveis de maturidade abordados pelo CMMI.

Inicial	Os processos são geralmente caóticos. O sucesso fica a cargo da competência das pessoas e não propriamente do uso de processos comprovados. A organização produz produtos e serviços que funcionam, mas normalmente o orçamento é extrapolado e os prazos não são cumpridos, sendo difícil repetir os próprios sucessos.
Repetitivo	Os processos são planejados e executados conforme uma política. As pessoas que trabalham são experientes e tudo é controlado, monitorado e revisado. A disciplina colabora para que as práticas existentes se mantenham até mesmo durante períodos turbulentos.
Definido	Os processos são bem compreendidos e descritos em padrões, procedimentos e métodos. O que diferencia o nível 2 do 3 é o escopo. No nível 2, os padrões e procedimentos podem ser diferentes em cada instância do processo. No nível 3, há certa homogeneidade nos padrões e procedimentos, além de um rigor maior em sua descrição.
Gerenciado	São estabelecidos objetivos quantitativos para a qualidade e para o desempenho de processo. A qualidade e o desempenho de processo são traduzidos em termos estatísticos e gerenciados ao longo dos processos.
Otimizado	O foco é na melhoria contínua do desempenho do processo por meio de melhorias incrementais e inovadoras. Os objetivos quantitativos das melhorias de processo são continuamente revisados para refletir as mudanças no nível estratégico.

Quadro 6: Níveis de maturidade segundo o CMMI

Fonte: Adaptado de Souza (2016)

Outros modelos de maturidade são apresentados no Quadro 7.

Modelo / Autor (ano)	Área de aplicação
Modelo da Excelência em Gestão Fundação Nacional da Qualidade (1991)	Sistemas de Gestão da Qualidade
Business process Orientation Maturity Model (BPOMM) McCormack <i>et al.</i> (2003)	BPM
O Organizational Project Management Maturity Model (OPM3) / PMI (2003)	Gestão de projetos
Business Process Management Maturity Model (BPMMM) Resemann e De Bruin (2005)	BPM
Process and Enterprise Maturity Model (PEMM) Hammer (2007)	Gestão de processos

Quadro 7: Outros modelos de maturidade

Fonte: O próprio autor

2.4 A LÓGICA NEBULOSA OU LÓGICA *FUZZY*

2.4.1 Histórico

A Lógica *fuzzy* foi primeiramente introduzida pelo lógico polonês Jan Lukasiewicz (1878 – 1956) em 1920 para lidar com o princípio da incerteza na mecânica quântica e mais tarde, em 1921, por Emil Post (1897 – 1954). Eles desenvolveram a chamada lógica multivalorada (BOJADZIEV, 2007). Através do estudo de termos do tipo ALTO, VELHO, QUENTE, ele propôs a utilização de um intervalo de valores $[0, \frac{1}{2}, 1]$ que indicaria a possibilidade que uma declaração fosse verdadeira ou falsa (SOUZA, 2016).

Foi publicado pelo professor Lofti A. Zadeh (Universidade da Califórnia, Berkely) o artigo *Fuzzy Sets*, que passou a ser declarado como a origem da lógica *fuzzy*. Cada vez mais é utilizado em estudos de controle e tomada de decisão. A inexactidão da linguagem foi traduzida matematicamente, em função de muitos conceitos serem melhor definidos por palavras do que pela matemática.

2.4.2 Teoria dos conjuntos *Fuzzy*

A lógica *fuzzy* é uma generalização da teoria dos conjuntos tradicionais para resolver os paradoxos gerados a partir da classificação verdadeiro ou falso da lógica clássica. A lógica

fuzzy deriva da habilidade em inferir conclusões e gerar respostas baseadas em informações nebulosas, vagas, ambíguas e qualitativamente incompletas e imprecisas (SOUZA, 2016).

Desta maneira, os sistemas *fuzzy* raciocinam de forma semelhante aos humanos. Os conjuntos *fuzzy*, dentre outras aplicações, podem ser utilizados como auxílio a tomada de decisão, uma das atividades mais fundamentais para o ser humano (TANSCHKEIT, 2012).

Quando a complexidade de um sistema aumenta, a nossa capacidade de fazer declarações precisas e ainda significativas sobre o seu comportamento diminui até que um limite é atingido além do qual precisão e significado (ou relevância) tornam-se quase mutuamente características exclusivas (ZADEH, 1996)

Na teoria de conjuntos clássica, um elemento pertence ou não a um dado conjunto. Dado um universo U e um elemento particular $x \in U$, o grau de pertinência $\mu_A(x)$ com respeito a um conjunto $A \subseteq U$ é dado por:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{se } x \in A \\ 0, & \text{se } x \notin A \end{cases} \quad (1)$$

A função $\mu_A(x) : U \rightarrow \{0,1\}$ é chamada de função característica na teoria clássica de conjuntos. Frequentemente, uma generalização desta ideia é utilizada, por exemplo, para manipulação de dados com erros limitados. Todos os números dentro de um erro percentual terão um fator de pertinência 1, tendo todos os demais um fator de pertinência 0. (veja Figura 14 a). Para o caso preciso, o fator de pertinência é 1 somente no número exato, sendo 0 para todos os demais (veja Figura 14 b).

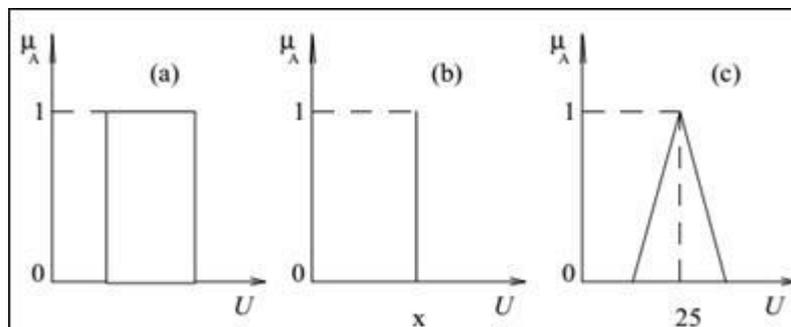


Figura 14: Funções de pertinência

Fonte: Adaptado de Tanscheit (2012)

Zadeh (1996) propôs uma caracterização mais ampla, na medida em que sugere que alguns elementos estão contidos mais fortemente em um conjunto do que outros. O fator de

pertinência pode então assumir qualquer valor entre 0 e 1, sendo que o valor 0 indica uma completa exclusão e um valor 1 representa completa pertinência. Esta generalização aumenta o poder de expressão da função característica. Por exemplo, para expressar a ideia de que uma temperatura tem seu valor por volta de 25, pode se utilizar uma função de pertinência triangular (veja figura 2c), com o pico em 25, para sugerir a ideia de que quanto mais perto o número de 25, mais ele se identifica com o conceito representado.

Os conjuntos *Fuzzy* apresentam as seguintes terminologias (Figura 15).

- Núcleo (core): Região do universo de discurso caracterizada por ter uma pertinência total ao conjunto *fuzzy*. $\mu(x) = 1$;
- Suporte (support): Região do universo de discurso caracterizada por ter uma pertinência ao conjunto *fuzzy* diferente de zero. $\mu(x) \neq 0$;
- Limite (boundary): Região do universo de discurso caracterizada por ter uma pertinência ao conjunto *fuzzy* entre 0 e 1, $0 < \mu(x) < 1$.

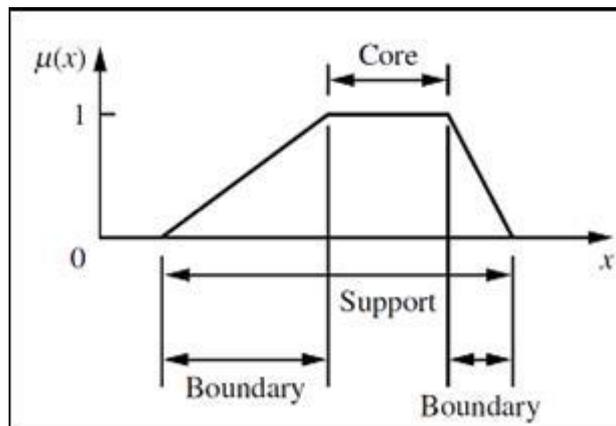


Figura 15: Núcleo, suporte e limites de um conjunto *fuzzy*

Fonte: Ross (2010)

Seja U uma coleção de objetos denominados genericamente por $\{x\}$. U é chamado de universo de discurso, podendo ser contínuo ou discreto. Um conjunto *fuzzy* A em um universo de discurso U é definido por uma função de pertinência μ_A que assume valores em um intervalo $[0,1]$:

$\mu_A: U \rightarrow [0,1]$ O conjunto *fuzzy* A em U é, então, um conjunto de pares ordenados

$A = \{\mu_A(x)/x\}$, $x \in U$. O conjunto suporte de um conjunto *fuzzy* A é o sub-conjunto dos pontos u de U tal que $\mu_A(x) > 0$. Um conjunto *fuzzy* cujo conjunto suporte é um único

ponto de U com $\mu_A = 1$ é chamado de um conjunto unitário *fuzzy* ou *singleton* (TANSCHKEIT, 2012).

2.4.3 Variáveis linguísticas

Uma variável linguística é uma variável cujos valores são nomes de conjuntos *fuzzy*. Por exemplo, a temperatura de um dado processo poderia ser uma variável linguística assumindo valores BAIXA, MÉDIA, ALTA (SILVA, 2011).

Estes valores são descritos por intermédio de conjuntos *fuzzy* (Figura 16).

As variáveis linguísticas fornecem uma maneira sistemática para uma caracterização aproximada de fenômenos complexos ou mal definidos, ou seja, a utilização do tipo de descrição linguística empregada por seres humanos, e não de variáveis quantificadas, permite o tratamento de sistemas que são muito complexos para serem analisados através de termos matemáticos convencionais (TANSCHKEIT, 2012).

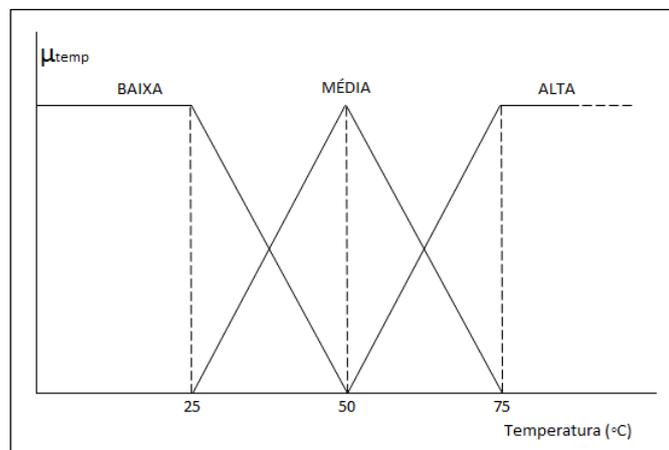


Figura 16: Variável linguística temperatura

Fonte: O próprio autor

Os valores de uma variável linguística podem ser sentenças em uma linguagem especificada. Para ilustrar, os valores da variável linguística temperatura podem ser expressos como alta, média e baixa, conforme ilustrado na Figura 16 (NICOLETTI; CAMARGO, 2013). Para gerar estes valores compostos, utilizam-se diversos termos, classificados nas seguintes categorias:

(a) Termos primários: nomes de conjuntos *fuzzy* especificados em um determinado universo (por exemplo alto, baixo, pequeno, médio, grande, zero).

(b) Conectivos lógicos: A negação NÃO, conectivos E e OU, e conectivos mascarados, como mas, porém.

(c) Modificadores, como: muito, pouco, levemente, extremamente.

(d) Delimitadores, como parênteses.

2.4.4 Estrutura de regras

Uma regra de produção é formada de duas partes principais:

SE {situação} ENTÃO {ação}

A parte SE da regra (antecedente) descreve a situação para a qual ela é designada e a parte ENTÃO (consequente) descreve a ação do sistema *fuzzy* para esta situação. A situação compõe um conjunto de condições que quando satisfeitas, mesmo parcialmente, determinam o processamento da ação através de um mecanismo de inferência, ou seja, implementa uma regra. A ação compõe um conjunto de diagnósticos que são gerados com a implementação da regra. As ações das regras são processadas em conjunto e geram uma resposta quantitativa para cada variável do sistema. A título de exemplo poderíamos escrever, usando-se a lógica *fuzzy*, a seguinte sentença:

se o tempo de um investimento é longo e o sistema financeiro tem sido não muito estável, então a taxa de risco do investimento é muito alta.

Como pode ser visto a sentença representa uma estrutura “se-então” interligada por conectivo “e”. As variáveis envolvidas são: o tempo de investimento, o sistema financeiro e o risco de investimento, adjetivadas por longo, não muito estável e muito alta, respectivamente (SOUZA, 2016)

2.4.5 Funções de pertinência

As funções de pertinência, também conhecidas como conjuntos *fuzzy* são, na verdade, uma função numérica gráfica que atribui valores de pertinência *Fuzzy* para valores discretos de uma variável, em seu universo de discurso (SIMÕES, 2007). As principais funções de

pertinência para conjuntos *fuzzy* são: linear, curva Z, sigmóide, pi, beta, triangular, trapezoidal e gaussiana (NICOLETTI; CAMARGO, 2013).

2.4.6 “Fuzzificação”

Fuzzificação é o processo de colocar nomes no universo de discurso de cada entrada. O universo de discurso pode ser descrito como a faixa de valores associados a uma variável *Fuzzy*, onde são definidos vários conjuntos *Fuzzy* dentro de um universo de discurso, cada qual com o seu próprio domínio que se sobrepõe com os domínios dos seus conjuntos *fuzzy* vizinhos. Ou seja, o universo de discurso se refere ao domínio que se dá a um determinado conjunto (SOUZA, 2016). Também considerado um mapeamento do domínio de números reais para o domínio *Fuzzy* com valores entre 0 e 1 definidos pelas funções de pertinência (SIMÕES, 2007).

2.4.7 “Defuzzificação”

No processo de “defuzzificação”, a variável difusa produzida na “fuzzificação” é transformada em variável numérica (determinística), que atuará no processo de forma a regulá-lo. Assim, a “defuzzificação” é uma transformação inversa que traduz a saída do domínio *Fuzzy*, para o domínio discreto, inferido pelas regras *Fuzzy* conjunto (SOUZA, 2016). Ou seja, é necessário um processo de conversão do valor *Fuzzy* - resultante da saída da inferência - para um número real, tal como acionar uma alavanca ou ajustar um botão para uma determinada posição (COSTA, 2007)

2.4.8 Modelos de inferência

A inferência *fuzzy* é o processo de formular o mapeamento de uma dada entrada, através das regras previamente definidas para uma saída utilizando lógica *fuzzy*. A inferência *Fuzzy* é o processo de formular o mapeamento de uma dada entrada para uma saída utilizando lógica *Fuzzy*, cujas fases principais são “fuzzificação”, avaliação das regras, agregação e “defuzzificação”.

O mapeamento dos resultados “defuzzificados” na situação do problema fornece a base onde decisões podem ser tomadas. Existem dois tipos de sistemas de inferência *Fuzzy* que podem ser implantados no Matlab: o modelo Mamdani e o modelo Sugeno. Esses dois

modelos diferem na maneira em que a saída do sistema é determinada. O modelo Mamdani após o processo de agregação a função de pertinência de saída é um conjunto *Fuzzy*, enquanto o modelo Sugeno utiliza um valor constante na função de pertinência de saída (YAMAKAWA *et al.*, 2014).

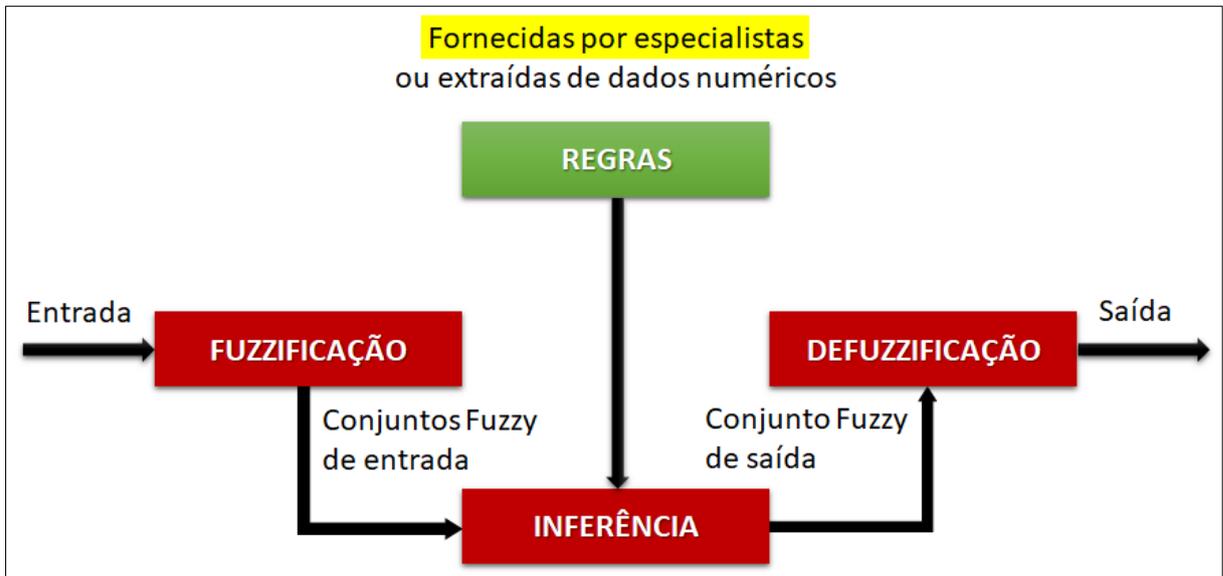


Figura 17: Sistema de Inferência *Fuzzy*

Fonte: Adaptado de Tanscheit (2012)

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A estrutura metodológica desta pesquisa está representada no Quadro 8.

Tipo	Etapa	Objetivo	Ferramenta / Método	
Quali-quantitativa	Bibliometria	Identificar referencial teórico para o desenvolvimento da tese	Adaptação do método PROKNOW-C	
		Demonstrar ineditismo do tema	Análise do Portfólio Bibliográfico (PB)	
		Demonstrar aderência ao programa	Gráfico por áreas dos artigos do PB classificadas pela base SCOPUS	
Qualitativa	Pesquisa 1	Selecionar o modelo de maturidade de gestão de ativos que será usado como referência	Pesquisa no portfólio bibliográfico e sites de consultorias especializadas e entidades de classe	
		Selecionar as dimensões de performance de sustentabilidade que serão utilizadas		
	Pesquisa 2	Selecionar, dos 39 KPIs de maturidade de GA, os 13 de alta importância.		Grupo Focal
	Pesquisa 3	Correlacionar os KPIs selecionados como de alta importância com as categorias de sustentabilidade definidas pelo GRI (Global Reporting Initiative).		
Pesquisa 4	Definição das regras da inferência <i>Fuzzy</i>			
Quantitativa	Proposta	Propor modelo de inferência <i>Fuzzy</i> para determinação do grau de maturidade da GA	Módulo <i>Fuzzy Toolbox</i> do <i>software</i> MatLab	
	Aplicação 1	Definir o grau de maturidade da gestão de ativos da empresa X1, entrevistando o corpo gerencial	Modelo SIF proposto	
	Aplicação 2	Definir o grau de maturidade da gestão de ativos da empresa X2, entrevistando a presidência	Modelo SIF proposto	

Quadro 8: Etapas da metodologia

Fonte: O próprio autor

A etapa de bibliometria é explorada no Capítulo 2, com a identificação do referencial teórico para o desenvolvimento da tese. As demonstrações do ineditismo e da aderência do tema ao programa é apresentado no capítulo 1.

No capítulo 4 são detalhadas a pesquisa 1, seleção do modelo de maturidade de gestão de ativos que foi usado como referência e a seleção das dimensões de *performance* de sustentabilidade que foram utilizadas. Ambas são realizadas através de pesquisa no portfólio bibliográfico e sites de consultorias especializadas e entidades de classe.

Ainda nesse capítulo, são apresentadas a pesquisa 2 (seleção dos 39 KPIs de maturidade de GA, os 13 de alta importância), a pesquisa 3 (correlação dos KPIs selecionados como de alta importância com as categorias de sustentabilidade definidas pelo GRI (*Global Reporting Initiative*)) e a pesquisa 4 (definição das regras da inferência *Fuzzy*), todas desenvolvidas com utilização de um grupo focal. Ao fim desse capítulo, é apresentada a proposta para o modelo de inferência *Fuzzy* para determinação do grau de maturidade da GA.

Já com a proposta de inferência *Fuzzy* para determinação do grau de maturidade da GA, são desenvolvidos dois estudos de caso. O primeiro em uma indústria petroquímica, entrevistando o corpo gerencial. O segundo é realizado em uma empresa prestadora de serviços de manutenção, entrevistando o diretor presidente. Os estudos de caso são apresentados no capítulo 5.

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 SELECÇÃO DO MODELO DE MATURIDADE DE GESTÃO DE ATIVOS

Conforme já citado anteriormente, além dos modelos tradicionais de maturidade de processo, na pesquisa bibliográfica também foram identificados modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos, apresentados por (NATEQUE *et al.*, 2012) e também através de pesquisa na internet em sites de consultorias especializadas e entidades de classe, conforme apresentado no Quadro 9.

Modelos	Entidade / Empresa	Fonte(s)
AMMSG-IAM (<i>Asset Management Maturity Scale and Guidance</i>)	IAM	www.theiam.org e NATEQUE et al. (2012)
AMMM-OARISK (<i>Asset Management Maturity Model</i>)	OARS	NATEQUE et al. (2012)
PAMMM-OGC (<i>Property Asset Management Maturity Matrix</i>)	OGC	NATEQUE et al. (2012)
AMM-IBM (<i>Asset Management Maturity</i>)	IBM	NATEQUE et al. (2012)
AMM-SKF (<i>Asset Maturity Management</i>)	SKF	NATEQUE et al. (2012)
PAMCAM-OGC (<i>Property Asset Management Capability Model</i>)	OGC	NATEQUE et al. (2012)
AMCMM (<i>Asset Management Council Maturity Model</i>)	Asset Management Council	www.amcouncil.com.au
AMIP (<i>Asset Management Improvement Planning</i>)	PRAGMA	www.pragmalatam.com
Asset Management Landscape	GFMAN	www.gfman.org

Quadro 9: Modelos de maturidade específicos para aplicação em sistemas de gestão de ativos

Fonte: O próprio autor

A maioria dos documentos não estão disponíveis ou estão disponíveis parcialmente, a exceção do *Asset Management Maturity Scale and Guidance* (Escala e Orientação de Maturidade de Gestão de Ativos) desenvolvido pelo IAM (Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido). Esse documento apresenta uma escala de maturidade genérica, que vai desde Inocência até a Excelência (5 níveis), avaliando 39 tópicos divididos em 6 grupos (quadro 2). Pela facilidade de acesso e disponibilidade de download, e mais o fato de ser desenvolvido pela mesma entidade que desenvolveu a PAS-55, utilizaremos esse documento como referência de modelo de maturidade de gestão de ativos físicos para fins desse estudo.

4.2 SELEÇÃO DAS DIMENSÕES DE PERFORMANCE DE SUSTENTABILIDADE

A GRI (*Global Reporting Initiative*) é uma organização internacional independente, sediada em Amsterdã, na Holanda. Ela atende a um público global através dos polos regionais no Brasil, China, Colômbia, Índia, África do Sul e Estados Unidos. Os relatórios da GRI são produzidos em mais de 100 países. O principal produto da GRI são os Padrões de Relatório de Sustentabilidade, disponibilizados como um bem público gratuito. Eles têm sido continuamente desenvolvidos ao longo de 20 anos e representam a melhor prática global para relatar questões econômicas, ambientais e sociais. Os Padrões de Relatórios de Sustentabilidade da GRI (Padrões GRI) são os primeiros e mais adotados padrões globais de relatórios de sustentabilidade.

O relato de sustentabilidade auxilia as organizações a estabelecer metas, aferir seu desempenho e gerir mudanças com vistas a tornar suas operações mais sustentáveis. Relatórios de sustentabilidade divulgam informações sobre os impactos de uma organização – sejam positivos ou negativos – sobre o meio ambiente, a sociedade e a economia. Assim, eles dão forma tangível e concreta a questões abstratas, ajudando as organizações a compreender e gerir melhor os efeitos do desenvolvimento da sustentabilidade sobre suas atividades e estratégias.

O documento G4 Diretrizes para Relato de Sustentabilidade (GRI, 2015) apresenta três Categorias: Econômica, Ambiental e Social. A Categoria Social divide-se em quatro subcategorias, a saber, Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente, Direitos Humanos, Sociedade e Responsabilidade pelo Produto. O Quadro 10 apresenta essa estrutura.

Corroborando com as dimensões de *performance* de sustentabilidade utilizadas pelo GRI, conforme apresentado no Quadro 11, no portfólio bibliográfico foram identificados 4 artigos utilizando as 3 dimensões da sustentabilidade: Ambiental, Econômica e Social. Zhang *et al.* (2014), em seu artigo “*Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis*”, publicado no *International Journal of Services and Operations Management*, acrescentaram mais uma dimensão: Tecnologia. Já Sachs (2002) considera mais 4 dimensões, além das 3 básicas: Cultural, Ecológica, Territorial e Política.

Para realização da pesquisa 3, foram então utilizadas as 3 dimensões básicas. Além do documento do GRI, 4 (quatro) dos 5 (cinco) artigos do portfólio bibliográfico pesquisados utilizaram as 3 dimensões básicas (Ambiental, Econômica e Social). O artigo “*An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing*” de Feng e Joung (2009), apresentado no 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing em Chennai –

India, artigo de destaque do portfólio bibliográfico, com 59 citações, também utiliza as 3 dimensões básicas.

CATEGORIA	SUBCATEGORIAS	ASPECTOS
ECONÔMICA		Desempenho Econômico
		Presença no Mercado
		Impactos Econômicos Indiretos
		Práticas de Compra
AMBIENTAL		Materiais
		Energia
		Água
		Biodiversidade
		Emissões
		Efluentes e Resíduos
		Produtos e Serviços
		Conformidade
		Transportes
		Geral
		Avaliação Ambiental de Fornecedores
	Mecanismos de Queixas e Reclamações Relacionadas a Impactos Ambientais	
SOCIAL	Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente	Emprego
		Relações Trabalhistas
		Saúde e Segurança no Trabalho
		Treinamento e Educação
		Diversidade e Igualdade de Oportunidades
		Igualdade de Remuneração entre Homens e Mulheres
		Avaliação de Fornecedores em Práticas Trabalhistas
	Mecanismos de Queixas e Reclamações Relacionadas a Práticas Trabalhistas	
	Direitos Humanos	Investimento
		Não Discriminação
		Liberdade de Associação e Negociação Coletiva
		Trabalho Infantil
		Trabalho Forçado ou Análogo ao Escravo
Práticas de Segurança		
Sociedade	Direitos Indígenas	
	Avaliação	
	Avaliação de Fornecedores em Direitos Humanos	
	Mecanismos de Queixas e Reclamações Relacionadas a Direitos Humanos	
	Comunidades Locais	
Responsabilidade pelo Produto	Combate à Corrupção	
	Políticas Públicas	
	Concorrência Desleal	
	Conformidade	
	Avaliação de Fornecedores em Impactos na Sociedade	
	Mecanismos de Queixas e Reclamações Relacionadas a Impactos na Sociedade	
	Saúde e Segurança do Cliente	
	Rotulagem de Produtos e Serviços	
	Comunicações de Marketing	
	Privacidade do Cliente	
	Conformidade	

Quadro 10: Categorias e Aspectos

Fonte: GRI (2015)

Autores	Dimensões							
	Ambiental	Social	Econômica	Tecnológica	Cultural	Ecológica	Territorial	Política
Golinska (2014)	●	●	●					
Golinska (2015)	●	●	●					
Vavrova (2014)	●	●	●					
Feng (2009)	●	●	●					
Zhang et al. (2014)	●	●	●	●				
Sachs (2002)	●	●	●		●	●	●	●

Quadro 11: Dimensões de performance em sustentabilidade

Fonte: O próprio autor

4.3 A FORMAÇÃO DO GRUPO FOCAL

O grupo focal consiste em um método de pesquisa qualitativa, realizado por meio de entrevista, tendo como participantes um grupo de pessoas que discutem e interagem entre si sob a supervisão e condução de um moderador, tendo como objeto de estudo uma temática central de interesse (SILVA JÚNIOR; MARTINS; MESQUITA, 2014).

