UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

WLADIMIR VIEIRA

MODELO MULTICRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA APOIAR A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA USINA HIDROELÉTRICA: O CASO DA USINA PASSO SÃO JOÃO

Florianópolis

2018

WLADIMIR VIEIRA

MODELO MULTICRITÉRIO DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA APOIAR A GESTÃO DA MANUTENÇÃO DE UMA USINA HIDROELÉTRICA: O CASO DA USINA PASSO SÃO JOÃO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Administração da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Ademar Dutra, Dr.

Florianópolis

2018

V658m Vieira, Wladimir. 1968-
Modelo multicritério de avaliação de desempenho para apoiar a gestão da manutenção de uma usina hidroelétrica : o caso da usina Passo São João / Wladimir Vieira. - 2018.
407 p. il.; 29,7 cm

Orientador: Profª. Ademar Dutra, Dr.
Bibliografia: p. 268-283.
Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL, Florianópolis, 2018.

1. Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA. 2. ProkNow-C. 3. Usinas hidrelétricas. 4. Disponibilidade de geração. I. Dutra, Ademar. II.Universidade do Sul de Santa Catarina. III. Título.

CDU 658.511.3

RESUMO

A energia elétrica é um bem do qual a sociedade, de uma forma geral, tornou-se dependente. Toda a evolução industrial concebida, os processos de automatização, a informática e as mais diversas formas de comunicação dependem do fornecimento energético. A criação das mais variadas formas de comunicação e as facilidades da vida moderna fazem com que a sociedade entre em esquecimento de toda a infraestrutura montada que se inicia pelas Usinas Hidrelétricas, linhas de transmissão e subestações, que trazem esta energia até os lares, as instituições públicas, os hospitais e as indústrias. Os aspectos da disponibilidade e confiabilidade, em especial das Usinas Hidrelétricas, são fatores de extrema relevância, considerados pelo empreendedor em um ambiente complexo composto por vários atores. A ênfase técnica aos aspectos da disponibilidade e confiabilidade são parâmetros de ordem regulatória, dos quais exigiu dos stakeholders a dedicação por intermédio de planejamento e estratégias para os programas de manutenção. A busca para a detecção precoce de falhas e acompanhamento do desgaste de componentes tornou-se crucial neste contexto. No Brasil, os stakeholders associados às UHs respondem por um arcabouço regulatório oriundo do Operador Nacional do Sistema (ONS), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Consoante ao grau de importância que o Setor de Energia Elétrica impõe para o desenvolvimento de um país, o fornecimento confiável de energia elétrica passa por ferramentas de avaliação de desempenho, que se mostram de grande valia para o processo de gestão das funções de manutenção. No intuito de identificar na literatura internacional os aspectos passíveis de avaliação de desempenho vinculados à gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, foi desenvolvido por intermédio da ferramenta ProkNow-C um portfólio bibliográfico composto de 21 artigos com reconhecimento científico.Como importância para o presente trabalho de pesquisa, buscou-se correlacionar os aspectos de avaliação de desempenho consolidado pela literatura internacional com os critérios de avaliação de desempenho desenvolvidos pela metodologia Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA para o presente estudo de caso. Frente a um ambiente complexo, composto por muitos atores, compatível com o paradigma racionalista, cria-se a necessidade de mensurar o desempenho das funções de manutenção pela metodologia MCDA. ProkNow-C. Para tal, o presente trabalho de pesquisa configura um estudo de caso e visa a aplicação da metodologia MCDA para mensurar a gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João, sob concessão da Eletrosul.

Palavras-chave: Multi-criteria decision analysis (MCDA). ProKnow-C. Usinas hidrelétricas. Disponibilidade de geração.

ABSTRACT

Electric energy is a commodity from which society has generally become dependent. All the industrial developments designed, the automation processes, the computer science and the most diverse forms of communication depend on the energy supply. The creation of the most varied forms of communication and the facilities of modern life make society forgetful of all the installed infrastructure that begins with the Hydroelectric Power Plants, transmission lines and substations, that bring this energy to the homes, the institutions hospitals and industries. The availability and reliability aspects, especially of the Hydroelectric Power Plants, are extremely relevant factors considered by the entrepreneur in a complex environment composed of several actors. The technical emphasis on the aspects of availability and reliability are regulatory parameters, which required the stakeholders to dedicate themselves through planning and strategies for maintenance programs. The search for early failure detection and tracking of component wear has become crucial in this context. In Brazil, the stakeholders associated with the UHs are responsible for a regulatory framework from the National System Operator (ONS), the National Electricity Agency (ANEEL), the Energy Research Company (EPE) and the Electric Energy Trading Chamber (CCEE). degree of importance that the Electric Energy Sector imposes for the development of a country, the reliable supply of electrical energy passes through performance evaluation tools, which prove to be of great value for the process of maintenance functions management. to identify in the international literature the aspects that can be evaluated in relation to the maintenance management of hydroelectric power plants, a bibliographic portfolio composed of 21 articles with scientific recognition was developed through the ProkNow-C tool. As an important contribution to this research work, to correlate the evaluation aspects of d a performance consolidated by the international literature with the performance evaluation criteria developed by the Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA methodology for the present case study. Facing a complex environment, composed of many actors, compatible with the rationalist paradigm, it is necessary to measure the performance of the maintenance functions by the MCDA methodology. ProkNow-C. To this end, this research is a case study and aims to apply the MCDA methodology to measure the maintenance management of the Passo São João Hydroelectric Power Plant, under the concession of Eletrosul.

Keywods: Multi-criteria decision analysis (MCDA). ProKnow-C. Hydroelectric plants. Generation availability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 − Síntese do delineamento metodológico 31
Figura 2 − Resumo do procedimento sistemático da ferramenta *ProKnow-C* 40
Figura 3 − Operação dos processos estruturados do *Proknow*-C 42
Figura 4 − Processo de Seleção de eixos, palavras-chave e comando de busca ... 43
Figura 5 − Processo de Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB) 44
Figura 6 − Processo de Seleção dos Bancos de Dados (BD) 46
Figura 7 – Processo de filtragem e obtenção de reconhecimento científico 47
Figura 8 – Processo de filtragem de artigos 49
Figura 9 – Lentes da Análise Sistêmica 54
Figura 10 – As etapas da Metodologia MCDA 62
Figura 11 – Atores do processo decisório 63
Equação 1 – Método de agregação aditiva 71
Figura 12 – O caráter evolutivo da manutenção ao longo dos anos 76
Figura 13 – Categorização das falhas funcionais e potenciais sob a ótica da MCC 78
Figura 14 – Disposição das falhas ao longo do período operacional 79
Figura 15 – A classificação de falhas em contribuição à classificação de falhas na MCC 80
Figura 16 – O aprimoramento e a análise de criticidade associada ao FMEA 90
Figura 17 – Diagrama com a lógica detalhada da metodologia MCC 91
Figura 18 – Diagrama lógico detalhado do método FMECA 92
Equação 2 – Determinação do número de prioridade de risco 93
Equação 3 – Indicador de Disponibilidade de Unidades Geradoras 108
Equação 4 – Indicador de Disponibilidade das Funções Transmissão e Geração 109
Equação 5 – Indicador de Duração Média de Desligamento Forçado das Funções Transmissão e Geração (DMDFF) 109
Equação 6 – Frequência de Desligamentos Forçados das Funções Transmissão e Geração – FDFF 109
Equação 7 – Indisponibilidade Programada das Funções Transmissão e Geração 110
Equação 8 – Indicador de Indisponibilidade para Manutenção Programada de Unidades Geradoras 110
Equação 9 – Indicador da taxa de falhas para a geração 111

Equação 10 – Indicador da Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada..... 111
Equação 11 – Indicador da Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada 112
Figura 19 – Emissão de PSA e PSP 113
Figura 20 – Exemplo de EAP do planejamento para parada de máquina de quatro anos 118
Figura 21 – Estruturas da UH com maior ênfase em avaliação de desempenho do PB 141
Figura 22 – Componentes constitutivos da Usina Hidrelétrica Passo São João ... 198
Figura 23 – Comportas da Usina Hidrelétrica Passo São João 198
Figura 24 – Família de Pontos de Vista Fundamentais 207
Figura 25 – Mapa cognitivo do PVF 'Disponibilidade de Geração'..... 209
Figura 26 – Clusters e subclusters do PVF 'Disponibilidade de Geração' 211
Figura 27 – Estrutura Hierárquica de Valor (EHV) referente ao PVF Disponibilidade de Geração 212
Figura 28 – Descritores desenvolvidos para o PVF Disponibilidade de Geração 216
Figura 29 – PVEs utilizados para o teste de independência preferencial 218
Figura 30 – Par de Descritores utilizados para o teste de independência. 219
Figura 31 – Conjunto de alternativas possíveis para os descritores Manutenção Preventiva na UG-01 e Manutenção Corretiva na UG-02 219
Figura 32 – Alternativa A ordinalmente preferível à B 220
Figura 33 – Alternativa C ordinalmente preferível à alternativa D 220
Figura 34 – Características da Independência Preferencial Ordinal 1 221
Figura 35 – Alternativa A ordinalmente preferível à Alternativa B 222
Figura 36 – Alternativa C ordinalmente preferível à Alternativa D 222
Figura 37 – Independência Preferencial Ordinal 2 223
Figura 38 – Diferença de atratividade entre as alternativas A e C 224
Figura 39 – Diferença de atratividade entre as alternativas B e D 225
Figura 40 – Independência Preferencial Cardinal 1 225
Figura 41 – Diferença de atratividade entre as alternativas A e B 226
Figura 42 – Diferença de atratividade entre as alternativas C e D 226
Figura 43 – Independência Preferencial Cardinal 2 227
Figura 44 – A equivalência entre kj e Δ j 228

Figura 45 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Manutenção Preventiva no UG-01’ 230
Figura 46 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Manutenção Preventiva no UG-02’ 230
Figura 47 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Índice de Indisponibilidade’ 231
Figura 48 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Pedido de Serviço Periódico-UG-01’ 231
Figura 49 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Pedido de Serviço Periódico-UG-02’ 231
Figura 50 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Horas de Serviço’ 232
Figura 51 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Nº de horas de manutenção corretiva (HDF) da UG-01’ 232
Figura 52 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Nº de horas de manutenção corretiva (HDF) da UG-02’ 233
Figura 53 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Vertimento’ 233
Figura 54 – Descritores do PVF ‘Disponibilidade de Geração’ 234
Figura 55 – Determinação das taxas de compensação do PVF ‘Desligamentos Programados’ 242
Figura 56 – Elaboração das taxas de compensação para o PVF ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados (PSP) 243
Figura 57 – Disposição da comparação de alternativas 243
Figura 58 – Ordenação das alternativas do PVE ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados’ 244
Figura 59 – Matriz semântica de julgamentos referente ao PVE ‘Pedidos de Serviços Programados’ 244
Figura 60 – Normalização das escalas para a identificação das taxas de compensação do PVE ‘Pedidos de Serviço Programados’ 244
Figura 61 – Elaboração das taxas de compensação para o PVF ‘1.1.5 Manutenção Corretiva’ 245
Figura 62 – Disposição da comparação de alternativas 245
Figura 63 – Disposição da Matriz de Robert e matriz semântica de julgamentos 245
Figura 64 – Determinação das taxas de compensação para o PVF‘1.1 Disponibilidade de Geração’ 246

Figura 65 – Disposição da comparação de alternativas 247
Figura 66 – Disposição da Matriz de Robert e matriz semântica de julgamentos 248
Figura 67 – Taxas de compensação e statu quo do PVF ‘Disponibilidade de Geração´ 249
Figura 68 – Perfil de impacto do S*tatu Quo* para os PVFs do modelo..... 251

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 − Autores e coautores em relevância dispostos no PB 122
Gráfico 2 − Somatório do número de citações dos artigos constituintes no PB 126
Gráfico 3 − Autores do PB evidenciados em número de citações totais no Google Scholar 133
Gráfico 4 − Periódicos em destaque que publicaram os artigos do PB 134
Gráfico 5 − *Journals* destacados que caracterizam no Portfólio Básico 135
Gráfico 6 − Distribuição do lançamento de *Journals* entre 2008 e 2017 136
Gráfico 7 − Palavras-chave de maior incidência no PB 137
Gráfico 8 − Representatividade das palavras-chave evidenciadas frente aos eixos de pesquisa formulados 138
Gráfico 9 − Fontes de energia tomadas no PB para fins de avaliação de desempenho .. 139
Gráfico 10 − A abordagem da manutenção em usinas hidrelétricas segundo o PB 140
Gráfico 11 – Estruturas da UH com maior ênfase em avaliação de desempenho do PB. 141
Gráfico 12 – A identificação do tomador de decisão no ambiente da UH para o âmbito do PB 142
Gráfico 13 – Metodologias de Avaliação de Desempenho adotadas pelo PB 143
Gráfico 14 – Critérios quantitativos considerados pelos pesquisadores no PB 144
Gráfico 15 – Aspectos qualitativos considerados pelos pesquisadores no PB 144
Gráfico 16 – Caracterização da Lente 1: Abordagem 185
Gráfico 17 – Caracterização dos critérios e escalas de mensuração 186
Gráfico 18 – Classificação dos artigos do PB quanto ao uso do modelo 186
Gráfico 19 – Classificação dos artigos do PB quanto à apresentação de harmonia entre o uso do modelo e a abordagem empregada 187
Gráfico 20 – O contexto físico dos artigos do PB e a participação dos atores 189
Gráfico 21 – Participação do decisor na construção de conhecimento e no modelo 190
Gráfico 22 – Evidências de escala descritiva e nominal 190
Gráfico 23 – Evidências de escalas ordinais e cardinais no âmbito do PB 191
Gráfico 24 − Evidências de integração dos indicadores de desempenho sob a visão holística 192
Gráfico 25 − Identificação de recomendações de melhorias de gestão no PB 193
Gráfico 26 – Número de falhas absolutas por unidade geradora 200
Gráfico 27 – Número de falhas por sistema para a UHPJ em 2016 201

Gráfico 28 – Número de falhas por sistema, referida à unidade UG1 para a UHPJ em 2016 201
Gráfico 29 – Número de falhas por sistema, referida à unidade UG2 para a UHPJ em 2016 202
Gráfico 30 – Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Disponibilidade de Geração 236
Gráfico 31 – Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Elétrica 237
Gráfico 32 – Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Mecânica 237
Gráfico 33 – Correlação entre os aspectos de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Civil 238
Gráfico 34 – Correlação dos aspectos de avaliação de desempenho do PB com os descritores do PVF Gestão Ambiental 239

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 − Patamares de disponibilidade da Usina Hidroelétrica Passo São João em 2016 29
Quadro 2 – Patamares de disponibilidade da Usina Hidroelétrica Passo São João em 2017 29
Quadro 3 – Relação entre a abordagem do problema e os objetivos específicos 33
Quadro 4 − Seleção dos artigos do BD 46
Quadro 5 – Artigos Constitutivos do Portfólio Bibliográfico..... 50
Quadro 6 – Propósito das lentes no âmbito da Análise Sistêmica 55
Quadro 7 – Averiguação da harmonia entre a abordagem e o uso do modelo 57
Quadro 8 – As seis propriedades das escalas de mensuração, segundo Keeney (1992) . 67
Quadro 9 – Matriz de julgamento semântico 70
Quadro 10 – Definições de avaliação de desempenho, identificadas em Franco-Santos et al. (2007) 83
Quadro 11 – Características básicas entre o FMEA e FTA 87
Quadro 12 – Critério de ocorrência atribuído à metodologia FMECA 94
Quadro 13 – Critério de severidade (S) atribuído à metodologia FMECA 94
Quadro 14 – Critério de detectabilidade (D) atribuído à metodologia FMECA 95
Quadro 15 – Critério de criticidade (C) atribuído à metodologia FMECA 95
Quadro 16 – Critérios de avaliação de desempenho para a manutenção de UHs 102
Quadro 17 – Periodicidades e tolerâncias para manutenção preventiva nas usinas da Eletrosul 115
Quadro 18 – Indisponibilidades programadas dispostas na Portaria MME nº 484/2014 116
Quadro 19 – Prazos recomendados para elaboração do plano de parada 117
Quadro 20 – Relação de artigos constitutivos do PB 127
Quadro 21 – Aspectos passíveis de mensuração do PB para os artigos em que o tema destacado é a manutenção de usinas hidrelétricas 130
Quadro 22 – Abordagem dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho, tomados como relevantes pelos pesquisadores do PB, para a implementação de políticas energéticas 131
Quadro 23 –Aspectos passíveis de avaliação de desempenho da estrutura de projetos de uma usina hidrelétrica, com os quais facilitam a gestão de manutenção e operação de uma usina hidrelétrica 132

Quadro 24 – Metodologias de avaliação de desempenho identificadas no PB 180
Quadro 25 – Afiliação teórica expressa conforme a lente 1 195
Quadro 26 – Os atores envolvidos no processo de manutenção da UHE Passo São João 204
Quadro 27 – Formulação dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs) 206
Quadro 28 – PVE 1.1.1.3.1 designado pelo número Pedido de serviços Programados para a unidade geradora 01 (UG-01) em um ano 214
Quadro 29 – Recomendações de plano de manutenção preventiva aplicável à UG-02 .. 253
Quadro 30 – Recomendações para acrescer o período de operação da UHPJ 254
Quadro 31 – Recomendações para as incidências de motorização aplicável à UG-02 .. 255
Quadro 32 – Recomendações para os problemas de pressão da UHLM 256
Quadro 33 – Recomendações para os problemas de acionamento do solenoide 257
Quadro 34 – Recomendações para os problemas de relacionamento pessoal do corpo técnico 258
Quadro 35 – Recomendações para os ensaios de simulação de acidentes 259
Quadro 36 – Recomendações para os treinamentos de danos ambientais por ação da usina 260
Quadro 37 – Formulação dos elementos primários de avaliação (EPAS) 287

LISTA DE SIGLAS

ACB – Análise de Custo-benefício

ACV – Avaliação do Ciclo de Vida

ACVUE – Avaliação do Ciclo de Vida Útil dos Equipamentos

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

ANP – *Analytic Network Process*

BDT – Base de Dados Técnica

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBA – *Cost Benefit Analysis*

CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

DEA – *Data Envelopment Analysis*

DEMATEL – *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory*

DEMG – Divisão de Engenharia de Manutenção da Geração

DMDFF – Duração Média de Desligamento Forçado das Funções

EAP – Estrutura Analítica de Projeto

EHV – Estrutura Hierárquica de Valor

ELECTRE – *Elimination and Choice Translating Reality*

EPAs – Elementos Primários de Avaliação

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

FDFF – Frequência de Desligamentos Forçados das Funções

FLC - Fuzzy Logic Controller

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

FMCA – *Failure Modes and Effects Criticality Analysis*

FSI – *Functionally Significant Item*

FTA – *Failure Tree Analysis*

GF – Garantia Física

GFa – Garantia Física Apurada

IC – Índice de Continuidade

IEEE – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*

INDISPMPGT – Indisponibilidade para Manutenção Programada de Unidades Geradoras

IP – Indisponibilidade Programada

ITU – Universidade Técnica de Istambul

I & C – Instrumentação e Controle

kV – Nível de tensão em Kilovolts

LCA – L*ife Cycle Assessment*

MACBETH – Medir Atratividade por uma Técnica de Avaliação Baseada em Dados Categóricos

MAUT – *Multi-attribute Utility Theory*

MACBETH – *Measuring Attractiviness by a Categorical Evaluation Technique.*

MCC – Manutenção Centrada em Confiabilidade

MCDA – *Multi-Criteria Decision Analysis*

MCDM – *Multiple Criteria Decision-Making*

MCDA-C − Multicritério para Apoio à Decisão Construtivista

MP – Manutenção Preventiva

MRA – Mecanismo de Redução de Energia Assegurada

MRE – Mecanismo de Realocação de Energia

MTTF – *Mean Time to Failure*

MTTR – *Mean Time to Repair*

MW – Potência instalada (Megawatt)

MWh – Energia produzida por uma usina hidrelétrica

O&M – Operação e Manutenção

ONS – Operador Nacional do Sistema

PB – Portfólio Bibliográfico

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

ProKnow-C − Knowledge Development Process Constructivist

PROMETHEE – Método de Organização de Ranking de Preferência para Avaliação de Enriquecimento

PSA – Pedidos de Serviços Aperiódicos

PSP – Pedido de Serviço Periódico

PVF – Pontos de Vista Fundamentais

RCM – *Reliability Centred Maintenance*

RETs – *Renewable Energy Technologies*

RPN – Risk Priority Number

SciELO – *Scientific Electronic Library Online*

SIN – Sistema Interligado Nacional

SNISB – Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens

SPELL – *Scientific Periodicals Electronic Library*

TEIF – Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada

TEIFa – Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada apurada

TEIP – Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada

TOPSIS – *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

TSA - Tabu Search Algorithm

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UG1 – Unidade Geradora 1

UG2 – Unidade Geradora 2

UH – Usina Hidrelétrica

UHE – Usina hidrelétrica com potencial superior a 30 megawatts de potência instalada

UHPJ – Usina Hidrelétrica Passo São João

UHs – Usinas Hidrelétricas

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

WSM – *Weighted Sum Method*

RESUMO

A energia elétrica é um bem do qual a sociedade, de uma forma geral, tornou-se dependente. Toda a evolução industrial concebida, os processos de automatização, a informática e as mais diversas formas de comunicação dependem do fornecimento energético. A criação das mais variadas formas de comunicação e as facilidades da vida moderna fazem com que a sociedade entre em esquecimento de toda a infraestrutura montada que se inicia pelas Usinas Hidrelétricas, linhas de transmissão e subestações, que trazem esta energia até os lares, as instituições públicas, os hospitais e as indústrias. Os aspectos da disponibilidade e confiabilidade, em especial das Usinas Hidrelétricas, são fatores de extrema relevância, considerados pelo empreendedor em um ambiente complexo composto por vários atores. A ênfase técnica aos aspectos da disponibilidade e confiabilidade são parâmetros de ordem regulatória, dos quais exigiu dos stakeholders a dedicação por intermédio de planejamento e estratégias para os programas de manutenção. A busca para a detecção precoce de falhas e acompanhamento do desgaste de componentes tornou-se crucial neste contexto. No Brasil, os stakeholders associados às UHs respondem por um arcabouço regulatório oriundo do Operador Nacional do Sistema (ONS), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, Empresa de Pesquisa Energética – EPE e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). Consoante ao grau de importância que o Setor de Energia Elétrica impõe para o desenvolvimento de um país, o fornecimento confiável de energia elétrica passa por ferramentas de avaliação de desempenho, que se mostram de grande valia para o processo de gestão das funções de manutenção. No intuito de identificar na literatura internacional os aspectos passíveis de avaliação de desempenho vinculados à gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, foi desenvolvido por intermédio da ferramenta ProkNow-C um portfólio bibliográfico composto de 21 artigos com reconhecimento científico.Como importância para o presente trabalho de pesquisa, buscou-se correlacionar os aspectos de avaliação de desempenho consolidado pela literatura internacional com os critérios de avaliação de desempenho desenvolvidos pela metodologia Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA para o presente estudo de caso. Frente a um ambiente complexo, composto por muitos atores, compatível com o paradigma racionalista, cria-se a necessidade de mensurar o desempenho das funções de manutenção pela metodologia MCDA. ProkNow-C. Para tal, o presente trabalho de pesquisa configura um estudo de caso e visa a aplicação da metodologia MCDA para mensurar a gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João, sob concessão da Eletrosul.

Palavras-chave: Multi-Criteria Decision Analysis-MCDA. ProkNow-C. Usinas hidrelétricas. Disponibilidade de geração.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 20
1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA 25
1.1.1 Objetivo Geral 25
1.1.2 Objetivos Específicos 25
1.2 JUSTIFICATIVAS 26
1.2.1 Importância 27
1.2.2 Viabilidade 28
1.3 ORDENAÇÃO DO TRABALHO 29
2 METODOLOGIA DE PESQUISA 30
2.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO 30
2.1.1 Abordagem da Pesquisa 31
2.1.1.1 A Abordagem da Pesquisa no Âmbito da Metodologia Científica 31
2.1.1.2 O Contexto da Abordagem para este Trabalho de Pesquisa 33
2.1.2 Paradigma Científico 34
2.1.3 Objetivos da Pesquisa 35
2.1.4 Coleta de Dados 35
2.2 KNOWLEDGE DEVELOPMENT PROCESS – CONSTRUCTIVIST (PROKNOW-C) 37
2.2.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB) 42
2.2.2 Teste de Representatividade do Portfólio Bibliográfico 49
2.2.3 Análise Bibliométrica 53
2.2.4 Análise Sistêmica 53
2.2.4.1 Lente Abordagem 56
2.2.4.2 Lente Singularidade 57
2.2.4.3 Lente do Processo para Identificar Objetivos e Expandir os Conhecimentos do Decisor.. 58
2.2.4.4 Lente Mensuração 58
2.2.4.5 Lente Integração 59
2.2.4.6 Lente Gestão 60
2.3 METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO − MCDA 60
2.3.1 A Fase de Estruturação 62
2.3.2 A Fase de Avaliação 66
2.3.2.1 A Construção das Funções de Valor 68

2.3.3 A Fase de Recomendações 72
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 75
3.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO 75
3.1.2 Definições de Avaliação de Desempenho 82
3.2 A MANUTENÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS PELA METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE 84
3.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE USINAS HIDROELÉTRICAS, SEGUNDO A LITERATURA 97
3.4 AS PREMISSAS DE CUNHO REGULATÓRIO PARA AS USINAS HIDRELÉTRICAS 106
3.4.1 Responsabilidade do Operador Nacional do Sistema (ONS) 108
3.4.2 Indicadores de Desempenho das Funções de Geração 108
3.5 AS PREMISSAS DE MANUTENÇÃO DA ELETROSUL 113
3.5.1 Manutenção Preventiva para Classe U − Usinas 114
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA 120
4.1 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA 120
4.1.1 Artigos de Maior Destaque 121
4.1.2 Autores de Menor Destaque 124
4.1.3 Periódicos de Maior Relevância 133
4.1.4 Palavras-chave de Destaque 137
4.1.5 Outras Variáveis Importantes do PB 138
4.1.6 Análise Bibliométrica − Considerações Finais 145
4.2 ANÁLISE SISTÊMICA DA LITERATURA 148
4.2.1 Caracterização dos Artigos 149
4.2.1.1 Caracterização do Primeiro Artigo 149
4.2.2 Caracterização do Segundo Artigo 150
4.2.3 Caracterização do Terceiro Artigo 152
4.2.4 Caracterização do Quarto Artigo 155
4.2.5 Caracterização do Quinto Artigo 156
4.2.6 Caracterização do Sexto Artigo 158
4.2.7 Caracterização do Sétimo Artigo 159
4.2.8 Caracterização do Oitavo Artigo 160
4.2.9 Caracterização do Nono Artigo 162
4.2.10 Caracterização do Décimo Artigo 163

4.2.11 Caracterização do Décimo Primeiro Artigo **164**
4.2.12 Caracterização do Décimo Segundo Artigo **165**
4.2.13 Caracterização do Décimo Terceiro Artigo **167**
4.2.14 Caracterização do Décimo Quarto Artigo **168**
4.2.15 Caracterização do Décimo Quinto Artigo **170**
4.2.16 Caracterização do Décimo Sexto Artigo **171**
4.2.17 Caracterização do Décimo Sétimo Artigo **172**
4.2.18 Caracterização do Décimo Oitavo Artigo **173**
4.2.19 Caracterização do Décimo Nono Artigo **174**
4.2.20 Caracterização do Vigésimo Artigo **176**
4.2.21 Caracterização do Vigésimo Primeiro Artigo **177**
A METODOLOGIA MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS - **181**
4.3 RESULTADOS DA ANÁLISE SISTÊMICA 183
4.3.1 Lente 1 − Abordagem **183**
4.3.2 Lente 2 – Singularidade **188**
4.3.3 Lente 3 – Processo para Identificar **189**
4.3.4 Lente 4 – Mensuração **190**
4.3.5 Lente 5 – Integração **192**
4.3.6 Lente 6 – Gestão **193**
5 ANÁLISE DOS RESULTADOS **196**
5.1 FASE DE ESTRUTURAÇÃO 196
5.2 CARACTERIZAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO 196
5.2.1 Caracterização das Competências de Manutenção da Geração **199**
5.2.2 Contextualização, Atores e Rótulo do Problema **200**
5.2.3 Elementos Primários de Avaliação, Configuração dos Conceitos e Áreas de Preocupação **205**
5.2.4 A Construção dos Descritores para o Modelo **212**
5.3 FASE DE AVALIAÇÃO 217
5.3.1 Análise de Independência dos Descritores **217**
5.3.1.1 Independência Preferencial Ordinal - IPO 218
5.3.1.2 Independência Preferencial Cardinal - IPC 224
5.3.2 Construção das funções de valor **229**
5.3.3 Correlação Entre os Descritores e os Aspectos Passíveis de Avaliação de Desempenho do PB **235**

5.3.4 Caracterização das Taxas de Compensação 239
5.3.5 Identificação do Perfil de Impacto para as Alternativas e Avaliação Global para o Modelo 248
5.4 FASE DE RECOMENDAÇÕES 252
6 CONCLUSÃO 265
REFERÊNCIAS 270
APÊNDICE A – FORMULAÇÃO DOS ELEMENTOS PRIMÁRIOS DE AVALIAÇÃO (EPAS) 287
APÊNDICE B - MAPA COGNITIVO CONSTRUÍDO PARA OS DEMAIS PVFS 297
APÊNDICE C - APRESENTAÇÃO DOS CLUSTERS E SUBCLUSTERS DOS DEMAIS PVFS 303
APÊNDICE D - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE VALOR DOS DEMAIS PVFS 309
APÊNDICE E - APRESENTAÇÃO DOS DESCRITORES AOS DEMAIS PVFS 315
APÊNDICE F – MATRIZ JUÍZO DE VALOR PARA OS PVFS 321
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA) 344
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA) 348
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL) 352
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO DE RH) 356
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO) 359
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO AMBIENTAL) 363
APÊNDICE H – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS GLOBAIS 393

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um bem do qual a sociedade, de uma forma geral, tornou-se dependente. Toda a evolução industrial concebida, os processos de automatização, a informática e as mais diversas formas de comunicação dependem do fornecimento energético.

A criação das mais variadas formas de comunicação e as facilidades da vida moderna fazem-nos esquecer de toda a estrutura montada desde as fontes geradoras, sobretudo às Usinas Hidrelétricas, linhas de transmissão e subestações que trazem esta energia até os lares, as instituições públicas, os hospitais e as indústrias.

Perante o contexto da disponibilidade e a confiabilidade energética, a sociedade conta com um bem, do qual não percebe a infraestrutura e as estratégias para que se tenha um bem constante e de qualidade.

A ausência ou insegurança com relação à disponibilidade de energia elétrica leva a sociedade a um processo introspectivo, permitindo perceber o quanto somos dependentes deste bem, o qual faz prosperar a economia e a sociedade dos países. (WANG et al., 2014).

Os aspectos da disponibilidade e confiabilidade, em especial das Usinas Hidrelétricas (UHs), são fatores de extrema relevância considerados pelo empreendedor. (KAHRAMAN; KAYA, 2010).

A oferta de energia sustentável, definida como ininterrupta, confiável, eficiente, econômica e ambientalmente correta, a geração de eletricidade é o principal objetivo das usinas de geração de energia elétrica. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

A ênfase técnica aos aspectos da disponibilidade e confiabilidade exigiu a detecção precoce dos defeitos, portanto, tornou-se crucial para a prevenção de danos, além dos danos secundários, afetos a outros equipamentos ou até mesmo na falha associada de um grande sistema poderá ser desencadeada. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Consoante ao raciocínio dos pesquisadores Yssaad, Khiat e Chaker (2014), os diversos sistemas instalados nas UHs devem, portanto, ser capazes de fornecer eletricidade aos clientes com um alto grau de confiabilidade, desde que sejam economicamente viáveis para seus clientes. Estes sistemas requerem eficientes estruturas de manutenção.

Özcan, Ünlüsoy e Eren (2017) informam que, na direção contrária da pretendida viabilidade do fornecimento energético, os processos de manutenção são extremamente onerosos, referindo-se aos valores envolvidos na contratação de mão de obra, materiais sobressalentes, além do período das perdas de geração. Em busca da viabilidade do fornecimento energético aos clientes, a seleção das estratégias mais adequadas de manutenção

é um problema crucial de otimização das usinas hidrelétricas. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Buscando esta viabilidade técnica e econômica, o processo de Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* – RCM) foi desenvolvido pela indústria aeronáutica nos anos 60 para organizar a crescente necessidade de manutenção, em que os objetivos seriam de reduzir custos sem reduzir os aspectos associados à segurança, confiabilidade e disponibilidade. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Com os propósitos de satisfazer a estas características, os programas de manutenção preventiva visam a mitigar ou eliminar as consequências das falhas nos sistemas elétricos e mecânicos, com objetivos de acompanhar o grau de desgaste dos equipamentos e substituí-los de forma antecipada à sua falha, incluindo-se revisões parciais ou completas em períodos específicos. (MAZUMDAR; ROY; ADHIKARY, 2014).