Em relação à quantidade de componentes de um grupo focal, constatam-se divergências conforme apresentado na Tabela 16, a seguir. Optou-se por utilizar 8, um número de consenso entre as 3 citações.

Tabela 16: Quantidade de componentes do grupo focal

Número de Componentes	Autores
8 a 12	Stewart e Shamdasani (1990)
6 a 8	Gaskell (2002) e Kreuger e Casey (2000)
4 a até 20	Morgan (1997)

Fonte: Adaptado de Silva Júnior, Martins e Mesquita (2014).

Para compor o grupo focal, foram convidados 8 profissionais, sendo que 4 têm como área de atuação a academia e 4 são atuantes do mercado. A Tabela 17 resume quadro de participantes.

Tabela 17: Composição do grupo focal

Área de atuação	Quant.	Especialidade	Título
Acadêmica	1	Professor de Finanças e Estratégia	Doutor
	1	Professor de Riscos	Doutor
	1	Professor de Recursos Humanos e Trabalho	Mestre
	1	Professor de Segurança do Trabalho	Mestre
Mercado	1	Gerente de Produção Sênior	MBA
	1	Gerente de Produção Pleno	MBA
	1	Gerente de Manutenção	Especialização
	1	Coordenador de SMS	Mestrado

Fonte: O próprio autor

A seguir é apresentado um currículo resumido de cada um dos membros do grupo focal, na ordem sequencial em que aparecem na Tabela 17.

a) Professor de Finanças e Estratégia

Graduado em Engenharia Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, com mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tem experiência nas áreas de Engenharia Civil, Administração Financeira, Gestão Estratégica, Gerenciamento de Projetos e Engenharia de Segurança.

b) Professor de Riscos

Possui Graduação em Engenharia Civil, Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Extensão em Gestão Ambiental Empresarial, Extensão em Ciclo de Estudos de Políticas e Estratégia, Mestrado em Engenharia Civil e Doutorado em Engenharia de Produção. Professor Associado do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Atua nas áreas de Ensino, Pesquisa e Extensão, através de projetos de formação e desenvolvimento tecnológico, com ênfase nos seguintes temas da Gestão Industrial: Segurança, Meio Ambiente, Riscos e Manutenção.

c) Professor de Recursos Humanos e Trabalho

Psicólogo, possui Mestrado em Sistemas de Gestão, pela Universidade Federal Fluminense. Graduação em Psicologia pelo Centro Universitário Celso Lisboa. Atuou como consultor da Companhia Brasileira de Pneumáticos Michelin, entre outras. É professor convidado da Universidade Federal Fluminense, atuando principalmente nos seguintes temas: Gestão de Pessoas, Didática do Ensino Superior, Psicologia do Trabalho, Comunicação e Treinamento.

d) Professor de Segurança do Trabalho

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal Fluminense. Atualmente cursa o Doutorado na mesma instituição e é engenheiro civil da Universidade Federal Fluminense, acumulando o cargo de professor universitário na graduação da citada universidade e, atuando ainda como professor na pós-graduação nível lato sensu. Leciona em diversos cursos lato sensu dentro da área. Tem experiência na área de Engenharia Civil, com ênfase em Segurança do Trabalho, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de riscos, competitividade, administração da produção, higiene e segurança do trabalho, atuando, ainda, na iniciativa privada como consultor técnico e avaliador em empreendimentos da construção. Como linhas de pesquisa principais, cita-se: Modelagem em gestão de riscos na Construção Civil; Modelagem para gestão da segurança do trabalho, com ênfase em procedimentos e Modelagem para gestão de serviços, ênfase em clientes, para a Construção Civil.

e) Gerente de Produção Sênior

Formado em engenharia elétrica, com MBA em Administração Industrial, possui mais de 25 anos de atuação como supervisor e engenheiro de operações. Atualmente é gerente de produção de multinacional do ramo siderúrgico no Rio de Janeiro.

f) Gerente de Produção Pleno

Engenheiro Mecânico pela Universidade Federal de Minas Gerais. Especialista em Engenharia de Petróleo – Universidade Petrobras. Com 15 anos de formado, é engenheiro de produção pleno, atuando na bacia de Campos, no estado do Rio de Janeiro.

g) Engenheiro de Manutenção

Engenheiro Civil, formado pela Escola Federal de Engenharia de Rio de Janeiro. Atua em manutenção de infraestrutura a mais de 18 anos. Possui especialização em Engenharia de Manutenção na UFRJ.

h) Coordenador de SMS

É graduado em engenharia mecânica pela UFRJ com especialização em engenharia de segurança do trabalho pela UFF. Mestre em Sistemas de Gestão pela UFF. É engenheiro de segurança sênior de multinacional do setor químico. Possui 22 anos de formado.

4.4 A SELEÇÃO DOS 13 INDICADORES (1º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)

Para a seleção dos principais indicadores, 13 (treze) dos 39 (trinta e nove) propostos pelo modelo de maturidade do IAM (2015), o grupo focal foi reunido numa seção que durou aproximadamente duas horas e meia. O pesquisador apresentou os 39 indicadores, abaixo discriminados. O autor apresenta o texto original em inglês e uma livre tradução para o português.

1. *Asset Management Policy* (Política de gerenciamento de ativos)

Texto original: *The principles and mandated requirements derived from and consistent with the organizational strategic plan, providing a framework for the development and implementation of the asset management strategy and the setting of the asset management objectives.*

Livre tradução: Os princípios e os requisitos obrigatórios derivados e consistentes com o plano estratégico organizacional, fornecendo um quadro para o desenvolvimento e implementação da estratégia de gerenciamento de ativos e a definição dos objetivos de gerenciamento de ativos.

2. *Asset Management Strategy & Objectives* (Asset Management Strategy & Objectives)

Texto original: *The strategic approach or plan for the management of the assets of an organisation that will be used to achieve the organizational strategic plan. The asset management strategy is also known as the Strategic Asset Management Plan.*

Livre tradução: A abordagem estratégica ou o plano para a gestão dos ativos de uma organização que serão utilizados para alcançar o plano estratégico organizacional. A estratégia de gerenciamento de ativos também é conhecida como o Plano Estratégico de Gerenciamento de Ativos.

3. *Demand Analysis* (Análise de Demanda)

Texto original: *The processes an organization uses to both assess and influence the demand for, and level of service from, an organization's assets.*

Livre tradução: Os processos que uma organização usa para avaliar e influenciar a demanda e o nível de serviço dos ativos de uma organização.

4. *Strategic Planning* (Planejamento estratégico)

Texto original: *The processes an organization uses to undertake strategic asset management planning*

Livre tradução: Os processos que uma organização usa para realizar o planejamento estratégico de gerenciamento de ativos.

5. *Asset Management Planning* (Planejamento de gerenciamento de ativos)

Texto original: *The activities to develop the Asset Management plans that specify the detailed activities and resources, responsibilities and timescales and risks for the achievement of the asset management objectives.*

Livre tradução: As atividades para desenvolver os planos de gerenciamento de ativos que especificam as atividades detalhadas e recursos, responsabilidades e prazos e riscos para a consecução dos objetivos de gerenciamento de ativos.

6. *Capital investment decision-making* (Tomada de decisão de investimentos de capital)

Texto original: *The processes and decisions to evaluate and analyse scenarios for decisions related to capital investments of an organization. These processes and decisions may relate to new assets for the organization (e.g. Greenfield projects) and/or replacements of assets at end of life (Capex sustaining programs).*

Livre tradução: Os processos e decisões para avaliar e analisar cenários de decisões relacionadas a investimentos de capital de uma organização. Esses processos e decisões

podem se relacionar com novos ativos para a organização (por exemplo, projetos Greenfield) e / ou substituições de ativos no final da vida (programas de sustentação do Capex).

7. *Operations & Maintenance Decision-making* (Operações e Manutenção Tomando decisões)

Texto original: *The management activities and processes involved in determining the Operations and Maintenance requirements in support of the Asset Management objectives and goals.*

Livre tradução: As atividades e processos de gerenciamento envolvidos na determinação dos requisitos de Operações e Manutenção em apoio aos objetivos e metas de Gerenciamento de Ativos.

8. *Life Cycle Value Realisation* (Realização do valor do ciclo de vida)

Texto original: *The activities undertaken by an organization to optimise the costs and benefits of different renewal, maintenance, overhaul and disposal interventions.*

Livre tradução: As atividades realizadas por uma organização para otimizar os custos e os benefícios de diferentes intervenções de renovação, manutenção, revisão e eliminação.

9. *Resourcing Strategy* (Estratégia de recursos)

Texto original: *Determining and documenting the activities and processes to be undertaken by an organization in order to procure and optimize the use of people, plant, tools and materials to deliver the Asset Management objectives and Asset Management Plan(s).*

Livre tradução: Determinar e documentar as atividades e processos a serem realizados por uma organização para obter e otimizar o uso de pessoas, plantas, ferramentas e materiais para entregar os objetivos de gerenciamento de ativos e o (s) plano (s) de gerenciamento de ativos.

10. *Shutdowns & Outage Strategy* (Bloqueio e Estratégia de Interrupção)

Texto original: *The activities taken by an organisation to develop an optimised strategy for shutdown and outages.*

Livre tradução: As atividades realizadas por uma organização para desenvolver uma estratégia otimizada para desligamento e interrupção.

11. *Technical Standards & Legislation* (Normas técnicas e legislação).

Texto original: *The processes used by an organization to ensure its asset management activities are compliant with the relevant technical standards and legislation.*

Livre tradução: Os processos utilizados por uma organização para garantir suas atividades de gerenciamento de ativos são compatíveis com as normas técnicas e legislação relevantes.

12. *Asset Creation & Acquisition* (Criação e Aquisição de Ativos)

Texto original: *An organization's processes for the selection, construction or acquisition, installation and commissioning of assets.*

Livre tradução: Processos de uma organização para a seleção, construção ou aquisição, instalação e comissionamento de ativos.

13. *Systems Engineering* (Engenharia de Sistemas)

Texto original: *An interdisciplinary, collaborative approach to derive, evolve and verify a life-cycle balanced system solution which satisfies customer expectations and meets public acceptability.*

Livre tradução: Uma abordagem interdisciplinar e colaborativa para derivar, evoluir e verificar uma solução de sistema equilibrado de ciclo de vida que satisfaça as expectativas dos clientes e atenda a aceitação pública.

14. *Configuration Management* (Gerenciamento de Configuração)

Texto original: *A management process for establishing and maintaining consistency of a product's physical and functional attributes with its design and operational information throughout its life.*

Livre tradução: Um processo de gerenciamento para estabelecer e manter consistência dos atributos físicos e funcionais de um produto com seu *design* e informações operacionais ao longo de sua vida.

15. *Maintenance Delivery* (Entrega de manutenção)

Texto original: *The management of maintenance activities including both preventive and corrective maintenance.*

Livre tradução: A gestão de atividades de manutenção, incluindo manutenção preventiva e corretiva.

16. *Reliability Engineering* (Engenharia de Confiabilidade).

Texto original: *The processes for ensuring that an asset shall be able to operate to a defined standard for a defined period of time in a defined environment.*

Livre tradução: Os processos para garantir que um bem deve ser capaz de operar com um padrão definido por um período de tempo definido em um ambiente definido

17. *Asset Operations* (Operações de ativos)

Texto original: *The processes used by an organization to operate its assets to achieve the business goals.*

Livre tradução: Os processos utilizados por uma organização para operar seus ativos para alcançar os objetivos comerciais.

18. *Resource Management* (Gerenciamento de Recursos)

Texto original: *Implementing the Resourcing Strategy to manage the use of funds, people, plant, tools and materials in delivering asset management activities.*

Livre tradução: Implementando a Estratégia de Recursos para gerenciar o uso de fundos, pessoas, plantas, ferramentas e materiais na entrega de atividades de gerenciamento de ativos.

19. *Shutdown & Outage Management* (Gerenciamento de desligamento e interrupção)

Texto original: *An organization's processes for identification, planning, scheduling, execution and control of work related to shutdowns or outages.*

Livre tradução: Processos de organização, planejamento, agendamento, execução e controle do trabalho relacionados a paradas ou interrupções da organização.

20. *Fault & Incident Response* (Resposta de falha e incidente)

Texto original: *Responding to failures and incidents in a systematic manner, including incident detection and identification, fault analysis, use of standard responses, temporary and permanent repairs as well as taking over and handing back of sites.*

Livre tradução: Respondendo a falhas e incidentes de forma sistemática, incluindo detecção e identificação de incidentes, análise de falhas, uso de respostas padrão, reparos temporários e permanentes, além de assumir e entregar os sites.

21. *Asset Decommissioning and Disposal* (Desmantelamento e descarte de ativos)

Texto original: *The processes used by an organization to decommission and dispose of assets due to ageing or changes in performance and capacity requirements.*

Livre tradução: Os processos utilizados por uma organização para desativar e alienar ativos devido ao envelhecimento ou mudanças nos requisitos de desempenho e capacidade.

22. *Asset Information Strategy* (Estratégia de informação de ativos)

Texto original: *The strategic approach to the definition, collection, management, reporting and overall governance of asset information necessary to support the implementation of an organisation's asset management strategy and objectives.*

Livre tradução: A abordagem estratégica para a definição, coleta, gerenciamento, relatórios e governança geral de informações de ativos necessárias para apoiar a implementação da estratégia e objetivos de gerenciamento de ativos de uma organização.

23. *Asset Information Standards* (Padrões de Informações de Ativos)

Texto original: *The specification of a consistent structure and format for collecting and storing asset information and for reporting on the quality and accuracy of asset information.*

Livre tradução: A especificação de uma estrutura e formato consistentes para coletar e armazenar informações de ativos e para informar sobre a qualidade e precisão da informação de ativos.

24. *Asset Information Systems* (Sistemas de informação de ativos)

Texto original: *The asset information systems an organization has in place to support the asset management activities and decision-making processes in accordance with the Asset Information Strategy.*

Livre tradução: Os sistemas de informação de ativos que uma organização possui para suportar as atividades de gerenciamento de ativos e os processos de tomada de decisão de acordo com a Estratégia de Informações de Ativos.

25. *Data & Information Management* (Gerenciamento de dados e informações)

Texto original: *The data and information held within an organization's asset information systems and the processes for the management and governance of that data and information.*

Livre tradução: Os dados e informações mantidos nos sistemas de informação de ativos de uma organização e os processos de gerenciamento e governança desses dados e informações.

26. *Procurement & Supply Chain Management* (Gerenciamento de Compras e Cadeias de Suprimentos)

Texto original: *The management and development of supply organizations to deliver an organization's Asset Management objectives.*

Livre tradução: A gestão e desenvolvimento de organizações de fornecimento para entregar os objetivos de gerenciamento de ativos de uma organização.

27. *Asset Management Leadership* (Liderança em Gestão de Ativos)

Texto original: *The leadership of an organization in promoting a whole-life asset management approach to deliver the organisational and Asset Management objectives of the organization.*

Livre tradução: A liderança de uma organização na promoção de uma abordagem de gerenciamento de ativos de toda a vida para cumprir os objetivos organizacionais e de gerenciamento de ativos da organização.

28. *Organisational Structure* (Estrutura organizacional)

Texto original: *The structure of an organization in terms of its ability to deliver the organizational and Asset Management objectives.*

Livre tradução: A estrutura de uma organização em termos de sua capacidade de cumprir os objetivos organizacionais e de gerenciamento de ativos.

29. *Organisational Culture* (Cultura organizacional)

Texto original: *The culture of an organisation in terms of its ability to deliver the organisational and Asset Management objectives.*

Livre tradução: A cultura de uma organização em termos de sua capacidade de cumprir os objetivos organizacionais e de gerenciamento de ativos.

30. *Competence Management* (Gestão de Competências)

Texto original: *The processes used by an organization to systematically develop and maintain an adequate supply of competent and motivated people to fulfil its asset management objectives including arrangements for managing competence in the boardroom and the workplace.*

Livre tradução: Os processos utilizados por uma organização para desenvolver e manter sistematicamente um fornecimento adequado de pessoas competentes e motivadas para cumprir seus objetivos de gerenciamento de ativos, incluindo arranjos para gerenciar a competência na sala de reuniões e no local de trabalho.

31. *Risk Assessment and Management* (Avaliação e Gestão de Riscos)

Texto original: *The policies and processes for identifying, quantifying and mitigating risk and enhancing opportunities.*

Livre tradução: As políticas e processos para identificar, quantificar e mitigar os riscos e aumentar as oportunidades.

32. *Contingency Planning & Resilience Analysis* (Planejamento de contingência e análise de resiliência)

Texto original: *The processes and systems put in place by an organization to ensure it is able to continue to either operate its assets to deliver the required level of service in the event of an adverse impact and maintain the safety and integrity of the assets.*

Livre tradução: Os processos e sistemas implementados por uma organização para garantir que ele continue a operar seus ativos para entregar o nível de serviço exigido em caso de impacto adverso e manter a segurança e a integridade dos ativos.

33. *Contingency Planning & Resilience Analysis* (Planejamento de Contingência e Análise de Resiliência)

Texto original: *The interdisciplinary, collaborative processes used by an organisation to ensure an enduring, balanced approach to economic activity, environmental responsibility and social progress to ensure all activities are sustainable in perpetuity.*

Livre tradução: Os processos interdisciplinares e colaborativos utilizados por uma organização para garantir uma abordagem duradoura e equilibrada da atividade econômica, responsabilidade ambiental e progresso social para garantir que todas as atividades sejam sustentáveis a perpetuidade.

34. *Management of Change* (Gestão da Mudança)

Texto original: *The interdisciplinary, collaborative processes used by an organisation to ensure an enduring, balanced approach to economic activity, environmental responsibility and social progress to ensure all activities are sustainable in perpetuity.*

Livre tradução: Os processos interdisciplinares e colaborativos utilizados por uma organização para garantir uma abordagem duradoura e equilibrada da atividade econômica, responsabilidade ambiental e progresso social para garantir que todas as atividades sejam sustentáveis a perpetuidade.

35. *Assets Performance & Health Monitoring* (Monitoramento de desempenho e saúde de ativos)

Texto original: *The processes and measures used by an organization to assess the performance and health of its assets using performance indicators.*

Livre tradução: Os processos e medidas utilizados por uma organização para avaliar o desempenho e a saúde de seus ativos usando indicadores de desempenho.

36. *Asset Performance System Monitoring* (Monitoramento do sistema de desempenho de ativos)

Texto original: *The processes and measures used by an organization to assess the performance and health of its Asset Management System.*

Livre tradução: Os processos e medidas utilizados por uma organização para avaliar o desempenho e a saúde do seu Sistema de Gestão de Ativos.

37. *Management Review, Audit & Assurance* (Análise de Gestão, Auditoria e Garantia)

Texto original: *An organization's processes for reviewing and auditing the effectiveness of its asset management processes and asset management system.*

Livre tradução: Processos de uma organização para revisar e auditar a eficácia de seus processos de gerenciamento de ativos e sistema de gerenciamento de ativos.

38. *Asset Costing & Valuation* (Custeio e Avaliação de Ativos)

Texto original: *An organization's processes for defining and capturing maintenance and renewal unit costs and the methods used by an organization for the valuation and depreciation of its assets.*

Livre tradução: Processos de uma organização para definir e capturar os custos unitários de manutenção e renovação e os métodos utilizados por uma organização para a avaliação e depreciação de seus ativos.

39. *Stakeholder Engagement* (Engajamento das partes interessadas)

Texto original: *The methods an organization uses to engage with stakeholders.*

Livre tradução: Os métodos que uma organização usa para se envolver com as partes interessadas.

Após a apresentação dos indicadores, o grupo focal discutiu a importância de cada um deles no processo de análise de maturidade.

Os indicadores selecionados estão apresentados no Quadro 12, dentro de sua respectiva área de escopo de gestão de ativos.

Área	Indicador	Status
Estratégia e Planejamento	1 Asset Management Policy	Selecionado
	2 Asset Management Strategy & Objectives	Selecionado
	3 Demand Analysis	Não Selecionado
	4 Strategic Planning	Não Selecionado
	5 Asset Management Planning	Não Selecionado
Tomada de Decisão	6 Capital investment decision-making	Selecionado
	7 Operations & Maintenance Decision-making	Não Selecionado
	8 Life Cycle Value Realisation	Não Selecionado
	9 Resourcing Strategy	Não Selecionado
	10 Shutdowns & Outage Strategy	Não Selecionado
Ciclo de Vida	11 Technical Standards & Legislation	Selecionado
	12 Asset Creation & Acquisition	Não Selecionado
	13 Systems Engineering	Não Selecionado
	14 Configuration Management	Não Selecionado
	15 Maintenance Delivery	Selecionado
	16 Reliability Engineering	Selecionado
	17 Asset Operations	Selecionado
	18 Resource Management	Não Selecionado
	19 Shutdown & Outage Management	Não Selecionado
	20 Fault & Incident Response	Selecionado
	21 Asset Decommissioning and Disposal	Não Selecionado
Gestão do	22 Asset Information Strategy	Não Selecionado

Conhecimento	23	Asset Information Standards	Não Selecionado
	24	Asset Information Systems	Não Selecionado
	25	Data & Information Management	Selecionado
Pessoas e Organização	26	Procurement & Supply Chain Management	Selecionado
	27	Asset Management Leadership	Não Selecionado
	28	Organisational Structure	Não Selecionado
	29	Organisational Structure	Não Selecionado
	30	Competence Management	Selecionado
	31	Risk Assessment and Management	Selecionado
Gestão de Riscos e Melhoria Contínua	32	Contingency Planning & Resilience Analysis	Não Selecionado
	33	Sustainable Development	Não Selecionado
	34	Management of Change	Não Selecionado
	35	Assets Performance & Health Monitoring	Não Selecionado
	36	Asset Performance System Monitoring	Selecionado
	37	Management Review, Audit & Assurance	Selecionado
	38	Asset Costing & Valuation	Não Selecionado
	39	Stakeholder Engagement	Selecionado

Quadro 12: Indicadores selecionados

Fonte: O próprio autor

Foram selecionados 15 indicadores. Para otimizar o sistema de inferência *Fuzzy*, a pedido do pesquisador, o grupo focal decidiu reduzir para 13 indicadores, agrupando 4 indicadores em pares, por sua semelhança. Foram eles:

- Política de Gestão de Ativos com Estratégia e Objetivos de Gestão de Ativos, ambos da mesma área de escopo: Estratégia e Planejamento de Gestão de Ativos.
- Monitoramento do sistema de desempenho de ativos com Análise de Gestão, Auditoria e Garantia, ambos da mesma área de escopo: Risco, Revisão e Melhoria Contínua.

4.5 CORRELAÇÃO DOS 13 INDICADORES SELECIONADOS COM AS CATEGORIAS DE SUSTENTABILIDADE (2º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)

O segundo encontro do grupo focal aconteceu 2 semanas após o primeiro e durou cerca de duas horas. Com os mesmos integrantes, o objetivo foi correlacionar cada um dos 13 indicadores selecionados no primeiro encontro com as 3 categorias de sustentabilidade: Econômico, Ambiental e Social.

Indicadores	Correlação
1 e 2 Política, estratégia e objetivos de GA	AMBIENTAL - Geral

6	Tomada de decisão em investimentos de capital	ECONÔMICA - Desempenho Econômico
11	Normas técnicas e legislação	AMBIENTAL - Conformidade
15	Entregas da manutenção	AMBIENTAL - Produtos e Serviços
16	Engenharia de Confiabilidade	AMBIENTAL - Produtos e Serviços
17	Operações dos ativos	AMBIENTAL - Produtos e Serviços
20	Resposta a falhas e incidentes	SOCIAL - Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente - Saúde e Segurança no Trabalho
25	Gerenciamento de dados e informações	AMBIENTAL - Geral
26	Gerenciamento de Compras e Cadeia de Suprimentos	ECONÔMICA - Práticas de Compra
30	Gestão de Competências	SOCIAL - Práticas Trabalhistas e Trabalho Decente - Treinamento e Educação
31	Gestão de Riscos	ECONÔMICA - Impactos Econômicos Indiretos
36 e 37	Monitoramento do sistema de desempenho de ativos, análise de gestão, auditoria e garantia	AMBIENTAL - Geral
39	Engajamento das partes interessadas	SOCIAL - Sociedade - Comunidades Locais

Quadro 13: Indicadores selecionados e suas correlações

Fonte: O próprio autor

Para nortear a correlação, foi discutido em qual categoria o resultado desse indicador mais impactava. Além das categorias, utilizaram-se também, como referência, as subcategorias e respectivos aspectos. O Quadro 13 apresenta o resultado da correlação dos indicadores com as 3 categorias de sustentabilidade.

4.6 MODELO DE INFERÊNCIA *FUZZY* PROPOSTO

4.6.1 O desenho do sistema de inferência *Fuzzy*

Para facilitar o desenho do modelo de inferência *Fuzzy*, principalmente no uso do *software* a ser utilizado (MatLab), foram criados nomes resumidos para cada um dos 13 indicadores de gestão de ativos. Esses nomes são exibidos no Quadro 14.

	Indicadores	Nome Resumido	Correlação
1 e 2	Política, estratégia e objetivos de GA	Política	AMBIENTAL - Geral
6	Tomada de decisão em investimentos de capital	Investimentos	ECONÔMICA
11	Normas técnicas e legislação	Legislação	AMBIENTAL - Conformidade
15	Entregas da manutenção	Manutenção	AMBIENTAL - Produtos e Serviços
16	Engenharia de Confiabilidade	Confiabilidade	AMBIENTAL - Produtos e

			Serviços
17	Operações dos ativos	Operação	AMBIENTAL - Produtos e Serviços
20	Resposta a falhas e incidentes	Segurança	SOCIAL
25	Gerenciamento de dados e informações	T.I.	AMBIENTAL - Geral
26	Gerenciamento de Compras e Cadeia de Suprimentos	Suprimentos	ECONÔMICA
30	Gestão de Competências	Competência	SOCIAL
31	Gestão de Riscos	Riscos	ECONÔMICA
36 e 37	Monitoramento do sistema de desempenho de ativos, análise de gestão, auditoria e garantia	Desempenho	AMBIENTAL - Geral
39	Engajamento das partes interessadas	<i>Stakeholders</i>	SOCIAL

Quadro 14: Nomes resumidos

Fonte: O próprio autor

O modelo proposto foi desenvolvido agrupando os indicadores em função de suas correlações com as 3 categorias de sustentabilidade e suas subcategorias e aspectos. A Figura 18 apresenta o modelo proposto.

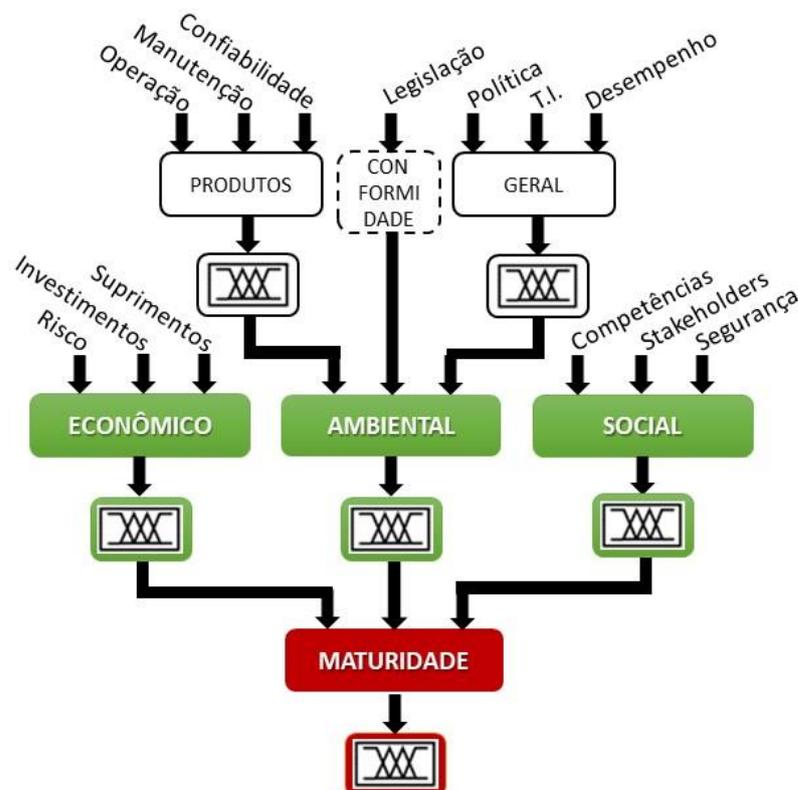


Figura 18: Sistema de inferência *Fuzzy* proposto

Fonte: O próprio autor

4.6.2 A definição das variáveis linguísticas

As variáveis linguísticas foram definidas a partir da escala de maturidade proposta pelo IAM. No Quadro 15 a seguir, é apresentado a escala original, sua tradução e sua adequação.