Congruente aos entendimentos destes pesquisadores, estrategicamente, as manutenções preventivas são antecipadas, de planejamento de suprimento, estudos dos roteiros de manutenção, programação das atividades, ferramental, estrutura de equipe e trâmites com os órgãos reguladores.

No âmbito do conceito da física e da matemática, tais fatores fundamentam o planejamento e os processos de manutenções, preventivas e corretivas das usinas hidrelétricas, focando-se nos parâmetros de desempenho, operação e custos associados à operação e manutenção. (ELBATRAN et al., 2015).

O cuidado e a especificidade tomados pelas equipes de manutenção são para manter o equipamento e as instalações em condições operacionais satisfatórias por intermédio da execução de inspeções, detecção e correções sistemáticas de falhas incipientes ou preventivamente, antes que elas ocorram ou antes que elas desenvolvam grandes defeitos. (MAZUMDAR; ROY; ADHIKARY, 2012).

A estratégia de manutenção inclui testes, medições, ajustes e substituição de componentes, cuja realização objetiva evitar que falhas ocorram nas estruturas eletromecânicas nos diversos setores operacionais das UHs (MAZUMDAR; ROY; ADHIKARY, 2012).

Associado às preocupações dos *stakeholders* e às necessidades de otimização dos processos de manutenção, as equipes registram anomalias e atuam em estratégias de planejamento para que, em uma única intervenção, com parada de geração, sejam desenvolvidas várias frentes de trabalho para executar os serviços de manutenção, condicionados à parada de geração, conferindo a esta equipe a *expertise* da execução de seus trabalhos. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Em uma breve análise é compreendido que há a liberdade dos *stakeholders*, empreendedores do setor, em desenvolver suas rotinas de manutenção, porém há a necessidade de protocolos de manutenção entre o empreendedor e os agentes reguladores, em que o período de indisponibilidade é monitorado pela regulação. (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014).

No Brasil, os *stakeholders* associados às UHs respondem por um arcabouço regulatório oriundo do Operador Nacional do Sistema (ONS), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), da estrutura da ANEEL desenvolvida em nível estadual para apoio e desenvolvimento dos aspectos ligados à geração de cada estado da federação e da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

O ONS destaca-se como órgão responsável pela gestão do despacho energético a partir das fontes geradoras, passando por linhas de transmissão e subestações. As normativas do ONS preconizadas aos *stakeholders* do setor se dão por intermédio dos procedimentos de rede, dos quais expressam normativas e geram critérios de avaliação de desempenho das funções de transmissão e geração do setor energético.

Por meio do documento normativo intitulado Procedimento de Rede, o ONS, expressa no Submódulo 25.8 Indicadores de desempenho de equipamentos e linha de transmissão e das funções de transmissão e geração. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO, 2016, p. 20). Esta normativa estabelece as técnicas para mensuração de disponibilidade por equações, em que estão estabelecidos os seguintes indicadores de desempenho: i) Disponibilidade das Funções de Geração, ii) Duração Média de Desligamento Forçado das Funções de Geração, iii) Frequência de Desligamento das Funções de Geração, iv) Indisponibilidade Programada das Funções de Geração, v) Indisponibilidade Forçada das Funções de Geração, vi) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada apurada (TEIFa), e vii) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada (TEIP). Respectivamente, a TEIP e a TEIFa referenciam-se a taxas de indisponibilidades decorrentes dos processos de manutenção preventiva e manutenção corretiva. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014, p. 07).

Por sua vez, a ANEEL, por intermédio de Resoluções Normativas, estipula suas diretrizes em forma de regimento, a ser seguido pelos agentes geradores de energia elétrica, entre eles os empreendedores de UHs.

A Resolução Normativa ANEEL n 614/2014 dispões acerca do cálculo e da aplicação das indisponibilidades de fontes geradoras de energia elétrica, entre elas as usinas hidrelétricas, nas quais o número de horas de desligamento forçado e programado são

respectivamente decorrentes dos períodos de intervenção inerentes às manutenções corretivas e preventivas. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014, p. 07).

Conforme preconizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2017), a Garantia Física (GF) determina a quantidade de energia que um equipamento de geração consegue suprir, dado um critério de suprimento definido.

O lastro energético de uma usina hidrelétrica, com o qual deve ser computada a honradez dos patamares energéticos fixados nos contratos entre os stakeholders e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, é dependente dos patamares de Garantia Física apurada (GFa), frente à garantia física (GF) definida em contrato de comercialização de energia. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2014, p. 07).

Pode-se compreender que, em meio a estas normativas e pelo arcabouço regulatório, em que pesa a responsabilidade do empreendedor de usinas hidrelétricas, é de suma importância que o número de horas de operação comercial da UH seja elevado. Este raciocínio remete ao planejamento estratégico para as intervenções de manutenção, seja por intermédio de manutenção preventiva e até mesmo manutenção corretiva.

Conforme preconiza o ONS, a cada cinco anos ocorre uma revisão ordinária de Garantia Física, o que intensifica os interesses do empreendedor pelo aspecto da disponibilidade e menores períodos de manutenção.

Conforme a revisão da literatura internacional, foi observado que os pesquisadores abordaram a avaliação de desempenho associada às usinas hidrelétricas sob três ênfases ou critérios diferentes, quais sejam: i) gestão de avaliação de desempenho para adoção de políticas energéticas de um dado país, em conformidade às suas competências associadas às fontes primárias para a geração de energia e abordando-se o tema manutenção como um critério de importância; ii) avaliação de desempenho acerca do arranjo de uma usina hidrelétrica, em que são avaliadas a altura de queda, potencial hidráulico e tipo de turbina hidráulica, que, em um dado contexto, apresenta um melhor desempenho, além dos materiais de engenharia de materiais que pode-se associar, visando à otimização de performance, e iii) avaliação de desempenho da gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, conforme estratégias e metodologias aplicadas de manutenção.

Sob esta última perspectiva de abordagem, foram observados critérios relacionados à disponibilidade das usinas hidroelétricas, que interferem diretamente no processo de manutenção: i) operação crítica, ii) severidade da falha, iii) período de vida útil de equipamentos, iv) energia demandada, v) custo da geração de energia, vi) período de falha, vii) redução de carga, viii) período de resolução do problema, ix) custo das manutenções

preventivas e corretivas, x) frequência com que ocorrem os desligamentos, xi) taxa de falhas, xii) período de permanência da falha e xiii) criticidade da falha. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2017).

Conforme ao raciocínio de Ertay, Kahraman e Kaya (2012), existem várias metodologias de tomada de decisão desenvolvidas por pesquisas disponíveis na literatura, com ênfase na avaliação da manutenção de UHs.

Ainda sob os conceitos destes pesquisadores, entre os métodos multicritério utilizados para a tomada de decisão em investimentos em energias renováveis, tem-se a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Analytic Network Process* (ANP), PROMETHEE, ELECTRE, um híbrido de ELECTRE III e PROMETHEE II, além da metodologia *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS).

Os ativos de geração de energia elétrica, sobretudo das usinas hidroelétricas, contam com um contexto de um ambiente em que os requisitos técnicos, associados à evolução tecnológica e diversos níveis de interesses e valores, constituem um ambiente complexo e desafiador para a tomada de decisão, buscando-se a compatibilidade com as metodologias de avaliação de desempenho apropriada aos objetivos dos stakeholders. (KAHRAMAN; KAIA, 2010).

Entre as metodologias Multicritério de avaliação de desempenho disponíveis para a análise de gestão de energia, a Lógica Fuzzy utiliza avaliações subjetivas de importância convertida em um conjunto de pontuações gerais (taxa de compensação), organizando desta forma a estrutura do problema em um processo hierarquizado. (MAZUMDAR; ROY; ADHIKARY, 2012).

Mesmo envolvendo um contexto subjetivo, voltado à avaliação da manutenção, o gestor de uma UH não possui flexibilidade para escolher as estratégias mais adequadas de manutenção, já que as normativas de ordem regulatória e as prescrições dos modos de operação são previamente definidas por normativas e fixadas pelo Agente Regulador.

Outrossim, é compreensível que a vida útil esperada por equipamento siga às expectativas prescritas previamente pelos fornecedores de equipamentos, premissas que precisam ser seguidas para manter-se a disponibilidade e confiabilidade até a chegada do fim de ciclo do componente. (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016).

Neste cenário complexo que compete a um gestor buscar os melhores índices de disponibilidade de usinas hidrelétricas, associado às estratégias de manutenção, torna-se instigante a proposição e implementação de metodologias que subsidiem o processo de tomada

de decisão mais próximo do contexto com que uma UH está inserida. (KUMAR; SINGAL, 2015).

Em um contexto que visa a aproximar a teoria dos problemas realísticos, ainda que suscetível as limitações intrínsecas de um determinado modelo, esta busca da fidelidade figura como uma simplificação da realidade para a gestão de manutenção de usinas hidrelétricas.

No que tange à análise dos critérios de avaliação de desempenho oriundos da revisão da literatura e das normativas regulatórias brasileiras, pode-se observar que há uma similaridade destes critérios, dos quais os modelos buscam conceder o caráter realístico. Esta similaridade é perceptível em qualquer contexto, pois as normativas regulatórias e os problemas de manutenção de usinas hidrelétricas replicam sob uma mesma ótica, em que são priorizadas as manutenções preventivas, decorrendo destas os fatores de disponibilidade e confiabilidade de geração de energia elétrica. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2014). Assim, a resolução de problemas inerentes à manutenção de usinas hidroelétricas envolve abordagens realistas.

Diante do contexto apresentado, tem-se como pergunta de pesquisa: quais critérios devem ser considerados na construção de um modelo de avaliação de desempenho voltado à gestão de manutenção da Usina Hidroelétrica Passo São João, para garantir a máxima disponibilidade energética da UH?

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo Geral

Com o propósito de responder à indagação apresentada, tem-se como objetivo construir um modelo de avaliação de desempenho da gestão de manutenção da Usina Hidroelétrica Passo São João, fundamentado na Metodologia *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA).

1.1.2 Objetivos Específicos

Para que se possa alcançar o objetivo geral firmado, a propositura dos objetivos específicos consiste em:

a) Proceder o mapeamento da literatura científica internacional sobre o tema gestão da manutenção, por meio de um processo estruturado, que contemple a análise bibliométrica e sistêmica de um PB com relevância e reconhecimento científicos.

b) Identificar na literatura científica quanto a manutenção de usinas hidrelétricas os aspectos que possibilitam a sua avaliação, dispondo ao facilitador a possibilidade de relacioná-los com as suas preocupações expressas quando das entrevistas desenvolvidas junto ao gestor da Usina Hidrelétrica Passo São João.
c) Estruturar os aspectos passíveis de avaliação de desempenho e organizá-los por meio de escalas ordinais e cardinais, mensurando o perfil de desempenho (*status quo*) da usina investigada.
d) Propor recomendações de melhoria de desempenho por meio de um processo estruturado, a partir do perfil de desempenho da usina.

Devido aos aspectos regulatórios com que regem a gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, cabe destacar dos aspectos racionalistas que envolvem este trabalho de pesquisa, o que justifica a metodologia utilizada, distinguindo-a conceitualmente das metodologias construtivistas. Fundamentado este aspecto, a metodologia aplicada neste trabalho de pesquisa é um impeditivo para base de estudos de outros trabalhos de pesquisa, relacionados à Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C).

1.2 JUSTIFICATIVAS

Normalmente, os problemas de falha de maquinário e equipamentos são amplas fontes de custos de manutenção expressivos e do período de indisponibilidade em toda a cadeia industrial. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Conforme conceitos destes pesquisadores, o principal objetivo da área de manutenção é manter os equipamentos, as máquinas e instalações em bom estado de funcionamento e evitar falhas e perdas de produção. Se a área organiza um programa de manutenção preditiva, esses objetivos, bem como os benefícios associados aos custos, podem ser alcançados, enquanto a informação precisa na hora certa é um aspecto crucial de um regime de manutenção. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Como justificativa em caráter prático e estratégico, há de ser realizado um estudo das panes intermitentes que ocorram em até poucas horas e que não se obtenha, até então, registros do acompanhamento, tão pouco da frequência com que estas panes ocorram, nem dos sistemas afetados por elas. (ROY; ADHIKARY; MAZUMDAR, 2014).

No âmbito da gestão de manutenção de usinas hidrelétricas da Eletrosul, há carências no fechamento dos Pedidos de Serviços Periódicos (PSP), referente aos processos de

manutenção preventiva, para fins de detalhamento e fundamentação das manutenções. A mesma analogia foi observada a partir da abertura dos Pedidos de Serviços Aperiódicos (PSA), que são abertos para um estudo detalhado pela área de engenharia, onde tem-se a necessidade de identificar as motivações de panes, sendo perceptível a carência de registros no fechamento dos processos de manutenção.

Uma análise investigativa que identifique a periodicidade de panes por sistema é requerida dentro das estratégias e dos objetivos da manutenção.

A frequência com que ocorre as manutenções preventivas (Pedidos de Serviço Periódico – PSP) dos equipamentos e sistemas, que um gestor de usina hidrelétrica considera deve seguir o ciclo de vida de cada equipamento, como uma estratégia do processo de manutenção. (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016). Nesse sentido, ainda não há registros do acompanhamento do grau de desgaste dos equipamentos ou sistemas que compõem a Usina Hidrelétrica Passo São João.

Dentro do racionalismo que compete ao processo de manutenção, torna-se relevante seguir os aspectos da otimização de tarefas, para que haja a concentração de serviços que requeiram parada de geração, uma vez que poderão ser executados de forma simultânea, configurando importante estratégia para combater os períodos de indisponibilidades de geração de energia elétrica. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Congruente a Ensslim (2001), para os problemas em que são requeridas técnicas Multicritério de Tomada de Decisão (MCDA), torna-se necessário definir com clareza as regras de trabalho a serem utilizadas. No âmbito destas regras há a definição do que é válido realizar, quais metodologias podem ser utilizadas e quais os problemas são passíveis de resolução, perante aos objetivos que se deseja alcançar, assim como da interpretação das preocupações oriundas de uma organização, das quais são identificadas por um gestor.

1.2.1 Importância

As contribuições teóricas e práticas constituem um ambiente em relevância muito considerado na gestão de manutenção de usinas hidroelétricas.

No que consiste ao aspecto teórico, a revisão do fragmento da literatura constitui contribuições de extrema relevância para a avaliação de desempenho na gestão de manutenção de usinas hidroelétricas.

No que se refere ao aspecto prático, denotando-se passado recente com que foi privatizado o parque gerador da Eletrosul, o retorno da Companhia a investir em

empreendimentos de geração requereu o retorno da gestão de manutenção de quatro novas UHs, com as quais a empresa se desdobra em esforços, recompondo a sua *expertise,* para atender à região sul do Brasil e ao Estado do Mato Grosso do Sul.

Sob este novo contexto, imbuída a novos desafios e sob os olhos de uma estrutura regulatória complexa, a empresa acresce seu grau de importância tanto pelo aprendizado de construir novas usinas hidrelétricas, como no *know-how* da gestão destes ativos, partindo-se de um corpo técnico renovado e sob o contexto da implementação de novas políticas de manutenção.

1.2.2 Viabilidade

A viabilidade figura em um primeiro instante pela faculdade para a resolução de problemas demonstrados pelos instrumentos de pesquisa, cuja seleção propiciou a realização deste trabalho de pesquisa. (BANA e COSTA *et al.,* 1999).

Torna-se significativo neste processo, dado o tema da pesquisa, a disponibilidade de acesso de repositórios nacionais e internacionais, que abordem o fragmento da literatura e que possam respaldar o presente trabalho de pesquisa.

A disponibilidade das publicações científicas se dá por meio do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), em que a Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL) detém o acesso por franquia formalizada.

De forma a facilitar o trabalho de pesquisa, é desejável que o autor tenha conhecimento do processo relacionado ao tema pesquisado e que tenha amplo acesso aos dados obtidos da gestão de manutenção de usinas hidroelétricas.

Na qualidade de funcionário da Empresa Eletrosul Centrais Elétricas S.A., atuante no Departamento de Manutenção, é factível que o autor (facilitador) tenha pleno acesso aos atores que competem a este trabalho de pesquisa, assim como na documentação que diz respeito aos processos e às programações dos trabalhos de manutenções preventivas e corretivas.

Conforme o interesse do gestor em atuar na construção de um modelo de avaliação de desempenho na gestão de manutenção de usinas hidroelétricas, o facilitador atua no processo absorvendo conhecimentos para desenvolver um estudo de caso. Torna-se significativa a importância que este tenha pleno acesso aos atores envolvidos no processo e que estes tenham participação para melhor desenvolvimento do modelo.

Entre os índices de desempenho aplicados atualmente por processos ontológicos, ressalta-se os índices de disponibilidade da Usina Hidroelétrica Passo São João.

Abaixo, os Quadros 01 e 02 expressam, respectivamente, os patamares de disponibilidade registrados em 2016 e 2017.

Quadro 1 – Patamares de disponibilidade da Usina Hidroelétrica Passo São João em 2016

DISPONIBILIDADE DA USINA HIDROELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO (%) EM 2016												
UN.	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
UG 1	99,56	100	100	99,99	100	99,96	99,98	99,68	100	99,61	97,14	99
UG 2	99,67	99,62	87,85	40,85	100	100	99,98	100	100	99,98	97,87	99

Fonte: Elaboração do autor (2017).

Quadro 2 – Patamares de disponibilidade da Usina Hidroelétrica Passo São João em 2017

DISPONIBILIDADE DA USINA HIDROELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO (%) EM 2017												
UN.	**JAN**	**FEV**	**MAR**	**ABR**	**MAI**	**JUN**	**JUL**	**AGO**	**SET**	**OUT**	**NOV**	**DEZ**
UG 1	99,80	99,34	62,34	**0,00**	**0,00**	**0,00**	83,45	99,82	91,64	99,99	99,93	100
UG 2	98,99	96,87	100	100	100	99,78	100	100	100	99,99	100	99,11

Fonte: Elaboração do autor (2017).

1.3 ORDENAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está composta e organizada conforme a seguinte sequência: introdução, metodologia da pesquisa, fundamentação teórica, resultados e, por fim, considerações finais.

2 METODOLOGIA DE PESQUISA

Este trabalho de pesquisa pretende o aprofundamento do entendimento no processo de avaliação de desempenho e, consequentemente, no processo decisório. A pesquisa se fundamenta nos preceitos de que todos os atores envolvidos no processo têm como objetivo a geração de conhecimentos a respeito de determinada situação. (SAVIANI, 2007).

Nesse sentido, esta pesquisa enquadra-se como exploratória, porque adotou o estudo de caso para a geração de conhecimento sobre a UH Passo São João da Eletrosul − situada no município de Gonzales/RS −, com o intuito de prover informações que subsidiarão a sua própria manutenção.

E a pesquisa é considerada descritiva, uma vez que analisa o PB a partir das características das variáveis: autores, periódicos, período de publicação, palavras-chaves e índices de relevância.

Dessa forma, a seguir as etapas metodológicas serão descritas, bem como os critérios adotados em cada fase da pesquisa.

2.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

Consoante a Landry (1995), na relação entre sujeito e objeto, dada a importância na atividade do conhecimento, duas visões epistemológicas são detectadas. Essas visões epistemológicas são fracionadas em visão objetivista e visão subjetivista. Na visão objetivista, o conhecimento alcançado é obtido e fundamentado a partir do objeto. (ROY, 1993; CHALMERS, 1982).

Em conformidade aos preceitos de Landry (1995), a partir de um ponto de vista objetivista, a existência dos problemas assume um comportamento autônomo e independe dos conhecimentos do sujeito.

Nessa abordagem, a problemática surge no momento em que os eventos apontam irregularidades ou inconsistências, fundamentado em algum padrão de normalidade. Cabe ressaltar que intervir em um problema significa intervir na realidade.

A visão subjetivista, conforme abordada por Petri (2005), exprime no cerne de seu entendimento que o processo cognitivo é visto como algo em contínua construção, em que o papel do sujeito é crucial no processo de aquisição de conhecimento.

A Figura 01 aborda o delineamento deste trabalho de pesquisa, exclusivamente para as escolhas metodológicas, inerentes a este trabalho de pesquisa, conforme segue.

Figura 1 − Síntese do delineamento metodológico



Fonte: Adaptado de Lacerda et al. (2012).

A natureza da pesquisa é classificada como estudo de caso, pois o pesquisador aborda um evento ou uma atividade contemplando uma maior gama de detalhes. (CRESWELL, 2010).

2.1.1 Abordagem da Pesquisa

Conforme descrevem Triviños (1987) e Richardson et al. (1999), a presente pesquisa enquadra-se na abordagem mista, pois utiliza juntamente das abordagens quantitativa e qualitativa. Tal abordagem será descrita na seção posterior.

2.1.1.1 A Abordagem da Pesquisa no Âmbito da Metodologia Científica

No âmbito de uma estratégia para a investigação de dados que subsidiam trabalhos científicos, a natureza de uma pesquisa pode ser classificada como quantitativa, qualitativa ou mista. (CRESWELL, 2010). Consoante ao que preconiza Creswell (2010, p. 43), este estabelece a abordagem qualitativa, concebendo-a como sendo "[...] um meio para explorar e para entender o significado que os indivíduos ou os grupos atribuem a um problema social ou humano".

Na pesquisa essencialmente qualitativa, os dados são coletados a partir de interações sociais desenvolvidas entre o pesquisador e o fenômeno pesquisado. (APPOLINÁRIO, 2006).

Já a pesquisa quantitativa tem como premissa que tudo pode ser quantificável, cujo significado leva a crer em números, as concepções e informações para classificá-las e analisá-las. A pesquisa quantitativa recorre à utilização de recursos e metodologias no âmbito da estatística (média, moda, percentagem, desvio-padrão, mediana, coeficiente de correlação e análise de regressão). (PRODANOV; FREITAS, 2013).

Tais variáveis podem ser mensuradas comumente por intermédio de instrumentos, gerando dados numéricos, os quais são analisados por intermédio de procedimentos estatísticos. (OLIVEIRA, 2001).

No que concerne à pesquisa dos métodos mistos, esta é uma abordagem que utiliza fundamentações qualitativas e quantitativas. A pesquisa de métodos mistos (quali-quantitativa), conforme elucida Creswell (2010), faz uso de coleta de dados numéricos assim como dados textuais, ganhando popularidade no âmbito das ciências sociais e humanas.

Acredita-se que a composição de um banco de dados que contenha ambas as abordagens enriquecem o trabalho de pesquisa, o que sedimenta a fundamentação de problemas complexos, abordados em ciências sociais. (CRESWELL, 2010).

O caráter qualitativo da pesquisa mostra-se presente na Fase de Estruturação da Metodologia MCDA, especialmente na etapa em que ocorre a coleta de registros referentes às preocupações, aos valores e às percepções oriundas do decisor (da Usina Hidrelétrica Passo São João da Eletrosul), visando à construção do modelo.

Fundamentando-se nos preceitos europeus adotados para a metodologia MCDA, o objetivo básico é o de agregar informações aos decisores, por intermédio de ferramentas (modelos) assentadas em seus sistemas de valor. (BANA E COSTA et al., 1997).

A metodologia MCDA apresenta a capacidade de analisar e lidar com problemas complexos, incorporando critérios de ordem qualitativa e quantitativa, conferindo a esta metodologia a propriedade em lidar com critérios, mesmo que, em muitas oportunidades, tais critérios apresentem conflitos entre si.

Conforme preconiza a teoria do processo de apoio à decisão (BANA E COSTA, 1995), esta qualifica o Processo de Apoio à Decisão de modo que o processo de apoio à decisão seja concebido como um sistema aberto que gera influências, assim como recebe influências do meio ambiente. Os integrantes deste sistema são as ações e os atores.

A análise quantitativa ocorre na Fase de Avaliação da Metodologia MCDA, ao manipular as escalas cardinais. O Quadro 3 discorre a respeito dos objetivos específicos, dispostos no item **1.3.2 Objetivos Específicos** do presente trabalho de pesquisa, relacionando-os com as abordagens qualitativas e quantitativas.

Quadro 3 – Relação entre a abordagem do problema e os objetivos específicos

Classificação do objetivo específico	Descrição do Objetivo Específico	Abordagem (Qualitativa/ Quantitativa)
a)	Análise bibliométrica com o mapeamento da literatura científica internacional.	Qualitativa
b)	Identificar os objetivos e as preocupações do gestor (decisor).	Qualitativa
c)	Estruturar e mensurar os critérios julgados relevantes pelo decisor, por intermédio de escalas ordinais e cardinais.	Qualitativa
d)	Identificar o perfil de desempenho (*status quo)* da gestão da manutenção da UHPJ, caracterizando os pontos fortes e as oportunidades de melhoria.	Qualitativa
e)	Desenvolver um processo estruturado de ações de aperfeiçoamento, por intermédio de recomendações para obter melhorias de desempenho, a partir das características do *status quo*, possibilitando gerir as consequências das ações no modelo de avaliação de desempenho.	Qualitativa

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Assim, esta pesquisa caracteriza-se como mista, pois utiliza-se das abordagens qualitativa ao considerar os valores e as preferências do decisor para construir um modelo de avaliação de desempenho que o atenda. E a abordagem é considerada quantitativa no momento da aplicação das métricas para traçar metas e verificar o *status quo* do objeto de análise, particularmente na construção do modelo na fase de avaliação.

2.1.1.2 O Contexto da Abordagem para este Trabalho de Pesquisa

O presente trabalho de pesquisa traz consigo o uso de abordagem mista de pesquisa, cujo objetivo traduz em melhores entendimentos do problema. Destaca a caracterização de abordagem qualitativa quando da Fase de Estruturação da metodologia MCDA, a qual é desenvolvida para fins de construção do modelo de avaliação de desempenho.

Tal característica é bem observada quando da coleta e dos registros que concernem nas percepções e preocupações oriundas do decisor, nas etapas em que são identificados os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), na elaboração dos conceitos e construção dos mapas cognitivos (objetivo específico *b*), na elaboração dos descritores com as respectivas escalas ordinais (objetivo específico *c*), assim como na Fase de Recomendações (objetivo específico *e*).

A caracterização da abordagem qualitativa também se dá na etapa que constitui a análise sistêmica do processo *ProKnow-C* (objetivo específico *a*). A abordagem é quantitativa na etapa da Análise Bibliométrica constituinte do Proknow-C, assim como na Fase de Avaliação da metodologia MCDA, em que as escalas ordinais são transformadas em escalas cardinais e as integra, por intermédio do *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (*Macbeth*), o qual se trata de um software estatístico. (RICHARDSON, 1999).

Na Fase de Avaliação, a abordagem é quantitativa quando da tradução do modelo qualitativo em quantitativo e no momento em que se utiliza do método de agregação aditiva.

Nesse sentido, as fórmulas de agregação aditiva visam a agregar as avaliações locais, uma vez que o perfil de impacto das ações não gera informações suficientes para fins de apoio à tomada de decisão. Executar a agregação das avaliações locais das ações potenciais em uma única avaliação global expressa acima de tudo um sentido de avaliação de desempenho holística para o modelo. Segundo Keeney e Raiffa (1993), esta formulação de avaliação global é realizada por intermédio do uso das fórmulas de agregação, as quais possuem muitas variantes, porém as mais usuais são a formulação de agregação aditiva.

O valor global de uma ação pode ser calculado por meio da fórmula de agregação aditiva, conforme a Equação 01.

$$V(a) = w1.\ v1(a) + w2.v2(a) + w3.v3(a) + ... + wn.vn(a),$$

Equação 01

onde: V(a) _ Valor global da ação a v1(a), v2(a),...., vn(a) _ Valor parcial da ação a nos critérios 1, 2, ..., n. w1, w2, ..., wn _ Taxas de substituição dos critérios 1, 2, ..., n Número de critérios do modelo.

Desse modo, o instrumento de intervenção escolhido para construção do modelo foi a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA).

2.1.2 Paradigma Científico

Conforme a sua concepção filosófica fundamenta-se em seu significado um conjunto de valores e crenças fundamentais que conduzem as ações e a interpretação de mundo, sendo um contributivo de importância concebido pelo pesquisador, o qual gera influências na natureza de seus trabalhos de pesquisa.

A existência de uma realidade externa é percebida, assim como há uma participação atuante de um sujeito, o qual examina esta realidade, gera as suas percepções e sua visão, exprimindo o seu conceito de mundo. (LANDRY, 1995).

A partir desses preceitos e para esta pesquisa, as percepções e os entendimentos concebidos pelo responsável desse contexto são considerados para fins de avaliação e aperfeiçoamento. (BANA E COSTA, 1993).

2.1.3 Objetivos da Pesquisa

Há uma gama considerável de maneiras para conduzir uma pesquisa no que concerne ao seu objetivo, podendo ser classificada como: descritiva, explicativa ou exploratória. (SAUNDERS; LEWIS, THORNHILL, 2003).

Corroborando o conceito de Theodorson e Theodorson (1970), o estudo exploratório – que pode ser dirigido sob uma gama considerável de técnicas – concede ao investigador a definição do problema de pesquisa, além de clarificar a formulação de sua hipótese com mais precisão.

A partir deste conceito, entende-se que a presente pesquisa é de cunho exploratório, pois a pesquisa objetiva constituir um modelo teórico, em que é pretendido desenvolver, por intermédio de técnicas, uma modelagem para avaliação do desempenho para o ambiente investigado, tomando-se em relevância os interesses e valores do decisor, além de suas perspectivas no que concerne à avaliação de desempenho para futuras aplicações.

2.1.4 Coleta de Dados

A coleta de dados, conforme apregoam Saunders, Lewis e Thornhill (2003), é uma etapa que pode ser desenvolvida pela análise da amostra, por questionários, observações, entrevistas e documentação.

Já Lakatos e Marconi (2001) afirmam que a adoção de entrevistas está inclusa no processo de obtenção de informações, como uma técnica de investigação social, podendo-se atuar na formulação de diagnósticos, inclusive com objetivos da resolução de problemas sociais.

Ao aplicar a entrevista junto ao decisor, optou-se pela ausência de roteiro, porque a técnica selecionada para a coleta de dados foi a entrevista semiestruturada, a qual preconiza a liberdade de expressão ao entrevistado (decisor), assim como a sustentação do foco pelo entrevistador. (GIL, 2010).

No que tange à coleta de dados primários – aqui caracteriza-se como primário, pois partiu-se da perspectiva das entrevistas com os gestores/decisores responsáveis pela Usina Hidrelétrica Passo São João.

A coleta dos dados primários ocorreu pela interação entre o facilitador (pesquisador) e o decisor (gestor), em que, para alguns tópicos das indagações advindas de pesquisa semiestruturada, houve algum tipo de colaboração dos engenheiros do Departamento de Manutenção, precisamente na Divisão de Engenharia de Manutenção da Geração – DEMG. A necessidade de elucidação prestada ao decisor para o atendimento às indagações da pesquisa consiste em identificar os seguintes tópicos:

a) Quais as características quanto ao período de indisponibilidade associada à alguma das indagações referidas às manutenções preventivas (Pedido de Serviço Periódico – PSP).

b) Gravidade quanto às características das panes de ordem elétrica, mecânica e de engenharia civil na UH.

c) Riscos associados à segurança de barragem.

d) Como se dá o planejamento para concentrar as intervenções a serem realizadas em uma única intervenção, na situação em que se caracteriza a necessidade de parada de geração de uma unidade geradora para fins de intervenção.

e) No que consiste as normativas de ordem regulatória e como o processo de manutenção pode ficar fragilizado quando da indisponibilidade de geração.

f) Como está caracterizado o corpo técnico de manutenção da UH e quais seriam seus anseios no processo de manutenção.

Enfim, dado que o ambiente de uma UH é complexo e requer os conhecimentos de uma gama de diferentes formações da engenharia, quando necessário apelou-se para o uso de informações prestadas por engenheiros de outra formação, que difere da formação do decisor (engenheiro eletricista).

Este apoio ocorreu nos momentos em que o aspecto do assunto fosse muito particular e quando associado à engenharia mecânica e engenharia civil, em que houve o cuidado do facilitador (entrevistador) para que os dados colhidos viessem do decisor, a partir das elucidações obtidas do corpo técnico, mantendo a fidelidade quanto à autonomia do decisor em responder cada quesito formulado, além de outros quesitos expostos pelo decisor, em forma de preocupações, oriundas das suas observações e no contexto da sua gestão.

A finalidade destas pesquisas semiestruturadas, nas quais há a interação do decisor (entrevistado) com o facilitador (entrevistador), é que o decisor discorra acerca de suas preocupações, seus valores e os propósitos pelos quais ele (decisor) deseja perceber, de uma forma ampla, caracterizar as fragilidades de sua gestão. O objetivo, em suma, é de prover aprimoramentos da sua gestão, após concluir os passos da MCDA, como instrumento de intervenção escolhido para atendimento aos propósitos deste estudo.