A adequação da escala traduzida foi realizada para que nenhuma das variáveis linguísticas iniciassem com a mesma letra, evitando problemas na interpretação de esquemas utilizados ao longo dessa pesquisa.

Escala Original	Tradução	Adequação	Rótulo Linguístico
0 Innocent	Inocente	Puro	P
1 Aware	Consciente	Consciente	C
2 Developing	Implantação	Iniciado	I
3 Competent	Competente	Adequado	A
4 Optimizing	Otimizado	Otimizado	O
5 Excellent	Excelente	Excelente	E

Quadro 15: Variáveis linguísticas

Fonte: Adaptado de IAM (2015)

4.6.3 A escala das variáveis linguísticas

Para cada variável linguística foi associada uma faixa de valores. A variável linguística PURO ficou sem faixa de valores, assumindo unicamente o valor 0 (zero). Esses valores são apresentados na Figura 19 e na Tabela 18.

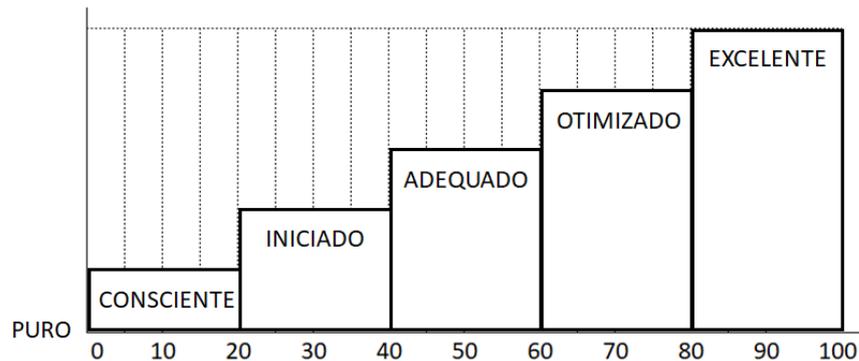


Figura 19: Escala das variáveis linguísticas

Fonte: O Próprio autor

Tabela 18: Faixa de valores das variáveis linguísticas

Variáveis Linguísticas	Faixa de valores
Puro	0
Consciente	> 0 e <= 20
Iniciado	> 20 e <= 40
Adequado	> 40 e <= 60
Otimizado	> 60 e <= 80
Excelente	> 80 e <= 100

Fonte: O próprio autor

4.6.4 O significado das variáveis linguísticas

A livre tradução das definições de cada um dos níveis de maturidade dos requisitos é apresentada no Quadro 16.

Escala	Definição e característica
0 PURO	A organização não reconheceu este assunto e / ou não há evidências de compromisso para desenvolvê-lo.
1 CONSCIENTE	A organização identificou a necessidade de tratar esse assunto, e há evidências de intenção de desenvolvê-lo.
2 INICIADO	A organização identificou os meios para atingir de forma sistemática e consistente o requisito e pode demonstrar que ele está sendo implementado de forma planejada e com os recursos necessários.
3 ADEQUADO	A organização possui o requisito implementado e já incorporado na sua rotina do dia a dia.
4 OTIMIZADO	Inovação e melhoria contínua neste requisito são evidentes como parte da rotina normal e cultural e podem ser demonstradas com evidência de resultados.
5 EXCELENTE	A organização se mostra como <i>benchmarking</i> em relação as melhores organizações do ramo. Não há melhorias conhecidas que ainda não tenham sido implementadas nesse requisito.

Quadro 16: Definição dos níveis de maturidade dos requisitos

Fonte: Adaptado de IAM (2015)

A mesma escala de maturidade é utilizada para a saída das dimensões dos sistemas de inferência *Fuzzy* (Quadro 17). A alteração aparece nas definições, pois o nível de maturidade deixa de ser do requisito para ser do sistema.

Escala	Definição e característica
0 PURO	A organização não reconheceu este assunto e / ou não há evidências de compromisso para desenvolvê-lo.
1 CONSCIENTE	A organização identificou a necessidade de tratar esse assunto, e há evidências de intenção de desenvolvê-lo.
2 INICIADO	A organização identificou os meios para atingir de forma sistemática e consistente os requisitos e pode demonstrar que eles estão sendo implementados de forma planejada e com os recursos necessários.
3 ADEQUADO	A organização pode demonstrar que atinge de forma sistemática e consistente os requisitos relevantes estabelecidos na PAS-55.
4 OTIMIZADO	A organização pode demonstrar que está otimizando de maneira sistemática e consistente sua prática de gerenciamento de ativos, de acordo com os objetivos da organização e o contexto operacional.
5 EXCELENTE	A organização se mostra como benchmarking em relação as melhores organizações do ramo. A organização pode demonstrar que emprega as principais práticas e atinge o máximo valor da gestão dos seus ativos, em consonância com os objetivos da organização e com o contexto operacional.

Quadro 17: Definição dos níveis de maturidade final

Fonte: Adaptado de IAM (2015)

4.7 DEFINIÇÃO DAS REGRAS DE INFERÊNCIA *FUZZY* (3º ENCONTRO DO GRUPO FOCAL)

O terceiro encontro do grupo focal aconteceu uma semana após o segundo e durou cerca de uma hora e meia. Para a definição das regras pelo grupo focal, foram analisadas todas as situações possíveis de maturidade em cada dimensão estudada, que são compostas por 3 indicadores cada uma. Na Figura 20 vemos uma das situações possíveis.

No exemplo, a maturidade do indicador 1 (entrada 1) é Puro. O mesmo valor de maturidade é apresentado no indicador 2 (entrada 2) e no indicador 3 (entrada 3). Nessa situação, a maturidade da dimensão em questão (saída) é Puro.

Essa regra é expressa da seguinte forma: Se entrada 1 = Puro e entrada 2 = Puro e entrada 3 = Puro, então saída = Puro.

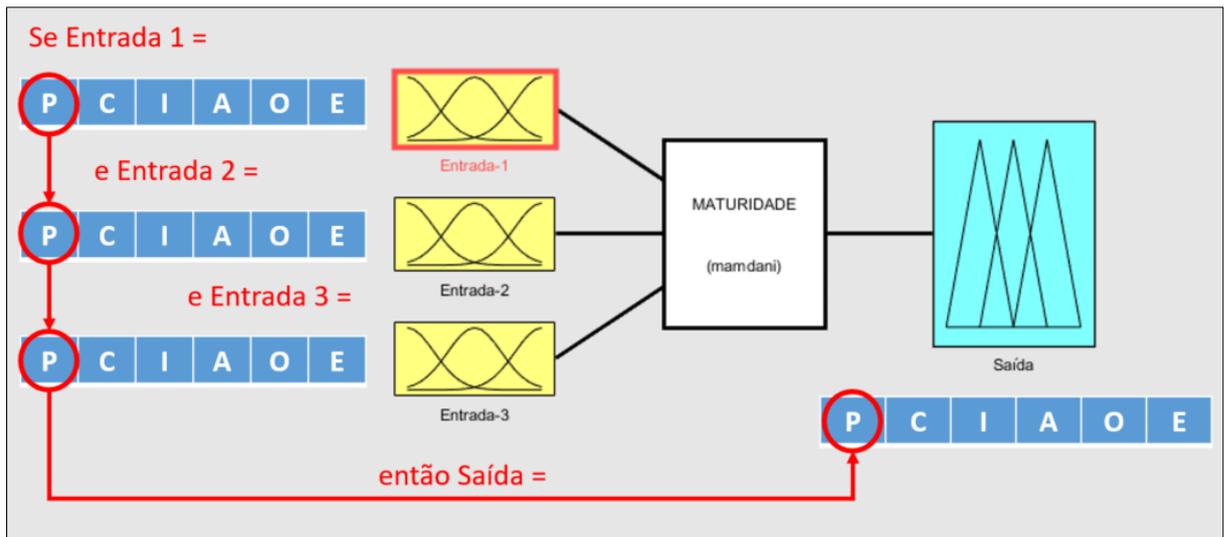


Figura 20: Estruturação das Regras

Fonte: O próprio autor

Para a definição da saída de cada um dos 216 produtos entre as 3 entradas, o grupo focal optou por utilizar a mediana dos valores das entradas. O exemplo da **Tabela 19** exhibe esse método.

Tabela 19: Exemplo de regra

Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída	
0	Puro	0	Puro	0	Puro	0	Puro
<u>1</u>	<u>Consciente</u>	1	Consciente	1	Consciente	1	Consciente
2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado
3	Adequado	3	Adequado	<u>3</u>	<u>Adequado</u>	<u>3</u>	<u>Adequado</u>
4	Otimizado	<u>4</u>	<u>Otimizado</u>	4	Otimizado	4	Otimizado
5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente

Fonte: O próprio autor

Seguindo a lógica proposta, sendo a entrada 1 igual a 1, a entrada 2 igual a 4, e a entrada 3 igual a 3, calcula-se a mediana entre 1, 4 e 3. O resultado é 3. Portanto, a saída igual a 3, nível de maturidade Adequado.

No apêndice 1, são apresentadas todas as 216 regras propostas, onde foi utilizado o MS Excel para cálculo. Essa proposta se mostrou eficaz, pois quando as 3 entradas forem iguais, a mediana será esse mesmo valor, o valor da saída (Tabela 20); quando 2 valores de entrada forem iguais, esse será o valor de saída (Tabela 21).

Tabela 20: Exemplo de regra (2)

Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída	
0	Puro	0	Puro	0	Puro	0	Puro
1	Consciente	1	Consciente	1	Consciente	1	Consciente
2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado
<u>3</u>	<u>Adequado</u>	<u>3</u>	<u>Adequado</u>	<u>3</u>	<u>Adequado</u>	<u>3</u>	<u>Adequado</u>
4	Otimizado	4	Otimizado	4	Otimizado	4	Otimizado
5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente

Fonte: O próprio autor

Tabela 21: Exemplo de regra (3)

Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída	
0	Puro	0	Puro	0	Puro	0	Puro
<u>1</u>	<u>Consciente</u>	1	Consciente	1	Consciente	1	Consciente
2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado	2	Iniciado
3	Adequado	3	Adequado	3	Adequado	3	Adequado
4	Otimizado	<u>4</u>	<u>Otimizado</u>	<u>4</u>	<u>Otimizado</u>	<u>4</u>	<u>Otimizado</u>
5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente	5	Excelente

Fonte: O próprio autor

5 ESTUDOS DE CASO

5.1 ESTUDO DE CASO 1

5.1.1 A empresa e os respondentes

O estudo de caso 1 foi realizado em uma indústria petroquímica no Rio de Janeiro. Ela é a maior produtora de resinas termoplásticas (Polietileno, Polipropileno e Policloreto de Vinila) das Américas e fabricante de produtos químicos e petroquímicos básicos. Foram entrevistados 2 diretores e 4 gerentes, conforme apresentado no Quadro 18.

Respondentes	Cargo
Respondente 1	Ger. Comercial
Respondente 2	Ger. Processo
Respondente 3	Ger. QSMS
Respondente 4	Ger. Manutenção
Respondente 5	Ger. Produção
Respondente 6	Ger. Administrativo / Suprimentos

Quadro 18: Respondentes da pesquisa

Fonte: O próprio autor

5.1.2 A definição das funções de pertinência

As funções de pertinência foram definidas anteriormente em função das variáveis linguística, num total de 6. Foram utilizados na Figura 21, como rótulos linguísticos, as iniciais das variáveis linguísticas.

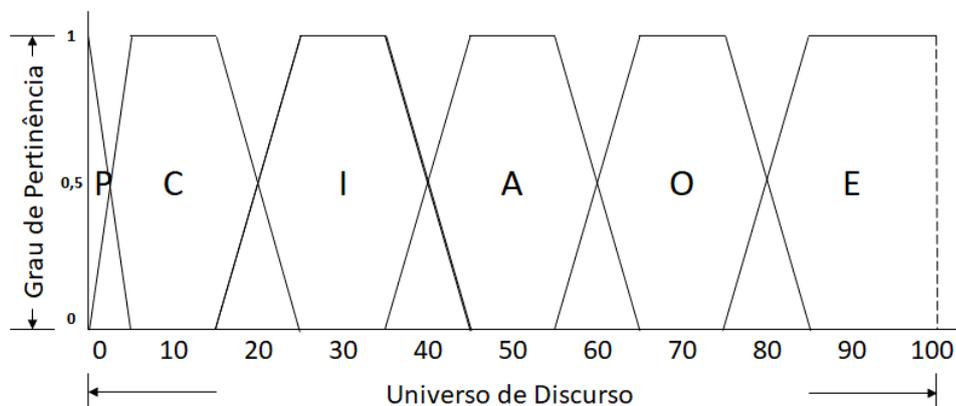


Figura 21: Função de pertinência

Fonte: O próprio autor

Após a definição da função de pertinência, a mesma é parametrizada no módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB®, conforme apresentado na Figura 22 e no Apêndice 2.

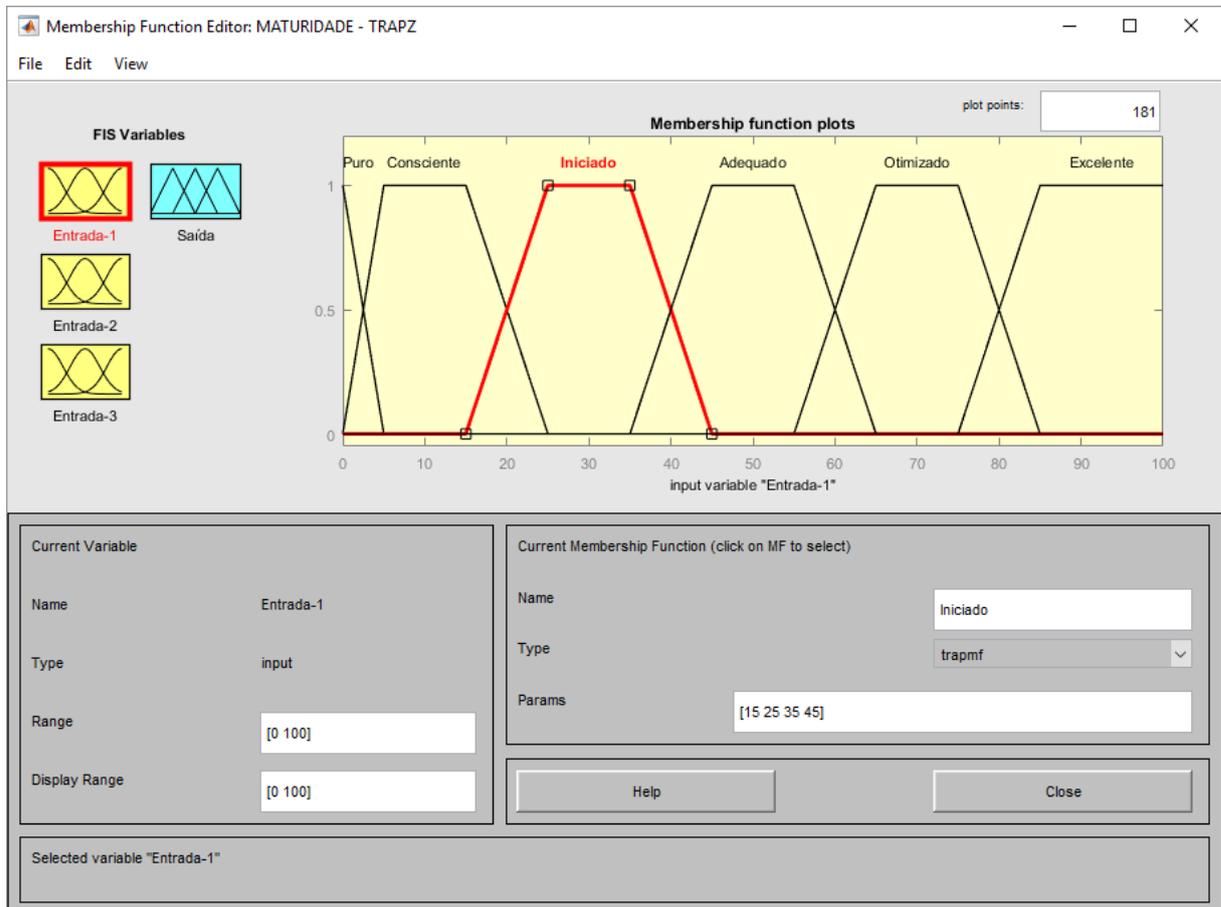


Figura 22: As funções de pertinência no MATLAB®

Fonte: O próprio autor

5.1.3 O questionário

O questionário foi elaborado em 2 partes (vide Apêndice 14): a primeira com dados gerais da empresa e do respondente; a segunda, com 13 perguntas, referente a cada um dos 13 indicadores selecionados.

Para cada uma das 13 questões, o respondente assinala o nível de maturidade que melhor define a situação da empresa.

A seguir, seleciona a intensidade (de 0 a 100%) de atendimento a esse requisito, de acordo com a sua percepção. Por exemplo, o requisito está em implantação e a sua percepção

da intensidade de atendimento a esse requisito é alta. No *box* de maturidade, o respondente assinala INICIADO e no *box* ESCALA DE INTENSIDADE, marca um valor próximo da máximo, conforme ilustrado na Figura 23. Os dois quadros devem sempre ser preenchidos.

MATURIDADE			ESCALA DE INTENSIDADE (%)																				
	PURO	ADEQUADO																					
	CONSCIENTE	OTIMIZADO	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
X	INICIADO	EXCELENTE																			X		

Figura 23: Exemplo do questionário preenchido

Fonte: O próprio autor

5.1.4 A tabulação das respostas

Após realização das entrevistas, as respostas foram tabuladas em uma planilha EXCEL[®] para ajuste dos dados. As respostas fornecidas pelos respondentes foram analisadas em duas escalas. A primeira escala refere-se ao nível de maturidade que varia de 0 a 500, considerando cada nível de maturidade completo valendo 100 pontos, exceto o nível PURO, que vale 0 (zero). Sendo assim, o valor do item fica sendo a soma dos níveis anteriores mais o valor da intensidade do nível selecionado. No exemplo da Figura 23, temos:

Maturidade INICIADO = 0 (da maturidade PURO) + 100 (da maturidade CONSCIENTE) + 90 (percepção da intensidade da maturidade INICIADO) = 190

Esse valor está referente a uma escala de 0 a 500. Como o universo de discurso da função de pertinência vai de 0 a 100, fazemos uma regra de 3 para achar o valor ajustado:

$$\text{Valor ajustado} = (190 \times 100) / 500 = 38$$

A Tabela 22 apresenta a tabulação das respostas do questionário aplicado no estudo de caso 1. Na tabela, aparecem os 13 indicadores. Para cada um dos indicadores (requisitos), temos as respostas de cada um dos respondentes em relação ao nível de maturidade e intensidade de atendimento. O terceiro valor que aparece (na coluna sombreada) é o valor ajustado. Na última linha, é calculada a média dos valores, para ser inserida no sistema de inferência *fuzzy*.

Tabela 22: Tabulação e ajuste das respostas

RESPONDENTES	CARGO	REQUISITOS												
		1 POL	2 INV	3 LEG	4 MAN	5 CONF	6 OPER	7 SEG	8 TI	9 SUP	10 COMP	11 RISC	12 DES	13 STK
Respondente 1	Ger. Comercial	P 0 0	I 25 25	O 100 80	I 75 35	I 50 30	A 90 58	A 90 58	A 10 42	I 90 38	A 70 54	A 25 45	C 100 20	C 100 20
Respondente 2	Ger. Processo	P 0 0	I 20 24	A 100 60	I 75 35	I 50 30	A 95 59	A 90 58	A 10 42	I 90 38	A 50 50	A 25 45	C 100 20	C 100 20
Respondente 3	Ger. QSMS	P 0 0	I 5 21	A 90 58	I 75 35	I 80 36	A 75 55	A 100 60	I 90 38	I 85 37	A 80 56	O 25 65	C 95 19	C 95 19
Respondente 4	Ger. Manutenção	P 0 0	I 10 22	A 100 60	I 75 35	I 75 35	A 50 50	A 75 55	I 90 38	I 80 36	I 80 96	A 70 54	C 100 20	C 100 20
Respondente 5	Ger. Produção	P 0 0	I 10 22	A 100 60	I 75 35	I 70 34	A 75 55	A 95 59	I 90 38	I 95 39	A 75 55	I 50 30	C 90 18	C 90 18
Respondente 6	Ger. Adm / Sup	P 0 0	C 95 19	A 100 60	I 75 35	I 50 30	A 50 50	A 60 52	A 30 46	I 90 38	O 50 70	C 90 18	C 95 19	C 95 19
Média		0,0	22,2	63,0	35,0	32,5	54,5	57,0	40,7	37,7	63,5	42,8	19,3	19,3

Fonte: O próprio autor

5.1.5 O sistema de inferência *Fuzzy*

A Figura 24 a seguir apresenta o sistema de inferência *Fuzzy* já com os valores das respostas do questionário ajustadas.

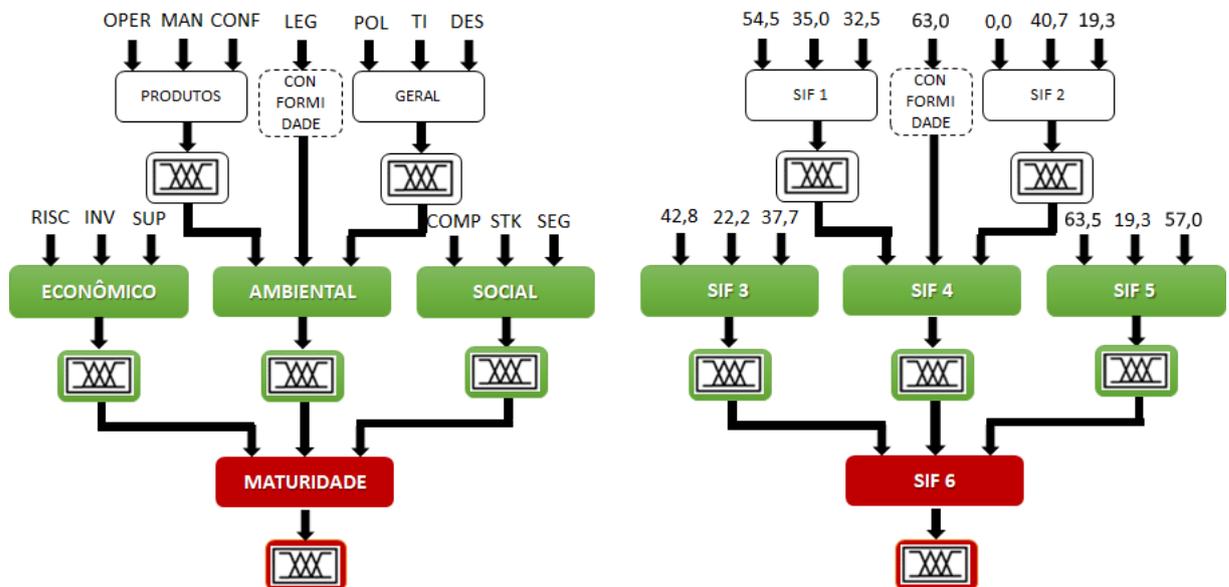


Figura 24: Sistema de inferência *Fuzzy* do estudo de caso 1

Fonte: O próprio autor

Os valores da Figura 24 foram inseridos no módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB®, conforme apresentados nos Apêndices 4 a 11. Os valores de saídas resultantes estão apresentados na Figura 25 a seguir.

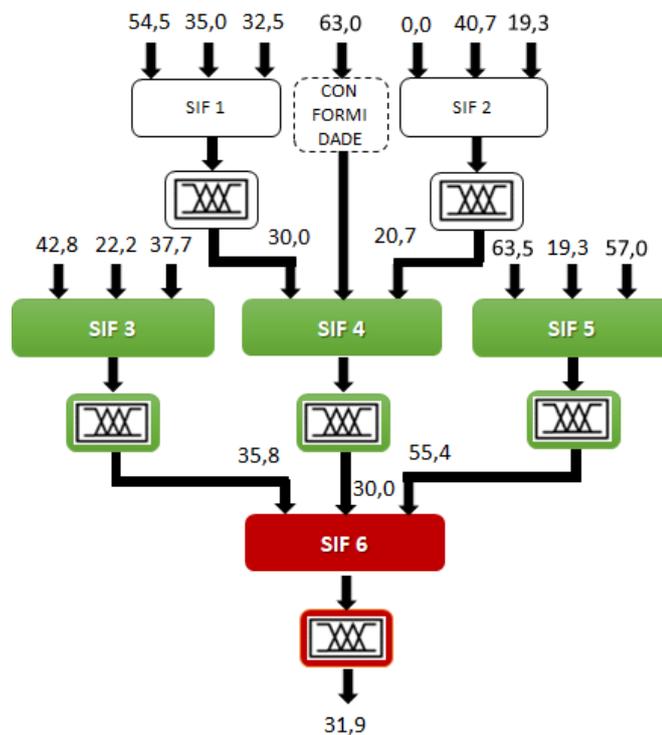


Figura 25: Valores de saídas calculados

Fonte: O próprio autor

5.2 ESTUDO DE CASO 2

5.2.1 A empresa e os respondentes

O estudo de caso 2 foi realizado em uma indústria prestadora de serviços de manutenção no Rio de Janeiro. Nesse caso, foi entrevistado somente o Diretor Presidente.

5.2.2 A definição das funções de pertinência

As funções de pertinência foram definidas em função das variáveis linguística, num total de 6. Para esse caso, como o respondente não participa ativamente das rotinas da empresa, devido ao seu alto grau hierárquico, optou-se pelo uso das funções de pertinências triangulares, aumentando o grau de incerteza nas respostas (Figura 26 e Apêndice 3).

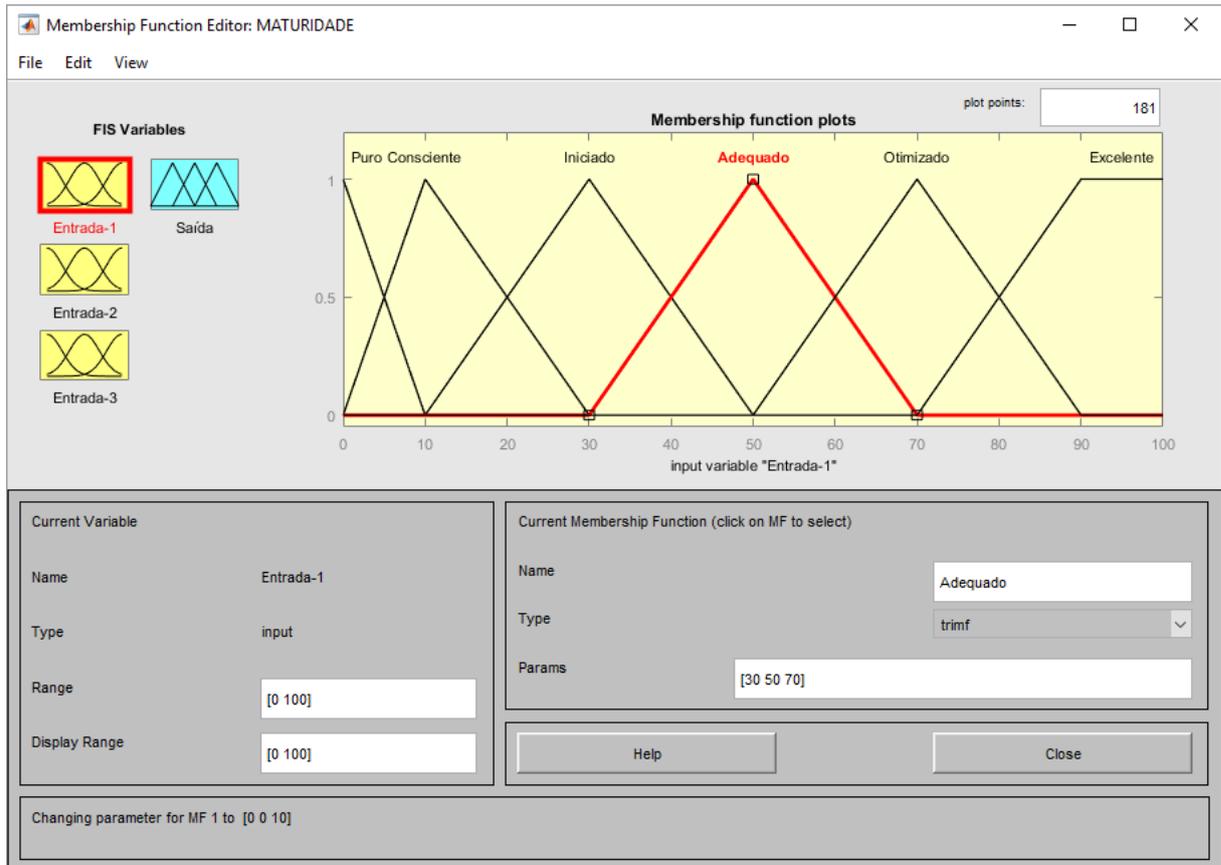


Figura 26: As funções de pertinência no MATLAB®

Fonte: O próprio autor

5.2.3 Tabulação das respostas

Após realização da entrevista, as respostas foram tabuladas em uma planilha EXCEL® para ajuste dos dados, conforme apresentado na Tabela 23. Os parâmetros utilizados foram os mesmos do estudo de caso 1.

Tabela 23: Tabulação e ajuste das respostas

RESPONDENTES	CARGO	REQUISITOS												
		1 POL	2 INV	3 LEG	4 MAN	5 CONF	6 OPER	7 SEG	8 TI	9 SUP	10 COMP	11 RISC	12 DES	13 STK
Respondente 1	Presidente	C 80	I 50	A 95	A 90	I 50	A 90	A 50	I 40	A 70	A 25	C 95	I 25	C 50
		16	30	59	58	30	58	50	28	54	45	19	25	10
	Média	16,0	30,0	59,0	58,0	30,0	58,0	50,0	28,0	54,0	45,0	19,0	25,0	10,0

Fonte: O próprio autor

5.2.4 O sistema de inferência *Fuzzy*

A Figura 27 a seguir apresenta o sistema de inferência *Fuzzy* já com os valores das respostas do questionário ajustadas.

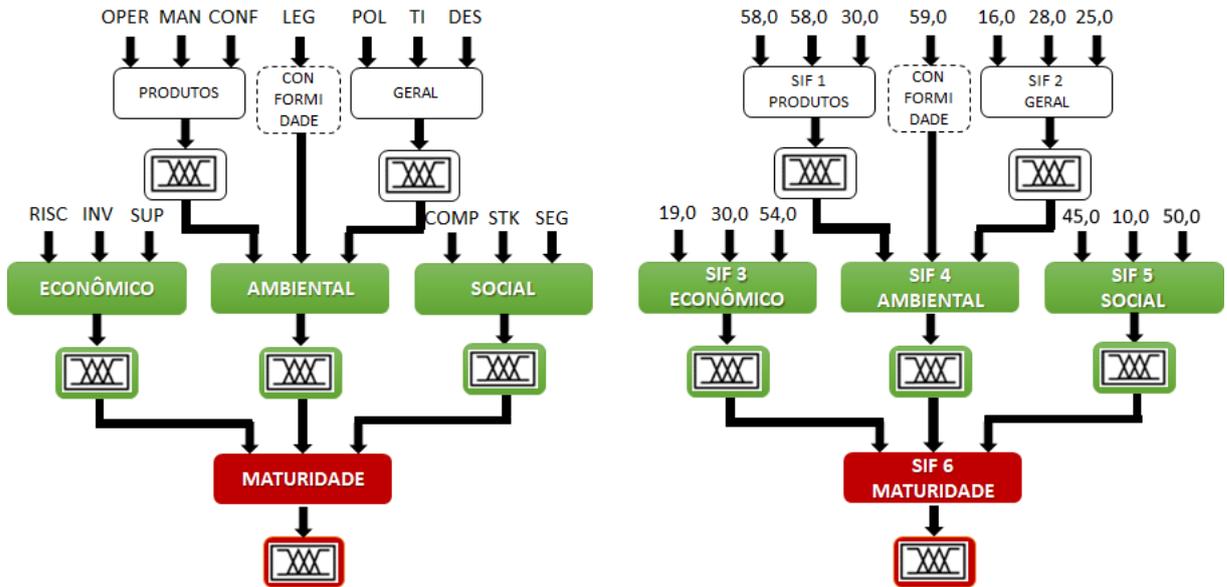


Figura 27: Sistema de inferência *Fuzzy* do estudo de caso 2

Fonte: O próprio autor

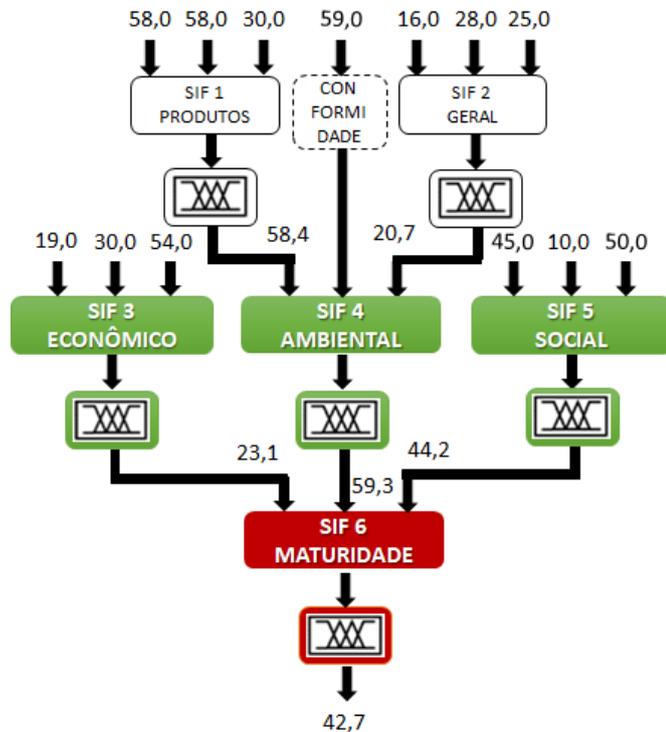


Figura 28: Valores de saídas calculados

Fonte: O próprio autor

Os valores da foram inseridos no módulo *Fuzzy Toolbox* do *software* MATLAB[®], conforme apresentados nos Apêndices 8 a 13. Os valores de saídas resultantes estão apresentados na Figura 28.

5.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.3.1 O estudo de caso 1

Analisando os valores apresentados na Figura 25, montamos a Tabela 24, que apresenta os valores calculados pelo módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB[®]. Para cada uma das dimensões é apresentado o valor *defuzzyficado* de saída.

Tabela 24: Resultados do cálculo das maturidades

Dimensão	Valor Defuzzyficado
Econômico	35.8
Ambiental	30.0
Social	55,4
Final	31,9

Fonte: O Próprio autor

De posse desses valores, entramos com eles na Tabela 18 e achamos o grau de maturidade da dimensão em questão, conforme demonstrado na Tabela 25.

Tabela 25: Definição do grau de maturidade

Dimensão	Valor	Maturidade
Econômico	35.8	Iniciado
Ambiental	30.0	Iniciado
Social	55,4	Adequado
Final	31,9	Iniciado

Fonte: O Próprio autor

Observa-se que duas dimensões (Econômico e Ambiental) apresentam o mesmo nível de maturidade, com valores de saída próximos (35,8 e 30,0). Já na questão social a empresa está em um nível de maturidade mais elevado (Adequado), e com o valor de saída significativamente mais elevado (55,4).

Recomenda-se que a organização volte suas atenções para os requisitos que compõem as dimensões Econômico e Ambiental. Na dimensão econômica, “Tomada de decisão em investimentos de capital” é o requisito mais crítico. Já na dimensão Ambiental, a criação de uma política, estratégia e objetivos de gestão de ativos torna-se um requisito que deve ser foco da organização.

Seguindo as regras definidas pelo grupo focal e parametrizadas no módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB[®], o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, nessa empresa é “Iniciado”. Isso significa que a organização identificou os meios para atingir de forma sistemática e consistente os requisitos, e pode demonstrar que eles estão sendo implementados de forma planejada e com os recursos necessários.

5.3.2 O estudo de caso 2

Da mesma forma executada no estudo de caso 1, analisando os valores apresentados na Figura 28, montamos a Tabela 26. **Tabela 26:** Resultados do cálculo das maturidades, que apresenta os valores calculados pelo módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB[®]. Para cada uma das dimensões é apresentado o valor *defuzzyficado* de saída.

Tabela 26: Resultados do cálculo das maturidades

Dimensão	Valor Defuzzyficado
Econômico	23,1
Ambiental	59,3
Social	44,2
Final	42,7

Fonte: O Próprio autor

De posse desses valores, entramos com eles na Tabela 18 e achamos o grau de maturidade da dimensão em questão, conforme demonstrado na Tabela 27.

Tabela 27: Definição do grau de maturidade

Dimensão	Valor	Maturidade
Econômico	23,1	Iniciado
Ambiental	59,3	Adequado
Social	44,2	Adequado
Final	42,7	Adequado

Fonte: O Próprio autor

Observa-se, nesse caso, que assim como no estudo de caso 1, duas dimensões (Social e Ambiental) apresentam o mesmo nível de maturidade “Adequado”, com os respectivos valores 44,2 e 59,3). Já na questão econômica a empresa está em um nível de maturidade mais inferior (Iniciado), e com o valor de saída significativamente mais reduzida (23,1).

Recomenda-se que a organização volte suas atenções para os requisitos que compõem essa dimensão: Tomada de decisão em investimentos de capital, Gestão de Riscos e Gerenciamento de Compras e Cadeia de Suprimentos, conforme Quadro X no item 3.7.1. Atenção maior deve ser dada ao requisito Gestão de Riscos, que foi avaliado com o menor valor (19,0) dentre os demais.

Por fim, seguindo as regras definidas pelo grupo focal e parametrizadas no módulo *FUZZY TOOLBOX* do *software* MATLAB[®], o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, nessa empresa é “Adequado”. Isso significa que a organização pode demonstrar que atinge de forma sistemática e consistente os requisitos relevantes estabelecidos na PAS-55.

5.3.3 O ponto de vista das empresas participantes da pesquisa

5.3.3.1 O questionário

A utilização de um número pequeno de questões foi um ponto destacado por todos os respondentes. Em função dos cargos dos respondentes serem em nível de diretoria, a disponibilidade de tempo para realização da entrevista foi pequena. Uma grande quantidade de questões tornaria essa atividade inviável ou de difícil agendamento. As entrevistas levaram em média uma hora com cada respondente. Na empresa do estudo de caso 1, onde 6 executivos foram entrevistados, foram 3 semanas para que o ciclo de entrevistas fosse concluído.

Outro ponto destacado foi o uso de *grid*, definindo cada um dos níveis de maturidade, o que facilitou a análise dos requisitos. No Anexo 1, apresentamos o *grid* final do IAM (2015).

5.3.3.2 As regras utilizadas

Apesar do número elevado de regras, 216 no total, seu entendimento por parte dos respondentes foi completo. Todos entenderam e concordaram com a lógica envolvida. O que foi destacado pelos respondentes foi a possibilidade de adequação / customização das regras caso a empresa onde o método esteja sendo utilizado, não esteja de acordo com sua formação.

5.3.3.3 O Sistema de Inferência Fuzzy

Nenhum dos respondentes tinha conhecimento de sistemas de inferência *Fuzzy*. Por esse motivo foi feita uma apresentação em cada uma das 2 empresas sobre toda a metodologia proposta para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável.

Na indústria petroquímica, foi feita uma apresentação para as gerências que durou aproximadamente uma hora. Nesse encontro, foram tiradas dúvidas quanto ao método *Fuzzy* e suas aplicações. Após o encontro, foram agendados os encontros com cada um dos gerentes envolvidos para a entrevista, para responder o questionário.

Na empresa do estudo de caso 2, onde só o diretor presidente respondeu o questionário, foi feita a mesma apresentação realizada na empresa do estudo de caso 1 (indústria petroquímica), no mesmo encontro da entrevista para responder ao questionário. Esse processo levou 2 horas no total.

O método *Fuzzy* foi muito bem aceito por ambas as empresas. Segundo os respondentes, ele se mostrou bem adequado para o tipo de pesquisa realizada e ao objetivo final desse estudo, que era desenvolver um instrumento para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável.

5.3.3.4 A validação dos resultados

No último encontro com cada uma das empresas participantes na pesquisa para apresentação dos resultados, foi de comum opinião dos gestores que o resultado obtido pelo método utilizado refletia a percepção que cada um deles tinha do nível de maturidade atual em que deveria se encontrar o sistema de gestão de ativos de suas respectivas empresas.

A empresa do estudo de caso 2 solicitou que o trabalho fosse continuado, em seu site, de forma a se obter um grau de informação mais detalhado para cada um dos indicadores tratados. Essa é mais uma evidência da satisfação das empresas em relação ao modelo proposto.

Na divulgação dos resultados em uma apresentação para cada uma das empresas, foi apresentada a compilação das respostas do questionário, o sistema de inferência *fuzzy*, e a figura dos faróis com os respectivos graus de maturidade econômico, ambiental, social e o valor final da maturidade dos sistemas de gestão de ativos físicos, conforme as Figura 29 e Figura 30.

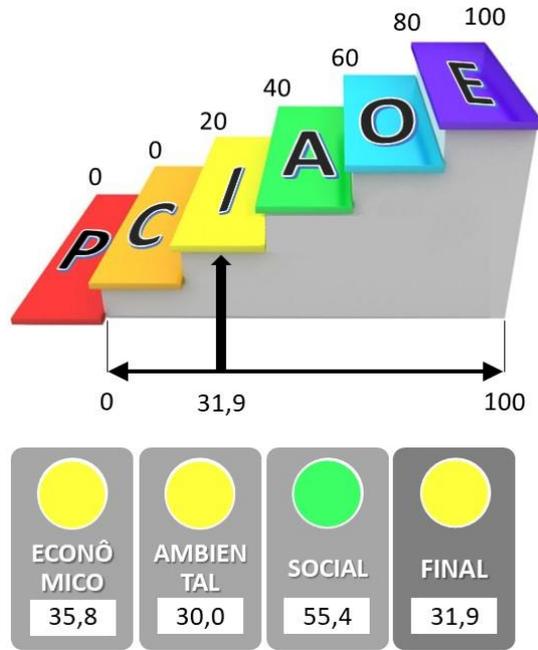


Figura 29: Escala de maturidade da empresa do estudo de caso 1

Fonte: O próprio autor

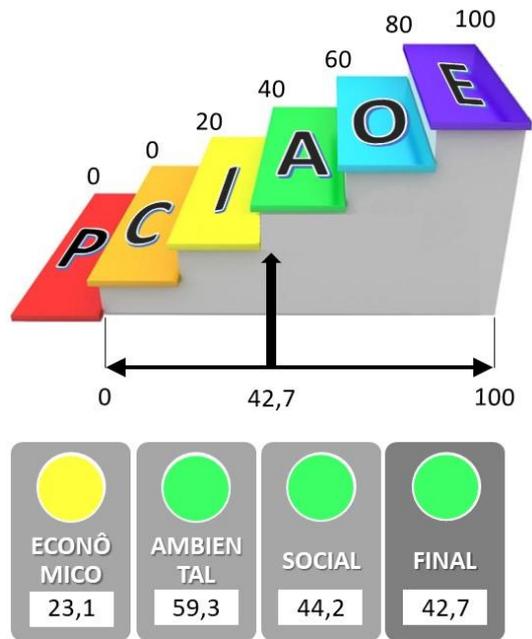


Figura 30: Escala de maturidade da empresa do estudo de caso 2

Fonte: O próprio autor

6. CONCLUSÃO

Esta tese de doutorado assumiu como objetivo desenvolver um instrumento para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, utilizando lógica nebulosa. Para tal, este estudo apoiou-se num conjunto de métodos que foram estudados e utilizados ao longo de toda a pesquisa.

Realizou-se em primeiro lugar uma bibliometria, tendo como método uma adaptação do Proknow-C, de fácil compreensão e realização. A utilização de planilha eletrônica para tratamento dos dados dos artigos foi fundamental. Em sequência, realizou-se uma revisão de literatura sobre os temas explorados nessa pesquisa: gestão de ativos, maturidade de processos e a lógica *Fuzzy*.

Sobre gestão de ativos foram apresentadas as diversas entidades ou associações profissionais que desenvolvem trabalhos nessa área de estudo. Destaca-se o IAM, *Institute of Asset Management* (Instituto de Gestão de Ativos), associação inglesa autora da PAS-55, uma especificação de acesso público, utilizado mundialmente como referência e guia de melhores práticas em gestão de ativos físicos.

Em relação aos modelos de maturidade, apresentaram-se perspectivas de diversos autores e diversas propostas de modelos. Na pesquisa específica sobre modelos de maturidade para gestão de ativos, foram identificados diversos modelos de entidades distintas e o modelo selecionado, o *Asset Management Maturity Scale and Guidance* (Escala e Orientação de Maturidade de Gestão de Ativos) desenvolvido pelo IAM (Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido), pela facilidade de acesso e disponibilidade de *download*, e mais o fato de ser desenvolvido pela mesma entidade que desenvolveu a PAS-55.

Já em relação a lógica *Fuzzy*, foi feita uma revisão de conceitos e as etapas de desenvolvimento do método. Sua escolha foi considerada um diferencial tanto pelos componentes do grupo focal quanto pelos executivos que participaram dos dois estudos de caso, onde ficou entendido que a escolha dessa técnica reduz a incerteza das respostas que são baseadas na percepção dos respondentes.

Na fase qualitativa do estudo, foi selecionado o modelo de maturidade de gestão de ativos usado como referência e selecionadas as dimensões de *performance* de sustentabilidade utilizadas. Já com o grupo focal, a etapa seguinte foi selecionar, dos 39 KPIs de maturidade de GA, os 13 de alta importância para em seguida correlacionar esses KPIs selecionados com as categorias de sustentabilidade definidas pelo GRI (*Global Reporting Initiative*). Encerrando a

fase qualitativa e da participação do grupo focal, foram definidas as regras da inferência *Fuzzy*.

Na fase qualitativa do estudo foi proposto o modelo de inferência *Fuzzy* para determinação do grau de maturidade da GA, utilizando o módulo *Fuzzy Toolbox* do *software* MatLab. O passo seguinte foi realizar os dois estudos de caso, o primeiro entrevistando o corpo gerencial de uma indústria petroquímica, e o segundo entrevistando o diretor-presidente de uma empresa de engenharia de manutenção.

Em ambos os estudos de caso, o resultado foi positivo. As empresas obtiveram, após as entrevistas realizadas e de seus dados tratados no sistema de inferência *Fuzzy* proposto, o grau de maturidade da gestão de seus ativos físicos. Primeiramente apresentados em uma perspectiva sustentável, com os valores (graus) de maturidade para cada uma das três dimensões do “*triple bottom line*”: maturidade econômica, maturidade social e maturidade ambiental. Por fim, foi apresentada a maturidade do sistema.

Conclui-se que o objetivo desse estudo, desenvolver um instrumento para mensurar o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, utilizando lógica nebulosa, foi atingido com sucesso, preenchendo assim uma lacuna identificada pelo autor, tanto por ser um profissional com anos de trabalho na área, como também confirmada no estudo bibliográfico realizado.

Este estudo apresenta limitações: a maturidade do sistema é calculada utilizando-se 13 dos 39 indicadores apresentados no *Asset Management Maturity Scale and Guidance* (Escala e Orientação de Maturidade de Gestão de Ativos) desenvolvido pelo IAM (Instituto de Gestão de Ativos do Reino Unido). Essa redução foi devido ao método de determinação do grau de maturidade proposto, os sistemas de inferência *fuzzy*. Um número elevado de indicadores tornaria a solução por esse método demais complexa para desenvolvimento e futura aplicação na indústria.

Outra limitação é que o modelo somente mensura o grau de maturidade da gestão de ativos físicos, em uma perspectiva sustentável, utilizando lógica nebulosa. Ele não define e nem propõe ações para melhoria desse grau mensurado.

Futuras melhorias podem ser incrementadas nesse modelo. Sugere-se explodir cada um dos 13 indicadores utilizados em sub indicadores, que possam ser mensurados através de auditorias e levantamento de evidências no campo. Isso tornaria possível uma análise mais profunda do grau de maturidade final e a proposta de melhoria no processo, ação inexecutável no modelo atual que utiliza apenas a percepção dos gestores.

Por fim, este estudo constituiu um contributo para o conhecimento de gestão de ativos físicos e aplicação da lógica *Fuzzy*. Dado o interesse observado ao longo do desenvolvimento desse estudo, tanto pelos participantes do grupo focal quanto pelos profissionais do mercado que participaram dos estudos de caso, considera-se que muito há ainda que desenvolver nesta área sendo, portanto, um campo fértil de trabalho para outros investigadores.

Como proposta de futuras pesquisas, a realização de um estudo para utilizar outra técnica, que não a lógica nebulosa, para a mensuração do grau de maturidade da gestão de ativos físicos.

REFERÊNCIAS

AKHSHABI, M. A new fuzzy multi criteria model for maintenance policy. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 10, n. 3, p. 33–38, 2011.

ALEBRANT MENDES, A.; DUARTE RIBEIRO, J. L. Establishment of a maintenance plan based on quantitative analysis in the context of RCM in a JIT production scenario. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 127, p. 21–29, 2014.

BRANCO FILHO, G. **A organização, o planejamento e o controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008.

BSI. **PAS 55-1: 2008 Asset Management Part 1: Specification for the optimized management of physical assets**. [s.l: s.n.], 2008.

CHAN, F. T. S. *et al.* Implementation of total productive maintenance: A case study. **International Journal of Production Economics**, v. 95, n. 1, p. 71–94, 2005.

CHAVES, L.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. Mapeamento do Tema Gestão do Apoio à Decisão Quando Analisado sob a Ótica de seus Resultados. **Sistemas & Gestão**, v. 7, n. 3, p. 336–348, 2012.

COSTA, W. V. **O uso da lógica fuzzy como ferramenta de processo decisório para o aumento da confiabilidade no processo de manutenção dos filtros de celulose da REDUC**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2008.

CROSBY, P. B. **Quality is Free: The art of making quality certain**. New York: McGraw-Hill, 1979.

ELG, M. The process of constructing performance measurement. **The TQM Magazine**, v. 19, n. 3, p. 217–228, 2007.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; SOUZA, M. V. DE. Gerenciamento de Portfólio de Produtos na Indústria: O Estado da Arte. **Produção Online**, v. 14, n. 3, p. 790–821, 2014.

ENSSLIN, S. R. *et al.* Processo Estruturado de Revisão da Literatura e Análise Bibliométrica Sobre Avaliação de Desempenho de Processos de Implementação de Eficiência Energética. **Revista Brasileira de Energia**, v. 20 n.1, p. 21–50, 2014.

FARIAS FILHO, M.; ARRUDA FILHO, E. **Planejamento da Pesquisa Científica**. São Paulo: Atlas, 2012.

FENG, S. C.; JOUNG, C. B. An Overview of a Proposed Measurement Infrastructure for Sustainable Manufacturing. In: GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING, 7th, 2009, Chennai. **Proceedings...Chennai - India: CIRP**, 2009.

FENG, S.; JOUNG, C.; LI, G. Development overview of sustainable manufacturing metrics. In: CIRP INTERNATIONAL CONFERENCE ON LIFE CYCLE ENGINEERING, 17th, 2010, Hefei. **Proceedings** ... Hefei, China, 2010. p. 6–12.

GOLINSKA, P. *et al.* Grey Decision Making as a tool for the classification of the sustainability level of remanufacturing companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 105, p. 28–40, 2014.

GOLINSKA, P.; KUEBLER, F. The method for assessment of the sustainability maturity in remanufacturing companies. **Procedia CIRP**, v. 15, p. 201–206, 2014.

GRAY, D. E. **Pesquisa no Mundo Real**. Porto Alegre: Penso, 2012.

GRI. **G4 - Princípios para Relato e Conteúdo Padrão** Global Reporting Initiative. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.globalreporting.org>. Acesso em: 15 out. 2015.

IAM. **Asset Management Maturity Scale and Guidance**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.theIAM.org>. Acesso em: 15 out. 2015.

ISO-IEC. **ISO-IEC TR 15504-1: 1998**. Switzerland: [s.n.], 1998.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

KIRKWOOD, D. A.; ALINAGHIAN, L. S.; SRAI, J. S. A Maturity Model for the Strategic Design of Sustainable Supply Networks. In: POMS ANNUAL CONFERENCE, 22nd, 2011, Reno. **Proceedings**...Reno, Nevada: 2011.

LAUE, M. *et al.* Integrated strategic asset management: Frameworks and dimensions. In: INTERNATIONAL ENGINEERING SYSTEMS SYMPOSIUM CESUN, 3rd, 2012. **Proceedings**...The Netherlands: Delft University of Technology, 2012.

LUTCHMAN, R. **Sustainable Asset Management**. Lancaster: DEStech Publications, 2006.

MAHESHWARI, A. Development of a strategic asset management framework. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING ASSET MANAGEMENT, 1st, 2006, Australia. **Proceedings**...Australia: Springer, 2006.

MOUBRAY, J. **Reliability-centred maintenance**. Lutterworth: Aladon, 2000.

NATEQUE, M. *et al.* Towards an integrated maturity model of asset management capabilities. In: WORLD CONGRESS ON ENGINEERING ASSET MANAGEMENT, 7th, 2012, Daejeon. **Proceedings** ... Daejeon, Korea: Springer London, 2012.

NICOLETTI, M. DO C.; CAMARGO, H. DE A. **Fundamentos da teoria de conjuntos fuzzy**. São Carlos: EdUFSCar, 2013.

NYMAN, D.; LEVITT, J. **Maintenance planning and scheduling coordination**. New York: Industrial Press Inc., 2001.

- OLIVEIRA, R. R.; BOLDORINI, P. ; MARTINS, H.; DIAS, A. Gerenciamento de Projetos: Comparativo Bibliométrico dos Anais de Congressos Brasileiros na Área de Administração e Engenharia de Produção. **Revista de Gestão e Projetos - GeP**, v. 7, n. 1, p. 15–31, 2016.
- OLIVEIRA, L. V. de *et al.* Avaliação de Desempenho e Gerenciamento de Projetos : Uma Análise Bibliométrica. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 7, n. 1, p. 95–113, 2016.
- PALMER, R. D. **Maintenance planning and scheduling handbook**. New York: McGraw Hill, 1999.
- PINTO, A. K. **Gestão de ativos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.
- RASHIDPOUR, K. **Using Improved AHP Method in Maintenance Approach selection**. [s.l.]: Malardalen University Sweden, 2013.
- RAYNER, R. Incorporating climate change within asset management. In: **Asset management – Whole-life management of physical assets**. London: ICE Publishing, 2010.
- SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002.
- SILVA, F. F. B. **Desvendando a lógica fuzzy**. 2011. Dissertação (Mestrado em Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia, 2011.
- SILVA JÚNIOR, A.; MARTINS, P. DE O. DA S.; MESQUITA, J. M. C. DE. As dimensões teórica e metodológica do grupo focal no contexto da pesquisa qualitativa. In: SOUZA, E. M. (org.). **Metodologias e analíticas qualitativas em pesquisa organizacional: uma abordagem teórico-conceitual**. Vitória: EDUFES., 2014. p. 125–156.
- SILVEIRA, V. N. S. Os Modelos Multiestágios de Maturidade: um Breve Relato de sua História, sua Difusão e sua Aplicação na Gestão de Pessoas por meio do People Capability Maturity Model (P-CMM). **Revista de Administração Contemporânea**, v. 13, n. 2, p. 228–246, 2009.
- SIMÕES, M. G. **Controle e modelagem fuzzy**. São Paulo: Blusher, 2007.
- SMITH, R.; HAWKINS, B. **Lean maintenance**. First ed. Burlington: Elsevier, 2004.
- SOUZA, I. T. DE. **Proposta de um modelo de avaliação do grau de maturidade das organizações na implementação da manutenção autônoma com o auxílio da lógica Fuzzy**. [s.l.]: Universidade Federal Fluminense, 2016.
- SUTHEP, B.; KULLAWONG, T. Combining Reliability-Centered Maintenance with Planning Methodology and Applications in Hard Chrome Plating Plants. **International Journal of Technology**, v. 3, p. 442–451, 2015.
- TANSCHKEIT, R. **Sistemas Fuzzy**. Disponível em: <[http://www2.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/41/LN-Sistemas Fuzzy.pdf](http://www2.ica.ele.puc-rio.br/Downloads/41/LN-Sistemas%20Fuzzy.pdf)>. Acesso em: 15 out. 2015.