Para atingir ao objetivo amplo desta pesquisa foi empregada a MCDA, a qual se fundamenta em três distintas fases, as quais são intimamente relacionadas: fase de estruturação, fase de avaliação e fase de elaboração de recomendações. Distintamente, cada uma destas fases será abordada oportunamente em detalhes no desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

2.2 *KNOWLEDGE DEVELOPMENT PROCESS – CONSTRUCTIVIST (ProKnow-C)*

Na busca de propiciar e apoiar a construção do conhecimento ao pesquisador, o primeiro instrumento de intervenção utilizado nesta dissertação trata-se da ferramenta *ProKnow-C*, a qual preconiza por uma sistemática estruturada as seguintes etapas: (i) Seleção do Portfólio Bibliográfico; (ii) Análise Bibliométrica; (iii) Análise Sistêmica; e (iv) Formulação de Perguntas e Objetivos de Pesquisa.

Para este trabalho de pesquisa, a ferramenta de intervenção aconteceu pelo uso de um processo estruturado chamado *Knowledge Development Process − Constructivist* (*ProKnow-C*). O *ProKnow-C* é uma ferramenta que opera com processos estruturados, de forma a auxiliar no mapeamento e na análise da literatura científica. (TASCA et al., 2010; ENSSLIN; ENSSLIN; ZAMCOPÉ, 2012; AZEVEDO et al., 2013; LACERDA et al. 2011; MARTINS et al., 2013).

O instrumento de intervenção *ProKnow-C*, destacado para a consecução do presente trabalho de pesquisa, foi concebido no Laboratório de Metodologia Multicritério em Apoio à Decisão – LabMCDA −, pelo Professor Leonardo Ensslin (PhD), da Universidade Federal de Santa Catarina − UFSC. Desde a sua idealização, passou por uma gama de aprimoramentos, recebendo a denominação *Process Knowledge Development – Constructivist.*

O instrumento é formado por quatro etapas compostas de um processo estruturado, o qual compila de forma sistemática uma técnica de busca de publicações científicas em bases de dados científicas, cujo resultado almejado consiste em obter um conjunto de artigos científicos, que representa um fragmento da literatura científica em relevância, em que este conjunto de artigos recebe o nome de Portfólio Bibliográfico (PB).

As publicações científicas que compõem o PB são artigos relevantes, conforme os critérios de seleção em que o título das publicações científicas, as palavras-chave, o resumo, assim como o teor do conteúdo explicitado devem estar alinhados com as delimitações delineadas do assunto proposto pelo pesquisador. (DUTRA, et al., 2015).

O processo inicia a partir da Seleção do Banco de Artigos Bruto. Para tal, é requerido que o pesquisador defina os eixos de pesquisa, as palavras-chave referidas a cada um dos eixos definidos, assim como pelas suas possíveis combinações, em que são aplicados os conceitos da álgebra booleana que irá auxiliar ao pesquisador no intento de suas delimitações de pesquisa. Definido o comando de busca, o pesquisador passa a selecionar os bancos de dados que contenham publicações afins com a sua pesquisa, buscando a representatividade e o alinhamento ao tema pretendido, assim como a conformidade com os critérios estabelecidos para fins de delimitações do seu trabalho de pesquisa.

A partir de uma leitura de títulos resultantes dos bancos de dados, até três artigos são selecionados, dos quais sugere-se que respectivos temas de pesquisa das três publicações sejam relacionados ao tema da pesquisa pretendida pelo pesquisador, em que se passa a observar quais são suas palavras-chave. Esta etapa gera dados ao pesquisador, pois poderá haver a necessidade da inclusão de outras palavras-chave a alguns dos eixos de pesquisa, de forma que ele (o pesquisador) possa aperfeiçoar o seu processo de busca. (DUTRA et al., 2015).

Consecutivamente, na evolução desta etapa, o comando de busca é desenvolvido, pesquisando-se em cada uma das bases de dados delineadas a seleção de artigos de forma a obter-se um repositório denominado Banco de Artigos Brutos. Com esta evolução do processo, o pesquisador inicia uma etapa que consiste na aplicação de filtros, os quais irão delimitar o tema dos artigos obtidos no PB em conformidade aos seus objetivos de pesquisa.

O primeiro processo de Filtragem diz respeito à redundância dos artigos, que eventualmente encontram-se na situação de duplicidade e que foram obtidos em diferentes bases de dados. Estas publicações científicas podem estar duplicadas, aparecendo em duplicidade no PB, onde procede a eliminação da duplicidade.

Na sequência, a filtragem seguinte concerne na verificação quanto ao alinhamento de títulos dos artigos. Para os artigos em que os títulos não estiverem alinhados com o tema da pesquisa em proposição, procederá na eliminação destas publicações científicas que fazem parte do repositório nesta etapa. A etapa seguinte consiste na averiguação do reconhecimento científico dos artigos, cuja premissa baseia-se na contagem do número de citações de cada um dos artigos do PB, dado obtido em pesquisas realizadas no *Google Scholar*. (DUTRA et al., 2015).

Neste processo, busca-se selecionar uma representatividade quanto ao número de citações, aplicando uma linha de corte, separando os artigos que tenham mais representatividade científica.

Após a obtenção dos artigos das bases de dados, utiliza-se o software EndNote para gerir e identificar os artigos redundantes, resultando que os duplicados devem ser descartados.

Na sequência, a seleção ocorre após a leitura do título, seguido pelo filtro seguinte, que seria o alinhamento das palavras-chave com o tema de pesquisa. O passo seguinte diz respeito à leitura do resumo para identificar-se o alinhamento com o tema de pesquisa.

Dando prosseguimento aos filtros, passa-se a identificar no site do Google Acadêmico (GOOGLE, 2017), para a obtenção do quantitativo de citações por artigo do Portfólio Bibliográfico.

Aos artigos remanescentes dos filtros efetuados, procede-se na identificação do quantitativo de citações, de modo a constituir-se uma planilha ordenada e decrescente pelo número de citações obtidas. Com esses dados ordenou-se esses artigos em ordem decrescente por número de citações e fixou-se um valor de corte para os artigos mais citados de modo que a soma das citações dos trabalhos selecionados correspondesse a 98% de todas as citações obtidas, especificamente para este trabalho de pesquisa.

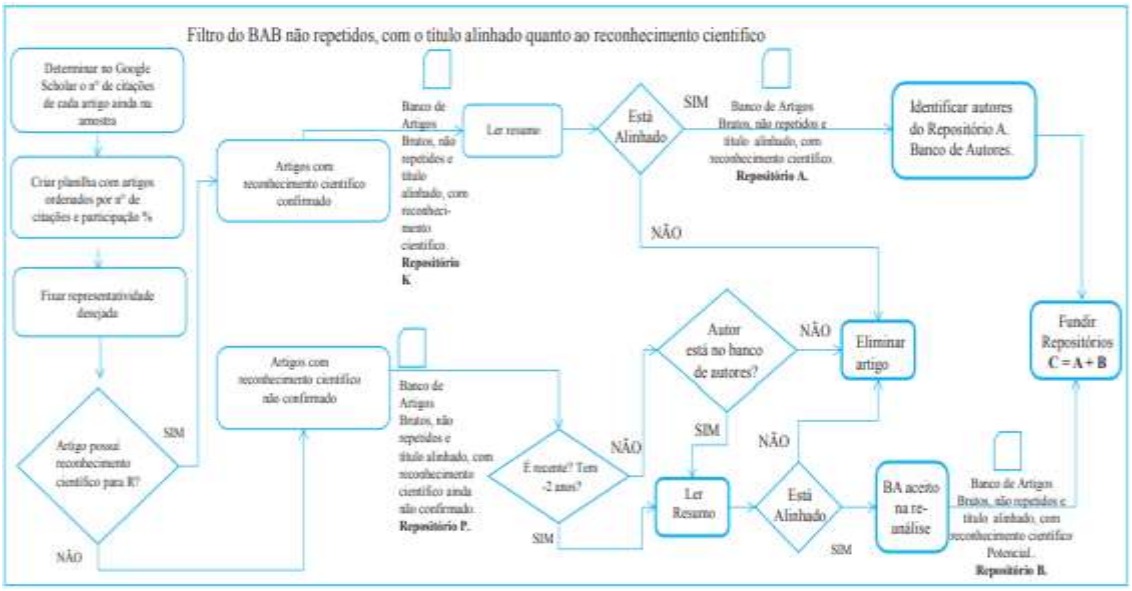
Seguindo essas premissas, comprova-se o reconhecimento científico dos artigos selecionados acima da linha de corte, que nesta pesquisa foram 15 citações.

Fundamentado nessa premissa, caracteriza-se que há a condição de reconhecimento científico a ser confirmado aos demais artigos com número de citações aquém da linha de corte fixada.

A partir dessa seleção, temos a subdivisão do PB em dois distintos repositórios intitulados repositório K e repositório P, nos quais temos, respectivamente, o primeiro constituído pelos artigos com reconhecimento científico comprovado nos termos da pesquisa, sendo que no segundo repositório (repositório P) há um conjunto de artigos desclassificados na linha de corte, porém passível de pesquisa para identificação de alinhamento com o tema de pesquisa, em que as publicações em alinhamento com o tema de pesquisa e que tenham sido lançadas recentemente podem ter reconhecimento científico com potencialidades de comprovação.

A Figura 2 exprime parcialmente o rito sistemático com que se fundamenta a aplicação da ferramenta *ProKnow-C* para a obtenção do Portfólio Bibliográfico em questão.

Figura 2 − Resumo do procedimento sistemático da ferramenta *ProKnow-C*



Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2010).

Após a leitura dos resumos dos artigos do repositório K (dotados de reconhecimento científico), procede-se na verificação individual de em quais destes artigos há o alinhamento do tema escolhido para a pesquisa, compondo-se, assim, o repositório A. Cabe ressaltar, ainda, que os artigos do repositório A são resultantes de uma análise de artigos não repetidos, alinhados tanto pelo título quanto pelo resumo, os quais foram extraídos do repositório K.

Sequencialmente, retorna-se à análise do repositório P com o intuito de proceder uma verificação de quais artigos possuem menos de dois anos de publicação. Há a probabilidade de um artigo recente estar totalmente alinhado quanto ao título, às palavras-chave e ao resumo, porém que ainda não tenha alcançado o devido reconhecimento científico em função do curto período de exposição nas bases de dados. Dessas publicações recentes, procede-se na leitura dos resumos, sendo eliminados na condição de desalinhamento ao tema de pesquisa.

Os artigos remanescentes desta análise compõem o repositório B. A quarta análise diz respeito à leitura integral dos artigos e à certificação de que há o reconhecimento do seu alinhamento para com o tema de pesquisa.

Os artigos que ainda permanecem após a aplicação desta etapa de filtragem, cujo alinhamento foi devidamente reconhecido, formam o repositório C (artigos selecionados após a aplicação dos filtros no PB inicial).

Ao findar deste processo sistematizado que concerne ao *ProKnow-C*, realiza-se o teste de representatividade do PB, que consiste na incorporação dos artigos relevantes presentes

nas referências dos artigos que compõem o PB inicial, condicionado ao alinhamento com o tema de pesquisa.

É pesquisado o conteúdo dos textos, sendo que as publicações que não estejam disponíveis gratuitamente na íntegra passam a ser excluídas do portfólio, em consequência da impossibilidade de análise. O banco de publicações resultante deste processo estruturado, em que as filtragens foram aplicadas, passa a receber a denominação de artigos primários do portfólio bibliográfico. (DUTRA, et al., 2015).

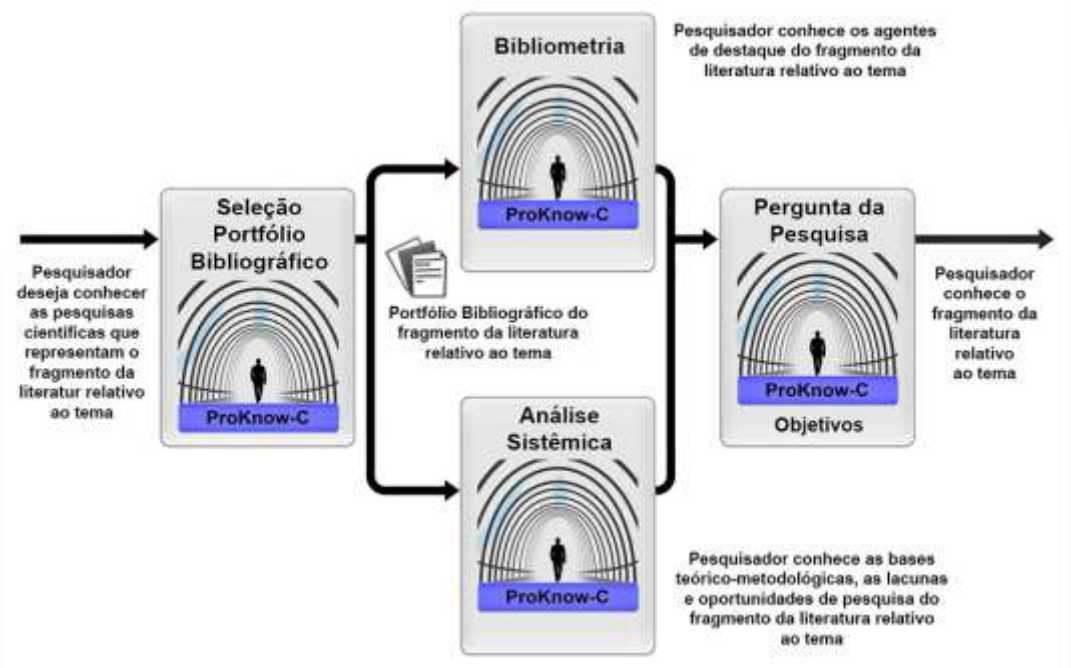
A constituição do PB passa pela seleção de um Portfólio Bibliográfico (1ª etapa da ferramenta *ProKnow-C*), seguindo para a etapa seguinte (2ª etapa − Bibliometria), que consiste em conhecer aos agentes em destaque para o fragmento da literatura relacionado ao tema de pesquisa.

Após passadas estas etapas sistematizadas por intermédio da ferramenta *ProKnow-C*, ao PB inicia um processo sistematizado, averiguando no conteúdo dos artigos as contribuições que possam caracterizar as seis lentes da Análise Sistêmica, as quais integram a terceira etapa da ferramenta *ProKnow-C*, conforme definido por Ensslin et al. (2010).

O processo seguinte consiste em uma análise crítica desse PB, iniciando pela afiliação teórica deste pesquisador, gerando a possibilidade a posteriori da identificação de lacunas na literatura, as quais permitam formular questões de pesquisas e diretrizes para futuras análises sobre a temática deste trabalho de pesquisa.

A orientação, tanto dos procedimentos sistemáticos quanto da operação da ferramenta *Proknow*-C, pode ser compreendida na Figura 3.

Figura 3 – Operação dos processos estruturados do *Proknow*-C



Fonte: Valmorbida et al. (2016, p. 12), adaptado de Ensslin et al. (2010).

Para esta pesquisa, serão operacionalizadas as etapas (1) e (2), caracterizando, respectivamente, a Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB) e Bibliometria por intermédio do Instrumento *ProKnow*-C.

2.2.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB)

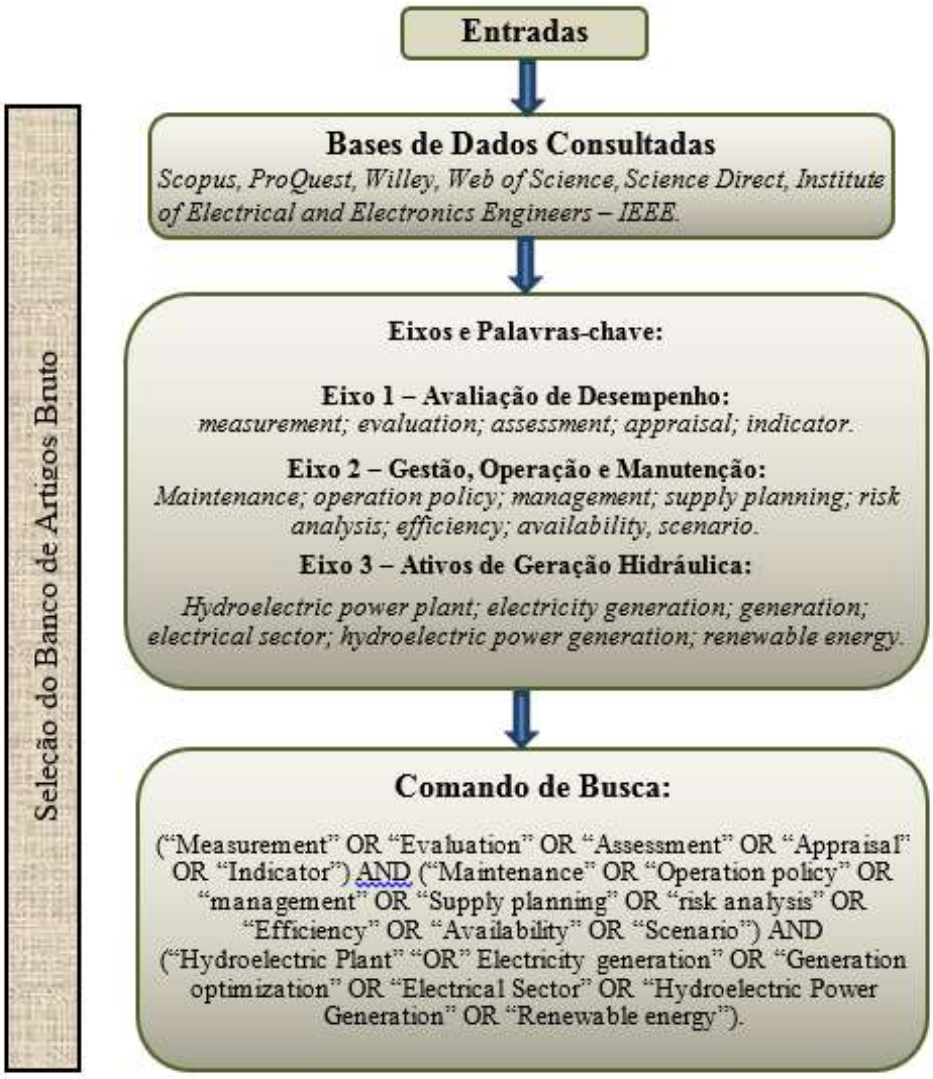
No intuito de ascender aos objetivos do presente trabalho de pesquisa, foi efetivado o mapeamento da literatura científica com a finalidade de apurar um Portfólio Bibliográfico (PB), etapa (i) do *ProKnow-C*.

A Figura 05 tem o objetivo de ilustrar a operacionalização desta etapa que consiste na coleta dos dados, resultando em um conjunto de artigos representativo do fragmento da literatura sobre a Avaliação de Desempenho da Gestão de Manutenção da Usina Hidroelétrica Passo São João.

Os produtos obtidos durante o uso da ferramenta *ProKnow-C* foram documentados conforme a progressão na aplicação do instrumento de intervenção escolhido, tanto em um arquivo Excel, *software* da Microsoft, quanto da ferramenta utilizada para apresentações denominada Powerpoint. O cômputo de artigos filtrados pela ferramenta *ProKnow-C* pode ser visualizado na Figura 4 e na Figura 5.

Figura 4 − Processo de seleção de eixos, palavras-chave e comando de busca

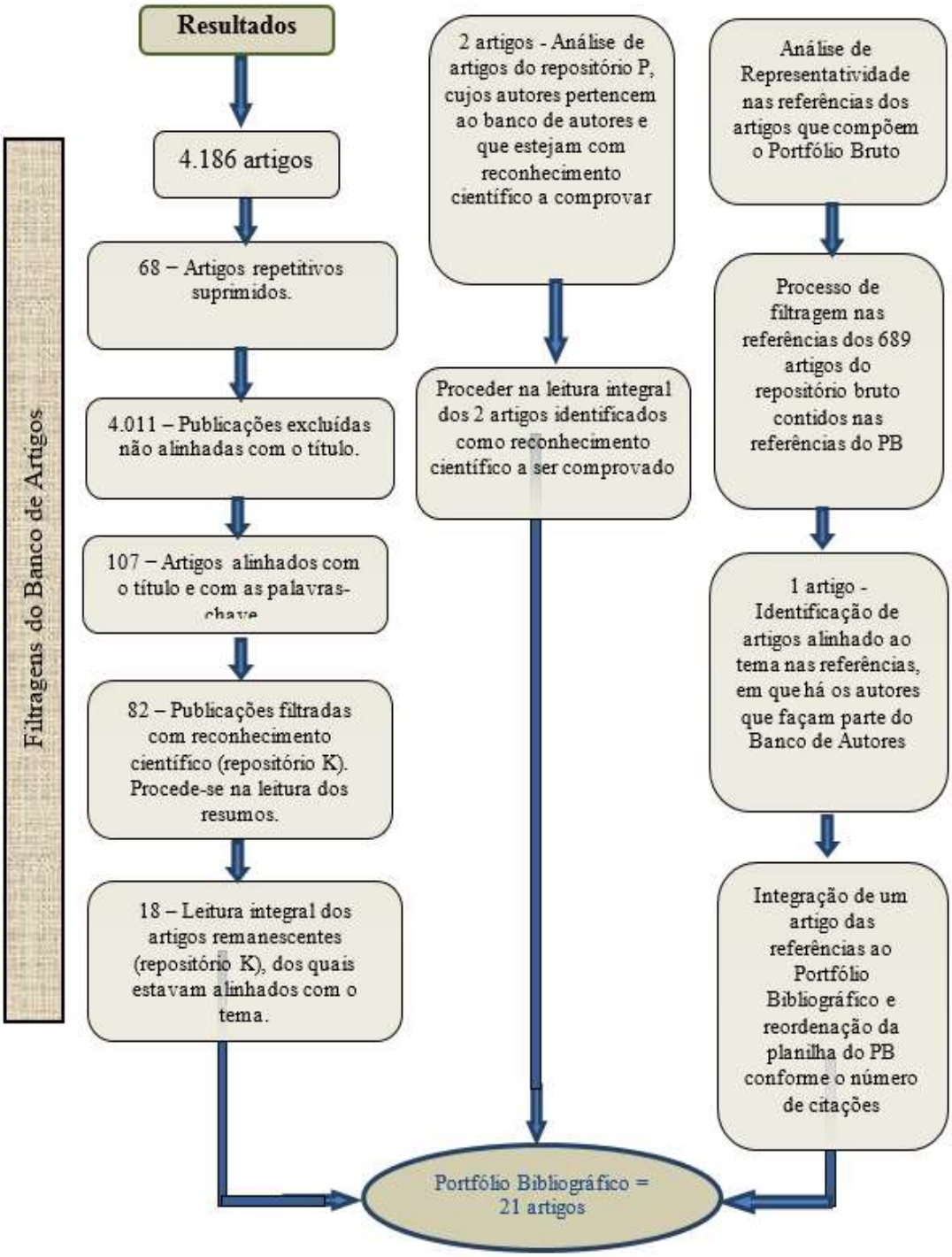
Objetivo: proceder na seleção de um Portfólio Bibliográfico representativo do fragmento da literatura referente ao tema "Avaliação de Desempenho da Gestão de Manutenção de Usinas Hidrelétricas".



Fonte: Elaboração pelo autor (2018). Resultados apresentados no *Knowledge Development Process – Constructivist (Proknow-C)*, a partir de Valmorbida e Ensslin (2015).

Figura 5 − Processo de seleção do Portfólio Bibliográfico (PB)

Objetivo: proceder na seleção de um Portfólio Bibliográfico representativo do fragmento da literatura referente ao tema "Avaliação de Desempenho da Gestão de Manutenção de Usinas Hidrelétricas".



Fonte: Elaboração pelo autor (2018). Resultados apresentados no *Knowledge Development Process – Constructivist (Proknow-C)*, a partir de Valmorbida e Ensslin (2015).

A base de dados com a qual se obteve maior representatividade, no que tange aos parâmetros informados, foi o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* – IEEE − (1.235 artigos = 29,50%), e a menos representativa foi a *Web of Science* (423 artigos = 10,10%), do total de 4.186 artigos selecionados.

Os artigos encontrados passaram por filtros quanto à redundância, que procedeu na eliminação das publicações científicas duplicadas; quanto ao alinhamento dos títulos; quanto ao reconhecimento científico (fundamentados no número de citações); no que se refere ao alinhamento do conteúdo dos resumos e procedendo na leitura integral dos artigos. (DUTRA et al., 2015).

Finalizada a etapa de seleção, foi desenvolvida a filtragem do banco de artigos bruto, a qual obteve como produto as 21 publicações científicas que passaram a fazer parte do PB, onde recai a estes 21 artigos a representatividade do fragmento da literatura a ser estudado.

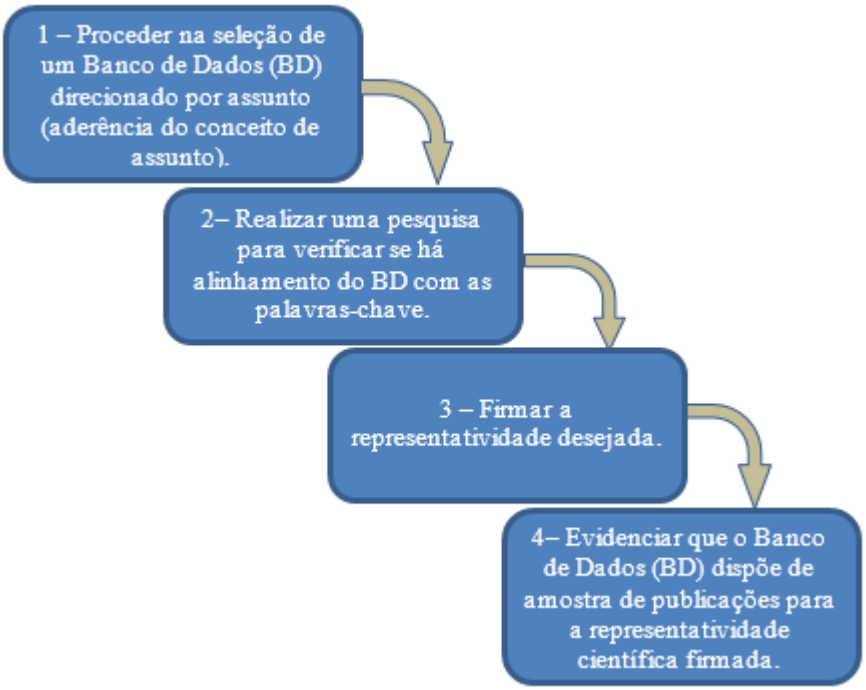
Cabe, ainda, destacar que, nesta etapa de investigação do banco bruto de artigos, os resultados de busca foram delineados de forma a concentrarem-se em artigos entre 2008 a 2017, destituindo desta análise as publicações que antecederam ao período em destaque, excetuando as publicações mais antigas. A busca nas bases de dados foi realizada de 18 de abril a 12 de junho de 2017.

Na primeira etapa, que compreende a metodologia, procedeu-se por intermédio dos eixos e das palavras-chaves às buscas nas bases de dados *Scopus, Willey, Pro Quest, Web of Science, Science Direct e Institute of Electrical and Electronics Engineers – IEEE* −, resultando na obtenção de 4.186 (quatro mil, cento e oitenta e seis) artigos científicos.

Para que se obtivesse uma coletânea com artigos alinhados, oriunda das bases de dados, utilizou-se dois critérios: a base deveria conter documentos em acordo com o tema de conhecimento da área de conhecimento das Ciências Sociais Aplicadas, mais precisamente referidas à noção de atratividade, teoria das escalas, além dos conhecimentos oriundos da álgebra booleana, para que se submetesse os três eixos e as palavras-chave condizentes aos propósitos da pesquisa.

Cabe esclarecer também que a seleção das bases de dados foi dada em função do processo representado na Figura 6.

Figura 6 − Processo de seleção dos Bancos de Dados (BD)



Fonte: Adaptada de Ensslin et al. (2010).

Foram eliminados neste primeiro filtro os 68 (sessenta e oito) artigos que estavam em duplicidade, atividade que foi desenvolvida com auxílio da ferramenta *Endnote*. Após este filtro, restaram 4.118 (quatro mil cento e dezoito) artigos para a submissão às demais filtragens.

Destes artigos, procedeu-se na leitura de todos os títulos, excluindo-se aqueles que não estavam em alinhamento conforme a temática pesquisada. Na sequência, com 4.118 artigos ainda válidos, buscou-se identificar o alinhamento dos títulos dos artigos do PB com a temática de pesquisa, para então correlacionar as palavras-chave dos artigos remanescentes, buscando o alinhamento com a pesquisa. Dessa análise significativa, restaram 107 artigos de acordo com o título e as palavras-chave, com provável reconhecimento científico, conferindo a estes o nivelamento com a pesquisa. O Quadro 4 exprime este trabalho de apuração.

Quadro 4 – Seleção dos artigos do BD

Descrição das fases de filtro	**N^0 de artigos**
Total de artigo do PB	4.186
Artigos suprimidos por redundância	68
Artigos suprimidos por desalinhamento do título e/ou palavras-chave	4.011
Artigos alinhados com o título e com as palavras-chave	107

Fonte: Elaboração do autor (2017).

A partir desta etapa, é pretendido identificar se os 107 artigos remanescentes do PB possuem reconhecimento científico, uma vez que esta análise fica a cargo da identificação do quantitativo de citações que cada artigo contém, cuja contabilização pode ser realizada por intermédio de pesquisas no site Google Acadêmico.

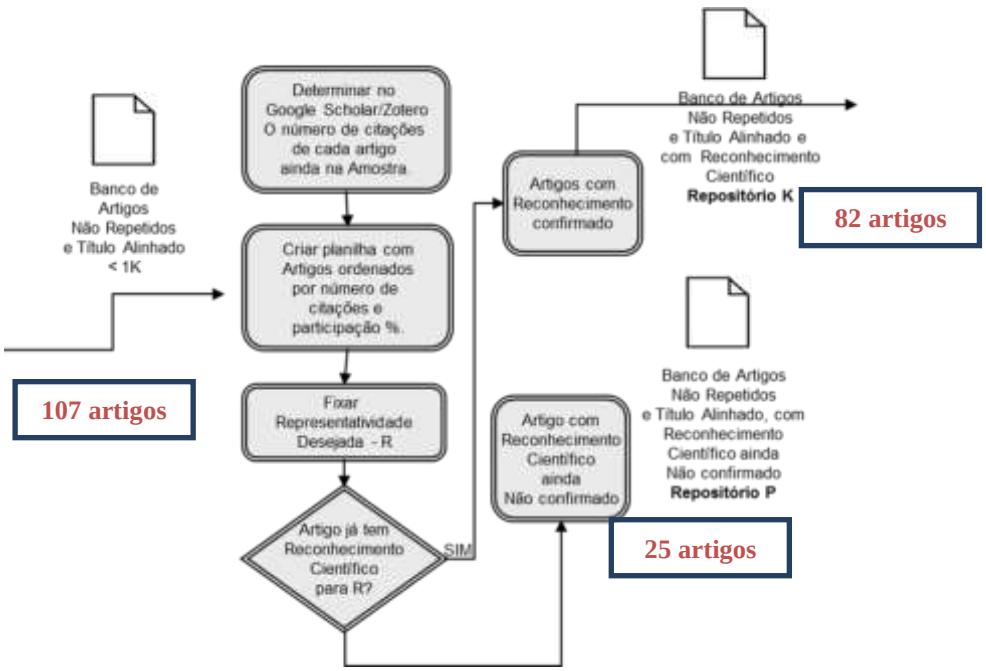
Criou-se uma planilha com o título dos artigos, autores e números de citações, compondo, entre as colunas, uma coluna contendo o número de citações em forma decrescente. Nesta etapa, trabalhou-se na realização de cálculos matemáticos, em que foi arbitrado o número de citações do montante de artigos, visando ao percentual de representatividade elevado.

O objetivo é a obtenção de elevado valor de representatividade, em que se fixou a linha de corte em até 15 citações. Com a fixação deste parâmetro, obteve-se um elevado percentual de representatividade, do qual alcançou-se 98% para até 15 citações.

A partir desta parametrização, foi identificado na sistemática da ferramenta *ProKnow-C* um total de 25 artigos cujo reconhecimento científico estaria por confirmar, pois encontrava-se aquém da linha de corte (com menos de 15 citações), que foi armazenado no repositório P.

A Figura 7 exprime o processo pelo qual identificou-se os artigos dotados de reconhecimento científico e que constituíram o repositório K.

Figura 7 – Processo de filtragem e obtenção de reconhecimento científico



Fonte: Tasca et al. (2010).

Restaram 82 (oitenta e dois) artigos remanescentes, alinhados ao tema e de reconhecimento científico, os quais seguem para as averiguações das próximas etapas, cuja seleção ficou por conta do repositório K.

Na sequência, efetuou-se a leitura dos resumos dos 82 (oitenta e dois) artigos selecionados no banco de artigos do repositório K.