TAVARES, L. A. **Administração moderna da manutenção**. Rio de Janeiro: Novo Pólo Publicações, 1999.

VAN LOOY, A.; DE BACKER, M.; POELS, G. Towards a Decision Tool for Choosing a Business Process. In: **Proceedings of the 7th International Conference on Design Science Research in Information Systems: Advances in Theory and Practice**. Las Vegas: Springer, 2012.

VAVROVA, M.; ALBITRES, C. M. C. Environmental-related performance measures framework for sustainable asset management practices. In: **Sustainability, Eco-efficiency and Conservation in Transportation Infrastructure Asset Management. Proceedings of the 3rd International Conference on Transportation Infrastructure**. London: Taylor & Francis Group, 2014. p. 561-567.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Ed. Desenvolvimento Gerencial, 1998.

YAMAKAWA, E. K. *et al.* Aplicação De Fuzzy Quality Function Deployment Para Seleção. **Ciência & Engenharia (Science & Engineering Journal)**, v. 23, n. 2, p. 21–31, 2014.

ZADEH, L. A. Calculus of Fuzzy Restrictions. In: **Fuzzy Sets and Their Applications to Cognitive and Decision Process**. New York: Academic Press, Inc., 1996. p. 1–39.

ZHANG, H. *et al.* Sustainability consideration within product lifecycle management through maturity models analysis. **International Journal of Services and Operations Management**, v. 19, n. 2, p. 151–171, 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 1)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saída
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Geral	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Segurança	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saída
Regra 1	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Saída
Regra 2	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 3	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 4	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 5	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 6	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 7	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 8	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 9	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 10	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 11	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 12	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 13	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 14	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 15	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 16	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 17	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 18	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 19	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 20	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 21	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 22	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 23	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 24	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 25	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 26	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 27	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 28	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 29	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro
Regra 30	if Entrada 1	is Puro	and Entrada 3	is Puro

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 2)

Sif	Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída									
	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Desempenho	Produtos	Saída										
Sif 1	Política	T.I.	Confiabilidade	Desempenho	Produtos	Produtos	Produtos									
Sif 2	Risco	Investimento	Desempenho	Suprimentos	Produtos	Produtos	Produtos									
Sif 3	Produtos	Legislação	Suprimentos	Segurança	Produtos	Produtos	Produtos									
Sif 4	Competência	Stakeholders	Segurança	Social	Produtos	Produtos	Produtos									
Sif 5	Econômico	Ambiental	Social		Produtos	Produtos	Produtos									
Sif 6					Produtos	Produtos	Produtos									
Regra 31	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Puro
Regra 32	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Consciente
Regra 33	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Iniciado
Regra 34	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Adequado
Regra 35	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Otimizado
Regra 36	if	Entrada 1	is	Puro	and	Entrada 2	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Excelente
Regra 37	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Puro
Regra 38	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Consciente	than	Saída	is	Consciente
Regra 39	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Consciente
Regra 40	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Adequado	than	Saída	is	Consciente
Regra 41	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Otimizado	than	Saída	is	Consciente
Regra 42	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Puro	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Consciente
Regra 43	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Consciente
Regra 44	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Consciente	than	Saída	is	Consciente
Regra 45	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Iniciado	than	Saída	is	Consciente
Regra 46	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Adequado	than	Saída	is	Consciente
Regra 47	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Otimizado	than	Saída	is	Consciente
Regra 48	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Consciente	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Consciente
Regra 49	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Consciente
Regra 50	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Consciente	than	Saída	is	Consciente
Regra 51	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Iniciado	than	Saída	is	Iniciado
Regra 52	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Adequado	than	Saída	is	Iniciado
Regra 53	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Otimizado	than	Saída	is	Iniciado
Regra 54	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Iniciado
Regra 55	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Consciente
Regra 56	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Consciente	than	Saída	is	Consciente
Regra 57	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Iniciado	than	Saída	is	Iniciado
Regra 58	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado	than	Saída	is	Adequado
Regra 59	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Otimizado	than	Saída	is	Adequado
Regra 60	if	Entrada 1	is	Consciente	and	Entrada 2	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Excelente	than	Saída	is	Adequado

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 3)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Segurança	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Social	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Regra 61	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Consciente
Regra 62	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 63	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 64	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 65	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 66	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Otimizado
Regra 67	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Consciente
Regra 68	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 69	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 70	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 71	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 72	if Entrada 1 is Consciente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente
Regra 73	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Puro
Regra 74	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 75	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 76	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Iniciado
Regra 77	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Iniciado
Regra 78	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Iniciado
Regra 79	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Consciente
Regra 80	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 81	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 82	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Iniciado
Regra 83	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Iniciado
Regra 84	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Iniciado
Regra 85	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Iniciado
Regra 86	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Iniciado
Regra 87	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 88	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Iniciado
Regra 89	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Iniciado
Regra 90	if Entrada 1 is Iniciado and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Iniciado

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 4)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Segurança	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Social	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Regra 91	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Puro then Saida is Iniciado			
Regra 92	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Consciente then Saida is Iniciado			
Regra 93	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 94	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 95	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Adequado			
Regra 96	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Excelente then Saida is Adequado			
Regra 97	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Puro then Saida is Iniciado			
Regra 98	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Consciente then Saida is Iniciado			
Regra 99	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 100	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 101	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 102	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Excelente then Saida is Otimizado			
Regra 103	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Puro then Saida is Iniciado			
Regra 104	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Consciente then Saida is Iniciado			
Regra 105	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 106	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 107	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 108	if Entrada 1 is Iniciado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Excelente then Saida is Excelente			
Regra 109	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Puro then Saida is Puro			
Regra 110	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Consciente then Saida is Consciente			
Regra 111	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 112	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 113	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Adequado			
Regra 114	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Puro and Entrada 3 is Excelente then Saida is Adequado			
Regra 115	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Puro then Saida is Consciente			
Regra 116	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Consciente then Saida is Consciente			
Regra 117	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 118	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 119	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Adequado			
Regra 120	if Entrada 1 is Adequado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Excelente then Saida is Adequado			

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 5)

Sif	Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída							
	Operação Política	Risco	Manutenção T.I.	Investimento	Confiabilidade	Desempenho								
Sif 1	Operação	Política					Produtos							
Sif 2							Geral							
Sif 3							Econômico							
Sif 4							Ambiental							
Sif 5							Social							
Sif 6							Maturidade							
Sif	Entrada 1		Entrada 2		Entrada 3		Saída							
Regra 121	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	than	Saída	is	Iniciado
Regra 122	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Iniciado
Regra 123	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Iniciado
Regra 124	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 125	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 126	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Iniciado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 127	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 128	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 129	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 130	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 131	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 132	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Adequado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 133	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 134	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 135	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 136	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 137	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Otimizado
Regra 138	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Otimizado	and	Entrada 3	is	Otimizado
Regra 139	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 140	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 141	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 142	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 143	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Otimizado
Regra 144	if	Entrada 1	is	Adequado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Excelente	and	Entrada 3	is	Excelente
Regra 145	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Puro
Regra 146	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Consciente
Regra 147	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Iniciado
Regra 148	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Adequado
Regra 149	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Otimizado
Regra 150	if	Entrada 1	is	Otimizado	and	Entrada 2	is	Entrada 3	is	Puro	and	Entrada 3	is	Otimizado

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 6)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Geral	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Segurança	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Regra 151	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Puro then Saida is Consciente			
Regra 152	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Consciente then Saida is Consciente			
Regra 153	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 154	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 155	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 156	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Consciente and Entrada 3 is Excelente then Saida is Otimizado			
Regra 157	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Puro then Saida is Iniciado			
Regra 158	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Consciente then Saida is Iniciado			
Regra 159	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Iniciado			
Regra 160	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 161	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 162	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Iniciado and Entrada 3 is Excelente then Saida is Otimizado			
Regra 163	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Puro then Saida is Adequado			
Regra 164	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Consciente then Saida is Adequado			
Regra 165	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Adequado			
Regra 166	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Adequado then Saida is Adequado			
Regra 167	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 168	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Adequado and Entrada 3 is Excelente then Saida is Otimizado			
Regra 169	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Puro then Saida is Otimizado			
Regra 170	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Consciente then Saida is Otimizado			
Regra 171	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Otimizado			
Regra 172	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Adequado then Saida is Otimizado			
Regra 173	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 174	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Otimizado and Entrada 3 is Excelente then Saida is Otimizado			
Regra 175	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Puro then Saida is Otimizado			
Regra 176	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Consciente then Saida is Otimizado			
Regra 177	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Iniciado then Saida is Otimizado			
Regra 178	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Adequado then Saida is Otimizado			
Regra 179	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Otimizado then Saida is Otimizado			
Regra 180	if Entrada 1 is Otimizado and Entrada 2 is Excelente and Entrada 3 is Excelente then Saida is Excelente			

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 7)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Geral	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Segurança	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Regra 181	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Puro
Regra 182	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 183	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 184	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 185	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 186	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Puro and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente
Regra 187	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Consciente
Regra 188	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Consciente
Regra 189	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 190	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 191	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 192	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Consciente and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente
Regra 193	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Iniciado
Regra 194	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Iniciado
Regra 195	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Iniciado
Regra 196	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 197	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 198	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Iniciado and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente
Regra 199	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Adequado
Regra 200	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Adequado
Regra 201	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Adequado
Regra 202	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Adequado
Regra 203	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 204	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Adequado and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente
Regra 205	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Otimizado
Regra 206	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Otimizado
Regra 207	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Otimizado
Regra 208	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Otimizado
Regra 209	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Otimizado
Regra 210	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Otimizado and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente

APÊNDICE 1 – Planilha geral das regras (parte 8)

Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Sif 1	Operação	Manutenção	Confiabilidade	Produtos
Sif 2	Política	T.I.	Desempenho	Geral
Sif 3	Risco	Investimento	Suprimentos	Econômico
Sif 4	Produtos	Legislação	Geral	Ambiental
Sif 5	Competência	Stakeholders	Segurança	Social
Sif 6	Econômico	Ambiental	Social	Maturidade
Sif	Entrada 1	Entrada 2	Entrada 3	Saida
Regra 211	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Puro than	Saida is Excelente
Regra 212	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Consciente than	Saida is Excelente
Regra 213	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Iniciado than	Saida is Excelente
Regra 214	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Adequado than	Saida is Excelente
Regra 215	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Otimizado than	Saida is Excelente
Regra 216	if Entrada 1 is Excelente and	Entrada 2 is Excelente and	Entrada 3 is Excelente than	Saida is Excelente

APÊNDICE 2 – Regras no Fuzzy Tool Box – Função Trapezoidal

```

[System]
Name='MATURIDADE - TRAPZ'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=216
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Entrada-1'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro':'trapmf',[0 0 0 5]
MF2='Consciente':'trapmf',[0 5 15 25]
MF3='Iniciado':'trapmf',[15 25 35 45]
MF4='Adequado':'trapmf',[35 45 55 65]
MF5='Otimizado':'trapmf',[55 65 75 85]
MF6='Excelente':'trapmf',[75 85 100 100]

[Input2]
Name='Entrada-2'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro':'trapmf',[0 0 0 5]
MF2='Consciente':'trapmf',[0 5 15 25]
MF3='Iniciado':'trapmf',[15 25 35 45]
MF4='Adequado':'trapmf',[35 45 55 65]
MF5='Otimizado':'trapmf',[55 65 75 85]
MF6='Excelente':'trapmf',[75 85 100 100]

[Input3]
Name='Entrada-3'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro':'trapmf',[0 0 0 5]
MF2='Consciente':'trapmf',[0 5 15 25]
MF3='Iniciado':'trapmf',[15 25 35 45]
MF4='Adequado':'trapmf',[35 45 55 65]
MF5='Otimizado':'trapmf',[55 65 75 85]
MF6='Excelente':'trapmf',[75 85 100 100]

[Output1]
Name='SaÃ-da'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro':'trapmf',[0 0 0 5]
MF2='Consciente':'trapmf',[0 5 15 25]
MF3='Iniciado':'trapmf',[15 25 35 45]
MF4='Adequado':'trapmf',[35 45 55 65]
MF5='Otimizado':'trapmf',[55 65 75 85]
MF6='Excelente':'trapmf',[75 85 100 100]

[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
1 1 2, 1 (1) : 1
1 1 3, 1 (1) : 1
1 1 4, 1 (1) : 1

```

1 1 5, 1 (1) : 1
1 1 6, 1 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 3, 2 (1) : 1
1 2 4, 2 (1) : 1
1 2 5, 2 (1) : 1
1 2 6, 2 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1
1 3 2, 2 (1) : 1
1 3 3, 3 (1) : 1
1 3 4, 3 (1) : 1
1 3 5, 3 (1) : 1
1 3 6, 3 (1) : 1
1 4 1, 1 (1) : 1
1 4 2, 2 (1) : 1
1 4 3, 3 (1) : 1
1 4 4, 4 (1) : 1
1 4 5, 4 (1) : 1
1 4 6, 4 (1) : 1
1 5 1, 1 (1) : 1
1 5 2, 2 (1) : 1
1 5 3, 3 (1) : 1
1 5 4, 4 (1) : 1
1 5 5, 5 (1) : 1
1 5 6, 5 (1) : 1
1 6 1, 1 (1) : 1
1 6 2, 2 (1) : 1
1 6 3, 3 (1) : 1
1 6 4, 4 (1) : 1
1 6 5, 5 (1) : 1
1 6 6, 6 (1) : 1
2 1 1, 1 (1) : 1
2 1 2, 2 (1) : 1
2 1 3, 2 (1) : 1
2 1 4, 2 (1) : 1
2 1 5, 2 (1) : 1
2 1 6, 2 (1) : 1
2 2 1, 2 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1
2 2 3, 2 (1) : 1
2 2 4, 2 (1) : 1
2 2 5, 2 (1) : 1
2 2 6, 2 (1) : 1
2 3 1, 2 (1) : 1
2 3 2, 2 (1) : 1
2 3 3, 3 (1) : 1
2 3 4, 3 (1) : 1
2 3 5, 3 (1) : 1
2 3 6, 3 (1) : 1
2 4 1, 2 (1) : 1
2 4 2, 2 (1) : 1
2 4 3, 3 (1) : 1
2 4 4, 4 (1) : 1
2 4 5, 4 (1) : 1
2 4 6, 4 (1) : 1
2 5 1, 2 (1) : 1
2 5 2, 2 (1) : 1
2 5 3, 3 (1) : 1
2 5 4, 4 (1) : 1
2 5 5, 5 (1) : 1
2 5 6, 5 (1) : 1
2 6 1, 2 (1) : 1
2 6 2, 2 (1) : 1
2 6 3, 3 (1) : 1

2 6 4, 4 (1) : 1
2 6 5, 5 (1) : 1
2 6 6, 6 (1) : 1
3 1 1, 1 (1) : 1
3 1 2, 2 (1) : 1
3 1 3, 3 (1) : 1
3 1 4, 3 (1) : 1
3 1 5, 3 (1) : 1
3 1 6, 3 (1) : 1
3 2 1, 2 (1) : 1
3 2 2, 2 (1) : 1
3 2 3, 3 (1) : 1
3 2 4, 3 (1) : 1
3 2 5, 3 (1) : 1
3 2 6, 3 (1) : 1
3 3 1, 3 (1) : 1
3 3 2, 3 (1) : 1
3 3 3, 3 (1) : 1
3 3 4, 3 (1) : 1
3 3 5, 3 (1) : 1
3 3 6, 3 (1) : 1
3 4 1, 3 (1) : 1
3 4 2, 3 (1) : 1
3 4 3, 3 (1) : 1
3 4 4, 4 (1) : 1
3 4 5, 4 (1) : 1
3 4 6, 4 (1) : 1
3 5 1, 3 (1) : 1
3 5 2, 3 (1) : 1
3 5 3, 3 (1) : 1
3 5 4, 4 (1) : 1
3 5 5, 5 (1) : 1
3 5 6, 5 (1) : 1
3 6 1, 3 (1) : 1
3 6 2, 3 (1) : 1
3 6 3, 3 (1) : 1
3 6 4, 4 (1) : 1
3 6 5, 5 (1) : 1
3 6 6, 6 (1) : 1
4 1 1, 1 (1) : 1
4 1 2, 2 (1) : 1
4 1 3, 3 (1) : 1
4 1 4, 4 (1) : 1
4 1 5, 4 (1) : 1
4 1 6, 4 (1) : 1
4 2 1, 2 (1) : 1
4 2 2, 2 (1) : 1
4 2 3, 3 (1) : 1
4 2 4, 4 (1) : 1
4 2 5, 4 (1) : 1
4 2 6, 4 (1) : 1
4 3 1, 3 (1) : 1
4 3 2, 3 (1) : 1
4 3 3, 3 (1) : 1
4 3 4, 4 (1) : 1
4 3 5, 4 (1) : 1
4 3 6, 4 (1) : 1
4 4 1, 4 (1) : 1
4 4 2, 4 (1) : 1
4 4 3, 4 (1) : 1
4 4 4, 4 (1) : 1
4 4 5, 4 (1) : 1
4 4 6, 4 (1) : 1
4 5 1, 4 (1) : 1
4 5 2, 4 (1) : 1

4 5 3, 4 (1) : 1
4 5 4, 4 (1) : 1
4 5 5, 5 (1) : 1
4 5 6, 5 (1) : 1
4 6 1, 4 (1) : 1
4 6 2, 4 (1) : 1
4 6 3, 4 (1) : 1
4 6 4, 4 (1) : 1
4 6 5, 5 (1) : 1
4 6 6, 6 (1) : 1
5 1 1, 1 (1) : 1
5 1 2, 2 (1) : 1
5 1 3, 3 (1) : 1
5 1 4, 4 (1) : 1
5 1 5, 5 (1) : 1
5 1 6, 5 (1) : 1
5 2 1, 2 (1) : 1
5 2 2, 2 (1) : 1
5 2 3, 3 (1) : 1
5 2 4, 4 (1) : 1
5 2 5, 5 (1) : 1
5 2 6, 5 (1) : 1
5 3 1, 3 (1) : 1
5 3 2, 3 (1) : 1
5 3 3, 3 (1) : 1
5 3 4, 4 (1) : 1
5 3 5, 5 (1) : 1
5 3 6, 5 (1) : 1
5 4 1, 4 (1) : 1
5 4 2, 4 (1) : 1
5 4 3, 4 (1) : 1
5 4 4, 4 (1) : 1
5 4 5, 5 (1) : 1
5 4 6, 5 (1) : 1
5 5 1, 5 (1) : 1
5 5 2, 5 (1) : 1
5 5 3, 5 (1) : 1
5 5 4, 5 (1) : 1
5 5 5, 5 (1) : 1
5 5 6, 5 (1) : 1
5 6 1, 5 (1) : 1
5 6 2, 5 (1) : 1
5 6 3, 5 (1) : 1
5 6 4, 5 (1) : 1
5 6 5, 5 (1) : 1
5 6 6, 6 (1) : 1
6 1 1, 1 (1) : 1
6 1 2, 2 (1) : 1
6 1 3, 3 (1) : 1
6 1 4, 4 (1) : 1
6 1 5, 5 (1) : 1
6 1 6, 6 (1) : 1
6 2 1, 2 (1) : 1
6 2 2, 2 (1) : 1
6 2 3, 3 (1) : 1
6 2 4, 4 (1) : 1
6 2 5, 5 (1) : 1
6 2 6, 6 (1) : 1
6 3 1, 3 (1) : 1
6 3 2, 3 (1) : 1
6 3 3, 3 (1) : 1
6 3 4, 4 (1) : 1
6 3 5, 5 (1) : 1
6 3 6, 6 (1) : 1
6 4 1, 4 (1) : 1

6 4 2, 4 (1) : 1
6 4 3, 4 (1) : 1
6 4 4, 4 (1) : 1
6 4 5, 5 (1) : 1
6 4 6, 6 (1) : 1
6 5 1, 5 (1) : 1
6 5 2, 5 (1) : 1
6 5 3, 5 (1) : 1
6 5 4, 5 (1) : 1
6 5 5, 5 (1) : 1
6 5 6, 6 (1) : 1
6 6 1, 6 (1) : 1
6 6 2, 6 (1) : 1
6 6 3, 6 (1) : 1
6 6 4, 6 (1) : 1
6 6 5, 6 (1) : 1
6 6 6, 6 (1) : 1

APÊNDICE 3 – Regras no Fuzzy Tool Box – Função Triangular

```

[System]
Name='MATURIDADE'
Type='mamdani'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=216
AndMethod='min'
OrMethod='max'
ImpMethod='min'
AggMethod='max'
DefuzzMethod='centroid'

[Input1]
Name='Entrada-1'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro': 'trimf', [0 0 10]
MF2='Consciente': 'trimf', [0 10 30]
MF3='Iniciado': 'trimf', [10 30 50]
MF4='Adequado': 'trimf', [30 50 70]
MF5='Otimizado': 'trimf', [50 70 90]
MF6='Excelente': 'trapmf', [70 90 100 100]

[Input2]
Name='Entrada-2'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro': 'trimf', [10 30 50]
MF2='Consciente': 'trimf', [0 10 30]
MF3='Iniciado': 'trimf', [10 30 50]
MF4='Adequado': 'trimf', [30 50 70]
MF5='Otimizado': 'trimf', [50 70 90]
MF6='Excelente': 'trapmf', [70 90 100 100]

[Input3]
Name='Entrada-3'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro': 'trimf', [0 0 10]
MF2='Consciente': 'trimf', [0 10 30]
MF3='Iniciado': 'trimf', [10 30 50]
MF4='Adequado': 'trimf', [30 50 70]
MF5='Otimizado': 'trimf', [50 70 90]
MF6='Excelente': 'trapmf', [70 90 100 100]

[Output1]
Name='SaÃ-da'
Range=[0 100]
NumMFs=6
MF1='Puro': 'trimf', [0 0 10]
MF2='Consciente': 'trimf', [0 10 30]
MF3='Iniciado': 'trimf', [10 30 50]
MF4='Adequado': 'trimf', [30 50 70]
MF5='Otimizado': 'trimf', [50 70 90]
MF6='Excelente': 'trapmf', [70 90 100 100]

[Rules]
1 1 1, 1 (1) : 1
1 1 2, 1 (1) : 1
1 1 3, 1 (1) : 1
1 1 4, 1 (1) : 1

```

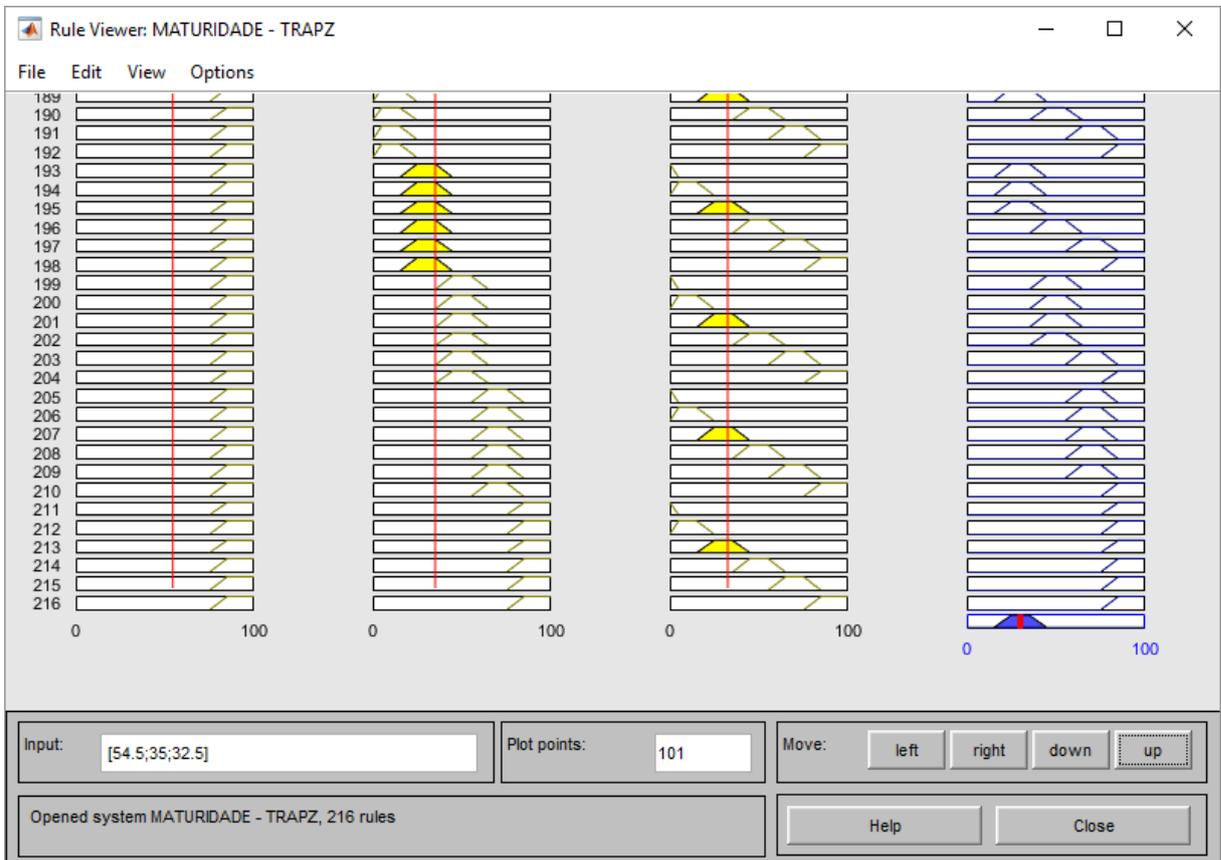
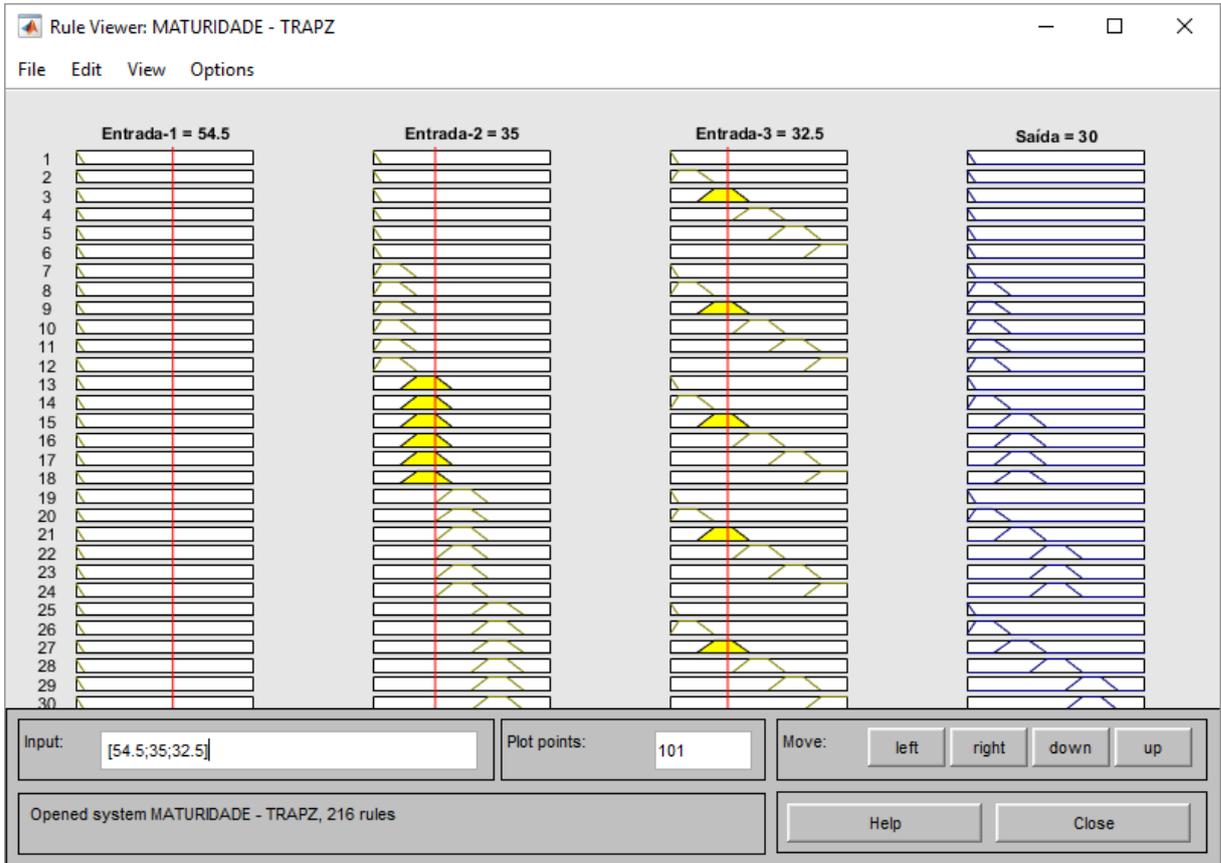
1 1 5, 1 (1) : 1
1 1 6, 1 (1) : 1
1 2 1, 1 (1) : 1
1 2 2, 2 (1) : 1
1 2 3, 2 (1) : 1
1 2 4, 2 (1) : 1
1 2 5, 2 (1) : 1
1 2 6, 2 (1) : 1
1 3 1, 1 (1) : 1
1 3 2, 2 (1) : 1
1 3 3, 3 (1) : 1
1 3 4, 3 (1) : 1
1 3 5, 3 (1) : 1
1 3 6, 3 (1) : 1
1 4 1, 1 (1) : 1
1 4 2, 2 (1) : 1
1 4 3, 3 (1) : 1
1 4 4, 4 (1) : 1
1 4 5, 4 (1) : 1
1 4 6, 4 (1) : 1
1 5 1, 1 (1) : 1
1 5 2, 2 (1) : 1
1 5 3, 3 (1) : 1
1 5 4, 4 (1) : 1
1 5 5, 5 (1) : 1
1 5 6, 5 (1) : 1
1 6 1, 1 (1) : 1
1 6 2, 2 (1) : 1
1 6 3, 3 (1) : 1
1 6 4, 4 (1) : 1
1 6 5, 5 (1) : 1
1 6 6, 6 (1) : 1
2 1 1, 1 (1) : 1
2 1 2, 2 (1) : 1
2 1 3, 2 (1) : 1
2 1 4, 2 (1) : 1
2 1 5, 2 (1) : 1
2 1 6, 2 (1) : 1
2 2 1, 2 (1) : 1
2 2 2, 2 (1) : 1
2 2 3, 2 (1) : 1
2 2 4, 2 (1) : 1
2 2 5, 2 (1) : 1
2 2 6, 2 (1) : 1
2 3 1, 2 (1) : 1
2 3 2, 2 (1) : 1
2 3 3, 3 (1) : 1
2 3 4, 3 (1) : 1
2 3 5, 3 (1) : 1
2 3 6, 3 (1) : 1
2 4 1, 2 (1) : 1
2 4 2, 2 (1) : 1
2 4 3, 3 (1) : 1
2 4 4, 4 (1) : 1
2 4 5, 4 (1) : 1
2 4 6, 4 (1) : 1
2 5 1, 2 (1) : 1
2 5 2, 2 (1) : 1
2 5 3, 3 (1) : 1
2 5 4, 4 (1) : 1
2 5 5, 5 (1) : 1
2 5 6, 5 (1) : 1
2 6 1, 2 (1) : 1
2 6 2, 2 (1) : 1
2 6 3, 3 (1) : 1

2 6 4, 4 (1) : 1
2 6 5, 5 (1) : 1
2 6 6, 6 (1) : 1
3 1 1, 1 (1) : 1
3 1 2, 2 (1) : 1
3 1 3, 3 (1) : 1
3 1 4, 3 (1) : 1
3 1 5, 3 (1) : 1
3 1 6, 3 (1) : 1
3 2 1, 2 (1) : 1
3 2 2, 2 (1) : 1
3 2 3, 3 (1) : 1
3 2 4, 3 (1) : 1
3 2 5, 3 (1) : 1
3 2 6, 3 (1) : 1
3 3 1, 3 (1) : 1
3 3 2, 3 (1) : 1
3 3 3, 3 (1) : 1
3 3 4, 3 (1) : 1
3 3 5, 3 (1) : 1
3 3 6, 3 (1) : 1
3 4 1, 3 (1) : 1
3 4 2, 3 (1) : 1
3 4 3, 3 (1) : 1
3 4 4, 4 (1) : 1
3 4 5, 4 (1) : 1
3 4 6, 4 (1) : 1
3 5 1, 3 (1) : 1
3 5 2, 3 (1) : 1
3 5 3, 3 (1) : 1
3 5 4, 4 (1) : 1
3 5 5, 5 (1) : 1
3 5 6, 5 (1) : 1
3 6 1, 3 (1) : 1
3 6 2, 3 (1) : 1
3 6 3, 3 (1) : 1
3 6 4, 4 (1) : 1
3 6 5, 5 (1) : 1
3 6 6, 6 (1) : 1
4 1 1, 1 (1) : 1
4 1 2, 2 (1) : 1
4 1 3, 3 (1) : 1
4 1 4, 4 (1) : 1
4 1 5, 4 (1) : 1
4 1 6, 4 (1) : 1
4 2 1, 2 (1) : 1
4 2 2, 2 (1) : 1
4 2 3, 3 (1) : 1
4 2 4, 4 (1) : 1
4 2 5, 4 (1) : 1
4 2 6, 4 (1) : 1
4 3 1, 3 (1) : 1
4 3 2, 3 (1) : 1
4 3 3, 3 (1) : 1
4 3 4, 4 (1) : 1
4 3 5, 4 (1) : 1
4 3 6, 4 (1) : 1
4 4 1, 4 (1) : 1
4 4 2, 4 (1) : 1
4 4 3, 4 (1) : 1
4 4 4, 4 (1) : 1
4 4 5, 4 (1) : 1
4 4 6, 4 (1) : 1
4 5 1, 4 (1) : 1
4 5 2, 4 (1) : 1

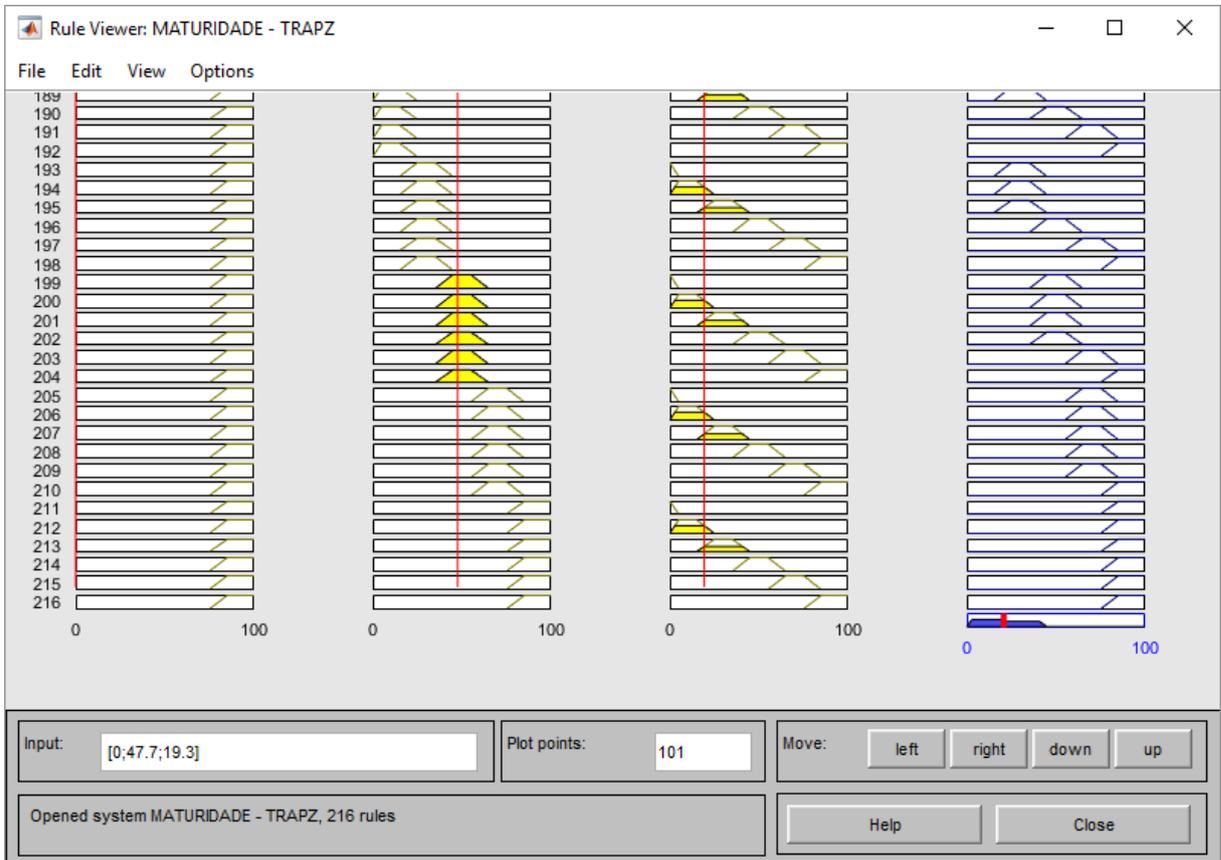
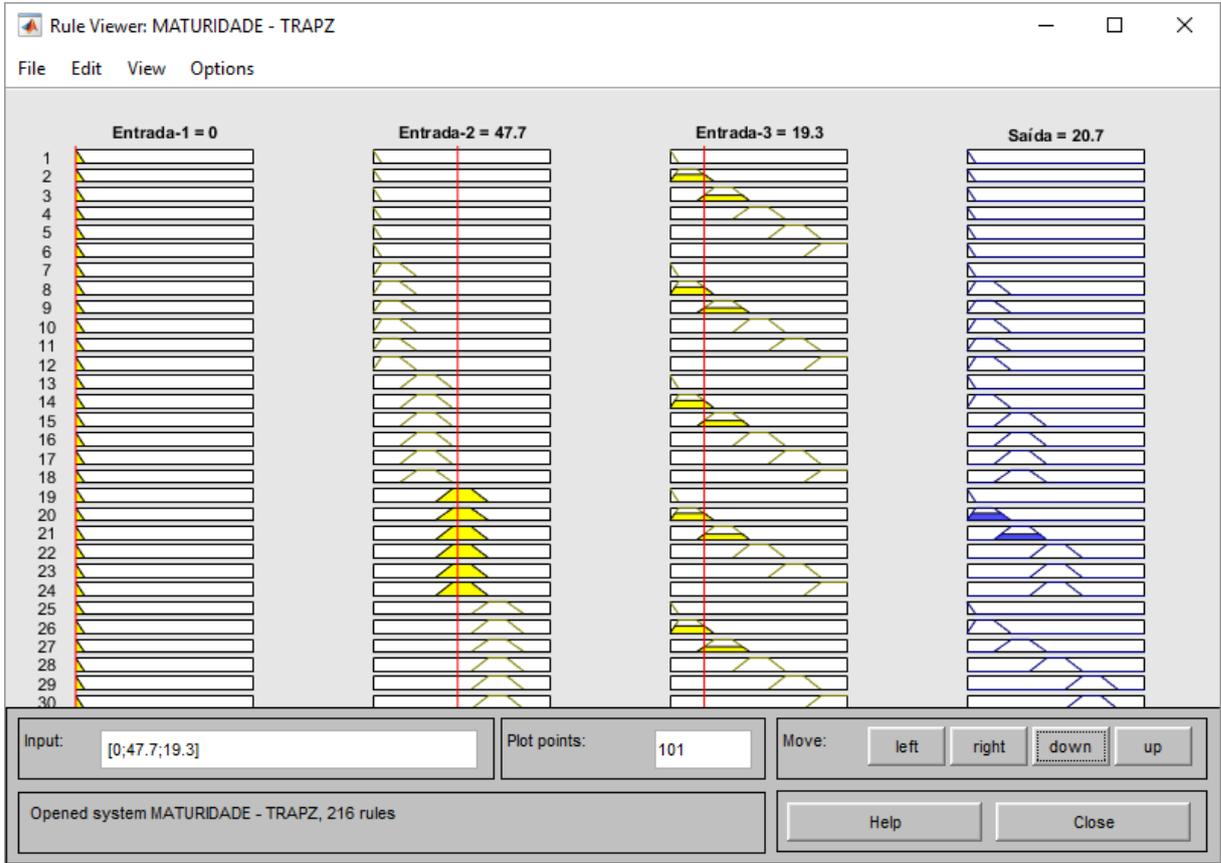
4 5 3, 4 (1) : 1
4 5 4, 4 (1) : 1
4 5 5, 5 (1) : 1
4 5 6, 5 (1) : 1
4 6 1, 4 (1) : 1
4 6 2, 4 (1) : 1
4 6 3, 4 (1) : 1
4 6 4, 4 (1) : 1
4 6 5, 5 (1) : 1
4 6 6, 6 (1) : 1
5 1 1, 1 (1) : 1
5 1 2, 2 (1) : 1
5 1 3, 3 (1) : 1
5 1 4, 4 (1) : 1
5 1 5, 5 (1) : 1
5 1 6, 5 (1) : 1
5 2 1, 2 (1) : 1
5 2 2, 2 (1) : 1
5 2 3, 3 (1) : 1
5 2 4, 4 (1) : 1
5 2 5, 5 (1) : 1
5 2 6, 5 (1) : 1
5 3 1, 3 (1) : 1
5 3 2, 3 (1) : 1
5 3 3, 3 (1) : 1
5 3 4, 4 (1) : 1
5 3 5, 5 (1) : 1
5 3 6, 5 (1) : 1
5 4 1, 4 (1) : 1
5 4 2, 4 (1) : 1
5 4 3, 4 (1) : 1
5 4 4, 4 (1) : 1
5 4 5, 5 (1) : 1
5 4 6, 5 (1) : 1
5 5 1, 5 (1) : 1
5 5 2, 5 (1) : 1
5 5 3, 5 (1) : 1
5 5 4, 5 (1) : 1
5 5 5, 5 (1) : 1
5 5 6, 5 (1) : 1
5 6 1, 5 (1) : 1
5 6 2, 5 (1) : 1
5 6 3, 5 (1) : 1
5 6 4, 5 (1) : 1
5 6 5, 5 (1) : 1
5 6 6, 6 (1) : 1
6 1 1, 1 (1) : 1
6 1 2, 2 (1) : 1
6 1 3, 3 (1) : 1
6 1 4, 4 (1) : 1
6 1 5, 5 (1) : 1
6 1 6, 6 (1) : 1
6 2 1, 2 (1) : 1
6 2 2, 2 (1) : 1
6 2 3, 3 (1) : 1
6 2 4, 4 (1) : 1
6 2 5, 5 (1) : 1
6 2 6, 6 (1) : 1
6 3 1, 3 (1) : 1
6 3 2, 3 (1) : 1
6 3 3, 3 (1) : 1
6 3 4, 4 (1) : 1
6 3 5, 5 (1) : 1
6 3 6, 6 (1) : 1
6 4 1, 4 (1) : 1

6 4 2, 4 (1) : 1
6 4 3, 4 (1) : 1
6 4 4, 4 (1) : 1
6 4 5, 5 (1) : 1
6 4 6, 6 (1) : 1
6 5 1, 5 (1) : 1
6 5 2, 5 (1) : 1
6 5 3, 5 (1) : 1
6 5 4, 5 (1) : 1
6 5 5, 5 (1) : 1
6 5 6, 6 (1) : 1
6 6 1, 6 (1) : 1
6 6 2, 6 (1) : 1
6 6 3, 6 (1) : 1
6 6 4, 6 (1) : 1
6 6 5, 6 (1) : 1
6 6 6, 6 (1) : 1

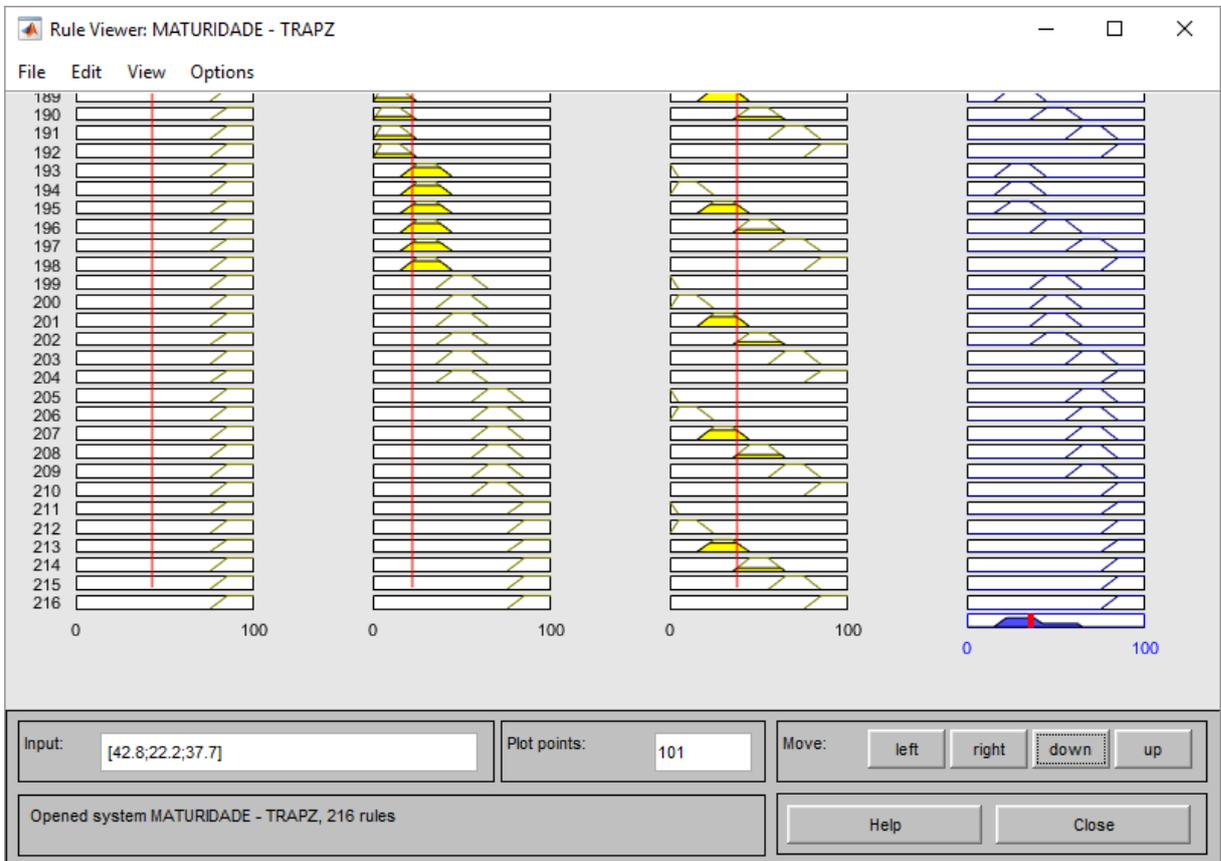
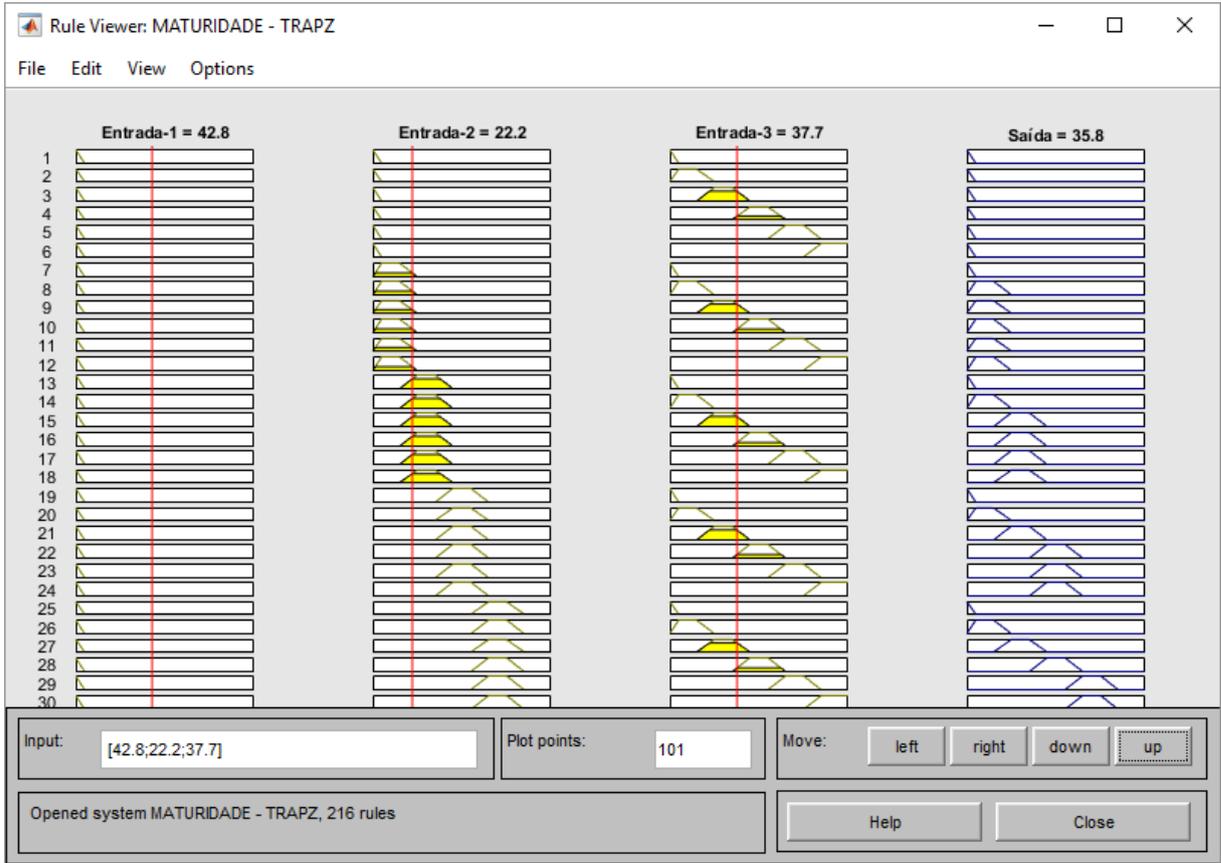
APÊNDICE 4 – Estudo de caso 1 – SIF 1 - Produtos



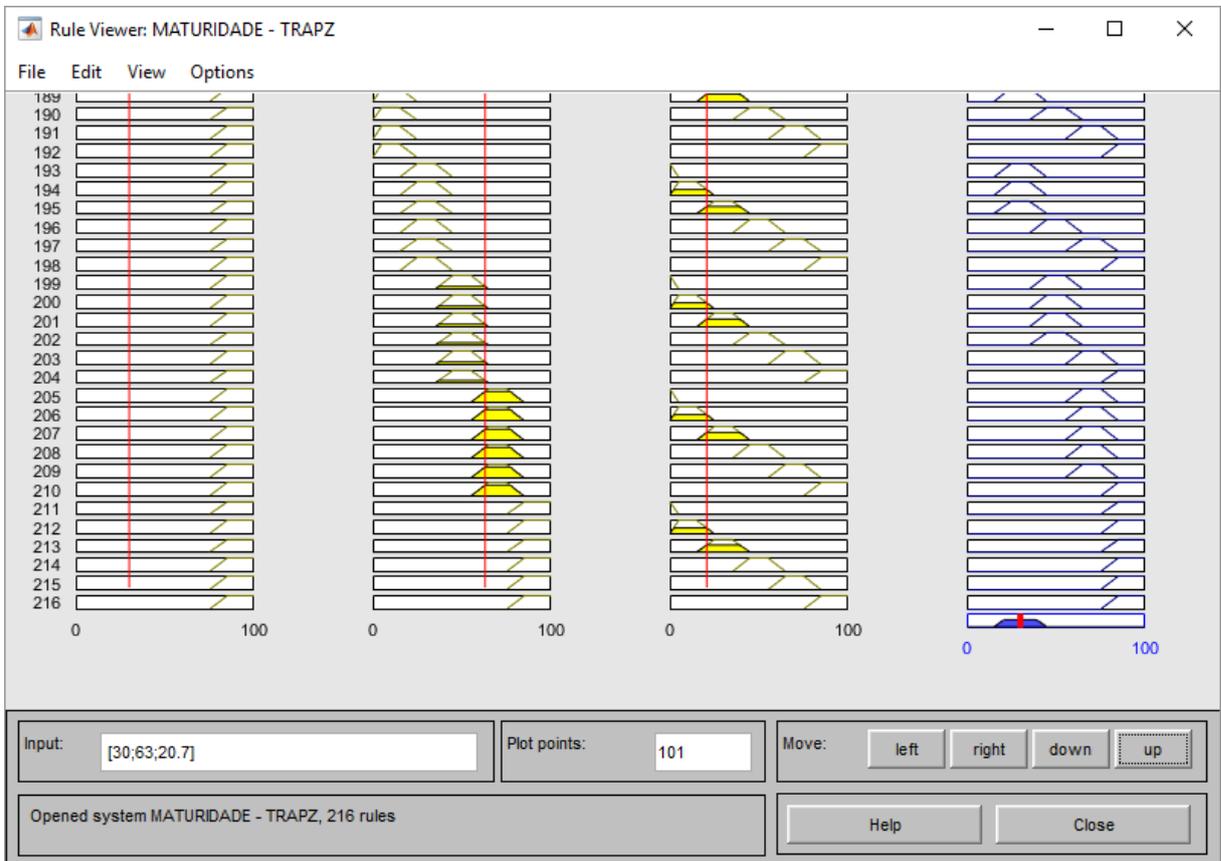
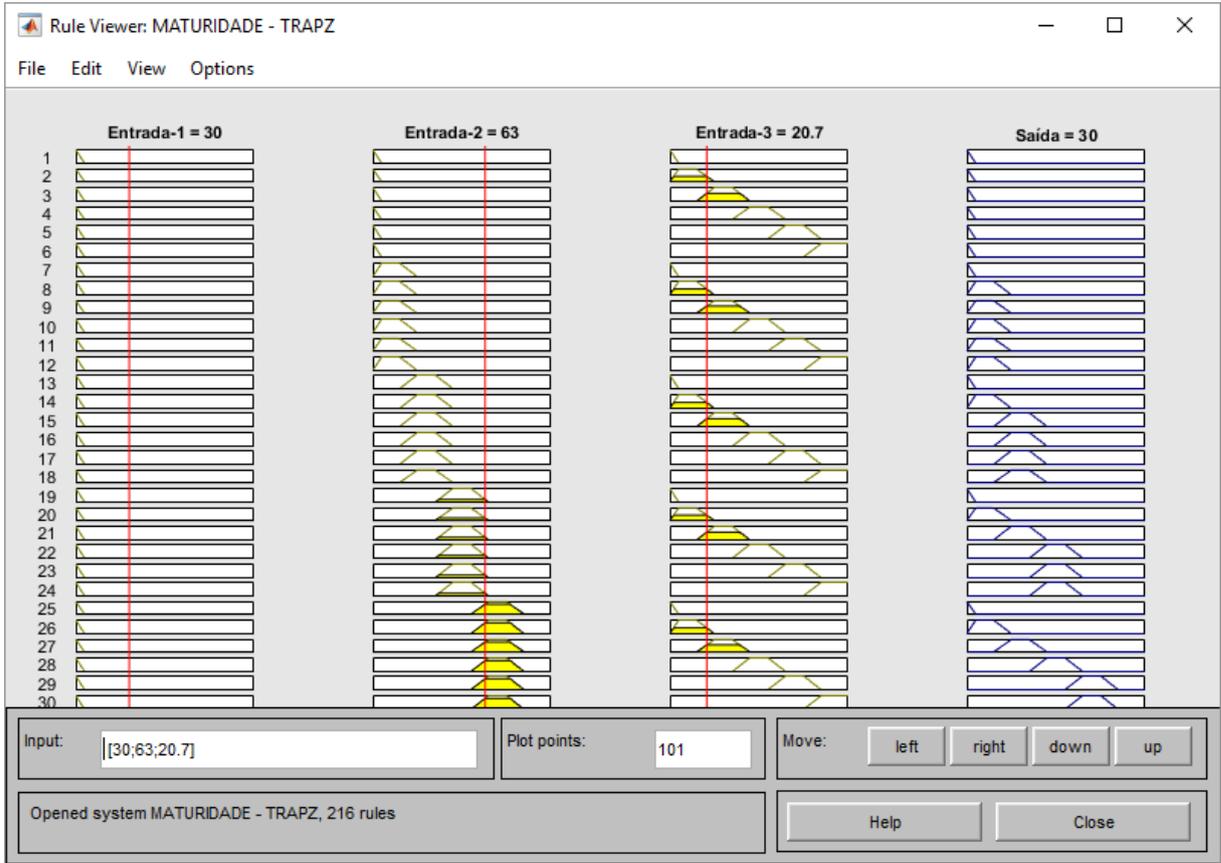
APÊNDICE 5 – Estudo de caso 1 – SIF 2 – Geral