Dos 82 artigos do repositório K, em que havia o alinhamento de resumo e palavras-chave, confirmada a leitura na íntegra, certificou-se 18 publicações científicas estavam alinhadas com o tema de pesquisa, cujo reconhecimento científico comprovado gerou o repositório A. Após a leitura, foram descartados os 64 (sessenta e quatro) artigos em desalinhamento com o tema de pesquisa.

Dos 64 artigos descartados e que estavam desalinhados ao tema da pesquisa, porém não foram identificadas publicações que pudessem ser aproveitados para este trabalho de pesquisa, sendo descartados em definitivo.

Dos 18 artigos constitutivos do repositório A, gerou-se o Banco de Autores (BA), constituído de 54 autores, cujas publicações estavam alinhadas ao tema (título e palavras-chave), além de que tais publicações estavam com o reconhecimento científico comprovado.

Iniciou-se, em seguida, uma análise do repositório P (25 artigos que ainda estavam com reconhecimento científico a comprovar), ou seja, realizou-se uma análise nos artigos que estavam abaixo da linha de corte (menos de 15 citações).

Com isso, para esta pesquisa, a premissa consiste em selecionar os artigos ainda sem o devido reconhecimento científico, publicados em um período igual ou inferior a 2 (dois) anos, em que houvesse alinhamento de título e palavras-chave com o tema de pesquisa.

Como premissa, os autores desses artigos sem reconhecimento científico deveriam ser confrontados com os autores constantes no banco de autores para a identificação de que tais autores fossem igualmente integrantes do grupo de autores que constituem publicações científicas do repositório A.

Esta análise evitaria a eliminação de potenciais artigos relevantes para a presente pesquisa, identificando 02 artigos novos selecionados e alinhados ao tema de pesquisa.

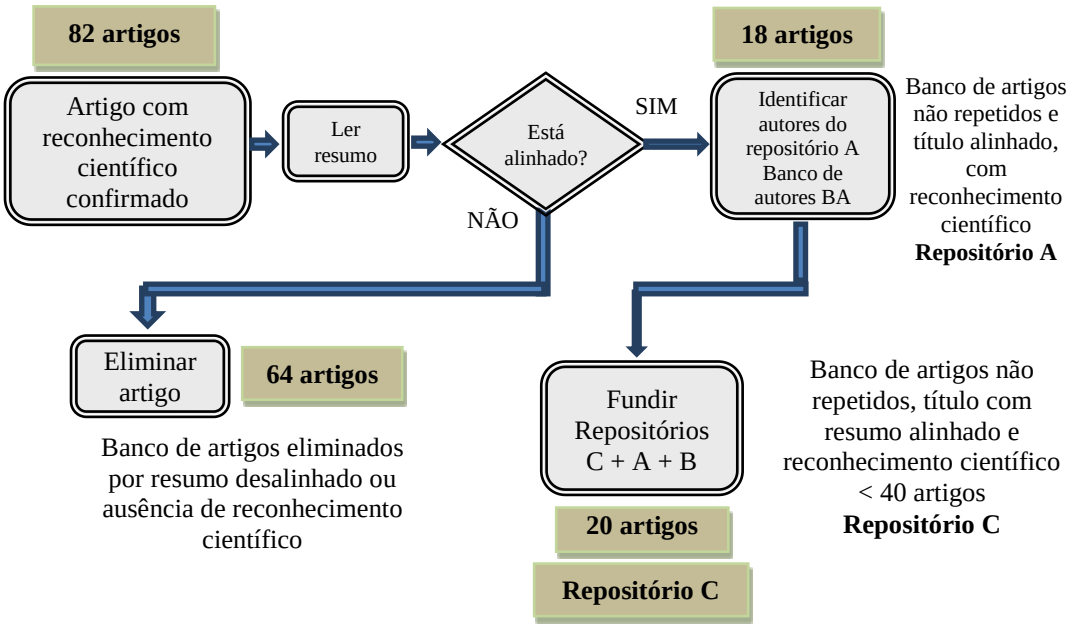
Uma vez que foram selecionados 02 artigos novos oriundos do repositório P (composto de 25 artigos com menos de 15 citações), gerou-se o repositório B.

Nessa formação de 18 artigos no repositório A, reunidos aos 2 artigos do repositório B, criou-se o repositório C, constituído de 20 artigos alinhados ao tema de pesquisa. Conduziu-se, então, a leitura na íntegra dos 20 artigos selecionados e constatou-se que todos estavam de acordo com o tema da pesquisa.

Procedeu-se também na leitura dos resumos dos artigos do repositório K, com objetivo de verificar outros artigos que estivessem enquadrados ao tema de pesquisa, porém nenhum destes atendeu à premissa.

A Figura 8 exprime este processo de seleção e filtragem dos artigos que compõem o repositório A, do repositório B e do repositório C.

Figura 8 – Processo de filtragem de artigos



Fonte: Elaboração do autor (2017).

2.2.2 Teste de Representatividade do Portfólio Bibliográfico

No âmbito desta etapa sistemática da ferramenta *ProKnow-C*, busca-se identificar o grau de representatividade do portfólio bibliográfico, cujo objetivo concerne em analisar as referências bibliográficas citadas no PB.

Foi realizado um levantamento de todas as 689 referências constituídas no PB, tomando-se como restrição o mesmo espaço temporal com que esta pesquisa foi concebida, ou seja, de janeiro de 2008 a dezembro de 2017.

Para facilitar a estruturação de artigos das referências, contou-se mais uma vez com o gerenciador bibliográfico *Endnote X8*. A partir desta fase, exportou-se os artigos constitutivos das referências do PB para uma planilha para que fosse possível desenvolver a metodologia de filtragem, assim como a representatividade das citações.

Constituída a planilha, composta por artigos de forma organizada, desenvolveu-se, assim, uma nova consulta no site do Google Acadêmico (www.scholar.google.com.br), com os

propósitos de identificar o quantitativo de citações para cada artigo das referências do PB. Passada esta etapa, a planilha foi reordenada de forma decrescente, conforme o número de citações obtidas.

Com isso, pode-se observar em termos percentuais a participação de cada artigo em relação ao total de referências, o que sugere um processo de mapeamento e uma seleção representativa, estruturada em pontos percentuais de um dado artigo em relação ao conjunto de artigos que compõem as referências.

Conforme sugestão do processo em etapa de mapeamento, foram selecionados 90% do total de citações das referências, com o objetivo de identificar se os artigos do PB continham tais referências. Essas características serão tema do tópico que trata dos resultados do instrumento de intervenção nomeado *ProKnow-C* para fins de análise bibliométrica.

Daqueles 689 artigos citados nas referências, identificou-se somente 1 alinhado ao tema e que possuía os mesmos autores, cujo destaque estava comprovado no Banco de Autores, com um número relativamente alto de citações no PB.

Essas características fundamentaram associá-lo ao PB, constituindo assim 21 artigos enquadrados ao tema de pesquisa, conforme o Quadro 5 abaixo.

Quadro 5 – Artigos Constitutivos do Portfólio Bibliográfico

(continua)

ITEM	TÍTULO	AUTOR	ANO	CITAÇÕES
1	*A Fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives*	KAHRAMAN, C.; KAYA, I.	2010	201
2	*Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis.*	WILLIAMSON, S. J.; STARK, B. H.; BOOKER, J. D.	2014	99
3	*Machine fault signature analysis*	JAYASWAL, P.; WADHWANI, A. K.; MULCHANDANI, K. B.	2008	91
4	*Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey*	ÜMRAN, S.; ENGÜL, A.; * MIRAÇ, E. B.; SEYEDHADI E.; SHIRAZ, C.; VOLKAN G. D.; AHMET, B. S.	2015	90
5	*Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: a review*	ELBATRAN, A. H.; YAAKOB, O. B.; AHMED, Y. M.; SHABARA, H. M.	2015	63
6	*Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: the Portuguese case*	RIBEIRO, F., FERREIRA, P.; ARAÚJO, M.	2013	62
7	*Decision making in renewable energy investments: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews*	STRANTZALI, E.; ARAVOSSIS, K.	2016	56

(conclusão)

8	*Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems*	YSSAAD, B; KHIAT, M.; CHAKER, A.	2014	53
9	*Small Hydro Power Plants Energy Availability Modeling for Generation Reliability Evaluation*	BORGES, C. L. T.; PINTO, R. J.	2008	52
10	*Hydropower development priority using MCDM method*	SUPRIYASILP, T.; PONGPUT, K.; BOONYASIRIKUL, T.	2009	46
11	*Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and Fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey*	ERTAY, T.; KAHRAMAN, C.; KAYA, I.	2013	43
12	*FMEA and FTA analysis for application of the reliability centered maintenance methodology: case study on hydraulic turbines*	DE QUEIROZ SOUZA, R.; ÁLVARES, A. J.	2008	38
13	*Analytical hierarchy process (APH) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal*	SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P.	2016	36
14	*Risk assessment of river-type hydropower plants using Fuzzy logic approach*	KUCUKALI, S.	2011	33
15	*Safe and efficient control of hydro power plant by fuzzy logic*	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	2012	30
16	*Efficiency assessment of hydroelectric power plants in Canada: a multi criteria decision making approach*	WANG, B.; NISTOR, I.; MURTY, T.; WEI, M.	2014	29
17	*Selection of hydro-turbine blade material: Application of Fuzzy Logic (MCDA)*	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	2013	26
18	*A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants.*	ÖZCAN, E. C.; ÜNLÜSOY, S.; EREN, T.	2017	15
19	*Penstock material selection in small hydropower plants using MADM methods*	KUMAR, R.; SINGAL, S. K.	2015	15
20	*Selection of small hydropower project site: a multi-criteria optimization technique approach.*	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	2015	7
21	*Preventive Maintenance Prioritization by Fuzzy Logic for Seamless Hydro Power Generation*	ROY, P. K.; ADHIKARY, P.; MAZUMDAR, A.	2014	5

Fonte: Elaboração pelo autor (2018).

A partir do desenvolvimento da sistemática oriunda da ferramenta *Proknow*-C, salienta-se ter identificado um fragmento em consistência, com ênfase quanto à representatividade na literatura internacional, iniciando-se, assim, novas análises denominadas análise bibliométrica e sistêmica.

Dado que na etapa anterior foi constituído o portfólio bibliográfico – PB −, procede-se no processo de geração de conhecimento a respeito do tema de pesquisa. Desenvolve-se a

análise dos artigos, cujo objetivo é quantificar as informações existentes no conteúdo dos artigos, além de compor a caracterização bibliométrica básica e avançada destas publicações. (AFONSO et al., 2011).

As características básicas referidas para fins de análise para esta pesquisa dizem respeito: (*a*) aos autores constituídos de suas trajetórias nesta área de conhecimento; e, (*b*) aos periódicos científicos que direta ou indiretamente penetram em outros países em forma de consulta, criando espaço à divulgação de pesquisas sobre o tema.

Para a presente pesquisa, considera-se o destaque dos autores de publicações na área de interesse da pesquisa pelo número de publicações a compor o PB.

No que concerne aos periódicos, serão estimados os mais relevantes em conformidade com a redundância no portfólio, assim como de suas referências.

Com o objetivo de analisar o perfil e as características do portfólio de artigos selecionados na aplicação do *Proknow*-C, denominadas características avançadas, estes artigos passarão por exame para uma avaliação de estágio de evolução do tema, propostos por Srimai, Radford e Wright (2011), além do tipo de sistema de avaliação de desempenho, sugerido por Melnyk et al. (2013).

Corroborando com o que é preconizado por Srimai, Radford e Wright (2011), estes afirmam que:

(*a*) a evolução dos sistemas de mensuração do desempenho foi tal que, na consideração aos interesses dos *stakeholders*, encontrou-se um vasto caminho de exploração por intermédio de sugestões e de possibilidades críticas para apoio ao processo da gestão, o que motivou a integração dos sistemas de avaliação do desempenho;

(*b*) a gestão organizacional necessita encontrar um equilíbrio entre o desempenho a ser alcançado no curto prazo e o crescimento no longo prazo;

(*c*) as alterações mercadológicas fundamentam a necessidade de transições evolutivas relevantes da mensuração do desempenho das organizações.

Conforme preconizam Melnyk et al. (2013), estes tornam a sugerir que haja a classificação das ferramentas de apoio à decisão em duas classes distintas, quais sejam: a sistemática de mensuração de desempenho e, por fim, os sistemas de gestão de desempenho.

Estas classificações empregadas como características avançadas serão detalhadas no transcorrer deste trabalho de pesquisa.

2.2.3 Análise Bibliométrica

Entre os objetivos da obtenção de um portfólio alinhado à pesquisa, tem-se a necessidade de implementar metodologias que sejam isentas e imparciais para a obtenção de publicações científicas que venham a constituir o Portfólio Bibliográfico (PB).

Evidenciou-se de forma quantitativa os dados estatísticos para um conjunto de artigos selecionados por intermédio de contagem dos parâmetros, tais como: citações, autores, publicações, periódicos e bases de dados.

Partindo-se desses pressupostos, foram identificadas três vertentes consistentes para a análise bibliométrica, sendo a primeira relacionada diretamente com os artigos do portfólio.

A segunda vertente está relacionada às referências existentes nos artigos do PB e, por fim, a terceira vertente de análise tem o objetivo de quantificar a relação entre os dados das duas vertentes de análise anteriormente abordadas.

A análise inicial refere-se ao perfil do Portfólio Bibliométrico, no que tange à relevância dos periódicos do PB, que reside na identificação dos periódicos de maior destaque em relação ao tema pesquisado.

A análise seguinte tem como objetivo identificar o reconhecimento científico individual para cada publicação científica do Portfólio Bibliográfico, por meio da identificação do número de ocorrências em que o artigo foi citado em outros artigos científicos.

Passa-se então a identificar os autores mais citados, as palavras-chave com mais evidências de ocorrência entre os artigos do PB e os periódicos de maior relevância para as situações em que o artigo esteja alinhado com o tema de pesquisa (título, palavra-chave e resumo).

2.2.4 Análise Sistêmica

Conceitua-se a Análise Sistêmica como uma etapa da metodologia *ProKnow-C*, cuja definição surge como um:

> [...] processo científico utilizado para, a partir de uma visão de mundo (filiação teórica) definida e explicitada por suas lentes, analisar uma amostra de artigos representativa de um dado assunto de pesquisa, buscando evidenciar para cada lente e globalmente, para a perspectiva estabelecida, os destaques e as oportunidades (carências) de conhecimentos encontrados na amostra. (CHAVES et al., 2013, p. 58).

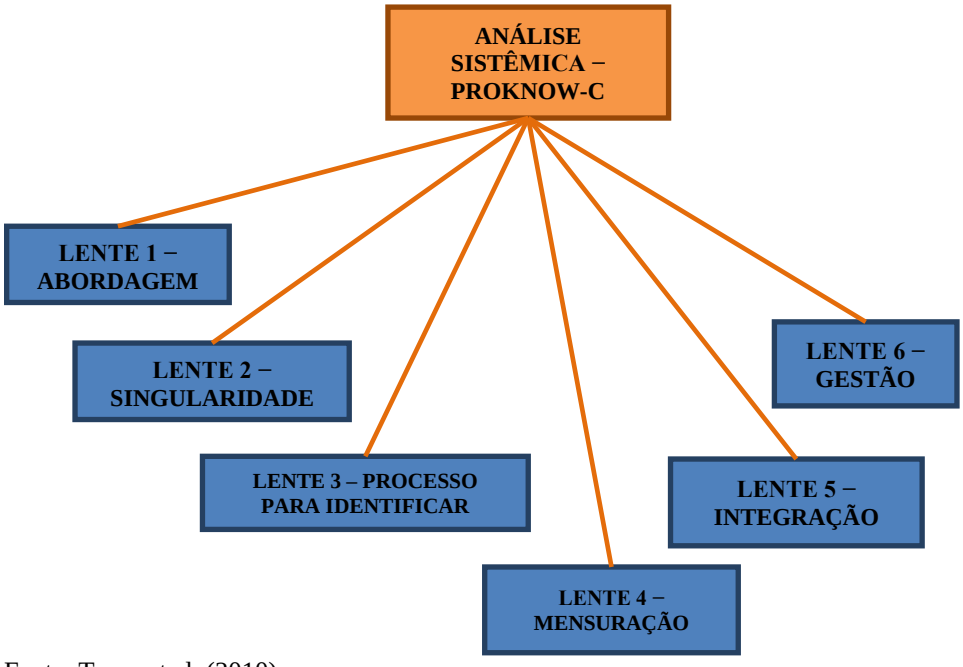
O conceito de Avaliação de Desempenho proposto por Ensslin et al. (2012) diz que dominando o conteúdo do artigo, o pesquisador identifica sutilmente os aspectos das seis lentes propostas.

Nesta fase, as seis lentes propiciam enquanto processo a construção de conhecimentos ao gestor a respeito de uma contextualização em específico em que há a propositura de avaliar, sob a ótica de percepções que partem do próprio gestor e por intermédio de atividades que se propõem a identificar, organizar e mensurar, tanto de forma ordinal, quanto de forma cardinal, permitindo integrar e visualizar as influências, os impactos das ações no âmbito de sua gestão. (ENSSLIN et al., 2010).

As seis lentes comportam características com as quais podem ser identificadas, de forma abrangente, o domínio do conteúdo de cada artigo representativo do tema, revelando consigo destaques e oportunidades intrínsecas da amostra de artigos, em especial quando for identificado carências de conhecimentos na amostra de artigos (TASCA et al., 2010; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014; THIEL; ENSSLIN; ENSSLIN, 2017).

Cabe à etapa denominada Análise Sistêmica, enquanto processo científico, proporcionar a elaboração de uma análise referente à afiliação teórica (visão de mundo), a qual é estabelecida por meio de suas lentes. A Figura 9 ilustra a disposição com que se propõe cada uma dessas lentes.

Figura 9 – Lentes da Análise Sistêmica



Fonte: Tasca et al. (2010).

A avaliação de desempenho, na amplitude de sua projeção e na visão de mundo concebida por este pesquisador, encontra-se a total convergência das metodologias de apoio à decisão. Cabe ressaltar, por certo, que dedicar-se em apoiar a decisão não configura tão e somente oferecer uma solução pronta ao gestor, mas propor, sob uma nova perspectiva, ampliar seu conhecimento no que concerne ao contexto organizacional, prover informações em relevância, considerando as preferências e os valores concebidos pelo gestor, para que este, no âmbito de seus propósitos, decida pelo que considerar em maior adequação ao seu processo de gestão.

Com esses entendimentos, conforme explicitado por Barzilai (2001, p. 404), a Teoria da Decisão é passível de especificidades quando remetida ao assunto da Teoria da Mensuração.

Conforme conteúdo e caracterização da presente pesquisa, configurada a visão de mundo que estrutura o presente trabalho de pesquisa, seu amparo ocorre na interpretação da avaliação de desempenho, na qualidade de instrumento de apoio à decisão, conforme explicitado por Ensslin e Dutra (2009, p. 5):

> Avaliação de Desempenho (1) é o processo para construir conhecimento no decisor (2), a respeito do contexto específico (2) que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor por meio de atividades que identificam (3), organizam, mensuram (4), ordinalmente e cardinalmente, integram (5) e permitem visualizar o impacto das ações e seu gerenciamento (6).

No Quadro 6, faz-se uma abordagem relativa aos objetivos das lentes de avaliação de desempenho preconizadas na análise sistêmica efetivada sob a análise dos artigos contidos no Portfólio Bibliográfico (PB) obtido por intermédio do mapeamento na etapa inicial do *ProKnow*-C.

Quadro 6 – Princípios das lentes no âmbito da Análise Sistêmica

(continua)

N^0 da lente	**Propósitos da lente**	**Princípios da lente**
1	Abordagem/ utilização	Para o modelo construído, é capaz de harmonizar a abordagem e os dados do problema com seu uso ou sua aplicação?
2	Singularidade	É capaz de reconhecer que o problema é único (no que tange a atores, contexto e momento)?
3	Processos de identificação	Utiliza-se de processo para identificar os objetivos em conformidade às percepções do decisor?

(conclusão)

4	Mensuração	É capaz de reconhecer as propriedades (Mensurabilidade; Operacionalidade; Homogeneidade; Inteligibilidade, distinguindo a noção de atratividade entre elementos da escala) contidas nas escalas de mensuração (Descritivas, Nominais, de Intervalo e de Razão)?
5	Integração	É capaz de reconhecer que a integração requer níveis de referência?
6	Gestão	Os conhecimentos gerados permitem conhecer o perfil do *status quo*, sua monitoração e suas proposições de aperfeiçoamento?

Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2010).

As etapas sequenciais deste documento abordam detalhadamente as seis lentes da Análise Sistêmica.

2.2.4.1 Lente Abordagem

Esta primeira lente que compõe a Análise Sistêmica busca a realização de uma análise, assim como prover as respostas à seguinte indagação: a abordagem empregada no artigo de fato harmoniza com o modelo de avaliação de desempenho construído com o seu propósito de utilização ou aplicação?

Para que se tenha a resposta para este questionamento, inicialmente se faz necessária a identificação da abordagem utilizada no artigo pelo pesquisador para tratar da problemática assumida para a pesquisa de um determinado tema. Sob o contexto dessas lentes, tomando-se como temática a avaliação de desempenho, as abordagens são fracionadas entre abordagem normativista, descritivista, prescritivista ou construtivista. (ROY, 1993; MELÃO; PIDD, 2000; ENSSLIN et al., 2010).

Compreendido o alinhamento da abordagem na construção do modelo e que contempla a primeira lente, passa-se para a averiguação da existência de alinhamento no que tange à harmonia entre a abordagem e a aplicação do modelo, características com as quais busca-se harmonizar abordagem e utilização do modelo de avaliação de desempenho constituído. (ENSSLIN et al., 2010 − conforme disposto no Quadro 7).

Quadro 7 – Averiguação da harmonia entre a abordagem e o uso do modelo

Abordagem do modelo	Uso ou aplicação	Harmonia
Normativista ou Descritivista (Realista)	Genérico	Sim
	Específico	Não
Prescritivista ou Construtivista	Genérico	Não
	Específico	Sim

Fonte: Ensslin et al. (2010).

O domínio do conteúdo exposto no Quadro 10 exprime que as abordagens caracterizadas por hipóteses, propósitos, que, ao serem operacionalizados, constituirão harmonia e alinhamento, quando remetidos ao contexto da problemática de pesquisa.

2.2.4.2 Lente Singularidade

Nesta segunda lente, a Singularidade, que compõe a Análise Sistêmica, busca responder à seguinte indagação: o artigo, no âmbito da singularidade, distingue que a problemática da pesquisa é única, no que tange ao momento, ao contexto e aos atores?

A lente Singularidade aborda as questões ligadas aos objetivos de reaver as questões que concernem à construção de conhecimentos ao decisor, além do contexto físico com que se estabelece o trabalho de pesquisa.

Ainda sob o escopo desta segunda lente, ratifica-se o papel do decisor como elemento importante na tomada de decisão em comparação aos demais atores, além do contexto físico com que se fundamenta a publicação científica.

Esta singularidade exprime que o modelo é único para uma estrutura da organização e exclusivamente para os atores daquele contexto, perdendo-se a validade do modelo se aplicado a outra estrutura da organização ou até mesmo para outra organização, cujas atividades são similares, idênticas ou afins.

Nesses termos, justifica-se a Lente Singularidade tanto dos atores associados à pesquisa, quanto ao contexto físico intrínseco ao conceito desta lente.

O oposto ao conceito de singularidade pode ser visualizado nos modelos genéricos, em que a caracterização dos atores e o contexto em que participam para a estruturação do modelo é obscura ou indefinida.

Não obstante a esta caracterização, também não há uma definição clara do contexto com que se configuram os dados quanto ao contexto físico, para o qual será utilizado no modelo.

(TASCA et al., 2010; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012).

2.2.4.3 Lente do Processo para Identificar Objetivos e Expandir os Conhecimentos do Decisor

Esta terceira lente utilizada pela Análise Sistêmica do *ProKnow-C* busca a verificação quanto às respostas para a seguinte indagação: o artigo recorre a algum processo para distinguir os objetivos em conformidade às percepções do decisor?

Mais uma vez, as pretensões de um facilitador, que de forma isenta, colabora para construir conhecimentos ao decisor, com objetivos de auxiliá-lo na visualização de como o contexto pode influenciar os valores formulados pelo decisor e de como estes valores podem ser determinantes nos critérios julgados por ele (decisor) para a construção de um modelo. (TASCA et al., 2010; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014).

2.2.4.4 Lente Mensuração

Esta quarta lente que integra a Análise Sistêmica busca as respostas para o seguinte questionamento: o artigo, no que tange à abordagem do modelo de avaliação de desempenho, explicita o reconhecimento relacionado às propriedades das escalas de mensuração aplicadas ao artigo científico (Descritivas, Nominais, de Intervalo e de Razão)? Neste momento, no âmbito da metodologia de avaliação de desempenho, reassume-se o interesse nas escalas que mensuram os critérios de forma ordinal e cardinal.

A construção das escalas ordinais e cardinais torna explícito o quão relevante é esta etapa para as publicações científicas que abordam a avaliação de desempenho. Tratando-se de mensuração, a relevância na construção das propriedades ordinais vem ao encontro do atendimento das seguintes propriedades ordinais:

a) não ambiguidade;
b) homogeneidade;
c) inteligibilidade;
d) capacidade de possibilitar diferenciações entre o melhor e o pior desempenho.

A Lente Mensuração ainda é protagonista de outra importante atividade que é a análise das escalas cardinais, utilizadas nas publicações científicas relacionadas às metodologias de avaliação de desempenho.

Com o propósito de atestar as características das escalas cardinais, esta lente ainda se propõe a verificar, para a análise de escalas cardinais, se as mesmas permitem atender às propriedades cardinais, concedendo a realização de operações matemáticas e operações estatísticas, em acordo com a Teoria da Mensuração. (TASCA et al., 2010; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014).

2.2.4.5 Lente Integração

Esta quinta lente a ser abordada no âmbito da Análise Sistêmica é muito importante, pois busca responder à seguinte dúvida: há reconhecimento no conteúdo do artigo, uma vez que, ao integrar os critérios de avaliação, estes pleiteiam, sob a dimensão do conceito desta lente, a construção de níveis de referência?

Há a necessidade de que os critérios sejam mensurados e integrados na construção do modelo de avaliação de desempenho, pois há o interesse de uma perspectiva holística, assim como de uma perspectiva sistêmica de desempenho como um todo.

A integração das variáveis mensuradas permite uma visão completa do processo de avaliação de desempenho a partir da aplicação de taxa de compensação entre os critérios definidos para o modelo, permitindo a avaliação global do contexto sob a ótica da tomada de decisão.

O intuito desta lente não seria apenas identificar as premissas de integração, mas também de que modo elaborar esta integração, podendo ser numérica, descritiva e graficamente. Outro fator passível de análise diz respeito aos níveis de referência contidos nas escalas.

Referindo-se a este tema, cabe um exame conforme preconiza Keeney (1992, p. 147-148), o qual recomenda a averiguação de equívocos recorrentes no momento da realização da integração de critérios para os modelos elaborados de avaliação de desempenho.

Toma-se como importância de um critério uma conotação relativa, uma vez que a ele estão associados os níveis de referência da escala que o mensura, o que fundamenta dizer que, na alteração dos níveis de referência, propõe-se conjuntamente alterações nas constantes de integração. (TASCA et al., 2010; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014; THIEL; ENSSLIN; ENSSLIN, 2017). Por isso, o cuidado e a

observação nesta fase que envolve os níveis de referências das escalas e na fase de integração desenvolvidos na MCDA.

2.2.4.6 Lente Gestão

Esta última lente da Análise Sistêmica, intrínseca ao processo estruturado do *ProKnow-C*, tem como objetivo responder à seguinte pergunta: o artigo traz consigo evidências de que o conhecimento desenvolvido permite compreender o perfil atual (*status quo*), sua monitoração e o aperfeiçoamento do processo de gestão?

Na resposta a esta indagação, ressalta-se o interesse em gerar conhecimentos ao decisor, propondo a este identificar as atividades que competem à gestão em sua organização e os impactos gerados a cada ação de sua gestão.

Assim sendo, com vistas ao *status quo*, toma-se a importância de que o modelo desenvolvido possa estabelecer e monitorar as características de desempenho de todos os critérios, buscando evidenciar os parâmetros que destacarem os critérios com alto desempenho, denotando as competências da organização, assim como aqueles que demonstrarem os piores níveis de desempenho, aquém dos patamares aceitáveis.

Por fim, esta lente ressalta as finalidades globais dos propósitos da aplicação da metodologia de avaliação de desempenho, que seria identificar ações que possam gerar aperfeiçoamentos aos processos de gestão. (TASCA et al., 2010; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; ROSA et al., 2012; AZEVEDO et al., 2012; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014; THIEL; ENSSLIN; ENSSLIN, 2017).

Esses esforços voltados ao aperfeiçoamento de gestão visam às melhorias para converter os indicadores que estão com níveis de avaliação aquém do esperado em patamares competitivos de gestão.

2.3 METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO − MCDA

A elaboração de uma problemática em que a temática de tomada de decisão estimula tanto o debate quanto o aprendizado nos processos de cunho decisório, descreve os impactos intrínsecos a cada opção, conforme os diversos pontos de vista que tornam explícita a composição de atores no processo. (BANA E COSTA; STEWART; VANSNICK, 1995; CARDOSO et al., 2016).

Para o desenvolvimento do presente trabalho de pesquisa, definiu-se pela utilização da metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (*Multi-criteria Decision Analysis* − MCDA) como instrumento para a construção do modelo de avaliação de desempenho, conforme disposto como objetivo deste trabalho.

A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) permite o desenvolvimento de um modelo personalizado, que tem por objetivo auxiliar os gestores das organizações no processo de identificação, operacionalização e mensuração de critérios, que viabilizem a avaliação do desempenho no âmbito de sua atuação. (ENSSLIN et al., 2010a).

Ou seja, a metodologia MCDA tradicional busca delimitar o apoio à decisão tão e somente a duas etapas, que compreendem inicialmente a etapa de formulação, seguida pela etapa de avaliação.

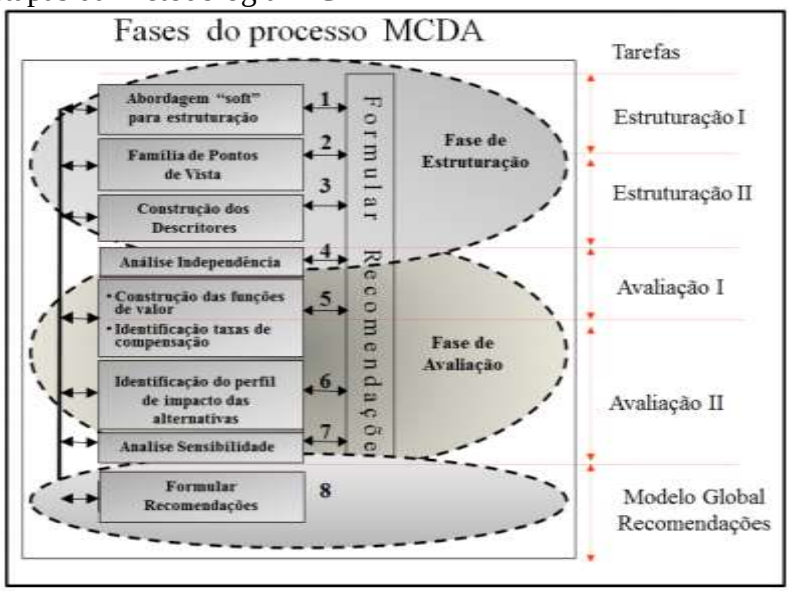
Como prioridade, a concepção da metodologia MCDA visa a distinguir a melhor alternativa entre as possibilidades previamente estabelecidas, considerando um conjunto preestabelecido de objetivos, em que o decisor surge de forma discreta, com pouca ou nenhuma participação no contexto do processo de avaliação de desempenho. (ENSSLIN et al., 2010a).

Consoante ao que preconizam Ensslin et al. (2010a), a MCDA tradicionalmente traz, associada ao seu conceito, uma lógica de pesquisa racionalista, o que a difere da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão Construtivista - MCDA-C.

A Metodologia MCDA-C se fundamenta em uma lógica de pesquisa, onde a metodologia garante a singularidade da validação do modelo ao decisor e particularmente à organização estabelecida no contexto ímpar deste decisor.

Quando são consideradas as finalidades para apoio ao processo decisório, os valores, as preferências e percepções do decisor farão parte da solução encontrada para o modelo gerado pelo MCDA. (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Figura 10 – As etapas da Metodologia MCDA



Fonte: Ensslin, Dutra e Ensslin (2000).

Conforme ilustrado na Figura 10, a metodologia MCDA demonstra em todas as suas fases e etapas a proposição da recursividade. A seguir, tem-se a disposição de uma síntese de cada fase, cuja fundamentação é obtida nos seguintes autores: Marafon et al. (2015), Dutra et al. (2014), Lacerda et al. (2014), Ensslin et al. (2014b), Della Bruna Junior et al. (2014), Marafon et al. (2013), Ensslin e Longaray (2013), Azevedo et al. (2013), Rosa et al. (2012), Ensslin, Ensslin e Pacheco (2012), Ensslin, Montibeller e Noronha (2001) e Ensslin, Dutra e Ensslin (2000).