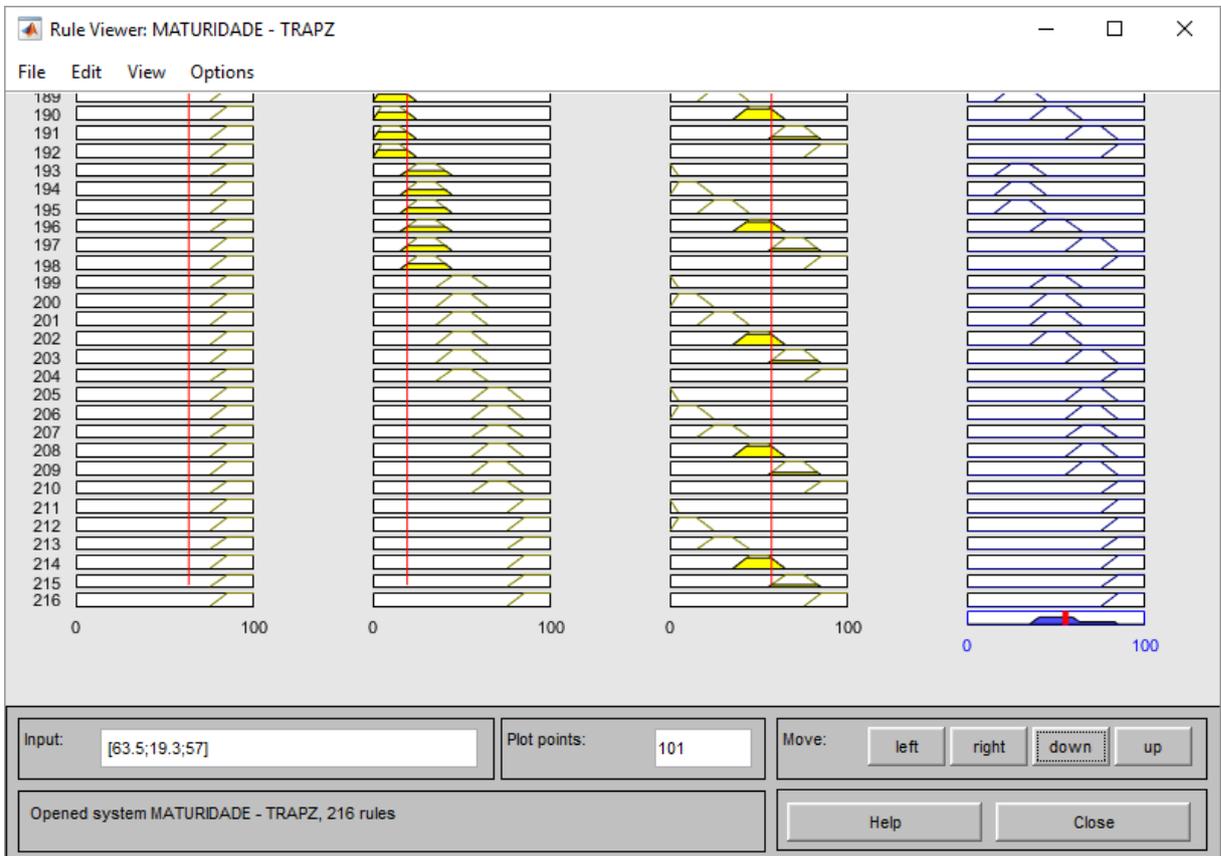
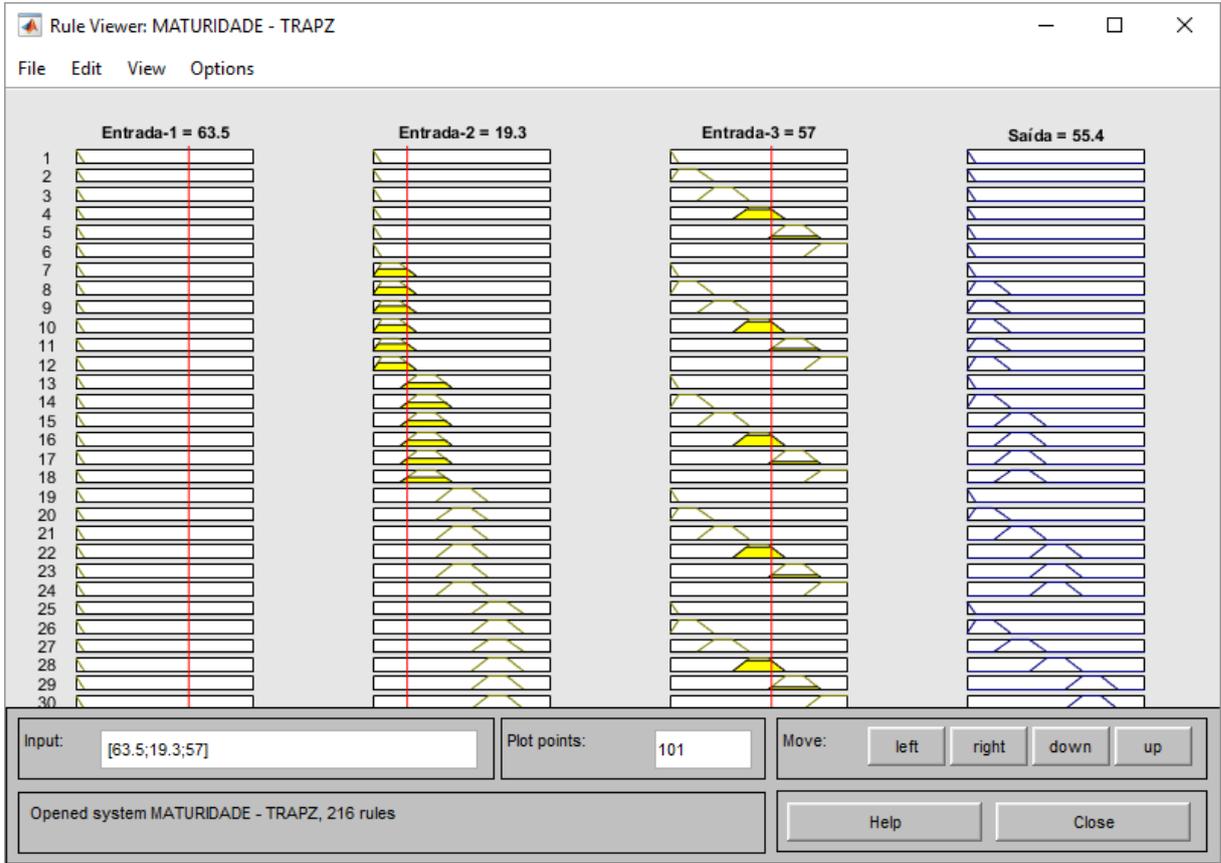
APÊNDICE 6 – Estudo de caso 1 – SIF 3 – Econômico



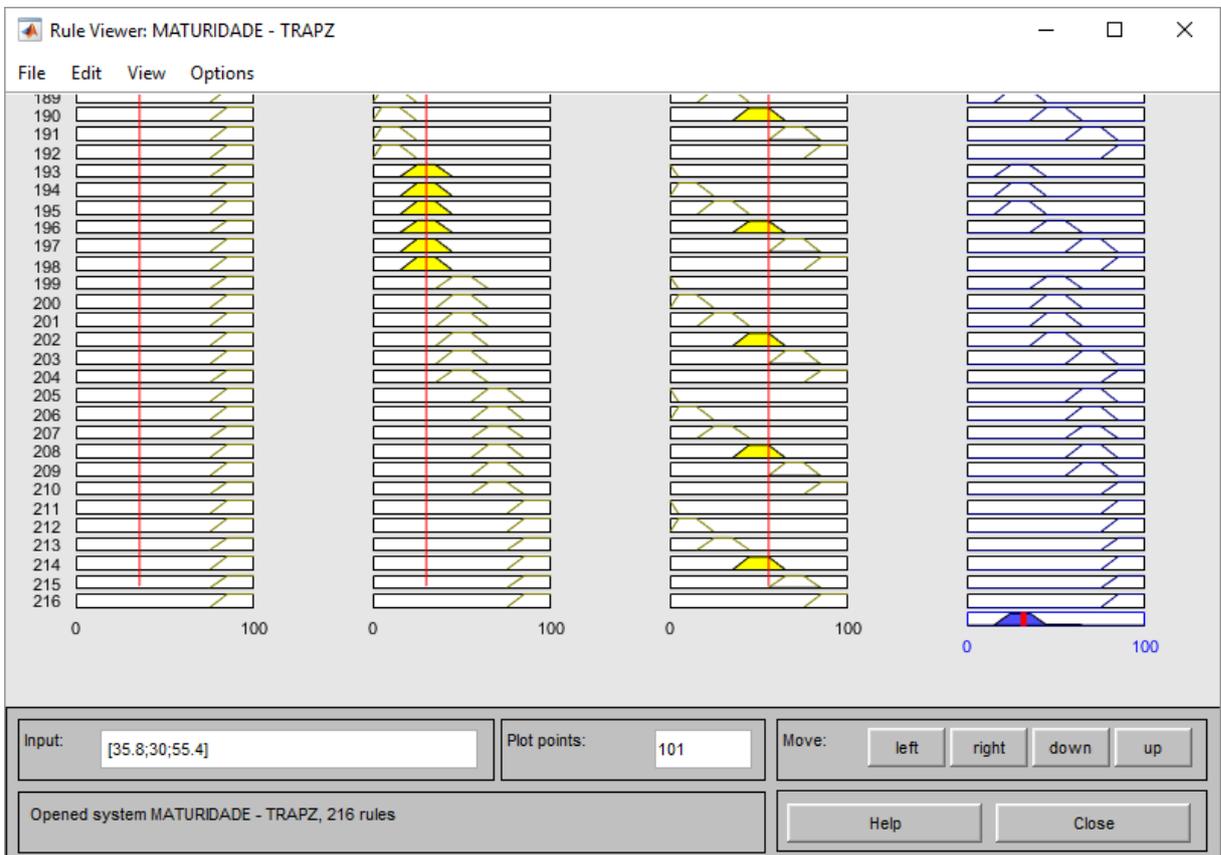
APÊNDICE 6 – Estudo de caso 1 – SIF 4 – Ambiental



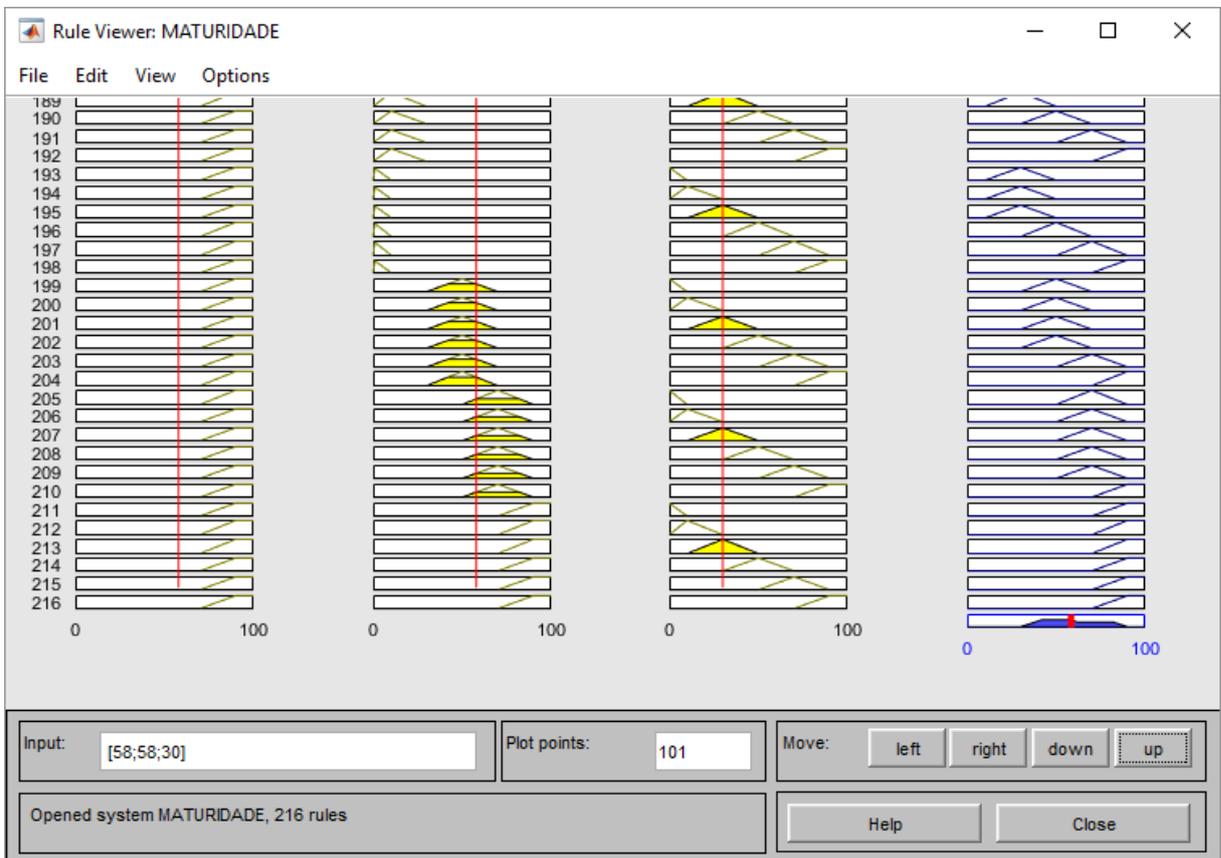
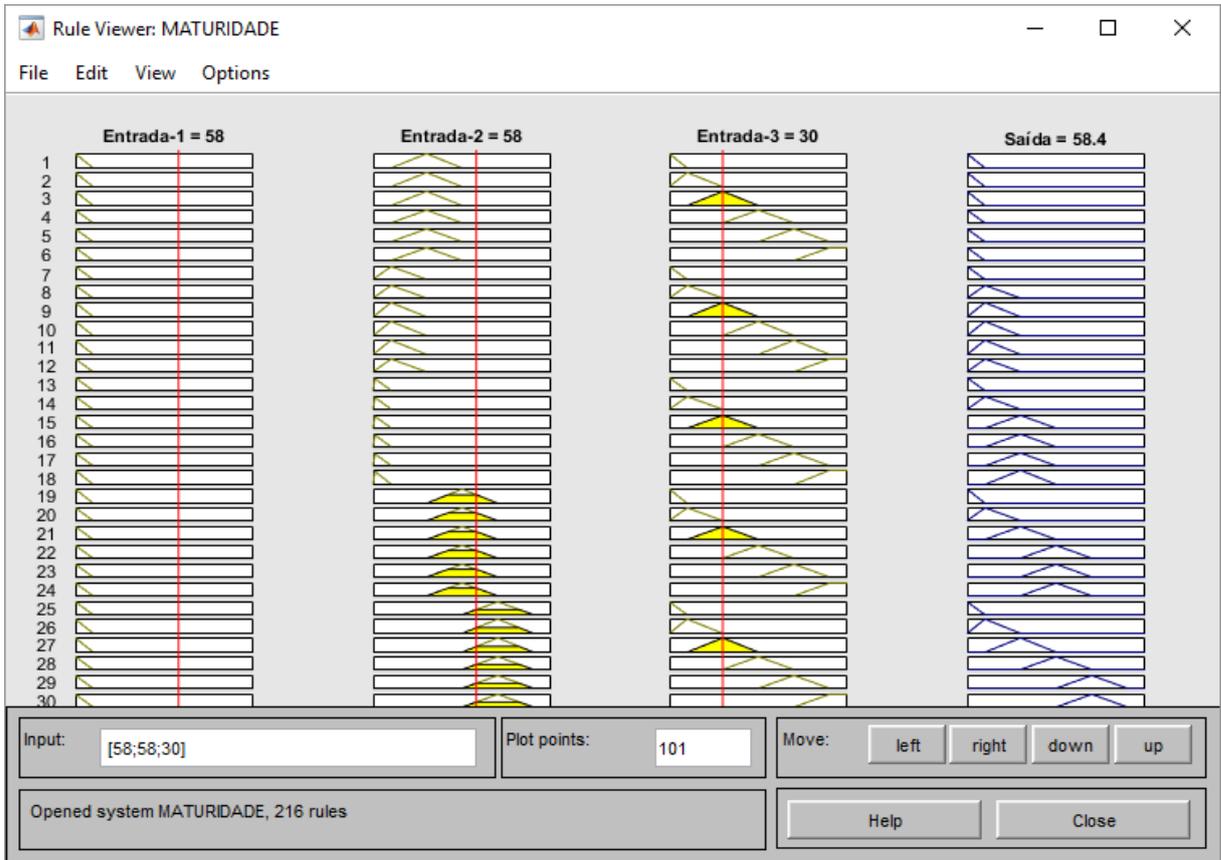
APÊNDICE 7 – Estudo de caso 1 – SIF 5 – Social



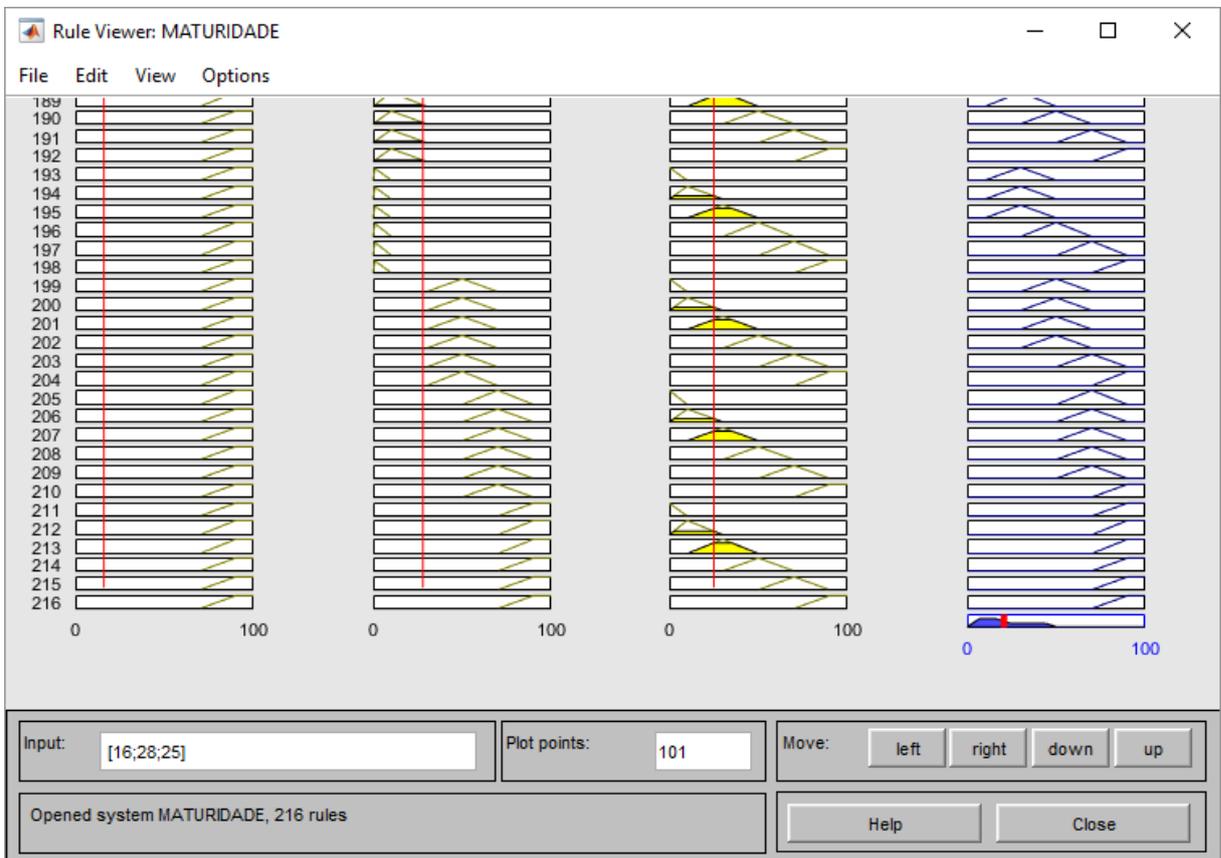
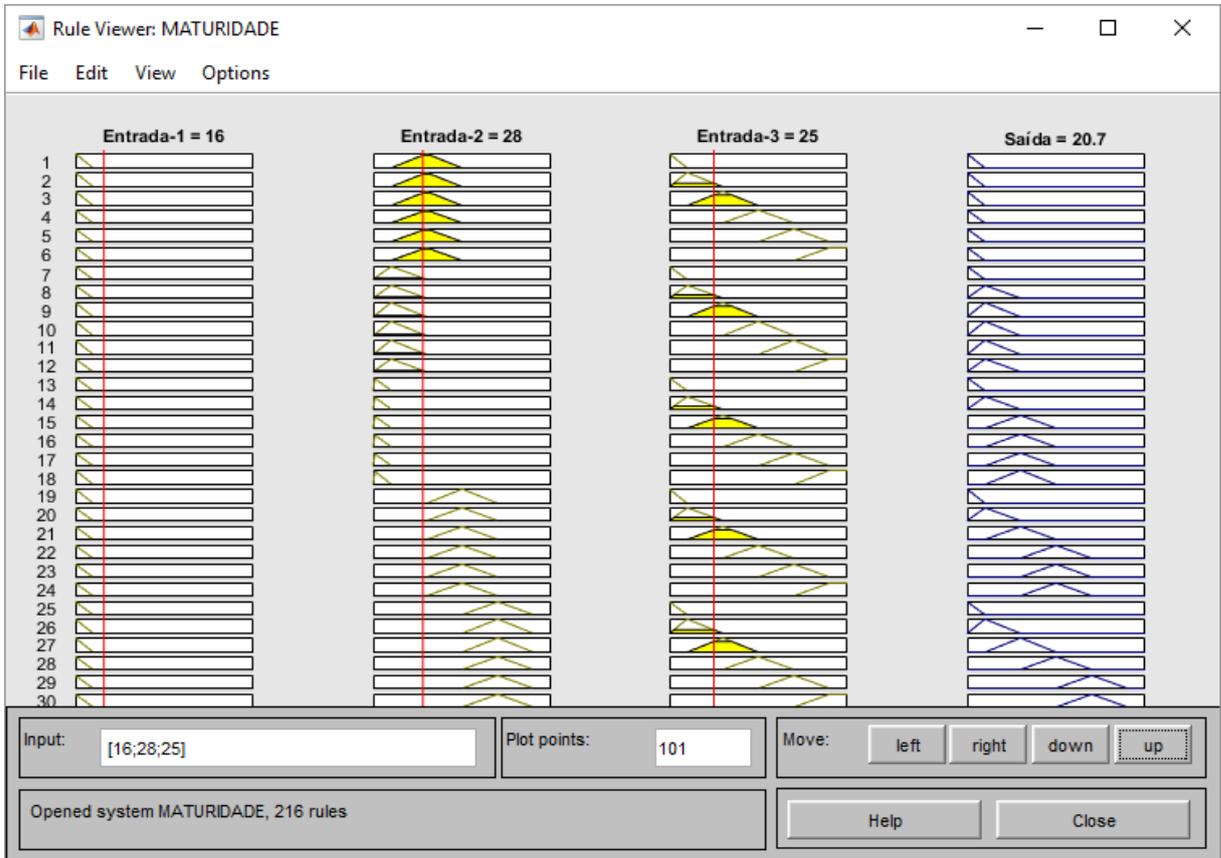
APÊNDICE 8 – Estudo de caso 1 – SIF 6 – Maturidade



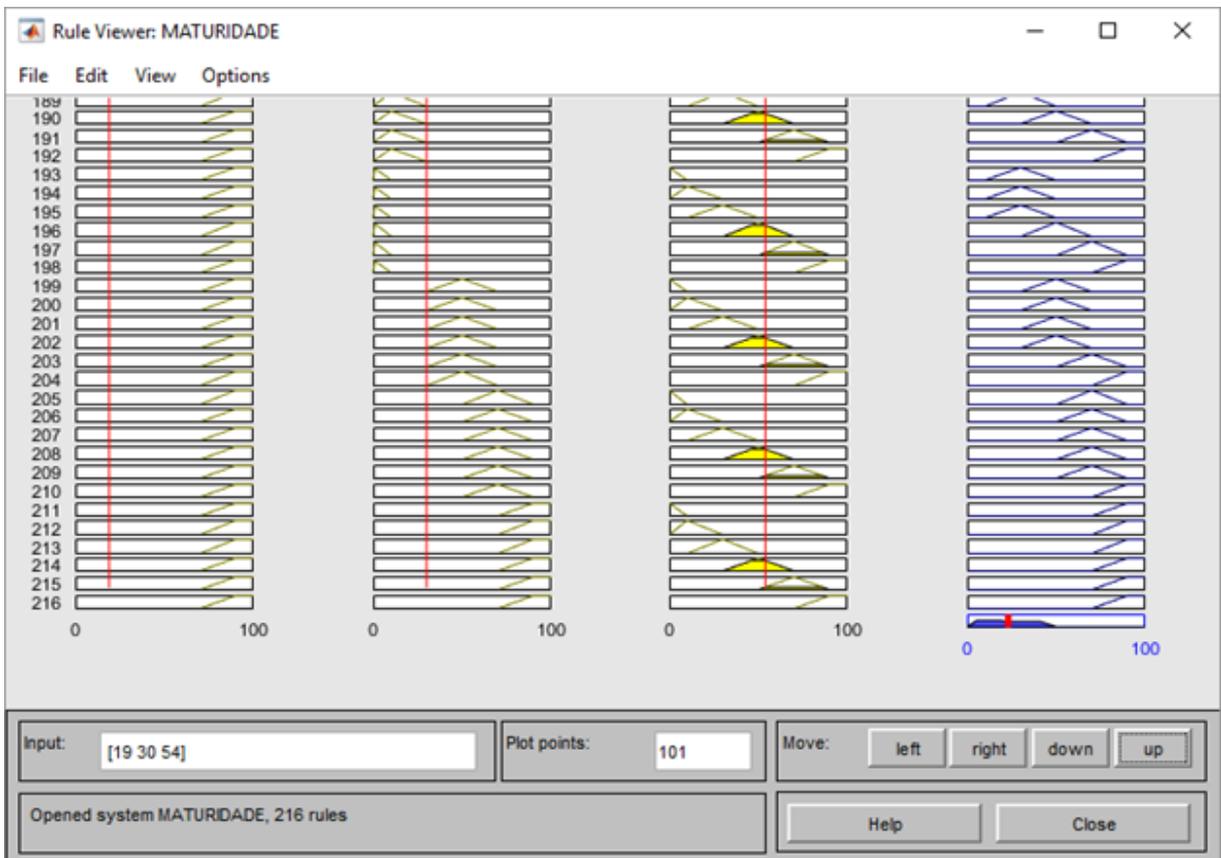
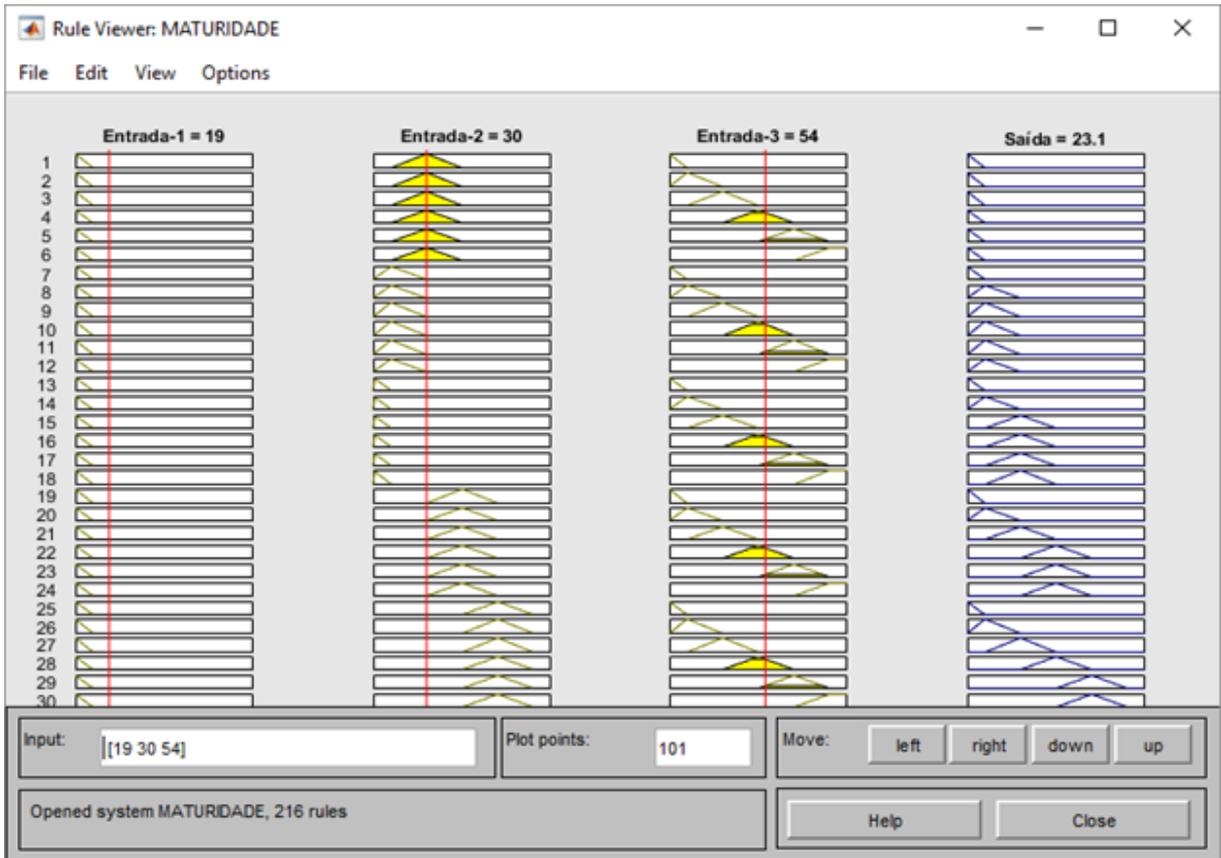
APÊNDICE 9 – Estudo de caso 2 – SIF 1 – Produtos



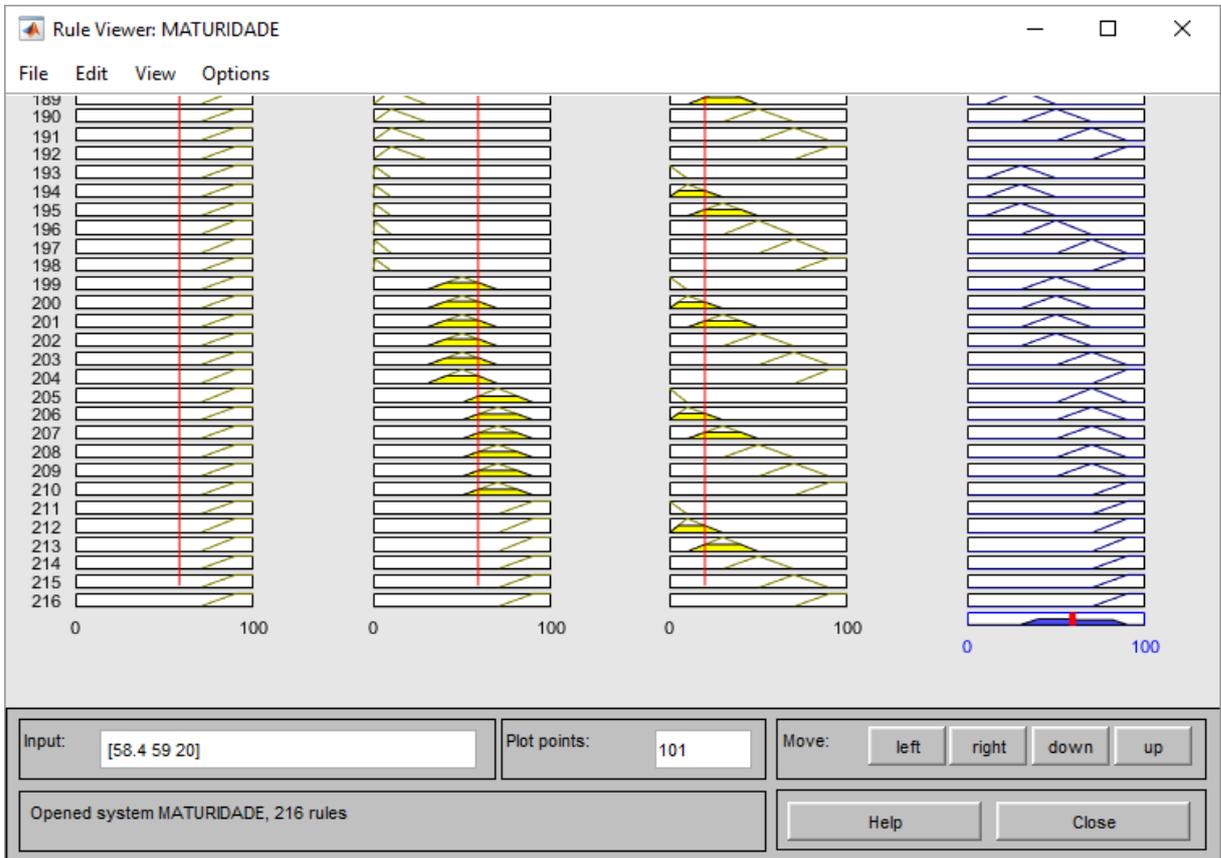
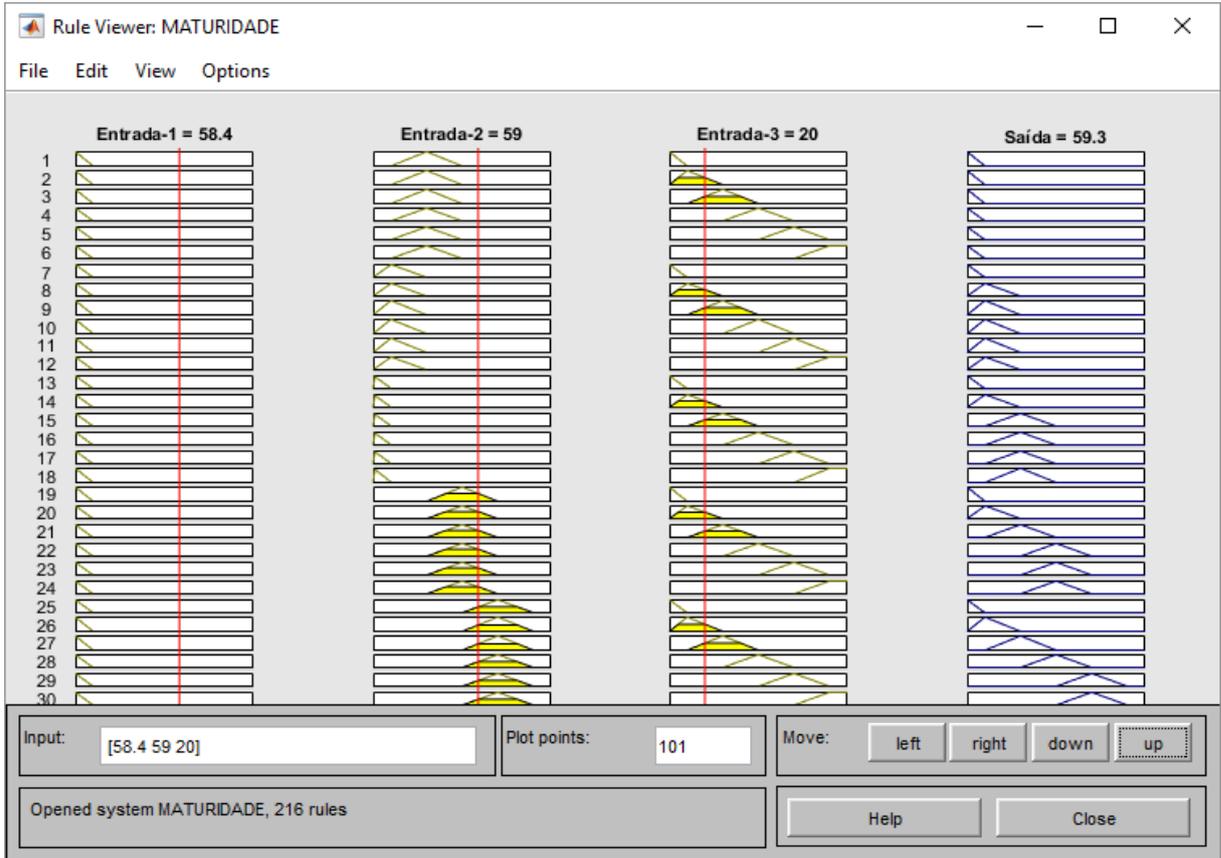
APÊNDICE 10 – Estudo de caso 2 – SIF 2 – Geral



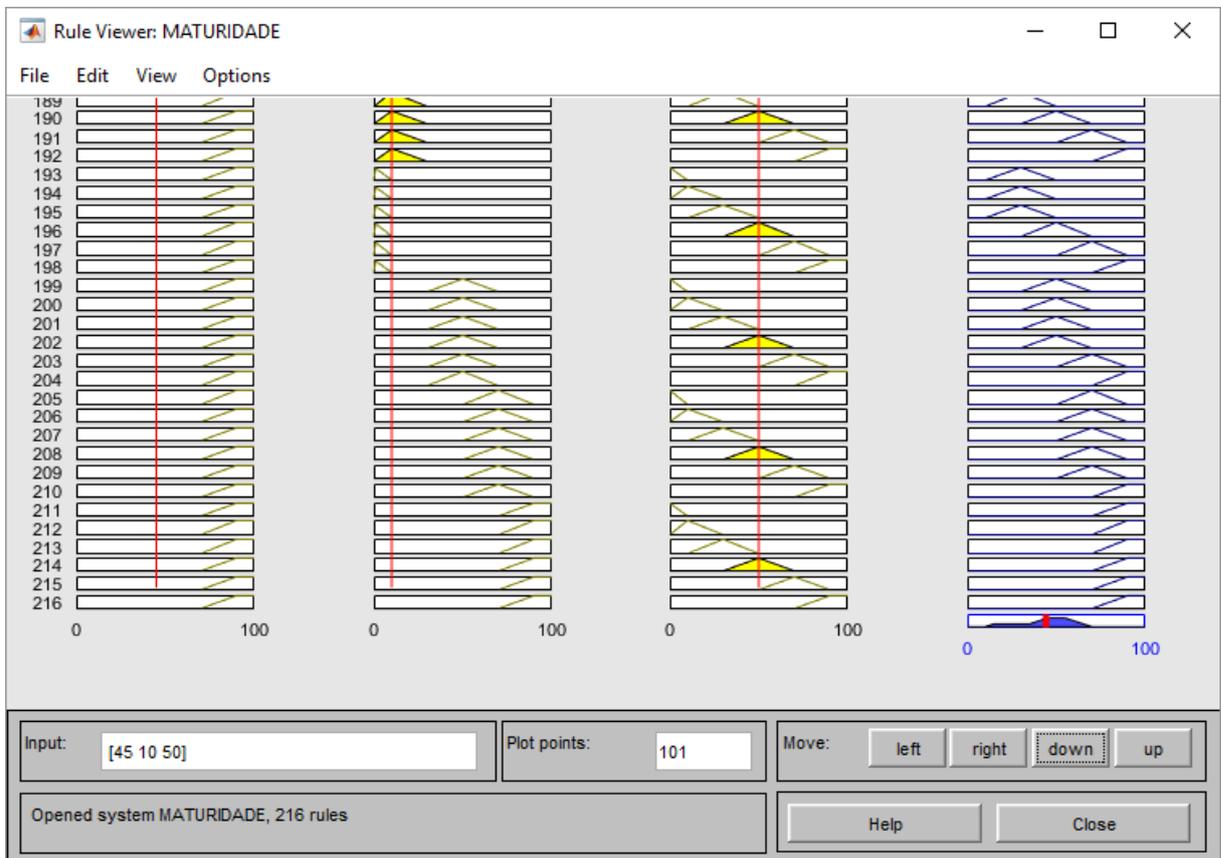
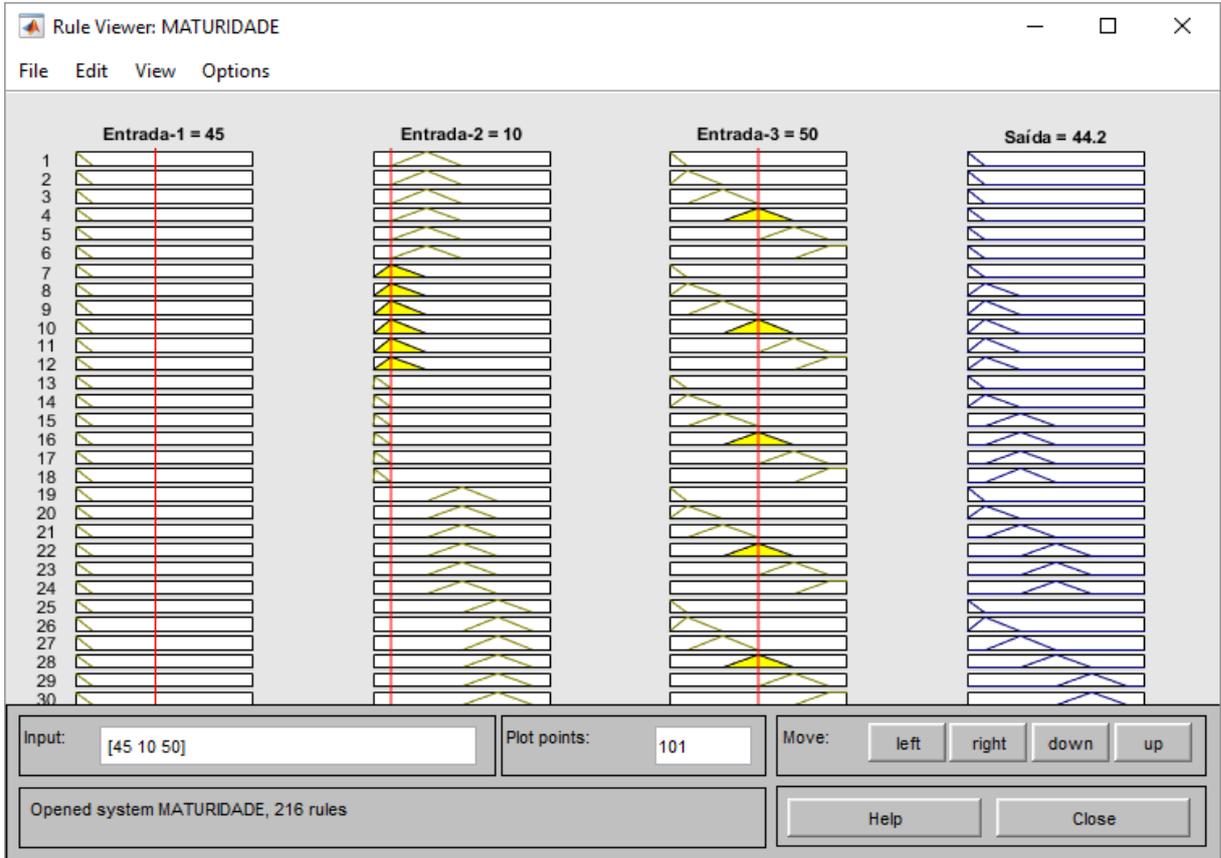
APÊNDICE 10 – Estudo de caso 2 – SIF 3 – Econômico



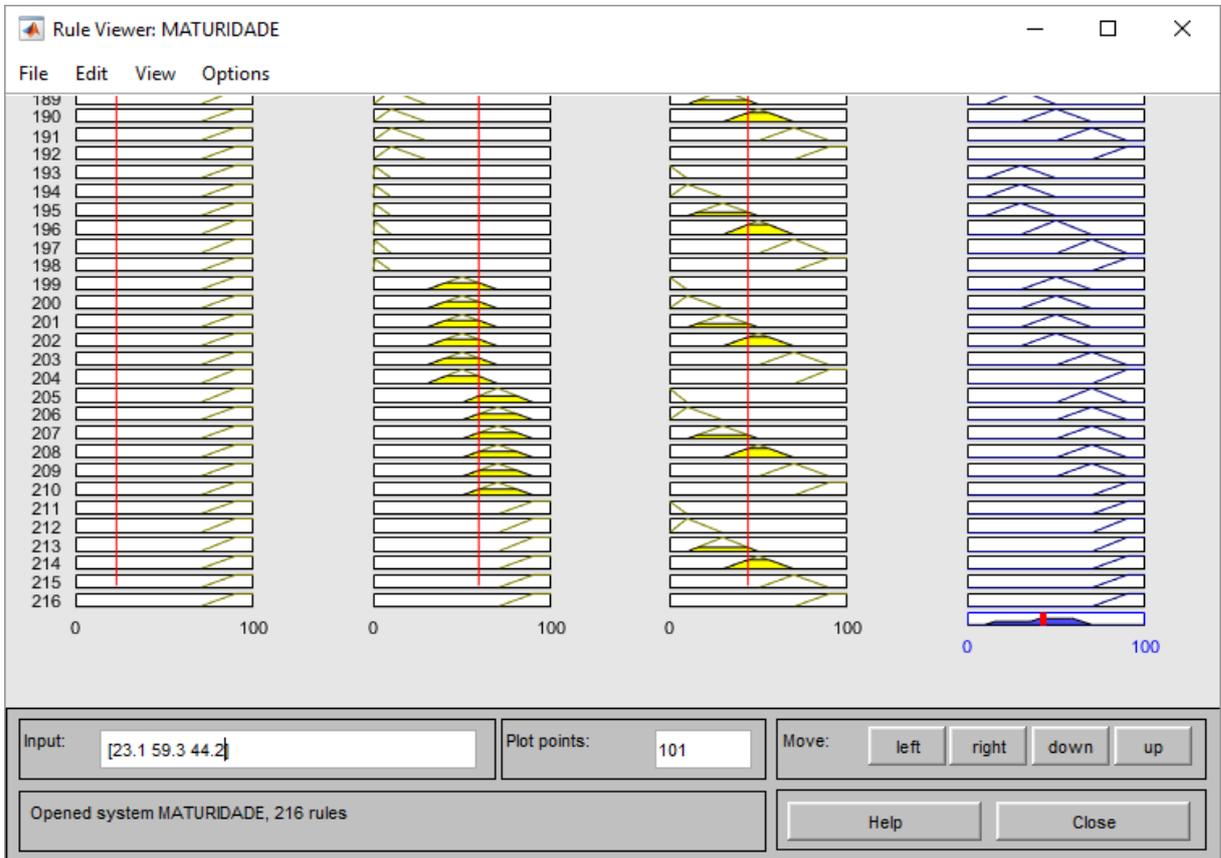
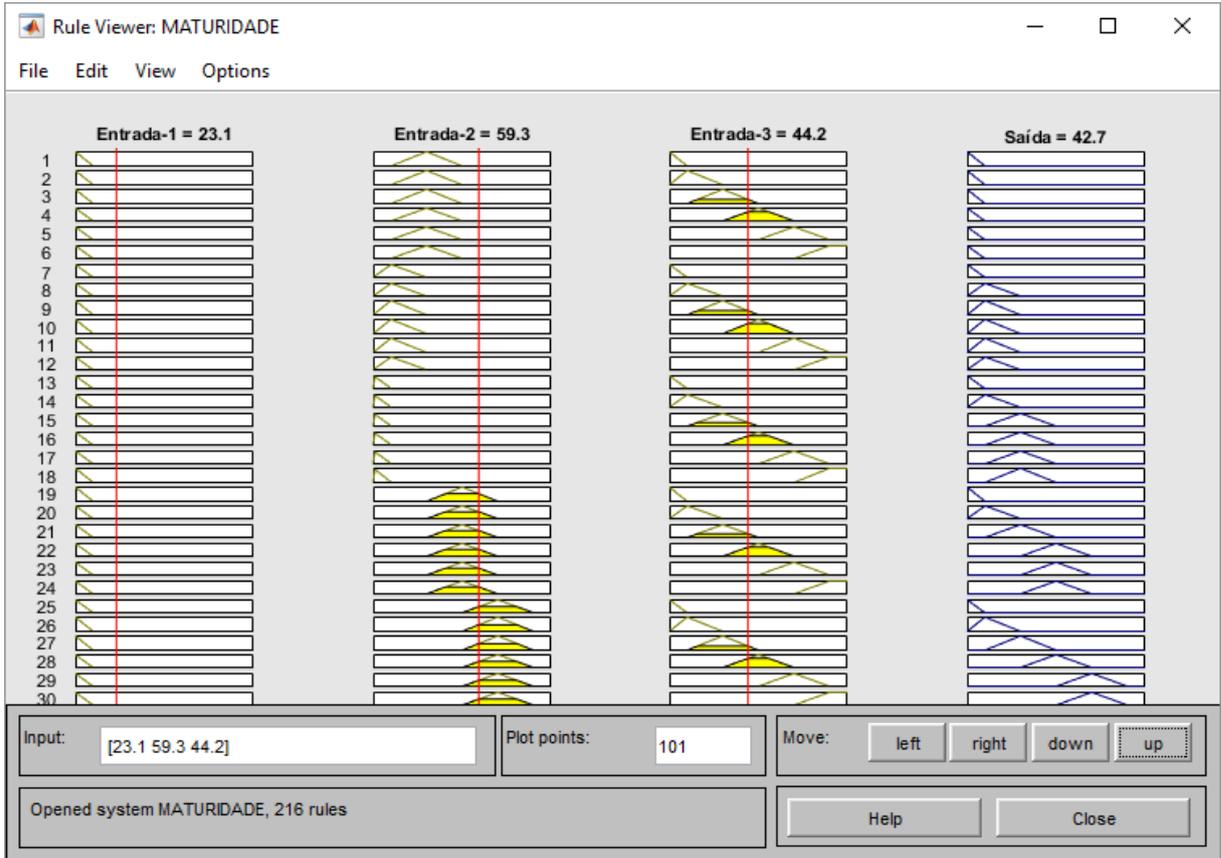
APÊNDICE 11 – Estudo de caso 2 – SIF 4 – Ambiental



APÊNDICE 12 – Estudo de caso 2 – SIF 5 – Social



APÊNDICE 13 – Estudo de caso 2 – SIF 6 – Maturidade



APÊNDICE 14 – QUESTIONÁRIO Parte 1



UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM SISTEMAS DE GESTÃO SUSTENTÁVEIS

MATURIDADE DA GESTÃO DE ATIVOS

Este questionário faz parte da tese MENSURAÇÃO DA MATURIDADE DO CICLO DE VIDA DE EQUIPAMENTOS DE PROCESSO: UMA PERSPECTIVA SUSTENTÁVEL BASEADA NA PAS-55 UTILIZANDO LÓGICA NEBULOSA como parte do Programa de Doutorado e Sistemas de Gestão Sustentáveis, na linha de pesquisa de Apoio à Decisão em Organizações Sustentáveis.
O nome da empresa e a identidade do respondente não são divulgados.

1. PERFIL DO RESPONDENTE:

1.1 Nível Profissional:

Junior (até 5 anos de formado)
 Pleno (de 6 a 9 anos de formado)
 Sênior (entre 10 e 14 anos de formado)
 Master (Mais de 15 anos de formado)

1.2 Nível Hierárquico na organização:

Coordenação
 Gerência
 Diretoria
 Vice Presidência
 Presidência

1.3 Departamento:

Operação
 Manutenção
 Financeiro / Administrativo
 Qualidade
 SMS
 Vice Presidência / Presidência

2. RAMO DA INDÚSTRIA (de acordo com a classificação adotada pelo Documento Nacional 2017 da Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos):

Açúcar e Alcool, Alimentos e Bebidas
 Aeronáutico e Automotivo
 Eletroeletrônicos - Energia Elétrica
 Químico e Saneamento
 Máquinas e Equipamentos
 Mineração e Siderúrgico
 Petróleo e Petroquímico
 Papel e Celulose e Plástico
 Predial e Prestação de Serviços

3. TUTORIAL PARA PREENCHIMENTO DO QUESTIONÁRIO:

Para cada uma das 13 questões do item 4, marque o nível de maturidade que melhor define sua situação na empresa, conforme o quadro 1 abaixo. A seguir, selecione a intensidade (de 0 a 100%) de atendimento a esse requisito, de acordo com a sua percepção. Veja o exemplo a seguir.

NÍVEL DE MATURIDADE	DEFINIÇÃO
0 PURO	A organização não reconhece este assunto e / ou não há evidências de compromisso para implanta-lo.
1 CONSCIENTE	A organização identificou a necessidade de tratar esse assunto, e há evidências de intenção de desenvolvê-lo.
2 INICIADO	A organização identificou os meios para atingir de forma sistemática e consistente o requisito e pode demonstrar que eles estão sendo implantados de forma planejada e com os recursos necessários.
3 ADEQUADO	A organização possui o requisito implementado e já incorporado na sua rotina do dia a dia.
4 OTIMIZADO	Inovação e melhoria contínua neste requisito é evidente como parte da rotina normal e cultural, e pode ser demonstrada com evidência de resultados.
5 EXCELENTE	A organização se mostra como benchmarking em relação as melhores organizações do ramo. Não há melhorias conhecidas que ainda não tenham sido implementadas nesse requisito.

Exemplo: O requisito está em implantação e a sua percepção da intensidade de atendimento é alta. No box de maturidade marque INICIADO e no box ESCALA DE INTENSIDADE, marca um valor próximo da máxima, conforme figura abaixo. Os dois quadros devem ser preenchidos.

Atenção: Para o nível de maturidade PURO, a escala de intensidade deve ser 0 (zero).

MATURIDADE	ESCALA DE INTENSIDADE (%)						
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">PURO</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">ADEQUADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CONSCIENTE</td> <td style="text-align: center;">OTIMIZADO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">X INICIADO</td> <td style="text-align: center;">EXCELENTE</td> </tr> </table>	PURO	ADEQUADO	CONSCIENTE	OTIMIZADO	X INICIADO	EXCELENTE	
PURO	ADEQUADO						
CONSCIENTE	OTIMIZADO						
X INICIADO	EXCELENTE						

ANEXOS

ANEXO 1 – ESCALA DE MATURIDADE DA PAS-55

Scale	Description	Definition	Maturity characteristics
0	Innocent	The organisation has not recognised the need for this requirement and/or there is no evidence of commitment to put it in place	
1	Aware	The organisation has identified the need for this requirement, and there is evidence of intent to progress it.	Proposals are under development and some requirements may be in place. Processes are poorly controlled, reactive and performance is unpredictable.
2	Developing	The organisation has identified the means of systematically and consistently achieving the requirements, and can demonstrate that these are being progressed with credible and resourced plans in place.	Notes: this is a 'transition state' Processes are planned, documented (where necessary), applied and controlled at a local level or within functional departments; often in a reactive mode but could achieve expected results on a repeatable basis. The processes are insufficiently integrated, with limited consistency or coordination across the organisation.
3	Competent	The organisation can demonstrate that it systematically and consistently achieves relevant requirements set out in ISO 55001.	This involves a formal documented Asset Management system embedded within the organisation. The performance of the Asset Management system elements is measured, reviewed and continually improved to achieve the Asset Management objectives.
4	Optimizing	The organisation can demonstrate that it is systematically and consistently optimizing its Asset Management practice, in line with the organisation's objectives and operating context.	Notes: this is 2nd 'transition state'. Characteristics of being in this stage will include: Monitoring and quantification of performance; resolution of trade-offs between competing goals in an agile decision-making framework; innovation is a way of life; continual improvement can be widely demonstrated with evidence of results; benchmarking is employed to identify further improvement opportunity; the management system is even further integrated and effective.
5	Excellent	The organisation can demonstrate that it employs the leading practices, and achieves maximum value from the management of its assets, in line with the organisation's objectives and operating context.	This is a dynamic and context-sensitive state, so the evidence must include demonstration of awareness of benchmarking positions against similar best in class organisations and that, in both Asset Management practices, and Asset Management results (value realisation) there are no known improvements that have not already been implemented