2.3.1 A Fase de Estruturação

A Fase de Estruturação, dentro de seu contexto, tem por objetivo organizar, desenvolver e expandir o conhecimento do decisor (neste caso, gerente do Departamento de Manutenção da Eletrosul Centrais Elétricas S.A.) no que se refere ao processo decisório.

Entre os objetivos da Fase de Estruturação, busca-se compreender o problema elencado pelo decisor, conforme seus valores, preceitos e suas preferências, para que os atores deste contexto singular venham a identificar, coletar dados, gerir uma esfera organizacional de forma a compor a operacionalização de aspectos, os quais, pela ótica do decisor, são necessários, assim como suficientes para a gestão sob uma determinada conjuntura.

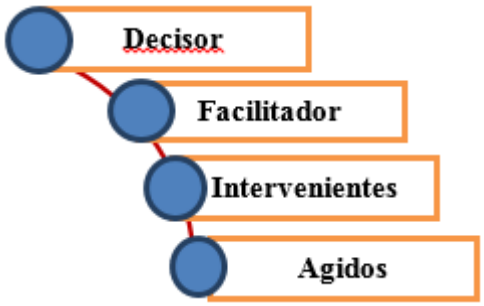
Conforme preconizado por Eden e Ackermann (1998), as abordagens *soft do Cognitive Mapping* são manuseadas para fins de apoio na evidenciação do conhecimento e

associação das preferências, dos valores e interesses de um decisor, quando referido a um problema.

A Fase de Estruturação é segmentada em três fases (ENSSLIN et al., 2005), sendo a primeira intencionada na definição de um problema, o qual se faz necessário identificar os atores deste contexto, apontando quem seriam os decisores, os *stakeholders*, quem seriam os afetados no contexto deste problema, como são concebidos os rótulos de pesquisa e como o problema e as suas características são concebidos e identificados pelo gestor da organização.

A Figura 11 ilustra quem seriam os atores neste estudo.

Figura 11 – Atores do processo decisório



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Conforme preconizado por Montibeller (2000), o mapa cognitivo consiste em uma estrutura hierárquica de conceitos, que são concatenados, dispostos e ligados por influências entre meios e fins.

Consoante Montibeller (2000), esta estrutura hierárquica expressa os valores relacionados com o problema em que estão dispostos conceitos superiores relacionados ao problema, dos quais devem fornecer uma série de meios para o atingimento dos fins que se deseja alcançar, realçando, nesta hierarquia, os conceitos que estão caracterizados por conceitos subordinados a um conceito superior.

Para que ocorra a construção dos mapas cognitivos, há de se realizar um *brainstorming* a partir das exposições do decisor ao facilitador, visando a identificar os Elementos Primários de Avaliação (EPAs).

Para a construção dos elementos primários de avaliação, é recomendado que o facilitador tenha proximidade com o decisor, de forma a constituir entrevistas semiestruturadas com este, sendo igualmente interessante a interação com os intervenientes. A repetição do processo de entrevistas semiestruturadas permite ao facilitador desvendar os valores e as preferências do gestor.

O mapa cognitivo, como representação gráfica do problema, é o resultado dos anseios e das preocupações oriundas do decisor ao facilitador, sendo respectivamente passado pelo decisor em forma de representações discursivas e mentais.

Destas representações, que uma vez capturadas pelo facilitador, passam a registrar uma gama de informações de forma a compor o mapa cognitivo, o qual é uma representação gráfica daquilo que o decisor expressa como preocupação, sintetizada por um rótulo.

Dentro do contexto decisório, o decisor expõe suas representações discursivas do problema, facilitando a construção do mapa cognitivo pelo facilitador. Basicamente, o rótulo corresponde a um título que discorre suscintamente o tema com que este decisor ou gestor descreve o problema.

Segundo Eden (1988), o mapa cognitivo surge como uma ferramenta capaz de induzir a um processo negocial em que o decisor expressa as suas percepções e interpretações acerca do contexto decisório, permitindo a ambos (decisor e facilitador) expressarem, neste processo negocial, um comprometimento de ação e discernimento, visando a expor a situação com que estão caracterizadas as preocupações do decisor, promovendo conhecimento a este e permitindo ao facilitador a interpretação dos interesses do decisor.

Traça-se uma linha de ação para a representação gráfica, em que este processo do discurso do decisor resultará em um mapa cognitivo.

Recorrer às entrevistas semiestruturadas, apesar de esta ser uma ferramenta comumente utilizada, apresenta-se como uma técnica de coleta de dados que presume a inteiração continuada entre o pesquisador (facilitador) e o participante (gestor), conduzida de forma a atender aos objetivos da pesquisa. (QUEIROZ, 1998).

O produto a ser apresentado é uma estrutura hierárquica de valor, a qual apresenta aspectos acerca do contexto em investigação, cabendo um processo de avaliação, bem como da apresentação daquilo que será julgado em grau de importância para a avaliação de cada um dos aspectos do modelo.

Estruturados os EPAs, a compreensão das preocupações do decisor é expandida, então é solicitado a este que informe a direção de predileções do objetivo de cada EPA, elaborando seu polo psicológico oposto. O método com que o EPA é representado é designado conceito. (ENSSLIN, et al., 2010; ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001; ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000).

Uma vez identificados todos os EPAs que possam refletir as preocupações do decisor, passa-se a agrupar estes conceitos em áreas de preocupações, elaborando-se, assim, a Árvore de Valor.

Dessa maneira, os conceitos de cada uma destas áreas são agrupados em uma relação de influência meio-fim, na qual se requisita do decisor explanar acerca de cada conceito formulado e qual a sua importância no processo.

Na segunda etapa, pode-se identificar e construir os Pontos de Vista Fundamentais (PVF), que demandam a criação de um rótulo que possa descrever o problema, além de um sumário que o coloque sob um determinado contexto e afim com os interesses do decisor.

Firmados os mapas meio-fim, estes são agrupados em forma de conjuntos e subconjuntos, cujos conceitos são associados a uma mesma preocupação, denominando-os de *Clusters* e *Subclusters*.

Nesta fase, os *Clusters* são dispostos em uma nova forma de representação gráfica e explicativa, nominada Estrutura Hierárquica de Valor, em que os *Clusters* assumem a nominação de Pontos de Vista Fundamental (PVF) na posição de extremidade da Árvore de Valor. Cabe agora ao decisor a identificação de uma escala ordinal que possa melhor representar e mensurar a preocupação intrínseca ao PVF. O PVF associado à escala recebe a denominação de descritor.

Ainda como informação complementar, cabe ao decisor estabelecer os níveis de referência com os quais vai atribuir a cada descritor, agregando graficamente ainda mais informações, trazendo juízo de valor às escalas, transformando-as de escalas ordinais em escalas cardinais. (BANA E COSTA et al., 1999; ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001; MONTIBELLER et al., 2008; ENSSLIN et al., 2013; LONGARAY; ENSSLIN, 2015).

Na terceira etapa da fase de estruturação, o objetivo é a construção dos descritores, ou seja, a partir da identificação do problema e do rótulo que o descreva, passa-se a identificar o que avaliar. Associado aos elementos que devem ser avaliados (descritores), constroem-se escalas ordinais para mensurá-los.

Um problema pressuposto por este decisor pode ser representado por um mapa cognitivo, no qual este decisor demonstra insegurança em como visualizar tal problema. (EDEN et al., 1983).

A constituição da Árvore dos Pontos de Vista Fundamentais (PVF), estrutura hierárquica de valor ou árvore de valor, requer a identificação dos Elementos Primários de Avaliação (EPA) e desenvolvimento dos conceitos considerados na metodologia MCDA.

Passa-se então para a construção dos conceitos orientados à ação e ao agrupamento dos conceitos em áreas de preocupação para então construir os mapas de relações meio-fim e identificação dos pontos de vista fundamentais. O passo seguinte consiste na transferência dos

mapas de relações meio-fim para a estrutura hierárquica de valor, em que se passa a constituir os descritores.

A elaboração da fase de avaliação do modelo passa pelas seguintes etapas: (i) construção das funções de valor por meio da percepção do decisor, transformando as escalas ordinais em escalas cardinais para os indicadores identificados; (ii) traçar o perfil de desempenho e avaliar o desempenho local, caracterizando-se assim o perfil do status quo (iii) produzir as taxas de substituição para possibilitar a avaliação global de desempenho; e por último, (iii) desenvolver a avaliação global de desempenho e o perfil de impacto.

Com estas informações é possível identificar o desempenho do status quo para cada nível do modelo e em consequência obter a avaliação de desempenho atual em cada nível organizacional (estratégico, tático e operacional).

Cabe salientar que a caracterização do status quo revelará fragilidades, as quais serão submetidas a avaliação de gestão, cujas condições fundamentarão a fase de recomendações.

2.3.2 A Fase de Avaliação

A fase de avaliação tem por objetivo a conversão do modelo qualitativo ordinal, constituído, na Fase de Estruturação, em um modelo cardinal (matemático), em que é possível caracterizar o desempenho sob o aspecto quantitativo, partindo-se de um contexto individual (em cada aspecto do modelo) ou sob o contexto em nível global (avaliação global do desempenho do contexto).

A visão de mundo intrínseca à avaliação de desempenho fixa a necessidade de mensuração dos fatores críticos para que a sua gestão obtenha sucesso em certos contextos.

Partindo dessa analogia, busca-se respaldos na Teoria da Mensuração, visando ao apoio no sentido de gerar suporte às escalas empregadas no modelo a ser elaborado pela pesquisa. (STEVENS, 1946).

A respeito da relevância da fase de avaliação, é reconhecido por este pesquisador a filiação teórica, entende-se que é indispensável o uso da Teoria da Mensuração para este trabalho.

Em acordo com Keeney (1992), no momento em que os objetivos são quantificados, espontaneamente em função de sua relevância relativa, é produzida uma desinformação sobre os valores envolvidos e deixa-se de oportunizar uma melhor compreensão destes valores.

Segundo as pesquisadoras Micheli e Mari (2014), a ação da construção de escalas pressupõe o atendimento aos princípios da legitimidade e validade. No que concerne à Legitimidade, a caracterização retrata a exigência da exatidão, precisão e objetividade da escala no que se propõe a mensurar. Ao caracterizar que a escala é passível de sofrer operações estatísticas frente ao grau de liberdade por ela admitido, entende-se que foi atendido o princípio da Validade.

Para atendimento ao princípio da Legitimidade, é necessário, ainda, que o pesquisador atente que, ao construir uma escala, é fundamental a utilização das propriedades e dos princípios preconizados por Keeney (1992), conforme exposto no Quadro 8.

Quadro 8 − As seis propriedades das escalas de mensuração, segundo Keeney (1992)

Propriedade	Descrição dos conceitos
1. Inexistência de ambiguidade	Garantir que o que está sob mensuração em cada nível da escala não esteja sob mensuração em nenhum outro nível desta mesma escala.
2. Inteligibilidade	Permitir que a interpretação do que está em mensuração seja a mesma para todos os demais sujeitos que visualizarem a mesma mensuração.
3. Operacionalidade	Proporcionar, em termos físicos, a possibilidade de mensuração da propriedade a ele associada.
4. Mensurabilidade	Exprimir a representatividade da percepção de valor daquilo que o decisor deseja mensurar, em vez de assegurar a medida mais fácil associada à descrição do que está sendo medido.
5. Homogeneidade	Independentemente dos níveis da escala, permitir a mensuração das mesmas propriedades no contexto da avaliação.
6. Níveis de referência	Dispor a informação em cada nível seguinte de que há um desempenho superior ao dos níveis inferiores, permitindo identificar atratividades entre os níveis em avaliação, além de tornar distintas as diferenciações entre um desempenho melhor de um outro, considerado pior.

Fonte: Adaptado de Keeney (1992).

As seis propriedades da Teoria da Mensuração ilustradas no Quadro 8 são obrigatoriamente utilizadas para examinar os descritores (critérios a serem mensurados) no processo de estruturação do modelo, garantindo, ao contemplar estas propriedades, a satisfação com relação ao princípio da legitimidade.

A classificação das escalas é dependente das propriedades matemáticas passíveis de serem realizadas nas quatro escalas abordadas na Teoria das Escalas.

Para o presente modelo de avaliação de desempenho a ser elaborado, conforme a metodologia MCDA, as escalas qualitativas necessitam ser transformadas em escalas de

intervalo, denotando nesta nova concepção a diferença de atratividade entre seus níveis, permitindo, dessa maneira a realização de operações matemáticas, tal qual a operação de multiplicações por constantes, possibilitando obter a agregação aditiva.

A escala será classificada como escala de intervalo (e não proporcional), uma vez que seu objetivo é de atender às preferências do decisor, o zero desta escala é arbitrado, sob concordância do maior protagonista na implementação da metodologia MCDA, ou seja, o decisor.

2.3.2.1 A Construção das Funções de Valor

A função de valor traduz uma estrutura fundamentada entre os gestores das organizações para explicitar seus interesses, valores e suas ações preferenciais, convertendo-as em um novo conceito. A caracterização destes valores de interesses formulados pelos gestores pode ser convertida em função de valor.

Consoante ao que preconizam Keeney e Raiffa (1993), a função de valor pode ser caracterizada como uma ferramenta capaz de expressar os níveis de preferência do gestor. Em conformidade ao preconizado por Dyer e Sarin (1979), estas funções de valor expressam as diferenciações de atratividade no pareamento de níveis de impacto intrínsecos às escalas utilizadas para a caracterização da mensuração entre ambas as posições dos níveis de impacto, conforme o ponto de vista concebido. Dentro do conceito de critério de avaliação de desempenho, a construção de um critério requer a estruturação de duas ferramentas, sendo a primeira a constituição de um descritor e a segunda a função de valor associada a este descritor (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001). Ao descritor recai a representação das preocupações de um ou mais decisores, permitindo a mensuração de uma das dimensões no âmbito da tomada de decisão.

Cabe à função de valor o fornecimento de informações acerca do diferencial de nível de atratividade entre os níveis de um descritor (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Ainda sob o crivo da avaliação de desempenho, a função de valor é um instrumento que tem por objetivo demonstrar, sob o aspecto numérico, as preferências do gestor de uma organização. A literatura científica denota diversas metodologias para a construção das funções de valor. (VON WINTERFELDT; EDWARDS, 1986; KEENEY; RAIFFA, 1993).

Com estes objetivos, a exemplo da metodologia de julgamentos semânticos, a obtenção da função de valor é gerada por meio da comparação par a par, em que são expressas diferenças de atratividade. (BEINAT, 1995).

As comparações são efetivadas em conformidade com o que o gestor expressou qualitativamente, por intermédio de escala ordinal semântica, em que fica explícito o quão uma ação é preferencial em detrimento de uma outra, conforme valores e concepções do gestor. (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Os modelos desenvolvidos pela metodologia de julgamentos semânticos são estruturados fundamentalmente pelos modelos de programação linear. O *Software* MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), tem como mentores Bana, Costa e Vansnick (1995), cujas rotinas visam a questionar o gestor quanto aos níveis diferenciais atrativos, os quais estão dispostos a seguir.

C0 - **nenhuma** diferença de atratividade (**indiferença**)
C1 - diferença de atratividade **muito fraca**
C2 - diferença de atratividade **fraca**
C3 - diferença de atratividade **moderada**
C4 - diferença de atratividade **forte**
C5 - diferença de atratividade **muito forte**
C6 - diferença de atratividade **extrema**

Nesses termos, o método *Macbeth* demonstra ser um processo interativo, em que a elaboração dos julgamentos acerca das diferenças de atratividade resulta na construção de uma escala cardinal de valor sobre o conjunto de alternativas.

Sequencialmente, são averiguadas eventuais inconsistências e, posteriormente, determinada uma escala de valor cardinal e representativa dos julgamentos de valor do decisor em grau de importância ou atratividade.

A escala gerada e normalizada produz os valores da taxa de compensação para as alternativas em averiguação e que possibilitam o uso de um modelo de agregação, que, em geral, é de agregação aditiva.

As taxas de compensação propostas pelo Software *Macbeth* são passíveis de serem submetidas a um processo de validação, que considera os valores do decisor. Ao decisor ainda caberá uma análise de sensibilidade das taxas de compensação dentro dos intervalos permitidos.

Fundamentado nos arranjos possíveis dos pares de ações, passa-se a construir uma matriz semântica que represente de forma esquemática todas as possibilidades de respostas possíveis pelo gestor da organização, para as quais as diferenças de atratividade foram formuladas.

A partir da matriz estruturada, tal metodologia gera, como proposição, uma escala numérica que possa satisfazer as condicionantes essenciais para a construção de uma função de valor.

Para o desenvolvimento desta metodologia, é elaborada uma matriz de julgamento semântico cujos elementos constituintes refletem as diferenças de atratividade que o gestor interpreta entre os níveis de impacto.

As categorias levantadas no Quadro 9 são utilizadas em matrizes de julgamentos semânticos, em que são realizadas declarações de diferença de atratividade entre os níveis de impacto previamente ordenados, comparando-as par a par, às declarações de diferença de atratividade entre os níveis de impacto, conforme ilustrado no Quadro 9

Quadro 9 – Matriz de julgamento semântico

	N_5	N_4	N_3	N_2	N_1
N_5	nulo	C2	C4	C5	C6
N_4		nulo	C3	C4	C6
N_3			nulo	C2	C4
N_2				nulo	C3
N_1					nulo

Fonte: Ensslin, Montibeller e Noronha (2001).

Uma vez concluída a matriz de julgamentos semânticos, por intermédio do Software MACBETH, uma escala é gerada, determinando, por consequência, uma função de valor, a qual tem por princípio respeitar os julgamentos semânticos que refletem os interesses e valores do gestor.

Sendo A = {N*n*, N*n*-1, N*n*-2, N*n*-3...}, perfaz um conjunto de ações a serem avaliadas, no qual estes são apresentados de forma decrescente de ordenação conforme a sua atratividade.

O *software* segue as rotinas de operação do método de julgamento semântico por intermédio de procedimento comparativo entre todas as combinações de pares possíveis de

níveis de impacto de um critério. (BANA E COSTA; VANSNICK, 1995). A Fase de Avaliação está compreendida pelas seguintes etapas: Construção das Funções de Valor; transformar os descritores em critérios de avaliação de desempenho Elaboração das Taxas de Compensação; Caracterização do Perfil de Desempenho do *Status quo* e Apuração da Avaliação de Desempenho do Contexto sob Análise.

Ressalta-se que a etapa que consiste a Fase de Avaliação reside na identificação das taxas de substituição, as quais prestam dados quanto à importância relativa individualmente atribuída a cada elemento, vinculado ao modelo como um todo.

Findada a consecução das taxas de substituição individualmente atribuída a cada critério, é possível efetuar a transformação do valor da avaliação individual atribuída a cada critério em valores associados a uma avaliação global.

Na manipulação dos indicadores de desempenho, tem-se objetivos de obter uma visão holística do modelo. Nesse sentido, referenciando-se à integração dos indicadores de desempenho, a maioria das ferramentas utilizadas não aborda a integração destes indicadores, destituindo-se da abordagem da integração dos indicadores por meio de um processo de agregação aditiva, o qual proporcionará uma avaliação global de desempenho.

Para a identificação do modelo global de avaliação da gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João, há a necessidade de prover a agregação das avaliações locais.

A agregação das avaliações locais é realizada por intermédio de uma equação matemática de agregação aditiva.

A obtenção da Avaliação Global se dá por intermédio da integração das escalas cardinais referidas a cada descritor, a qual é obtida pelas Taxas de Substituição designada a cada Ponto de Vista.

Uma vez que também se objetiva conhecer o desempenho global da organização, cabe, agora, agregar as avaliações locais, por meio da seguinte equação matemática de agregação aditiva, conforme exposto pela Equação 1.

Equação 1 – Método de agregação aditiva

$$V(a) = \sum_{i=1}^{n} w_i \, X \, v_i(a)$$

onde:

V (a) = valor do Desempenho da gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João (UHPJ), em nível Global;

v^1 (a), v^2 (a), vn (a) = valor parcial de desempenho dos indicadores de manutenção, conforme os critérios 1, 2, n; w^1 , w^2, ...;
wn = taxas de substituição respectivamente referidas aos critérios 1, 2, ... n;
n = nº de critérios para o modelo.

A fórmula que aborda a agregação aditiva, em conformidade ao preconizado por Keeney e Raiffa (1993), tem como objetivo transformar as medidas de atratividade local, oriundas dos descritores, em medidas de atratividade global.

Feito isso, tem-se a avaliação global associada a cada ação potencial, em específico para o modelo em desenvolvimento para a Usina Hidrelétrica Passo São João.

Contudo, a apresentação da equação do modelo pode partir da configuração do *status quo*, caracterizando a gestão de manutenção para a Usina Hidrelétrica Passo São João, permitindo caracterizar o *status quo*, mapeando os pontos de performance críticos, dos pontos de vista comprometedores.

A seção seguinte tem por objetivo evidenciar a construção de um modelo de avaliação de desempenho vinculado à gestão de manutenção da UHPJ, ativo de geração da Empresa Eletrosul Centrais Elétricas S.A.

2.3.3 A Fase de Recomendações

O estudo e a caracterização de um problema cuja abordagem em avaliação de desempenho se dá pela metodologia MCDA inclui três etapas: a Fase de Estruturação, a Fase de Avaliação e a Fase de Recomendações.

A Fase de Recomendações, objeto desta seção, tem por objetivo apresentar ao decisor relevantes informações para que este tenha subsídios suficientes para gerar melhorias de gestão sob o contexto de avaliação, especialmente com foco nos indicadores do modelo em que o *status quo* revelou vulnerabilidades na gestão de manutenção na Usina Hidrelétrica Passo São João, para o modelo elaborado.

O nível de informações apresentado até esta etapa durante a pesquisa permitiu ao decisor visualizar, em forma gráfica e em forma numérica, cada aspecto (indicador de desempenho), conforme as classificações “excelente”, “bom”, “neutro” ou “ruim”.

Enfatizando a escala cardinal/função de valor (constituída na Fase de Avaliação), traz consigo subsídios para gerar informações acerca de quais benefícios serão obtidos, caso o desempenho de um determinado aspecto analisado tenha melhorias.

O conhecimento suplementar do decisor agregará em subsídio para que seja decido qual ação, ou estratégia, apresenta-se como a mais adequada aos olhos do decisor. A fórmula de agregação aditiva permite ao gestor agregar todas as avaliações locais das ações potenciais em avaliação global única, obtendo uma visão holística do modelo de avaliação de desempenho.

Considerando que o modelo presta informações quanto à contribuição em cada aspecto, assim como de maneira global, algumas alternativas podem ser desenvolvidas para melhor acurácia do modelo.

O desenvolvimento do modelo envolve algumas incertezas oriundas do decisor, na construção de uma modelagem multicritério de decisão, residindo na importância da realização de análise de sensibilidade.

O propósito é de testar a robustez do modelo perante a testes de variações de parâmetros e constituir acréscimos de confiabilidade nos resultados. (DIAS; COSTA; CLIMACO, 1997).

Posteriormente, por intermédio de uma análise criteriosa, provavelmente o decisor poderá rever as funções de valor em virtude de uma revisão, investir na alteração de algumas taxas de substituição que, em um primeiro momento, não mostrou aderência com a precisão desejada.

Diante dessas análises, há a possibilidade de afirmar que, se o decisor pode trabalhar nos critérios com maior representatividade, para os quais o nível de valor global poderá gerar resultados significativamente melhores, ou seja, o decisor desenvolverá foco nas ações que realmente interessam para a sua gestão e para a organização.

O produto desta fase concerne em prover informações que possam apoiar o decisor em seu processo decisório, com vista ao aperfeiçoamento de desempenho referente ao contexto avaliado.

O exercício de apoio à decisão, para o contexto desta pesquisa voltada à gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, caracteriza-se como o diferencial central da Metodologia MCDA, se comparada a outras metodologias multicritérios de apoio à decisão.

Com o presente cenário, é evidente que: (i) o decisor é o ator primordial, sem o qual se perderia o interesse em desenvolver um modelo singular no atendimento ao objetivo central, o gestor da organização, além de se destituir o emprego da Metodologia MCDA nos processos decisórios; (ii) o principal objetivo é possibilitar aos intervenientes, participativos do processo decisório, gerar aprendizagem motivada pelo grau de interação e entendimentos obtidos com a evolução do processo, cujas informações são geradas pela forma com que são dispostos os níveis de atratividade difundidos entre elementos de uma mesma escala, a metodologia para

obter-se a avaliação global, as Funções de valor, assim como pela consideração dos objetivos do decisor; (iii) o cerne central da Metodologia MCDA consiste no desenvolvimento de um conjunto de condições que fundamente o processo decisório, em conformidade com os requisitos (cultura adquirida da organização, dos valores e das crenças), concebidos pelo decisor como sendo os que mais acredita serem apropriados a um cenário de preocupações oriundas pelo decisor. (ROY, 1993; ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000).

Cabe destacar que o modelo concebido e apresentado é constituído como um resultado para apoiar na resolução de um problema de gestão apontado pelo decisor, cuja evolução e finalização do modelo segue fielmente as etapas da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA), em que o foco central da metodologia concentra-se na Fase de Estruturação e na Fase de Recomendações, conforme demonstrado na Figura 10.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os preceitos que fundamentam a presente dissertação, a partir da aplicação do instrumento *ProkNow-C*, estão pautados nos temas 3.2 Manutenção de Usinas Hidrelétricas Centradas em Confiabilidade e 3.3 Avaliação de Desempenho de Usinas Hidrelétricas, segundo a literatura.

Excetuam-se da aplicação do instrumento de intervenção em destaque (*ProKNow-C*) os temas das subseções 3.1 Evolução do Conceito de Manutenção, 3.4 Premissas de Manutenção da Eletrosul, dos quais são pautados em premissas de ordem regulatória.

A partir da aplicação do *ProkNow-C*, obteve-se um Portfólio Bibliográfico (PB), contendo 21 artigos da literatura internacional, dos quais são explorados nas seções 3.2 e 3.3 do presente capítulo.

Optou-se em inserir a seção 3.1 Evolução do Conceito de Manutenção, com o objetivo de caracterizar a evolução do conceito de manutenção. A evolução dos conceitos de manutenção, segundo as premissas da Eletrosul estão materializados na seção 3.4 Premissas de Manutenção da Eletrosul, da qual se dispõe a discorrer sobre as normas internas e planejamentos de manutenção da Eletrosul e dos órgãos reguladores, no que se refere aos procedimentos de manutenção.

3.1 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO

Em conformidade com Wyrebski (1997), os conceitos que margeiam manutenção de ferramentas e instrumentos são originários dos primórdios da civilização. Não obstante a esta análise, posteriormente se efetivou com o surgimento das primeiras máquinas movidas a vapor, seguidas da indústria têxtil, da qual tornou-se evolutiva no século XVI, aflorando as práticas evolutivas da manutenção.

Tanto em âmbito de Brasil como no mundo, a raiz do conceito de manutenção surgiu com o preceito de consertar, desde que a necessidade surgisse, ou seja, uma vez que o equipamento estivesse em funcionamento e executando sua tarefa, não seriam realizadas intervenções. (DHILLON, 2006; TAVARES, 1999).

Havia um mentor, cuja ação estratégica era de arquitetar as máquinas, treinar as pessoas para operarem e consertarem as máquinas, agindo diretamente nas dificuldades de maior ênfase. No último século, as máquinas passam a exercer maior participação na indústria, cuja operação se dá pela presença dos motores elétricos, surgindo a figura do eletricista de

manutenção. Contudo e segundo Monchy (1989), a terminologia “manutenção” se deu no vocabulário militar de forma marcante, pois as estratégias eram de conservar o contingente de soldados, manter as unidades de combate, assim como o material bélico do contexto.

Já no setor industrial, o termo “manutenção” surgiu nos Estados Unidos em meados dos anos 50, assim como na França, cuja terminologia se deu pela “conservação”. Segundo a análise de Mortelari et al. (2011), a manutenção tomou proporções com o passar do tempo, exigindo estratégias para o alcance de melhores resultados, cuja evolução no passar dos anos pode ser observada na Figura 12.

Figura 12 – O caráter evolutivo da manutenção ao longo dos anos



Fonte: Mortelari et al. (2011).

A manutenção é uma combinação de ciência, arte e filosofia, cuja visão requer aprofundamentos, para que se alcance os propósitos da racionalização, dispondo o quão importante a manutenção é em sua essência. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Consoante ao preconizado pelos pesquisadores, a manutenção eficiente é uma questão de ter os recursos certos no lugar certo e na hora certa.

A manutenção pode ser definida como o total de atividades realizadas para restaurar ou renovar um item para a condição de trabalho, se houver falha. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

A manutenção também é definida como uma combinação de ações realizada para que um item retorne à operação ou restaurá-lo para uma condição aceitável. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Durante a evolução dos processos de manutenção, o zelo das equipes de manutenção foi o de preservar a finalidade de manter os equipamentos e as instalações em condições operacionais satisfatórias, provendo-se as devidas inspeções, detecções e correções sistemáticas de falhas incipientes, antes que elas ocorram ou ainda antes que elas possam desenvolver-se em panes vultuosas nas UHs. (ROY; ADHIKARY; MAZUMDAR, 2014).

Consoante à Nasa (2000), o conceito da manutenção preventiva (MP) teve destaque por volta de 1960, até o findar dos anos 80 tornou-se a estratégia mais inovadora e importante desenvolvida pelos departamentos de manutenção das organizações.

Associada à evolução dos processos de manutenção, a aplicação de estratégias em conformidade aos modos de falha apontou significativamente as maneiras pelas quais algo pode falhar, enfatizando a objetividade e as otimizações pelas quais os processos de manutenção são pautados. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

A partir da evolução dos processos de manutenção, a metodologia de gestão da Manutenção Centrada em Confiabilidade caracterizou as funções de manutenção de sistemas, identificando os modos de falha, priorizando as funções e escolhendo processos de manutenção eficientes. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Siqueira (2005) expõe como resultado de pesquisa que, de um modo geral, uma falha se fundamenta na interrupção operacional ou em alterações funcionais que interferem diretamente na capacidade de um item ter seu desempenho operacional normal conforme requerido.

A fim de reduzir a probabilidade, frequência e duração dos eventos de falha e reduzir os seus efeitos, torna-se necessário realizar investimentos financeiros, no sentido de aumentar a confiabilidade do sistema. (SOUZA; ALVARES, 2008). Segundo estes pesquisadores, neste contexto a manutenção de sistemas elétricos suporta mais desafios do que qualquer outra área de gerenciamento.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma evolução das práticas de manutenção e que aborda a caracterização de falhas de uma forma muito própria.

Portanto, a falha de uma máquina pode ser definida como qualquer alteração em parte ou componente de uma máquina ou equipamento que impossibilite este de executar sua função satisfatoriamente, podendo ainda ser definida como o limite da disponibilidade de um item para que este execute a pretendida função. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

A detecção antecipada de falhas acompanhada de diagnóstico permite a manutenção preventiva a ser planejada para a intervenção do equipamento durante o período

programado de indisponibilidade. Esta detecção ocorre pela percepção da ampliação extensiva de falhas, que aperfeiçoam a disponibilidade de um modo geral, beneficiando o desempenho e reduzindo o custo de manutenção. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Para que se faça o diagnóstico do problema de falhas, não há como se limitar somente na detecção das falhas no sistema, mas também gerar ações para isolar o sistema gerador da falha e identificar as suas causas. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Preconizadas por Alvares e Souza (2008), as falhas funcionais são classificadas pela MCC, conforme sua visibilidade em três classes:

a) **Falha Oculta** remete à falha que não é identificável durante a atuação do profissional;

b) **Falha Evidente** é a falha que fica perceptível e facilmente identificável durante o trabalho normal;

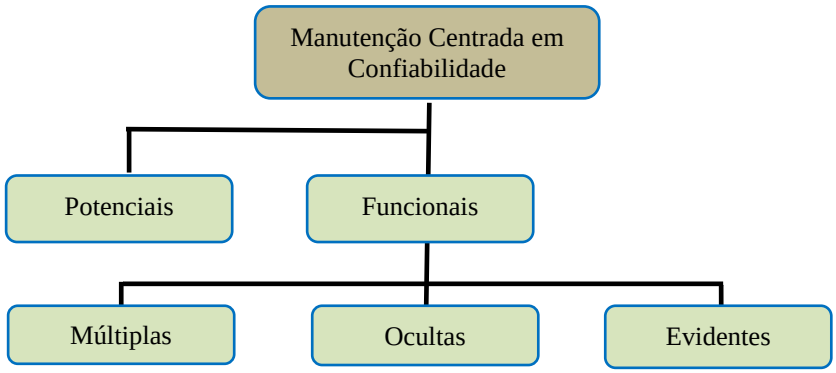
c) **Falha Múltipla** é a ocorrência de uma falha oculta associada com um segundo evento caracterizado como falha, que a torne perceptível.

As falhas potenciais remetem à condição identificável que aponta se a falha funcional está por acontecer ou em processo de ocorrência, pois consideram que muitas falhas não acontecem de forma repentina, porém podem progredir ao longo do tempo.

As falhas potenciais retratam o ponto onde o item físico inicia debilidades de desempenho de suas funções.

Por fim, há a perda parcial da função, estipulada em função de formulações do fabricante, do qual preconiza um padrão de desempenho estabelecido. A Figura 13 elenca a estrutura das falhas na MCC.

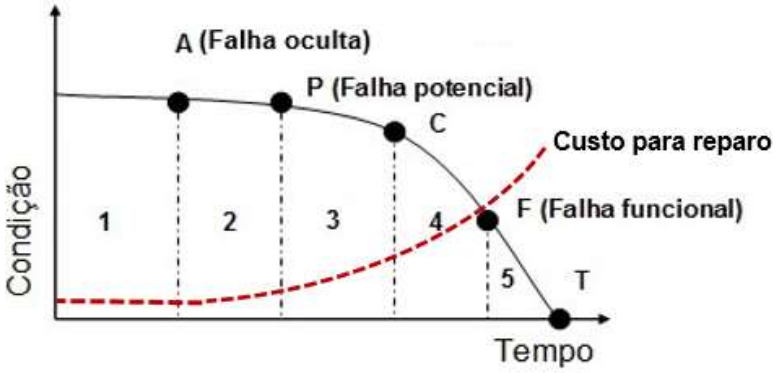
Figura 13 – Categorização das falhas funcionais e potenciais sob a ótica da MCC



Fonte: Souza e Alvares, 2008.

Além do processo de categorização das falhas, a MCC utiliza muitos métodos e diversas ferramentas de um conjunto aberto de soluções; algumas, recentes e outras modernas para a gestão da manutenção, em acordo com uma sequência estruturada de documentos e características, em que há o interesse de *stakeholders* em implementar a metodologia. (SOUZA; ALVARES, 2008; ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017). A disposição das falhas ao longo do tempo está ilustrada na Figura 14.

Figura 14 – Disposição das falhas ao longo do período operacional



Fonte: Manutenção centrada em confiabilidade. (MOUBRAY, 2000).

Portanto, a proposição da MCC visa a abordar a maximização de geração de energia elétrica das UHs, preconizando processos de manutenção preditiva e preventiva para eliminar ou minimizar a repercussão de danos a partir de sistema sob baixo desempenho operacional ou em pane. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Os estágios familiares antes da falha final são falhas incipientes, que denotam a percepção de deterioração e danos, todos eles eventualmente oriundos da peça ou do componente pouco confiável ou inseguro para continuar a sua operação. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Consoante a estes pesquisadores, a classificação das causas de falha exclusiva para máquinas são as seguintes:

i) fragilidade inerente ao material, design e à fabricação;

ii) uso indevido ou aplicação de estresse em direção indesejada;

iii) deterioração gradual devido ao desgaste da fadiga ao estresse, corrosão e assim por diante.

Conforme preconizam Souza e Alvares (2008), uma análise sob os olhos da metodologia *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) engloba o reconhecimento sistemático dos tais aspectos, de acordo com cada função:

a) Função, propósito, com o nível almejado de desempenho.

b) Modo de falha, o que ocasiona a falha.

c) Falha funcional, desvio da função ou perda funcional.

d) Causa da falha, motivo pelo qual ocorre a falha.

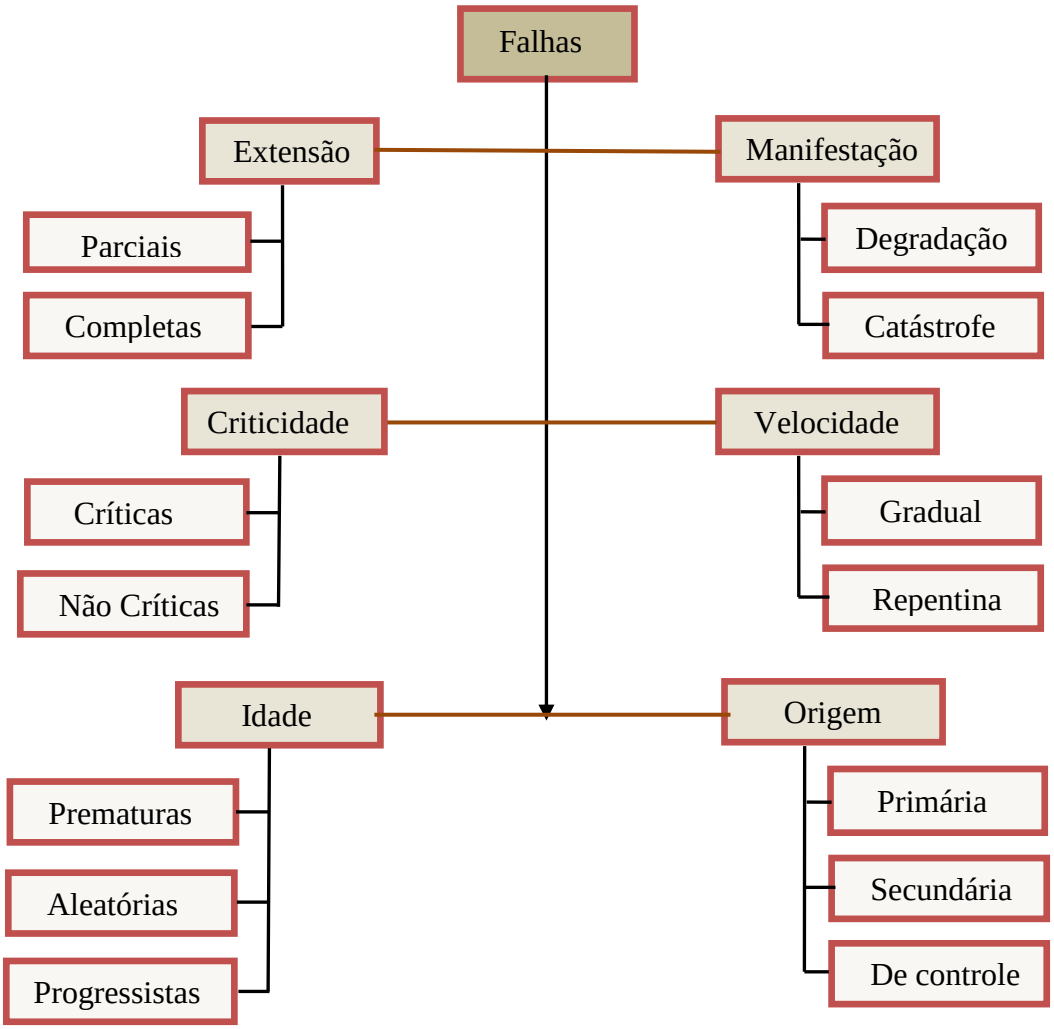
e) Criticidade – consequências do efeito.

f) Efeito da falha, efeito causado na função principal.

De forma complementar aos conceitos de falhas atribuídos à MCC, tem-se uma colaboração em que as falhas são submetidas ao processo de classificação sob vários aspectos, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade. (SIQUEIRA, 2012).

A Figura 15 baixo relaciona esta colaboração, contribuindo com a analogia de função de falhas atribuídas pela metodologia MCC.

Figura 15 – A classificação de falhas em contribuição à classificação de falhas na MCC



Fonte: Siqueira, 2012.

Atestou-se forte relação entre a probabilidade de falhas de um equipamento com falhas provenientes do período da vida útil de um componente ou sistema, permitindo a recomposição ou substituição antecipada de um desgaste do componente, além da propagação de eventual dano de sistemas. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Estes pesquisadores salientam que tais estudos fundamentaram as expectativas para que se possa planejar a redução do período de paradas para manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos.

Perante a estas preocupações, preconizando-se antecipar as intervenções antes de uma falha grave, os gestores buscaram modelos que representassem fidedignamente os anseios das organizações, sobretudo da gestão de manutenção das usinas hidrelétricas. (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016; YASSAAD; CHAKER, 2014). Estes pesquisadores asseveram que diversas metodologias de avaliação de desempenho foram empregadas para o segmento, porém para objetivos distintos.

Alguns dos recentes estudos desenvolvidos remetem ao destaque dos conceitos da MCC. (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008).

Todas as usinas hidrelétricas em todo o mundo fundamentam-se na operação ininterrupta, confiável, eficiente, econômica e ambientalmente conveniente. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

O primeiro passo para a realização dessas metas, nas quais as UHs são reconhecidas como fornecimento sustentável de energia, estão em conformidade com as normativas operacionais dos gestores das UHs. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

As regras são basicamente as seguintes:

i. não operar no limite de cavitação;

ii. não ter operações cíclicas de inícios e paradas frequentemente para a limpeza de grades da tomada d’água continuamente;

iii. nestas paradas cíclicas, considera-se como elemento negativo os diferenciais de pressão para fixar a remoção da válvula de admissão, assim como das comportas;

iv. monitorar os valores de isolamento dos enrolamentos do rotor e do estator, valores de corrente e tensão do gerador de excitação, isolamento do transformador da excitação;

v. monitorar a vibração no rotor do gerador, contatos de escovas fixadas no anel do rotor e temperatura do óleo isolante no transformador de potência.

Com estes propósitos, o segundo passo para que as UHs sejam vistas como fontes de geração de energia sustentável se completa pela adoção de cronogramas de manutenção, fundamentados em manutenções adequadas e estratégias, determinadas pelas características do equipamento. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Dentro deste contexto e em conformidade a estes pesquisadores, a seleção da estratégia de manutenção mais apropriada para cada equipamento tem grande importância para as UHs. Sistematicamente, estas estratégias são:

Estratégia de manutenção corretiva: a estratégia de manutenção que consiste na reparação de equipamentos em situação de avaria.

Consoante a estes pesquisadores, a estratégia de manutenção preditiva: a estratégia de manutenção que se baseia em tomar as medidas necessárias para prevenir as falhas com atividades de instrumentação e controle (I & C).

Estratégia de manutenção preventiva: a estratégia de manutenção que é realizada periodicamente para o funcionamento ininterrupto do equipamento.

Estratégia de manutenção de revisão: a estratégia de manutenção que é efetuada periodicamente para todos os equipamentos mais importantes da unidade.

Normalmente, estas intervenções especiais ocorrem a cada 8.000 horas operativas ou 5 anos de operação, podendo-se requerer, por exemplo, 2 meses de desligamento da unidade da UH. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

3.1.2 Definições de Avaliação de Desempenho

No século passado, em suas primeiras décadas, a Avaliação de Desempenho estava mais voltada para o controle orçamentário e contábil, entretanto, a partir da década de 1950, este sistema passou a ser utilizado sob os indicadores financeiros.

Para Hayes e Pisano (1994), por volta das décadas de 1960 a 1980, entendeu-se que outros aspectos de mensuração deveriam ser considerados na Avaliação de Desempenho, como por exemplo: o tempo, a qualidade, a flexibilidade, a inovação e a satisfação do cliente.

Conforme Bititci et al. (2012) e Vernadat et al. (2013) diante da abrangência de aspectos a serem considerados, os autores nos dizem que a Avaliação de Desempenho se tornou um domínio multidimensional. Isto é, expandiu além dos aspectos financeiros e físicos tangíveis, abarcando também os aspectos intangíveis (KAPLAN; NORTON, 2004; CHENHALL, 2005).

A partir de tais critérios de mensuração de desempenho, percebeu-se que nenhum dos seus métodos ou sistemas já descritos/utilizados para a Avaliação de Desempenho não atendiam mais todos os aspectos a serem considerados.

Com critérios de avaliação "desatualizados" ou desconformes com a nova realidade, a então Avaliação de Desempenho tornou-se ultrapassada o que não oportunizava aos gestores aplicar e operacionalizar métodos de mensuração fidedignos aos seus objetivos estratégicos, já que as informações obtidas não correspondiam a totalidade dos aspectos a serem considerados (VERNADAT et al., 2013).

Devido ao grande número de áreas do conhecimento que tentam validar sua teoria acerca da Avaliação de Desempenho, isto ocasiona a falta de consenso sobre as características necessárias e esperadas dos seus sistemas ou modelos. (FRANCO-SANTOS et al., 2007).

No levantamento realizado por Franco-Santos et al. (2007) fica evidente esta falta de consenso, quando consultados os principais autores que tratam sobre a Avaliação de Desempenho, o que pode ser validado com o Quadro 10 descrito pelos autores e disponibilizado abaixo:

Quadro 10 – Definições de avaliação de desempenho, identificadas em Franco-Santos et al. (2007)

Autores	**Definição**
Lynch & Cross (1991)	A strategic performance measurement system is based on concepts of total quality management, industrial engineering, and activity accounting. A 2-way communications system is required to institute the strategic vision in the organization. Management accountants should be participating in the information revolution and suggestions on how to do this include: (1) providing the right information at the right time, (2) switching from scorekeeper to coach, and (3) focusing on what counts the most. Interpreting the financial and nonfinancial signals of the business and responding to them even when they do not agree is a management issue, not an accounting issue.
Lebas (1995)	"Performance measurement is the system that supports a performance management philosophy" (p. 34). A performance measurement system includes performance measures that can be key success factors, measures for detection of deviations, measures to track past achievements, measures to describe the status potential, measures of output, measures of input, etc. A performance measurement system should also include a component that will continuously check the validity of the cause-and-effect relationships among the measures.
Kaplan & Norton (1996)	A balanced scorecard is a comprehensive set of performance measures defined from four different measurement perspectives (financial, customer, internal, and learning and growth) that provides a framework for translating the business strategy into operational terms (p. 55).
Bititci, Carrie & Mcdevitt (1997)	"A performance measurement system is the information system which is at the heart of the performance management process and it is of critical

	importance to the effective and efficient functioning of the performance management system" (p. 533).
Neely (1998)	A performance measurement system enables informed decisions to be made and actions to be taken because it quantifies the efficiency and effectiveness of past actions through the acquisition, collation, sorting, analysis, interpretation, and dissemination of appropriate data. Organizations measure their performance in order to check their position (as a means to establish position, compare position or benchmarking, monitor progress), communicate their position (as a means to communicate performance internally and with the regulator), confirm priorities (as a means to manage performance, cost and control, focus investment and actions), and compel progress (as a means of motivation and rewards) (p. 5-6).

Fonte: Franco-Santos et al. (2007, p. 784).

Percebe-se ainda com este levantamento que os autores trouxeram em seus conceitos aspectos abstratos ou muito amplos, desconsiderando os aspectos base a realização da Avaliação de Desempenho, o que conota em suma, a dificuldade destes na aplicação/instrumentalização destes conceitos.

> Avaliação de Desempenho é o processo para construir conhecimento no decisor, a respeito do contexto específico que se propõe avaliar, a partir da percepção do próprio decisor por meio de atividades que identificam, organizam, mensuram, ordinalmente e cardinalmente, integram e permitem visualizar o impacto das ações, e seu gerenciamento (LACERDA et al., 2012, p. 60).

Assim, diante da diversidade de conceitos sobre a Avaliação de Desempenho, adota-se para a presente pesquisa, o conceito acima descrito por Lacerda et al. (2012).

3.2 A MANUTENÇÃO DE USINAS HIDRELÉTRICAS PELA METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE

Entre as tecnologias contemporâneas de manutenção, a MCC foi expandida no setor aeronáutico americano, sendo utilizada inclusive no setor de geração de energia elétrica, a partir da aplicação da metodologia em plantas de geração de energia elétrica por fonte nuclear. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Atualmente, a MCC é aplicada em muitos outros setores modernos da economia, sendo que a sua implementação se destacou por maiores padrões de segurança, pelas oportunidades de redução de custos e de impostos, um atrativo para o setor industrial. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Entre as tecnologias contemporâneas de manutenção, a *Reliability-Centered Maintenance* (RCM) expandiu sua aplicação a praticamente todos os ramos de atividade humana, onde quer que seja necessário manter o funcionamento de ativos físicos ou processos. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Sob o contexto apresentado por estes pesquisadores, a Manutenção Centrada em Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance* − RCM), fundamenta-se em quatro princípios básicos, quais sejam:

- Preservar as funções do sistema como objetivo principal.
- Identificação de modos de falha que podem afetar as funções do sistema.
- Priorização dos modos de falha.
- Identificar soluções para gerenciar a probabilidade de ocorrência ou as consequências dos modos de falha (ou ambos).

Segundo Yssaad, Khiat e Chaker (2014), a Análise da Manutenção Centrada em Confiabilidade proporciona basicamente respostas para as seguintes questões:

1. Quais são as funções e os padrões de desempenho associados ao equipamento em seu atual contexto operacional?
2. De que maneiras pode deixar de preencher suas funções?
3. Qual é a causa de cada falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que maneira cada falha é importante?
6. O que pode ser feito para evitar cada falha?
7. O que fazer se uma tarefa preventiva adequada não puder ser estabelecida?

A MCC é um método sistemático para manter um equilíbrio entre os processos de manutenção preventiva e manutenção corretiva. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014). Segundo estes pesquisadores, o método define as atividades de manutenção para o componente certo, no momento certo, para alcançar a solução mais rentável.

A MCC é caracterizada pela manutenção da função do sistema, identificando os modos de falhas, priorizando funções e escolhendo uma manutenção eficiente. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A MCC é uma técnica usada para desenvolver planos e critérios de manutenção econômicos para que a capacidade operacional do equipamento seja alcançada, podendo ser restaurado ou mantido. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

De acordo com estes pesquisadores, o principal objetivo da MCC consiste em reduzir os custos de manutenção, concentrando-se nas funções importantes do sistema. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A análise a ser realizada por intermédio da MCC pode ser desenvolvida como uma sequência de atividades ou etapas, conforme disposto na Norma Internacional IEC nº: 60300-3-11, cujas etapas identificam e selecionam políticas de gerenciamento de falhas para alcançar efetivamente a segurança necessária, assim como a disponibilidade e economia de operação. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Corroborando com estes pesquisadores, para contemplar-se todas as etapas da MCC, deve-se atender aos seguintes quesitos:

i. Definição do sistema e/ou subsistemas e seus limites.
ii. Definição das funções de cada sistema ou subsistema, identificando itens funcionalmente significativo (*Functionally Significant Item* − FSI).
iii. Identificar as causas pertinentes de falha funcional do FSI.
iv. Previsão dos efeitos e da probabilidade dessas falhas.
v. Usar uma árvore lógica de decisão para categorizar os efeitos de falhas do FSI.
vi. Identificar tarefas de manutenção aplicáveis e eficazes que compreendem o programa inicial de manutenção.
vii. Redesenho do equipamento ou processo, se nenhuma tarefa aplicável puder ser identificada.
viii. Estabelecimento de um programa de manutenção dinâmica, que resulta de uma atualização rotineira e sistemática do programa de manutenção inicial e sua revisão assistida por monitoramento, coleta e análise de dados em serviço.

As ferramentas normalmente utilizadas para desenvolver um método de manutenção em acordo às especificidades da MCC são as seguintes:

- Modo de Falhas e Análise de Efeitos (*Failure Modes and Effects Analysis* − FMEA); e,
- Análise da Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis* − FTA).

O FTA e o FMEA são ferramentas destinadas à análise de produtos e processos em que é permitido exercer uma avaliação padronizada e sistemática de possíveis falhas, estabelecendo suas consequências, orientando a adoção de ações corretivas e preventivas. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Estas metodologias, tais quais o FMEA e FTA, também foram associadas à lógica Fuzzy, em que estas combinações são utilizadas para fins de otimização da política de manutenção de UHs. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

O Quadro 11 fixa as particularidades que qualificam as metodologias FMEA e FTA.

Quadro 11 – Características básicas entre o FMEA e FTA

Item	FMEA	FTA
Objetivo	Identificação de falhas em grau crítico de cada componente, com causas e consequências. Hierarquização de falhas. Analogia da confiabilidade do sistema.	Identificação das causas primárias de falhas. Composição da relação lógica entre falhas primárias e falha final do componente. Análise do grau de confiabilidade do sistema.
Procedimento	Análise das falhas em potencial para todos os elementos do sistema e previsão das consequências. Relação das intervenções em caráter corretivo ou preventivo a serem desenvolvidas.	Identificação do evento de falha detectada pelo usuário do equipamento. Relacionar esta falha com falhas intermediárias e eventos básicos por intermédio de símbolos lógicos.
Características básicas	Cabível para análise de falhas ocorridas de forma simultânea e correlacionada. Todos os componentes que pertencem a um sistema ou a um circuito são passíveis de análise.	Melhor metodologia para a análise individual de uma falha em específico. A ótica é desenvolvida em função da falha final do sistema.

Fonte: Souza e Alvares, 2008.

No que tange à primeira metodologia, nomeada metodologia FTA, esta consiste na elaboração de um diagrama lógico, comumente chamado de Árvore de Falhas, o qual, por intermédio de um processo dedutivo, que a partir de um evento pré-definido e indesejável, busca possíveis causas de um determinado evento. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A FTA, embora ainda não seja uma técnica tão popular quanto à metodologia FMEA, foi desenvolvida em 1961 na organização denominada Bell *Telephone Company*, cuja metodologia recebeu adequações pela Empresa Boeing, sendo muito difundida nos dias atuais.

A análise de Árvore de Falhas (FTA – do inglês, *Fault Tree Analysis*) é um procedimento dedutivo (Por que aconteceu?), que tem como objetivo identificar, a partir de uma ocorrência indesejável (falha). Esta ocorrência de falha é intitulada Evento Topo, as possíveis causas para esta falha, identificando a probabilidade de ocorrência e os conjuntos mínimos de fatores que podem levar a esta falha. (SOUZA; ALVARES, 2008).

O FTA, por ser um modelo gráfico, permite mostrar de forma clara o encadeamento de diferentes eventos que podem resultar no evento principal.

Por sua vez, o evento principal consiste em uma falha ou um problema particular do sistema considerado sério o suficiente para exigir uma análise a posteriori.

Existe uma diferença aproximada do FTA em relação à FMEA, pois, enquanto a primeira trabalha com modos de falha específicos cuidadosamente selecionados (eventos de topo), a segunda metodologia concentra-se na identificação de todos os modos de falha de cada componente separadamente.

O conceito fundamental do FTA consiste na interpretação de um sistema físico em um diagrama com estruturação lógica, em que certas causas em específico levam a um "evento de topo" de interesse. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Conforme este raciocínio, a grande popularidade do FTA resulta, basicamente, de dois aspectos:

i) em conformidade com a maior flexibilidade de representação gráfica dos complexos sistemas, dos quais são proporcionados por uma simbologia específica e;

ii) motivado pela maior facilidade computacional em função do menor número de elementos significativos necessários para o cálculo das probabilidades de falha, quando comparado com o necessário para o caso de valores típicos de probabilidades de sucesso.

Segundo Souza e Alvares (2008), é uma prática comum entre os especialistas em confiabilidade e risco, ao analisar um sistema de Árvore de Falhas (FT), dividi-lo em etapas:

Etapa 1 − Definição do sistema, suas fronteiras e interfaces.

Etapa 2 − Definição do topo do FT, especificamente do evento de topo da Árvore de Falhas (FT);

Etapa 3 − Construção da Árvore de Falhas (FT).

Etapa 4 − Levantamento dos dados dos eventos de falha.

Etapa 5 – Determinação dos cortes mínimos.

Etapa 6 − Avaliação qualitativa Árvore de Falhas (FT).

Etapa 7 − Avaliação quantitativa Árvore de Falhas (FT).

Etapa 8 − Avaliação da importância dos cortes mínimos.

Etapa 9 − Análise dos resultados obtidos.

Etapa 10 − Conclusões.

Sob esta perspectiva, o processo evolui, investigando as sucessivas combinações de falhas dos componentes até atingir as falhas básicas, ou os chamados eventos básicos FT, que

constituem o limite da resolução desta análise. (SOUZA; ALVARES, 2008). Segundo estes pesquisadores, o evento indesejado é comumente chamado de “evento de topo” da árvore.

A segunda metodologia, popularmente utilizada na MCC, aborda e caracteriza os modos de falha. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Denominada *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), tem como objetivo documentar, mensurar e antepor o efeito potencial para cada falha funcional, objetivando especificar as ações de correção ou prevenção. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Estes pesquisadores preconizam que a sigla FMEA tem origem na expressão em inglês *Failure Modes, Effects and Criticality Analysis*, traduzida como Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticalidade.

Outro aspecto relevante a ser exposto na análise do FMEA é a causa que gera o modo de falha. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Corroborando estes pesquisadores, mesmo que muitos modos de falha sejam referentes ao item em análise, o estudo de abordagem das causas permite um aprofundamento, tomando-se uma relação entre o item e a função.

Esta analogia visa à geração de procedimentos mais consistentes, com a obtenção de informações quanto aos efeitos, já nas primeiras manifestações, tomando-se providências de forma antecipada à perda da função devido à ocorrência do modo de falha. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

A metodologia *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) é uma das ferramentas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e para identificação de soluções mais eficazes, em termos de custo, a fim de prevenir tais problemas. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A FMEA é uma técnica dedutiva que consiste na identificação de falhas em cada componente, suas causas e consequências sobre o equipamento e sobre todo o sistema. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A Manutenção Centrada em Confiabilidade gera um resultado interessante, que são as recomendações para que haja a reintegração das estratégias de manutenção. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

A metodologia demonstra a viabilidade de condução das otimizações da metodologia MCC. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

No mesmo sentido do raciocínio destes pesquisadores, a metodologia FMECA utilizada no âmbito da Manutenção Centrada em Confiabilidade demonstra as suas contribuições na redução dos custos de manutenção, podendo:

i. definir os requisitos de confiabilidade de forma precisa;

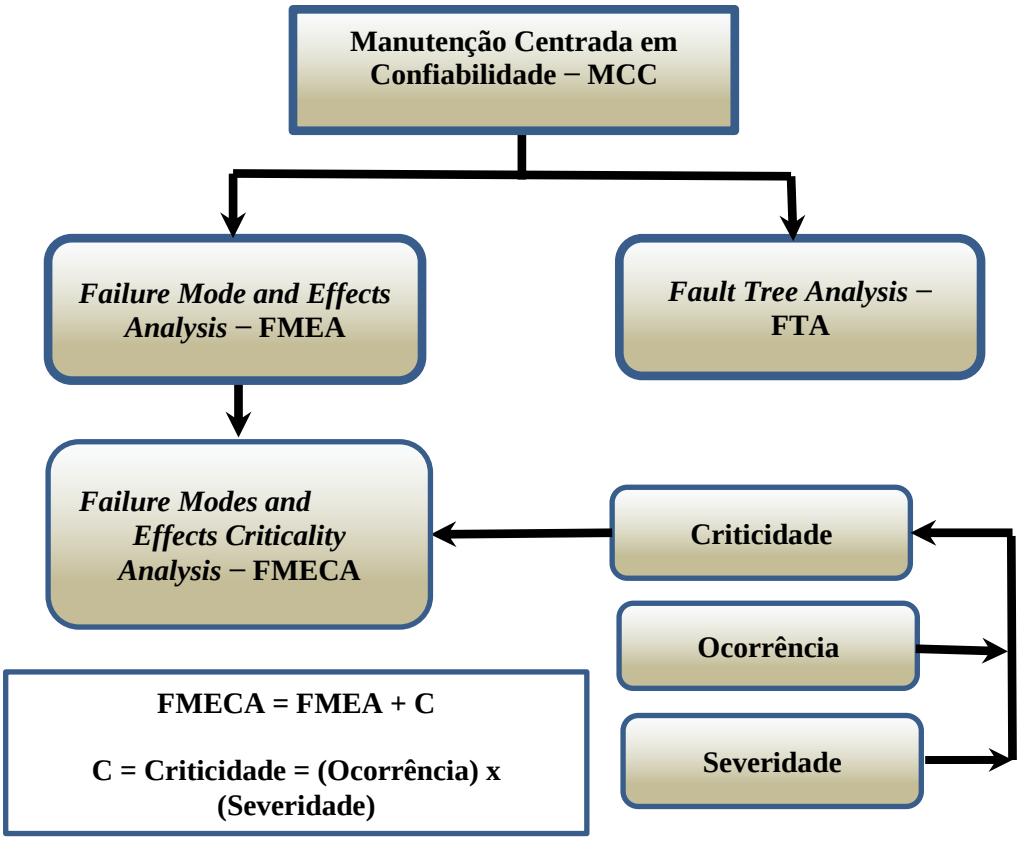
ii. identificar funções críticas para o sistema;

iii. definir a política de manutenção para o sistema e os seus componentes.

No nível da confiabilidade do sistema, tem-se identificado o componente em que uma atenção especial deve ser prestada.

No desenvolvimento das estratégias de manutenção envolvendo a MCC, FMEA e a FMECA, tem-se a Figura 16 ilustrando como as metodologias se completam.

Figura 16 – O aprimoramento e a análise de criticidade associada ao FMEA



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Associada à metodologia MCC, tem-se a ferramenta denominada *Failure Modes and Effects Criticality Analysis* (FMECA), a qual se destaca por ser uma ferramenta útil ao realizar uma análise de Manutenção Centrada em Confiabilidade. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

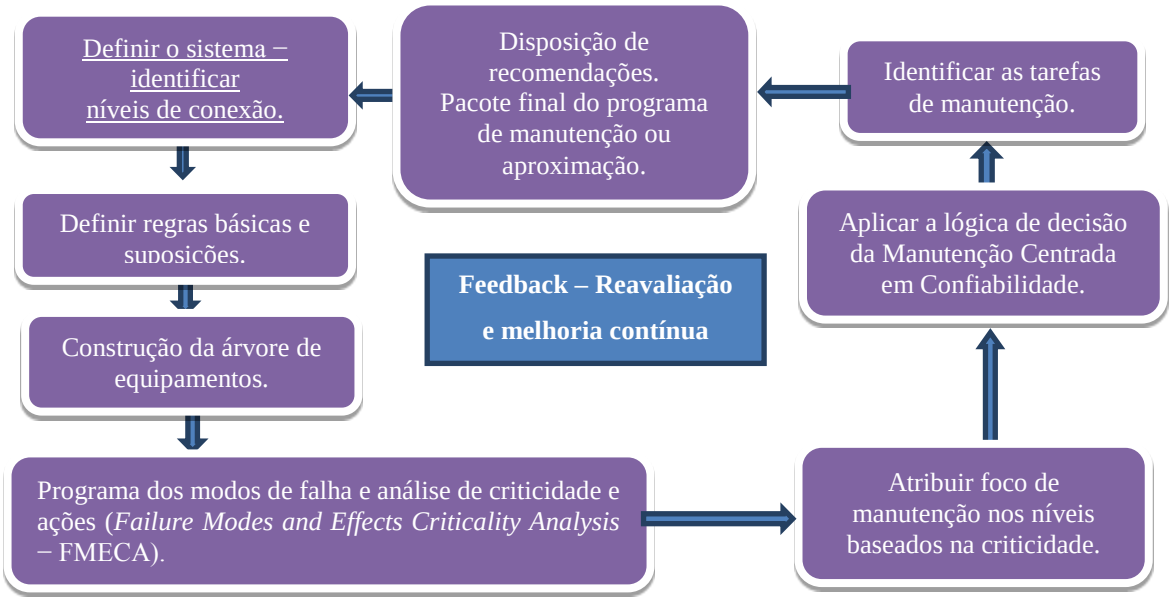
A FMECA é uma forma de avaliar potenciais modos de falha, seus efeitos e suas causas de forma sistemática e estruturada.

O significado dos modos de falha fundamenta-se pelas diversas maneiras pelas quais algo pode falhar. Análise de efeitos refere-se a uma forma de estudo que permita identificar as consequências de fracassos advindos das falhas. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

A Figura 17 ilustra o diagrama com a lógica detalhada da metodologia MCC com a implementação do FMECA.

Pode-se observar, na Figura 17, que o modo cíclico requer a caracterização prévia quanto à previsibilidade da evolução da confiabilidade do equipamento, assim como as consequências que podem ser geradas na implementação de nova metodologia, o que requer modelagens e simulações antes da aplicação da metodologia. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Figura 17 − Diagrama com a lógica detalhada da metodologia MCC



Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

A análise pode ser feita de forma qualitativa ou quantitativa. As etapas necessárias para o desenvolvimento da metodologia FMECA são:

i.Definição do sistema a ser analisado, incluindo os limites do sistema, identificação de funções internas e de interface, desempenho esperado e definições de falhas.

ii.Identifique os modos de falha associados às falhas do sistema. Para cada função, há de se identificar todas as formas pelas quais a falha poderia acontecer, configurando modos de falha em potencial.

iii.Buscar a identificação dos efeitos potenciais dos modos de falha. Para cada modo de falha devem ser identificadas todas as consequências atribuídas ao sistema: “O que acontece quando a falha ocorre?”

iv.Determinar e classificar a gravidade de cada efeito. A maioria das peças críticas dos equipamentos que afetaram as funções do sistema precisa ser identificada.

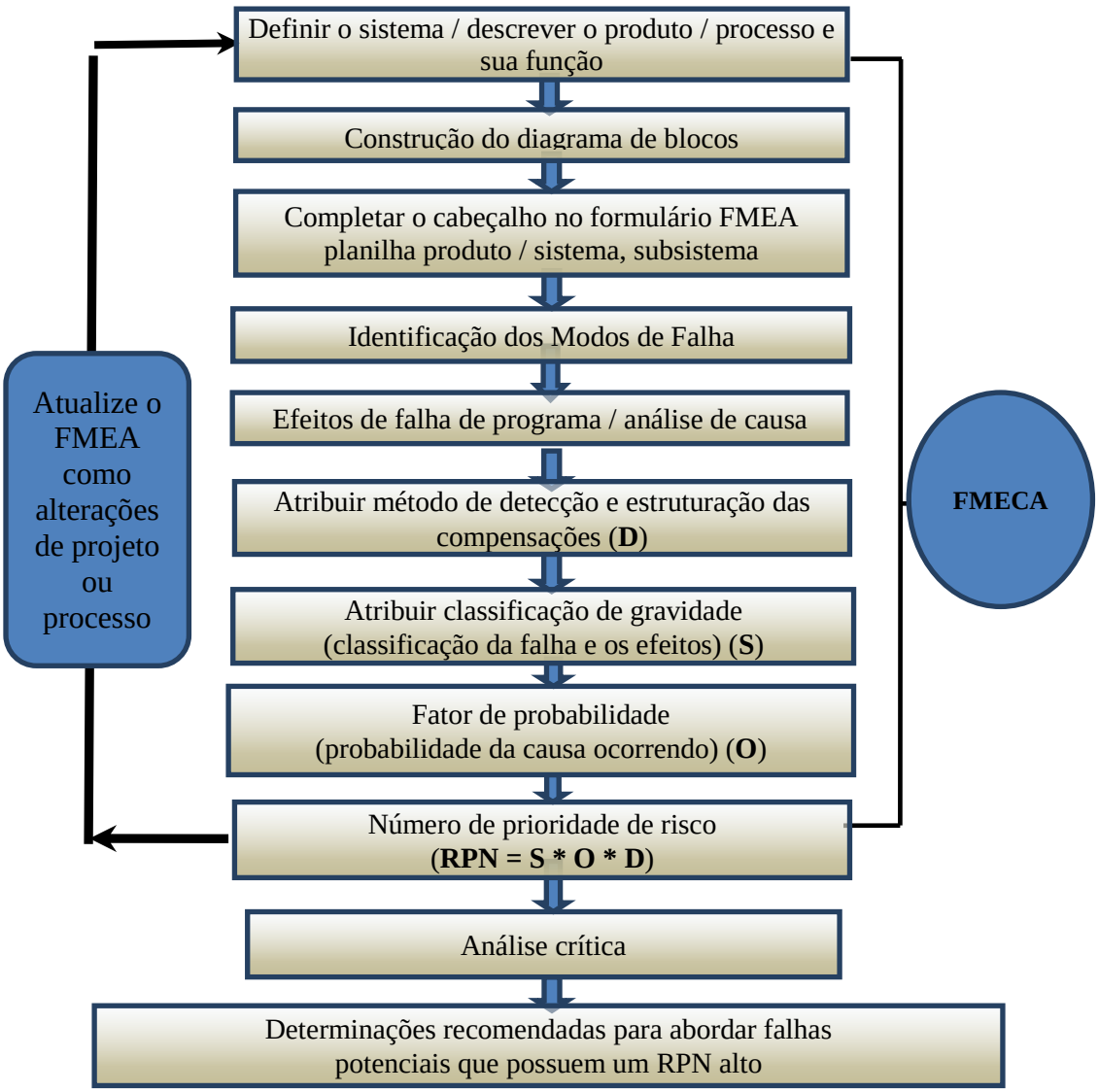
v.Para cada modo de falha, determinar toda a raiz em potencial das causas.

vi.Para cada causa, identificar os métodos de detecção disponíveis.

vii.Identificar as ações recomendadas para cada causa, a qual pode reduzir a gravidade de cada falha.

No intuito de expor a estrutura do FMECA, tem-se a ilustração da Figura 18.

Figura 18 − Diagrama lógico detalhado do método FMECA



Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

O diagrama de blocos da Figura 18 expressa a inclusão do FMECA como uma ferramenta de suma importância para lidar com a classificação de falhas, níveis de gravidade, os efeitos ocorridos perante a ocorrência das falhas e a repercussão com que ela se faz presente ao propagar os defeitos por diversos outros sistemas.

Assim sendo, há a necessidade de criação de um diagrama de blocos do sistema. Este diagrama de blocos proporciona uma visão geral dos principais componentes ou processos, expressando as chamadas relações lógicas em torno das quais a FMECA pode ser desenvolvida. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

O objetivo da FMECA é tomar medidas para eliminar ou reduzir as falhas, começando com aquelas com maior prioridade. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Por si só, a metodologia FMECA não é um solucionador de problemas; deve ser usada em combinação com outras ferramentas de resolução de problemas. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Para a avaliação de modos de falha a partir da utilização de parâmetros usuais da FMEA, criou-se as nomenclaturas da frequência (O), que caracteriza os modos de ocorrência de falhas, a gravidade (S) caracteriza a duração da interrupção causada pela detectabilidade do modo de falha e (D), que caracteriza a probabilidade de detectar a falha antes de começar a tomar ações corretivas ou preventivas. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Segundo estes pesquisadores, dos três parâmetros anteriores, definiu-se a nomenclatura de criticidade (C) ou o número de prioridade de risco RPN, que é calculado por intermédio do produto de três fatores O, S e D. A partir destas premissas, permite-se analisar o risco e estabelecer o limiar de aceitabilidade para cada modo de falha, multiplicando as três variáveis de destaque deste parágrafo. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Equação 2 – Determinação do número de prioridade de risco

$$\mathrm{RPN} = S * O * D$$

Fonte: Souza e Alvares, 2008.

Estes pesquisadores preconizam que a quantificação e a escolha dos valores para cada parâmetro foram obtidas do histórico do Índice de Continuidade de serviço (IC) e do número de interrupções ao longo de um período previamente definido.

Sequencialmente, tem-se a apresentação do Quadro 12, cuja apresentação se dá por quadros de avaliação, atribuídos individualmente para cada um dos critérios, sendo frequência (O), severidade (S), detectabilidade (D) e criticalidade (C).

Quadro 12 – Critério de ocorrência atribuído à metodologia FMECA

Taxa de ocorrência possível	Critério de ocorrência	Valor
Nenhuma ocorrência (0)	----------	- - - - -
Uma ocorrência a cada 12 anos	Falhas perto de zero ou não	1
Uma ocorrência a cada 10 anos	Muito baixa, falha de isolação, raramente	2
Uma ocorrência a cada 8 anos	Baixa, frequentemente em falha	3
Uma ocorrência a cada 6 anos	----------	4
Uma ocorrência a cada 4 anos	Média, falha ocasional	5
Uma ocorrência a cada 2 anos	----------	6
Uma ocorrência por ano	----------	7
Uma ocorrência a cada 6 meses	Alta, falha frequente	8
Uma ocorrência por mês	----------	9
Uma ocorrência por semana	Muito alta, frequência de falhas é alta	10

Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

O Quadro 13 traz como informação a concepção que os pesquisadores tiveram para a metodologia FMECA no que tange ao critério de severidade adotado, assim como do período concebido de interrupção para a resolução das severidades. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Quadro 13 – Critério de severidade (S) atribuído à metodologia FMECA

Duração do serviço de interrupção por Severidade (S)	Critério de severidade	Valor
> 8 horas	Muito catastrófica	8
7 horas	Catastrófica	7
6 horas	Muito séria	6
5 horas	Séria	5
4 horas	Mediana	4
3 horas	Significante	3
2 horas	Menor	2
1 hora	Muito menor	1
30 minutos	Pequena	0,6
< 30 minutos	Muito pequena	0,2

Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

O Quadro 14 traz como informação a concepção que os pesquisadores tiveram para a metodologia FMECA no que tange ao critério de detectabilidade, associada aos níveis de percepção adotados, assim como do período concebido de interrupção para a resolução das severidades. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Quadro 14 – Critério de detectabilidade (D) atribuído à metodologia FMECA

Nível de Detectabilidade (D)	Critério de detectabilidade	Valor
Não detectável	Impossível	10
Dificuldade para detectar	Muito difícil	9
	Muito tarde	8
Detecção de forma randômica (improvável)	Sem certeza	7
	Ocasional	6
Detecção possível	Baixa	5
	Tarde	4
Detecção confiável	Fácil	3
	Imediata	2
Detecção em todo o período	Imediata e ação de correção	1

Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

O Quadro 14 ilustra a concepção que os pesquisadores tiveram para o critério Criticidade (C), que, associado à metodologia FMEA (específica e classifica o critério das falhas), gera as informações necessárias para a submissão ao processo do FMECA.

Assim sendo, o Quadro 15 atribui valores de criticidade e ainda aponta níveis para as possibilidades de risco. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Quadro 15 – Critério de criticidade (C) atribuído à metodologia FMECA

Grau de Criticidade (C)	Intervalo de Valoração	Possibilidade de riscos
Menor	0 - 30	Aceitável
Média	31 - 60	Tolerável
Alta	61 - 180	Inaceitável
Muito alta	181 - 252	
Crítica	253 - 324	
Muito crítica	> 324	

Fonte: Yssaad, Khiat e Chaker, 2014.

A disponibilidade de fornecimento energético de uma UH é uma forma de mensuração de porcentagem de tempo em que a UH é capaz de produzir seu produto final, dentro dos preceitos operacionais, em níveis aceitáveis.

Segundo o pesquisador, a frequência com que as tarefas de manutenções programadas são regidas está fundamentada pelo período operacional em que o equipamento se encontra, denotando redução de desempenho operacional. (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014).

Em termos gerais, conforme preconizam estes pesquisadores, a disponibilidade de uma usina hidroelétrica é gerenciada sob dois parâmetros principais, que são:

- Tempo médio de falhas (*Mean time to failure* − MTTF), parâmetro passível de mensuração do quanto de tempo, em média, uma UH estará em operação, conforme especificado em projeto, destituída de ocorrência de falhas, em que a confiabilidade do equipamento ou sistema está associado à construção deste parâmetro de mensuração.
- Tempo médio de reparação (*Mean time to repair* − MTTR) é uma medida que exprime o quanto de tempo, em média, demandará para que um equipamento ou sistema volte às suas condições normais de operação após ser submetido à intervenção.

Onde:

A é a disponibilidade;

$\boldsymbol{\mu}$ é taxa de reparo;

$\boldsymbol{\lambda}$ é taxa de falha;

o período de tempo é expresso por “t”.

$$\mathrm{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \qquad \mathrm{MTTR} = \frac{1}{\mu}$$

$$A = \frac{\mathrm{MTBF}}{\mathrm{MTBF} + \mathrm{MTTR}} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

$$\mathrm{MTTF} = \int_0^{\infty} R(t)dt$$

Onde:

M (t) é a função de manutenabilidade;

t é o período de tempo [h];

β é o parâmetro de forma de distribuição de Weibull (η) e a distribuição de Weibull com sua estrutura disposta no período de tempo [h].

Fundamentando-se na definição da Norma Internacional IEC nº: 60300-3-11 Dependability management - Part 3-11: Application guide - Reliability Centred Maintenance,

a metodologia se propõe a caracterizar o tempo passado de operação, identificando e selecionando políticas de gerenciamento de falhas para alcançar, de forma efetiva, a segurança necessária, disponibilidade e economia de operação.

A aplicação de modelos da Manutenção Centrada em Confiabilidade é factível para otimizar a gestão da manutenção de equipamentos e sistemas oriundos de UHs.

3.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE USINAS HIDROELÉTRICAS, SEGUNDO A LITERATURA

As crescentes oportunidades comerciais com o aumento da população, urbanização e industrialização em todo o mundo geraram o aumento gradual da demanda por recursos naturais e energia. (ŞENGÜL et al., 2015).

A população mundial aumentou em 2,5 vezes desde 1950, e a demanda de energia aumentou 7 vezes para o período. (ŞENGÜL et al., 2015). Segundo os pesquisadores, comparando-se com o presente momento, em 2030, espera-se que o aumento do consumo energético suba em uma proporção que varie de 40 a 50% do consumo de energia em todo o mundo.

Durante a década de 70, os esforços do planejamento de energia foram direcionados principalmente para modelos de exploração das relações que margeiam a economia de energia estabelecidas no setor energético. (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016). Com estes propósitos e segundo avaliações destes pesquisadores, os principais objetivos seguidos foram de estimar a demanda por energia, identificando as mais eficientes opções de suprimento energético a um custo popular.

O desenvolvimento das chamadas novas tecnologias promoveu mudanças fundamentais na estrutura de trabalho e nos processos. (SOUZA; ALVARES, 2008).

A adoção mais intensa de sistemas automatizados e equipamentos modernos levou as áreas de manutenção a uma posição estratégica diante da importância da disponibilidade operacional para o resultado global das empresas. (SOUZA; ALVARES, 2008).

No setor elétrico, as empresas enfrentam o desafio da sobrevivência com as novas normativas, em que o relacionamento mercadológico, assim como os desafios da obsolescência tecnológica e gerencial.

No entanto, devido à sofisticação dos equipamentos elétricos e eletrônicos utilizados pelos consumidores, os requisitos de confiabilidade do fornecimento de energia elétrica acresceram substancialmente. (SOUZA; ALVARES, 2008).

Portanto, uma manutenção adequada e otimizada, dotada de uma política de gestão é necessária para o gerenciamento das atividades de manutenção, visando à otimização significativa de recursos. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Ainda sob a análise destes pesquisadores, a energia proveniente das UHs é a energia renovável, cuja tecnologia é a mais dominada e tecnicamente a mais competitiva, consolidando-se como um recurso energético em todo o mundo.

As UHs representam aproximadamente 16% da geração de eletricidade em todo o mundo e cerca de 85% da geração de eletricidade proveniente de fontes de energias renováveis, desempenhando um papel importante no mix de eletricidade em nível mundial. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Justamente pela representatividade das UHs no cenário energético mundial, no intuito de averiguar o nível de desempenho das UHs, associando seus processos de manutenção, foram desenvolvidas várias metodologias multicritério de análise para a tomada de decisão. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2015).

Diferentes métodos foram igualmente desenvolvidos para este fim, em que são citadas as metodologias Multi- Criteria Decision Making - MCDM, tais como TOPSIS, ANP, *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory* (DEMATEL), ELECTRE. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Entre estas metodologias, a AHP desponta em meio às metodologias populares para solução de problemas de manutenção em usinas hidrelétricas. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Singh e Nachtnebel (2016) enfatizam que uma ferramenta mais popular e confiável chamada Processo Hierárquico Analítico (*Analytical Hierarchy Process* − AHP) é muito apropriada para a formulação de políticas de recursos hídricos, aplicável na gestão do reservatório para a tomada de decisão vinculada às UHs.

Estes pesquisadores ainda salientam que a metodologia AHP poderia ser aplicada para avaliar as alternativas de hidrelétricas que podem estar competindo, performando ou atuando de forma bastante diferente sob vários objetivos e critérios.

Tradicionalmente, os aspectos que envolvem a decisão na análise de projetos de usinas hidrelétricas tem sido, principalmente, uma análise técnica e econômica, focada na produção de eletricidade. (SINGH; NACHTNEBEL, 2016).

Entretanto, as consciências de cunho ambiental e de impacto às comunidades afetadas são igualmente passíveis de consideração. (SUPRIYASILP; PONGPUT; BOONYASIRIKUL, 2009).

Ao utilizar metodologias de decisão multicritério, é necessário que se tenha em mente que não há a melhor solução universal, como resultado são realizados julgamentos pessoais, nos quais diferentes critérios são constituídos. (RIBEIRO; FERREIRA; ARAÚJO, 2013).

Uma ferramenta de Análise MCDA é popularmente utilizada para apoiar a avaliação de cenários diferenciados de produção de eletricidade. (RIBEIRO; FERREIRA; ARAÚJO, 2013).

O sucesso de um projeto de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) não se limita restritivamente apenas por aspectos econômicos, porém também de outros aspectos igualmente passíveis de avaliação de desempenho, como ambientais, sociais e técnicos, cujos aspectos são igualmente considerados na avaliação de desempenho. (RIBEIRO; FERREIRA; ARAÚJO, 2013).

Conforme preconizam estes estudiosos, o desenvolvimento de projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas pode ser analisado sob algumas metodologias de Análise Multicritério de Decisão Nomeadas *Multi-Criteria Decision Analysis* -MCDA ou pelo método *Multiple-Criteria Decision-Making* (MCDM). Um planejamento impreciso, uma seleção imprópria de projeto ou algum parâmetro que tenha impacto negativo terá impacto negativo no custo e na eficiência global. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2015).

Strantzali e Aravossis (2016) asseveram que, devido à disponibilidade e às incertezas das informações, bem como a imprecisão do sentimento e reconhecimento dos valores humanos, é relativamente difícil fornecer valores numéricos exatos para os aspectos estabelecidos para a avaliação de desempenho.

Portanto, a maioria dos parâmetros de avaliação de desempenho não pode ser dada como uma verdade absoluta. (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2013).

Além disso, os dados de avaliação de desempenho aplicados em modelagens de projetos de energias renováveis dependem de adequações das políticas cabíveis para vários aspectos passiveis de mensuração subjetivos, em que as taxas de atratividade dos critérios são geralmente dispostas em termos linguísticos pelos gestores. (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2013).

Este cenário de incertezas confronta no momento da realização de uma avaliação exata, assim como no momento de transmitir a sensação e o reconhecimento de objetos para os tomadores de decisão. (SINGH; NACHTNEBEL, 2016).

Os modelos descritos de MCDAs não envolvem uma descrição dos objetivos ou das restrições em funções matemáticas, mas sim uma caracterização de um conjunto finito de alternativas ou projetos a ser comparado e avaliado. (RIBEIRO; FERREIRA; ARAÚJO, 2013).

Um grande número de estudos efetua comparações entre diferentes opções de produção de energia elétrica, tecnologias ou projetos.

Conforme a análise da literatura internacional, o processo de tomada de decisão, entre os modelos abordados, por se tratarem de processos ontológicos, delimitado pela objetividade, levam consigo limitações quando a abordagem retratar aspectos subjetivos, em que as preferências e os valores de um gestor contribuem para o modelo. (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2013).

Conforme Sengül et al. (2015), na maioria das metodologias identificadas no portfólio bibliográfico, a tomada de decisão está sujeita ao julgamento de especialistas, bem como aos valores das partes interessadas.

Conforme estes pesquisadores, esta participação de especialistas entra em forma de incertezas, podendo intervir inclusive nos aspectos passiveis de mensuração, associados às respectivas escalas, o que contribui negativamente para a fidelidade da aplicação das metodologias de avaliação de desempenho.

Assim sendo, no âmbito da literatura internacional e associado às metodologias de avaliação de desempenho, foram encontradas publicações da diversificação da matriz energética. (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2012).

Há fortes expectativas de que as energias renováveis expandirão a sua participação em cenários futuros, nos quais as fontes energéticas que estarão em franca evolução serão as usinas hidrelétricas, a energia eólica, os biocombustíveis, o biogás, a energia solar e energia geotérmica. (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2012).

No sentido de viabilizar as mais diversas fontes energéticas, entre elas as UHs, a realização do fornecimento ininterrupto de energia a um custo competitivo se dá por intermédio das UHs, trazendo consigo o principal pilar de importância para a energia sustentável. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Apelando para o cenário dos custos da manutenção, considerado importante no portfólio bibliográfico, é importante destacar que os custos de manutenção podem alcançar entre 15% e 70% das despesas da usina hidroelétrica, ou podem até exceder o lucro líquido em muitos dos casos. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Tomando-se estes riscos como um perigo às estratégias de manutenção, a manutenção preventiva é realizada para manter o equipamento funcionando e até mesmo no intuito de prolongar a vida útil do equipamento. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2015).

Ainda sob o entendimento destes pesquisadores, a manutenção corretiva tem por objetivo a condução das atividades para que o equipamento retorne ao seu funcionamento novamente.

A priorização de manutenção preventiva de usinas hidrelétricas tem necessidade de parâmetros específicos e variáveis de entrada passíveis de mensuração. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2015).

Fundamentando-se na avaliação da literatura internacional acerca do tema, o Portfólio Bibliográfico, constituído de 21 artigos, apresentou uma quantidade relevante de metodologias de avaliação de desempenho.

Mesmo com o grande número de metodologias multicritérios de otimização de UHs disponível no Portfólio Bibliográfico, nenhum deles é considerado o melhor para todos os tipos de situações de tomada de decisão.

Haja vista que métodos diferentes geralmente produzem resultados semelhantes ou diferentes, mesmo quando aplicados ao mesmo problema, utilizando os mesmos dados a vários processos de modelagem.

Estas metodologias envolveram processos de manutenção e operação de UHs, em que os aspectos passíveis de avaliação de desempenho foram estipulados em sua maioria por especialistas, *stakeholders* e pesquisadores. (SUPRIYASILP; ONGPUT; BOONYASIRIKUL, 2010).

Dado que a avaliação de desempenho de usinas hidrelétricas abrange um cenário amplo, pode-se fundamentar os aspectos de avaliação de desempenho às diversas metodologias utilizadas.

O Quadro 16 apresenta aspectos de avaliação de desempenho relacionados aos processos de manutenção, enquanto prática essencial da gestão de UHs, conforme averiguado na literatura internacional.

Quadro 16 – Aspectos de avaliação de desempenho para a manutenção de UHs

(continua)

Item	Autores	Metodologia aplicada	Aspectos utilizados para avaliação de desempenho (tecnológico/manutenção)
01	KAHRAMAN, C.; KAYA, İ.	Lógica Fuzzy / *Analytic Hierarchy Process* (AHP)	i. Viabilidade; ii. Risco; iii. Know-all; iv. Tempo
2	WILLIAMSON, S. J.; STARK, B. H.; BOOKER, J. D.	MCDA, MCDM, VIKOR, TOPSIS	i. Manutenção ii. Facilidade de manutenção iii. Taxa de vazão de água iv. Obras civis e concreto esparsamente v. Segurança de isolação do sistema vi. Tempo de instalação vii. Montagem da turbina
03	JAYASWAL, P.; WADHWANI, A. K.; MULCHANDANI, K. B.	*Artificial Neural Network* (ANN) / *fuzzy logic*	i. Falhas de rotor ii. Falhas de máquinas elétricas iii. Falhas em engrenagens iv. Acoplamento flexível v. Falha por vibração
04	ŞENGÜL, Ü.; EREN, M.; SHIRAZ, E. S.; VOLKAN, G.	*Interval Shannon's entropy*	i. Eficiência ii. Relação de energia primária iii. Segurança iv. Confiabilidade v. Maturidade vi. Custo de operação e manutenção
05	ELBATRAN, A. H.; YAAKOB, O. B.; AHMED, Y. M.; SHABARA, H.	*Cross Flow Turbine* (CFT)	i. Ambiental − clima − localização ii. Obra civil requerida iii. Portabilidade iv. Manutenção v. Confiabilidade vi. Facilidade de fabricação vii. Modularidade de projeto viii. Velocidade rotacional da turbina
06	RIBEIRO, F.; FERREIRA, P.; ARAÚJO, M.	*Multi-Criteria Decision Analysis* (MCDA)	i. Taxa de energia despachada ii. Custos de O&M iii. Dependência de energia externa iv. Diversificação da matriz energética

(continuação)

07	STRANTZALI, E.; ARAVOSSIS, K.	*Life Cycle Analysis* (LCA) *CostBenefit Analysis* (CBA) *Multicriteria Decision Aid* (MCDA)	i. Relação de Energia Primária ii. Potência Nominal / Instalada (kW) iii. Produção de energia iv. Segurança v. Maturidade vi. Eficiência vii. Capacidade (kW) viii. Ciclo de vida dos equipamentos ix. Custo de Operação e Manutenção (O&M) x. Análise de custo-benefício do sistema
08	YSSAAD, B.; KHIAT, M.; CHAKER, B.	*Reliability Centered Maintenance* (RCM) *Failure Modes and Effects Criticality Analysis* **(FMECA)**	i. Duração do serviço de interrupção ii. Nível de detectibilidade iii. Nível de criticidade iv. Taxa de ocorrência v. Taxa horária de receita vi. Número de falhas por componente vii. Taxa de falhas por ano iii. Tempo médio para reparo ix. Custo de substituição de componentes x. Disponibilidade do sistema
09	BORGES, C. L. T.; PINTO, R. J.	*States Markov Model* *Statistical Clustering Technique*	i. Potência (kW) ii. Probabilidade de geração (%) ii. Série de vazão (m^3/s) v. Taxa de indisponibilidade forçada v. Correlação da série de vazões vi. Expectativa de energia gerada (MWh) ii. Fator de capacidade ii. Fator de disponibilidade de geração x. Taxa de reparo x. Taxa de falha
10	SUPRIYASILP, T.; PONGPUT, K.; BOONYASIRI KUL, T.	*Multi-criteria Decision Making* (MCDM)	i. Capacidade instalada (MW) ii. Energia anual produzida (MWh) iii. Suprimento firme de energia iv. Comprimento da linha de transmissão v. Processo de sedimentação na barragem
11	ERTAY, T.; KAHRAMAN, C.	MACBETH, Lógica Fuzzy *Analytic Hierarchy Process* (AHP)	i. Riscos e viabilidade ii. Continuidade e previsibilidade iii. Confiabilidade iv. Duração e preparação v. Implementação vi. *Know-all* da região da usina vii. Operação e performance
12	DE QUEIROZ SOUZA, R.; ÁLVARES, A. J.	*Reliability-Centered Maintenance* (RCM) *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) *Fault Tree Analysis* (FTA)	i. Séries de criticidade de falhas ii. Severidade de falhas iii. Ocorrência de falhas iv. Detecção de falhas v. Número de prioridade de risco (RPN) vi. Taxa de falhas (%)

(continuação)

13	SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P.	*Analytic Hierarchy Process* (AH P)	i. Energia anual produzida ii. Dias por ano de produção de energia iii. Capacidade de operar e manter iv. Infraestrutura local (linhas de transmissão e acesso) v. Energia demandada e disponibilidade de geração vi. Disponibilidade de equipamentos, materiais e acessórios no país vii. Capacidade de geração da planta viii. Custo da energia gerada ix. Disponibilidade de linhas de transmissão x. Atividades de engenharia civil
14	KUCUKALI, S.	*Risk analysis* / Lógica Fuzzy	i. Custo da produção de energia ii. Potencial hidrológico iii. Riscos geológicos iv. Conexão elétrica v. Custo das atividades de engenharia civil vi. Acesso à infraestrutura vii. Comprimento do túnel de adução viii. Capacidade instalada (MW)
15	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	*Tabu Search algorithm* *Fuzzy Delphi Method* *Mamdani Inference Method* (MATLAB)	i. Taxa de vazão pelo vertedouro ii. Nível do lago na barragem iii. Demanda de energia iv. Energia gerada
16	WANG, B.; NISTOR, L.; MURTY, T.; WEI, Y.-M.	*Regression model* *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS)	i. Rentabilidade ii. Eficiência de geração iii. Volatilidade do padrão de eficiência iv. Média anual de precipitação (mm) v. Capacidade instalada vi. Tecnologia e investimentos
17	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	*Fuzzy Logic* *Multi Criteria Decision Analysis* (MCDA)	i. Degradação por reações químicas com metais ii. Degradação por oxidação iii. Grau de dureza do material iv. Tenacidade do material v. Grau de ductibilidade do material vi. Nível de deformação do metal
18	ÖZCAN, E. C.; ÜNLÜSOY, S.	*Multi-criteria decision making* (MCDM) *Goal programming* (GP) *Analytic Hierarchy Process* (AHP) *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR)	i. Tempo de duração para a manutenção do rotor e estator do gerador ii. Tempo de duração para a manutenção do transformador de força iii. Tempo de duração para a manutenção do transformador de excitação iv. Tempo de duração para a intervenção da conexão elétrica (380 kV) v. Pré-condição de manutenção vi. Período de falha e detecção de falhas vii. Disponibilidade de mensuração de equipamentos viii. Disponibilidade de sobressalentes de almoxarifado

(conclusão)

19	KUMAR, R.; SINGAL, S. K.	*Analytic hierarchy process* (AHP) *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) *Multiple Attribute Decision Making* (MADM)	i. Performance de robustez ii. Vida útil do material iii. Espessura do material iv. Custo de aquisição do material v. Custo de manutenção do material
20	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis	*Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) *Multicriteria Decision Making* (MCDM) *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) *VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje* (VIKOR)	i. Operação da turbina em baixa velocidade ii. Controle eletrônico e telemetria iii. Turbo-geradores submersíveis iv. Capacidade de autolimpeza da turbina v. Características de corrosão e erosão da turbina
21	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis	Fuzzy logic MATLAB	i. Severidade de falhas ii. Criticidade de operação iii. Priorização de critérios

Fonte: Elaboração do autor, 2017.

A prioridade da manutenção preventiva é obtida considerando-se os requisitos dos clientes, a gravidade da falha e a criticidade da operação por lógica difusa, sendo importante a otimização dos resultados. (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2014).

Com objetivos de otimizar e melhorar a qualidade de manutenção, no que tange à segurança e à confiabilidade, a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade mostrou-se um avanço no decorrer dos tempos, destituindo-se do viés de acrescer drasticamente os custos da política de manutenção. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Entre as metodologias identificadas no Portfólio Bibliográfico identificou-se fatores de otimização da qualidade, maximização dos fatores de segurança e confiabilidade que agregaram à política de manutenção, sendo estes fatores relevantes para os modelos de avaliação de desempenho da manutenção das UHs. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Esses modelos usaram, segundo estes pesquisadores, os métodos como análise de risco, matriz de risco, classificação multicritério do equipamento crítico, análise do efeito do modo de falha (FMEA), associando esta metodologia à lógica difusa.

Em nossa vida diária ou profissional, múltiplos e conflitantes critérios são relacionados e devem ser considerados durante a tomada de decisão. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Os processos de tomada de decisão relacionados à energia estão incluídos em um grupo crucial de problemas de otimização ao considerar a indispensabilidade de energia em termos de política mundial e fatores ligados à humanidade. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Intrinsecamente a estes relevantes fatores, múltiplas estruturas de critérios e, portanto, de abordagens analíticas são desenvolvidas para a obtenção de soluções eficazes, fazendo-se necessárias para a resolução dos problemas vinculados ao fornecimento energético. (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

3.4 AS PREMISSAS DE CUNHO REGULATÓRIO PARA AS USINAS HIDRELÉTRICAS

No período que abrange as últimas décadas, várias transformações induziram uma forte dinâmica no setor energético mundial, sobretudo no setor elétrico.

Esta dinâmica consistiu em regulamentar e por outro lado promover desregulamentações, associando-se a esta dinâmica uma estrutura de mercado, maior confiabilidade com os avanços tecnológicos e a diversificação da matriz energética, a partir da inserção de outras modalidades de fornecimento energético, proporcionadas pelas energias renováveis.

Perante a este aspecto evolutivo, levantou-se a preocupação com o desempenho dos ativos de geração, visando-se a promover os conceitos de disponibilidade e confiabilidade do complexo setor energético dos países. (WORLD ENERGY COUNCIL, 2010).

A complexa estrutura do setor elétrico requereu ao longo do período uma evolução contínua, em que uma série de decisões e opções deveriam ser tomadas em função da confiabilidade.

Novos investimentos tecnológicos foram requeridos, nos quais um dos fatores a serem geridos foi a obsolescência dos equipamentos elétricos. Além disso, houve a necessidade de que as companhias geradoras de energia elétrica atuarem em operação e manutenção destes empreendimentos, buscando a máxima confiabilidade do fornecimento energético.

O objetivo de que as companhias geradoras aferissem suas operações se deu pela necessidade oriunda dos agentes reguladores imputarem índices de desempenho para melhor gerir o fornecimento de energia elétrica.

A padronização a partir de agências reguladoras foi um forte aliado para que se garantisse que os equipamentos das geradoras de energia elétrica atendessem às demandas comerciais e das demandas pela energia elétrica. (BILLINGTON et al., 2000).

No Brasil, o Operador Nacional do Sistema (ONS), no que tange a uma de suas atribuições, busca metodologias quantitativas para melhor contribuir na mensuração de desempenho dos empreendimentos de geração.

As informações sobre a apuração destas modificações pelo sistema podem ser encontradas no Procedimento de Rede, Submódulo 25.8 do ONS, e são subsídios para a contabilização do Mecanismo de Redução Assegurada (MRA) (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2016, p. 03).

Visando ao gerenciamento do desempenho de equipamentos (unidade geradora, compensador síncrono, compensador estático, transformador de potência e reator) e linhas de transmissão (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2016, p. 03).

Condicionado a esta Normativa, foram estabelecidos os procedimentos para o cálculo dos indicadores de desempenho dos equipamentos e das linhas de transmissão e dos indicadores de desempenho das funções transmissão e geração. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2016, p. 05).

Com base neste documento, os Indicadores de Desempenho das Funções Transmissão e Geração são os seguintes:

a) Disponibilidade das Funções Transmissão e Geração.
b) Duração Média de Desligamento Forçado das Funções Transmissão e Geração.
c) Frequência de Desligamento das Funções Transmissão e Geração.
d) Indisponibilidade Programada das Funções Transmissão e Geração.
e) Indisponibilidade Forçada das Funções Transmissão e Geração.
f) Taxa de Desligamento das Funções Transmissão − Linha de Transmissão.
g) Taxa de Desligamento Forçado das Funções Transmissão – Transformação e Controle de Reativos – e Geração.
h) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada, utilizada nos processos do planejamento da operação energética – TEIF$_{OPER}$.
i) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada, utilizada nos processos do planejamento da operação energética – TEIP$_{OPER}$.
j) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada Apurada – TEIFa.
k) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada – TEIP.

3.4.1 Responsabilidade do Operador Nacional do Sistema (ONS)

Na condição de órgão responsável pela gestão do despacho energético do Sistema Interligado Nacional (SIN), compete ao ONS as seguintes responsabilidades:

a) calcular os valores dos indicadores de desempenho dos equipamentos e das LT e das funções transmissão e geração, considerando suas diversas formas de agregação, e armazenar os resultados na Base de Dados Técnica do ONS (BDT);

b) divulgar, periodicamente, os valores dos indicadores calculados;

c) fornecer aos agentes de operação, mediante consulta, os valores dos indicadores calculados para os equipamentos e as linhas de distribuição sob sua responsabilidade.

3.4.2 Indicadores de Desempenho das Funções de Geração

Gerenciamento do desempenho de unidades geradoras, compensadores síncronos e compensadores estáticos têm por objetivo verificar os valores limites das faixas classificadas como normal, alerta e insatisfatória. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2016, p. 06).

O indicador Disponibilidade de Unidades Geradoras é dado pela Equação 3, conforme disposto:

Equação 3 – Indicador de Disponibilidade de Unidades Geradoras

$$DISP = \frac{\sum_{i=1}^{N} (P_i \, x \, HD_i)}{\sum_{i=1}^{N} (P_i \, x \, HP_i)} x\,100 \ [\%]$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Onde:
HDi = número de horas disponíveis do equipamento i;
HPi = número total de horas de existência do equipamento i no período considerado.

Para cálculo de indicadores em bases anuais, adotam-se 8.760 (oito mil setecentas e sessenta) horas para anos normais e 8.784 (oito mil setecentas e oitenta e quatro) horas para anos bissextos; Pi = potência efetiva do equipamento i, expressa em megawatt (MW), homologada pela ANEEL.

Na abordagem do gerenciamento do desempenho das funções de geração, tem-se o indicador de Disponibilidade das Funções Transmissão e Geração, que é dado pela Equação 4:

Equação 4 − Indicador de Disponibilidade das Funções Transmissão e Geração

$$DISPF = \frac{n°\ total\ de\ horas\ disponível\ no\ período\ considerado}{n°\ total\ de\ horas\ do\ período\ considerado} x\ 100[\%]$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Para cálculo de indicadores em bases anuais, adotam-se 8.760 (oito mil e setecentas e sessenta) horas para anos normais e 8.784 (oito mil e setecentas e oitenta e quatro) horas para anos bissextos.

Para funções transmissão e geração que entraram em operação durante o período considerado, deve-se considerar o número de horas a partir da entrada em operação comercial de tais funções. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2017, p. 09).

Os desligamentos forçados são configurados por panes ou falhas não detectadas em inspeções, ensaios ou manutenções preventivas, portanto o período de indisponibilidade é um resultado da gravidade da falha e das proporções que ela pode tomar na Usina Hidrelétrica. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2016, p. 10).

O indicador de Duração Média de Desligamento Forçado das Funções Transmissão e Geração (DMDFF) − é dado pela Equação 5.

Equação 5 – Indicador de Duração Média de Desligamento Forçado das Funções Transmissão e Geração (DMDFF)

$$DMDFF = \frac{Número\ de\ horas\ de\ desligamentos\ forçados\ da\ função}{Número\ de\ desligamentos\ forçados\ da\ função}$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

O indicador Frequência de Desligamentos Forçados das Funções Transmissão e Geração (FDFF) é dado pela Equação 6.

Equação 6 − Frequência de Desligamentos Forçados das Funções Transmissão e Geração – FDFF

$$FDFF = \frac{Número\ de\ desligamentos\ forçados\ da\ função\ no\ período\ considerado}{Número\ de\ horas\ do\ período\ considerado}$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

O indicador Indisponibilidade Programada das Funções Transmissão e Geração é dado pela Equação 7.

Equação 7 − Indisponibilidade Programada das Funções Transmissão e Geração

$$INDISPPF = \frac{n° \, total \, de \, horas \, indisponíveis \, programadas \, da \, função \, no \, período \, considerado}{n° \, total \, de \, horas \, do \, período \, considerado} \, x100$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

O indicador Indisponibilidade para Manutenção Programada de Unidades Geradoras (INDISPMPGT) é dado pela Equação 8.

Equação 8 − Indicador de Indisponibilidade para Manutenção Programada de Unidades Geradoras

$$INDISPMP = \frac{\sum_{i=1}^{N} (P_i \, x \, HIX_i)}{\sum_{i=1}^{N} (P_i \, x \, HP_i)} \, x100 \, [\%]$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Onde:

HIXi = número de horas indisponíveis do equipamento i para manutenção.

Para o cálculo da INDISPMP, utiliza-se:

HIXi = HIMPi para número de horas indisponíveis do equipamento i para manutenções programadas;

HPi = número total de horas de existência do equipamento i no período considerado;

Pi = potência efetiva do equipamento i homologada pela ANEEL.

Para unidades geradoras, a potência é expressa em MW;

N = número total de equipamentos, conforme agregações apresentadas; e

i = contador do número de equipamentos.

O ONS, por intermédio das normativas nomeadas Procedimentos de Rede, dispõe, no Submódulo 25.8 Indicadores de Desempenho de Equipamentos e Linhas de Transmissão e das Funções Transmissão e Geração, o indicador que trata da taxa de falhas para a geração. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2017, p. 22).

A Taxa de Falhas para Unidades Geradoras TFMG) e TFMGH, e Compensadores Síncronos é dada pela Equação 9, como segue.

Equação 9 – Indicador da taxa de falhas para a geração

$$TFM = \frac{\sum_{i=1}^{N} NF_i}{\sum_{i=1}^{N} HX_i} x\, 8.760$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Onde:
NFi = número de falhas do equipamento i;
HXi = número de horas do equipamento i conforme abaixo.
Utiliza-se HXi = HSi para número de horas de serviço do equipamento rotativo i e HXi = HDi para número de horas disponíveis do equipamento não rotativo i;
i = contador do número de equipamentos;
N = número total de equipamentos, conforme agregações apresentadas; e
8.760 = fator de anualização (8.784 para anos bissextos).

O gerenciamento da taxa equivalente de indisponibilidade forçada apurada (decorrente de manutenção corretiva) é definida segundo critérios estabelecidos pela ANEEL na Resolução Normativa nº 614, de 3 de junho de 2014. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2017, p. 24).

O cálculo deverá ser feito para cada usina, em que a Equação 10 expressa o exposto a seguir.

Equação 10 – Indicador da Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada

$$TEIFa = \frac{\sum_{j=1}^{60}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot (HDF + HEDF)_{ij}}{\sum_{j=1}^{60}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot (HDF + HEDF + HS + HDCE + HRD)_{ij}}$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Onde:

i = índice da unidade geradora em operação comercial;

n = número de unidades geradoras em operação comercial;

j = índice do mês apurado;

P = potência instalada da unidade geradora;

HDF = número de horas de desligamento forçado da unidade i no mês j;

HEDF = número de horas equivalentes de desligamento forçado da unidade i no mês j (a unidade opera com potência nominal limitada, associada a uma condição forçada);

HS = número de horas em serviço da unidade i no mês j (número de horas equivalentes em serviço somado ao número de horas em que a unidade opera sincronizada ao sistema, sem restrição de potência);

HRD = número de horas de reserva desligada da unidade i no mês j (período em que a unidade não está em serviço por interesse sistêmico, apesar de disponível para operação − pode haver eventual restrição operativa na unidade, mesmo estando desligada, sendo que o período correspondente nessa situação deverá ser computado de forma proporcional aos períodos sem restrição); e

HDCE = número de horas desligada por condições externas da unidade i no mês j (a unidade não está em serviço por condições externas às suas instalações).

O gerenciamento da taxa equivalente de indisponibilidade programada (decorrente de manutenção preventiva) é definida segundo critérios estabelecidos pela ANEEL na Resolução Normativa nº 614, de 3 de junho de 2014. (OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA, 2017, p. 25).

O cálculo deverá ser feito para cada usina, conforme expresso pela Equação 11.

Equação 11 – Indicador da Taxa Equivalente de Indisponibilidade Programada

$$TEIP = \frac{\sum_{j=1}^{60}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot (HDP + HEDP)_{ij}}{\sum_{j=1}^{60}\sum_{i=1}^{n} P_i \cdot (HP)_{ij}}$$

Fonte: Operador Nacional do Sistema, 2016.

Onde:

i = índice da unidade geradora em operação comercial;

n = número de unidades geradoras em operação comercial;

j = índice do mês apurado;

P = potência instalada da unidade geradora;

HDP = número de horas de desligamento programado da unidade i no mês j;

HEDP = número de horas equivalentes de desligamento programado da unidade i no mês j (a unidade opera com potência nominal limitada, associada a uma condição programada);
HP = número de horas do período de apuração considerado no mês j para a unidade i.

Na interpretação destes indicadores dispostos pelo Operador Nacional do Sistema, verifica-se uma semelhança de critérios dispostos nas publicações científicas que compõem o Portfólio Bibliográfico.

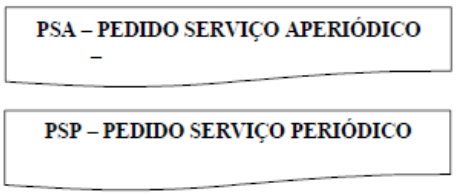
Os aspectos passiveis de mensuração formulados pelo Operador Nacional do Sistema vêm ao encontro dos conceitos da Manutenção Centrada em Confiabilidade e à classificação das falhas proposta pela FMEA. Identifica-se, assim, uma semelhança da filosofia que trata das indisponibilidades entre o que foi disposto pelo ONS e os indicadores dispostos nas publicações científicas que compõem o Portfólio Bibliográfico.

3.5 AS PREMISSAS DE MANUTENÇÃO DA ELETROSUL

A Eletrosul Centrais Elétricas S.A. aplica formas e critérios que são utilizados, com relação à Programação, Reprogramação e Execução dos serviços de Manutenção por meio do Sistema Informatizado "Sistema Gerência Serviços – SGS". (ELETROSUL, 2016, p. 02).

Segundo estas normativas, a Programação e Execução dos serviços de Manutenção são realizadas mediante a emissão de dois documentos, conforme a Figura 19. São eles:

Figura 19 – Emissão de PSA e PSP



Fonte: Eletrosul, 2016.

O Pedido Serviço Aperiódico (PSA) pode ser emitido por qualquer área da empresa, podendo ser destinado a qualquer outra área, e a área indicada para executar o serviço, ou seja, o executante é quem faz a Programação conforme a necessidade apontada pelo solicitante e a sua disponibilidade de mão de obra. (ELETROSUL, 2016, p. 02).

O Pedido Serviço Periódico (PSP) é sempre emitido pelo Sistema para a Área responsável pela Manutenção do Equipamento que trata o respectivo PSP. (ELETROSUL, 2016, p. 02).

Segundo esta normativa, o PSP traduz as manutenções preventivas previamente programadas pelo SGS, em que a engenharia de manutenção estipula a periodicidade com que as manutenções preventivas ocorrerão. (ELETROSUL, 2016, p. 03).

De forma a atender ao plano de manutenção para fins de programação, as equipes de manutenção devem considerar que as intervenções sejam executadas no período referenciado pela "data de necessidade", observando a tolerância máxima regulamentada pela ANEEL para instalações da Rede Básica. (ELETROSUL, 2016, p. 03).

A tolerância representa 1/6 (16,67%) da periodicidade da preventiva ou, em outras palavras, as equipes devem considerar, para fins de programação, a data de necessidade nominal. (ELETROSUL, 2016, p. 03).

3.5.1 Manutenção Preventiva para Classe U − Usinas

As usinas hidrelétricas são constituídas por uma larga diversidade de equipamentos, que diferem entre si em função da sua importância e influência na operação da planta. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Fundamentando-se nestas normativas da Eletrosul, para a correta alocação dos recursos e da priorização dos serviços foi definida a classificação segundo o nível de importância, conforme segue.

Nível 1: indisponibilidade afeta diretamente a geração ou a segurança da usina.

É o sistema cuja indisponibilidade tem impacto direto na produção de energia ou expõe a risco iminente a segurança humana ou as instalações. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Para estes sistemas, define-se a tolerância de 1/6 para reprogramação das manutenções preventivas. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Nível 2: indisponibilidade não afeta diretamente a geração, mas reduz a confiabilidade.

É o sistema cuja indisponibilidade tem impacto na confiabilidade da usina, ou seja, em caso de uma falha na função não haverá perda imediata de geração, mas aumenta a probabilidade de falha da produção em um momento futuro de curto prazo, próximas horas ou dias. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

A manutenção preventiva deverá ser programada para que seja restabelecido o nível original de confiabilidade da função. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Seguindo-se os preceitos desta normativa, para estes sistemas define-se a tolerância de 1/3 para reprogramação das manutenções preventivas.

Nível 3: indisponibilidade não afeta o sistema.

É o sistema cuja indisponibilidade não tem impacto sobre a geração ou sobre a confiabilidade da produção de energia elétrica. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Os sistemas que compõem este nível são os que disponibilizam a infraestrutura necessária para funcionalidade das áreas industriais da usina. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

Para estes sistemas, define-se a tolerância de 1/2 para reprogramação das manutenções preventivas. (ELETROSUL, 2016, p. 04).

O Quadro 17 resume as tolerâncias de acordo com o nível de importância dos sistemas.

Quadro 17 – Periodicidades e tolerâncias para manutenção preventiva nas usinas da Eletrosul

Tipo de Manutenção	Periodicidade	Tolerância		
		Nível 1	Nível 2	Nível 3
Trimestral	3 meses	± 15 dias	± 30 dias	± 45 dias
Semestral	6 meses	± 30 dias	± 2 meses	± 3 meses
Anual	12 meses	± 2 meses	± 4 meses	± 6 meses
Bianual	24 meses	± 4 meses	± 8 meses	± 12 meses
Quadrianual	48 meses	± 8 meses	± 16 meses	± 24 meses
Octoanual	96 meses	± 16 meses	± 32 meses	± 48 meses

Fonte: Eletrosul, 2016.

A programação das manutenções preventivas é apresentada por intermédio de várias simulações em forma de algoritmo do Sistema Informatizado SGS, o qual trata da Programação, Reprogramação e Execução dos serviços de Manutenção. (ELETROSUL, 2016, p. 06).

As orientações quanto aos índices de indisponibilidade seguem as normativas e são disseminadas às áreas de coordenação da manutenção executiva da Eletrosul de acordo com o planejamento de paradas de máquinas rotativas. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

As paradas de manutenção refletem diretamente nos índices de Indisponibilidade Programada (IP). (ELETROSUL, 2017, p. 02).

Os índices de Indisponibilidade Programada são dispostos na Portaria MME nº 484/2014, em conformidade aos patamares de potência instalada de cada empreendimento, referindo-se aos patamares de potências unitárias das Unidades de Geração (UGs). O Quadro

18 ilustra e define os percentuais de indisponibilidade programada preconizada pela ANEEL. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

Quadro 18 – Indisponibilidades programadas dispostas na Portaria MME nº 484/2014

Potência (MW)	IP (%)
<29	4,66
30 até 59	5,292
60 até 199	6,141
200 até 699	3,688
700 até 1300	8,263

Fonte: ANEEL, 2014.

Estes índices compõem o Indicador de Disponibilidade das usinas, o qual é considerado na revisão de garantia física, preconizada pelos agentes reguladores a cada 5 anos. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

Sendo assim, o controle da Indisponibilidade Programada tem relevante impacto na receita e viabilidade da usina no longo prazo. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

O planejamento da parada minimiza o risco de ocorrências imprevistas durante as manutenções, otimiza as adequações de recursos humanos, além de seguir aos atendimentos de prazos estabelecidos em lei para as contratações que fogem ao conhecimento das equipes técnicas da Eletrosul. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

As paradas de manutenção das máquinas rotativas devem estar previstas no Plano Anual de Desligamentos das Unidades Regionais da Eletrosul, seguindo os prazos dispostos no Quadro 19. (ELETROSUL, 2017, p. 02).

Estas paradas ocorrem a cada ano (1 A), a cada dois anos (2 A) e a cada quatro anos (4 A).

Quadro 19 − Prazos recomendados para elaboração do plano de parada

Parada 4A	15 meses	9 meses	6 meses	2 meses	3 dias
Parada 2A	12 meses	6 meses	3 meses	1 mês	3 dias
Parada 1A	9 meses	6 meses	3meses	1 mês	3 dias
O que deve estar pronto	• Identificar PSPs 4A e PSAs que necessitem de máquina parada por longo período • Identificações de lições aprendidas na parada anterior • Estimativa inicial do custo da parada • Plano de contratação • Plano de comunicação • Cronograma de atividades de planejamento	• Plano macro de segurança e meio ambiente • Projetos finais de melhorias • Definição de escopo • Congelamento do escopo para grandes atividades • Estimativa preliminar de custo • Planejamento organizacional • Pedidos de compra de materiais críticos • Especificações técnicas dos serviços e produtos a serem contratados	• Cronograma da parada com recursos alocados e caminhos críticos • Confirmação dos prazos dos equipamentos e materiais críticos • Análise de riscos e planos de resposta • Planejamento operacional • Planejamento dos trabalhos pré-parada • Definição das contratadas • Estimativa final dos custos da parada • Curva S dos caminhos críticos de subcríticos	• Plano detalhado de segurança e meio ambiente • Plano de minimização de caminhos críticos • Congelamento do escopo para pequenas atividades • Planejamento de custo, prazo e qualidade junto aos contratados • Confirmação de chegada de equipamentos e materiais críticos	• Confirmação da chegada de todos os materiais e equipamentos • Mobilização de todos os recursos • Reunião de nivelamento com todos os recursos • Término dos serviços pré-parada

Fonte: Eletrosul, 2017.

Dessa forma, está se dando ciência à coordenação técnica da Regional para contingenciamento dos recursos necessários à manutenção. (ELETROSUL, 2017, p. 04).

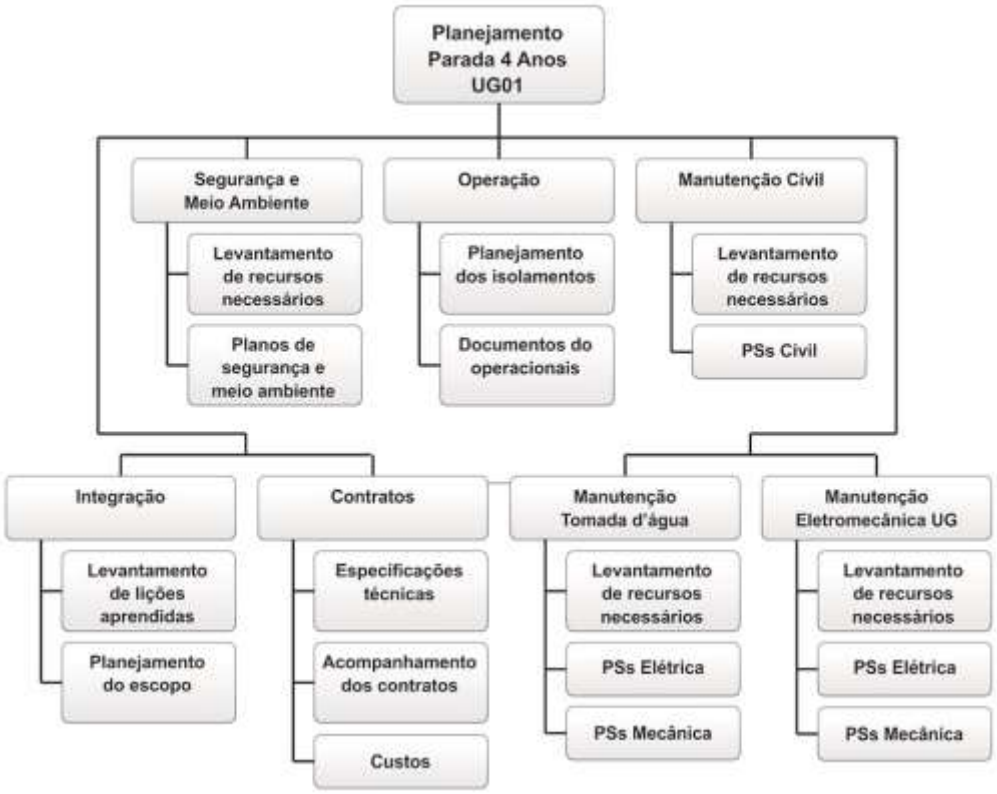
O Planejamento da Parada é um projeto multidisciplinar que envolve as áreas de manutenção executiva, operação, engenharia, contratos, financeira, recursos humanos, segurança e meio ambiente, gerenciais e, em alguns casos, entes externos. (ELETROSUL, 2017, p. 04).

A integração destas áreas é fundamental para o sucesso da parada, pois as responsabilidades devem ser claramente definidas. (ELETROSUL, 2017, p. 04).

Uma forma de facilitar a visualização da organização do planejamento é a construção de uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP), inserindo as principais atividades e os seus responsáveis.

A Figura 20 exemplifica esta estrutura analítica, em que deverá constar o nome de cada profissional atuante no processo. (ELETROSUL, 2017, p. 06).

Figura 20 − Exemplo de EAP do planejamento para parada de máquina de quatro anos



Fonte: Eletrosul, 2017.

Dependendo da especificidade da instalação ou das atividades a serem executadas, outros itens podem fazer parte do plano de parada. (ELETROSUL, 2017, p. 06).

No âmbito desta normativa e em conformidade ao preconizado pela política de manutenção da Eletrosul, as melhores práticas para parada são:

• ênfase no tempo mínimo de parada;

• integração de todos os novos projetos junto aos demais trabalhos;

• gerente da parada com toda a autonomia e autoridade necessárias;

• grupo de campanha definido;

• restrição absoluta de pedidos atrasados;

• identificação de revisões que poderão minimizar o tempo de futuras paradas.

A criação do grupo de planejamento é estratégica para o sucesso do plano de parada e deve ser composto pelo gerente responsável pela usina, encarregados, técnico de segurança no trabalho e profissional da coordenação técnica da Regional. (ELETROSUL, 2017, p. 06).

O objetivo deste grupo é analisar periodicamente o andamento das atividades de planejamento e encaminhar as providências necessárias. (ELETROSUL, 2017, p. 06).

Este grupo de planejamento elenca todos os riscos conhecidos com o impacto relativo na parada.

Uma boa fonte de informação sobre os riscos associados são as lições aprendidas em outras paradas. Por isso, é importante o registro e a divulgação das lições aprendidas e dos riscos que se concretizaram.

Os riscos devem ser identificados e associados à probabilidade e ao impacto do risco. Para simplificar podemos classificar a probabilidade e o impacto como: “baixo”, “médio” e “alto”. (ELETROSUL, 2017, p. 13).

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS DA PESQUISA

Na presente seção, são abordados o resultado da segunda, assim como da terceira etapa do *ProKnow-C, que respondem respectivamente pela caracterização da Análise Bibliométrica e pela Análise Sistêmica*

A seleção do Portfólio Bibliográfico, dotado de artigos com reconhecimento acadêmico e condicionado ao alinhamento ao tema da pesquisa, foi desenvolvida por um processo sistemático pela utilização do processo *ProKnow-C*.

Para contemplar este objetivo, realizou-se as seguintes fases: i) Seleção do banco bruto de artigos; ii) Filtragem do banco bruto de artigos e; iii) Teste de representatividade dos artigos do Portfólio Bibliográfico (PB).

A fase inicial que consiste na seleção do banco bruto de artigos, diz respeito à definição dos eixos condutores da pesquisa, as palavras-chave que os representam, os bancos de dados, com os quais podem concentrar de forma potencial o fragmento da literatura pesquisado, associados aos filtros de busca que são aplicados nestes repositórios.

Para este estudo, segundo a compreensão do pesquisador acerca da pesquisa, foram concebidos eixos de pesquisa, associados às palavras-chave que pudessem representá-los em um trabalho de busca a partir do acesso às seis bases de dados concebidas.

Com estes propósitos, os tópicos seguintes deste trabalho apresentam (i) a expansão de conhecimentos deste pesquisador, disposto por intermédio de um processo estruturado, cuja rotina tem por objetivo a seleção do portfólio bibliográfico, procedendo-se na consecução da análise bibliométrica.

A análise bibliométrica contempla a caracterização do fragmento da literatura relacionado ao tema, evidenciando-se os periódicos, artigos, autores e as palavras-chave de destaque.

4.1 RESULTADOS DA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Com a aplicação do instrumento de intervenção *ProKnow-C*, a presente Seção contempla os resultados da análise bibliométrica, contendo a análise das variáveis presentes no Portfólio Bibliográfico (PB), cuja avaliação gera dados relevantes para a caracterização do PB.

Buscando identificar e caracterizar o Portfólio Bibliográfico (PB), seguindo a metodologia do instrumento de intervenção *ProKnow-C*, serão abordadas na presente seção as

palavras-chave com maior evidência, os periódicos com maior relevância, a representatividade dos autores de destaque deste PB, conforme evidenciado no Quadro 08.

Sequencialmente há uma abordagem nesta etapa que consiste em uma sinopse de cada um dos 21 artigos, evidenciando a caracterização com que foram concebidos, metodologia de avaliação de desempenho, caracterização dos critérios de avaliação de desempenho para as usinas hidrelétricas em cenário individual.

Uma segunda avaliação em cenário global faz parte desta abordagem, uma vez que na relação ao tema avaliação de desempenho, as usinas hidrelétricas são comparadas em processos de avaliação de desempenho com outras fontes de energias renováveis (solar fotovoltaica, fonte eólica, fonte maré-motriz, biomassa, energia geotérmica) e outras fontes convencionais derivativas do petróleo.

Esta amplitude de abordagem referida aos 21 artigos evidencia ainda uma gama de metodologias de avaliação de desempenho não construtivista para estas modalidades energéticas, apontando aspectos passíveis de avaliação de desempenho, em que figuram os processos de manutenção sob um escopo individual e técnico ou em uma amplitude global, que envolve a viabilidade de empreendimentos de geração, nos quais o tema manutenção surge em forma de critérios sob uma ótica estratégica.

4.1.1 Artigos de Maior Destaque

Conforme a disposição de artigos do Quadro 08, em que os 21 artigos foram classificados em número de citações pelo Google Acadêmico, os artigos que compõem o PB e que se destacam com o maior número de citações são "*A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives*" (2010), de Cengiz Kahraman e Ihsan Kaya, publicado no periódico Expert Systems with Applications, com 201 citações.

O segundo artigo mais citado foi "*Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis*" (2014), publicado no periódico Renewable Energy, com autoria de Samuel J. Williamson, Bernard H. Stark e Julian D. Booker, com 99 citações.

A análise dos artigos em destaque comprovou o reconhecimento científico das pesquisas desenvolvidas, em que destacou-se o artigo "*A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives"*, de Kahraman (KAHRAMAN; KAYA, 2010), publicado no periódico *Expert Systems with Applications* e que foi identificado em 201 citações no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017). Também identificou-se o destaque no artigo "*Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis",* de Williamson (WILLIAMSON;

STARK; BOOKER, 2014), publicado no periódico *Renewable Energy*, em que teve seu reconhecimento científico, contando com 99 citações, igualmente identificadas no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

Outro artigo em relevância nesta pesquisa teve como título "*Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey",* de Ümran (ÜMRAN *et al*., 2015), do qual teve seu reconhecimento científico comprovado por intermédio das 90 citações identificadas no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

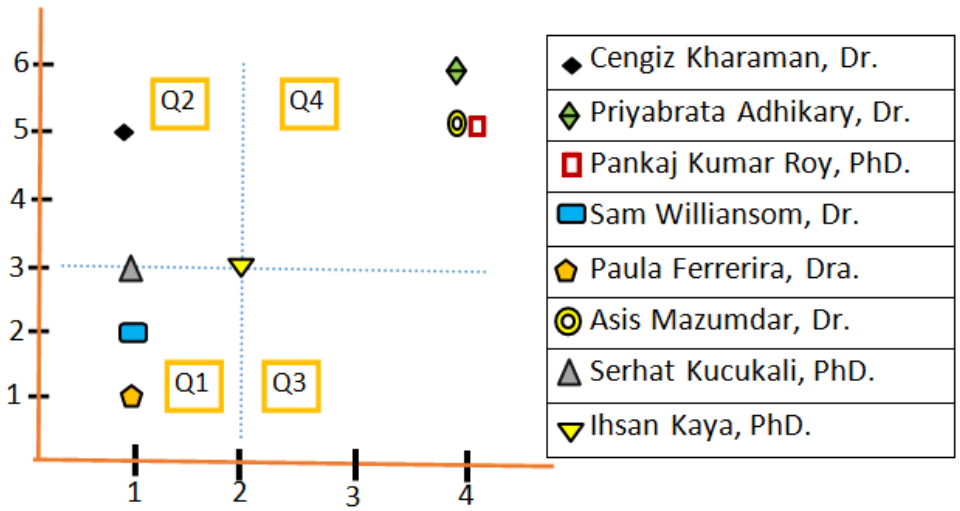
O artigo "*Operational, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A Review*", de Elbatran et al., (2015) respondeu por 63 citações no site do Google Acadêmico.

No que tange à análise do Portfólio Bibliográfico e às suas referências, preconiza-se avaliar os artigos de maior destaque referido à sua relevância acadêmica, assim como dos autores citados nas referências.

Com estes propósitos, o método *ProKnow-C* preconiza a análise fundamentada nas citações no Google Acadêmico, assim como no que diz respeito ao número de citações dos autores do portfólio nas referências do portfólio, que contempla 21 artigos.

O Gráfico 1 exprime uma correlação disposta em quatro quadrantes (Q1, Q2, Q3 e Q4), dos quais expressam o seguinte:

Gráfico 1 – Autores e coautores em relevância dispostos no PB



Fonte: Elaboração do autor, 2017.

A interpretação da importância do autor e dos coautores perante a sua representatividade no PB e nas referências pode ser observada nos quatro quadrantes do Gráfico 06 e da seguinte forma:

- 1º quadrante: representa que os artigos situados em Q1 são relevantes para o tema, possuindo poucos artigos dos autores do PB nas referências;

- 2º quadrante: o segundo quadrante (Q2) comporta o número de artigos por autor em destaque do PB, cuja representatividade é expressiva nas referências do PB;

- 3º quadrante: o quadrante Q3 comporta o número de artigos por autor que foi produzido e está em destaque do PB, porém possui pouca representatividade em número de artigos destes autores nas referências;

- 4º quadrante: o 4º quadrante (Q4) é o mais relevante, pois relaciona os artigos de destaque realizados por autores de destaque no PB, onde é conferida a representatividade em relevância tanto dos autores participativos com artigos no PB e nas referências, podendo-se compreender de importância expressiva, pois possuem um número representativo de artigos nas referências.

Nestes termos, é compreensível que, pela representatividade que se configura no PB e nas referências, o quadrante 4 (Q4) mostra-se o mais importante para a pesquisa.

Cabe ressaltar que, embora haja um quantitativo de artigos de importância nas referências, referenciando-se ao banco de 54 autores, na maioria dos artigos das referências (698 artigos), não havia correlação com o tema deste trabalho de pesquisa e outros 14 artigos das referências eram duplicados àqueles dispostos no Banco de Artigos.

Conforme a sistemática do *ProKnow-C*, dos artigos válidos nas referências, apenas um havia autores pertencentes do banco de autores do Portfólio Bruto, cuja publicação era recente (artigos publicados há 2 anos ou menos), e que seu título e palavras-chave demonstravam alinhamento ao tema de pesquisa, conforme preconizado pela metodologia sistemática do *ProKnow-C*.

Assim sendo e em acordo ao Quadro 08, também estão dispostos 2 outros artigos, dos quais estavam abaixo da linha de corte (15 citações), porém continham os mesmos autores do Banco de Autores e, por serem artigos recentes (reconhecimento científico a ser confirmado), ingressaram ao banco de autores brutos.

A obtenção do PB retrata em seu conteúdo representatividade do fragmento da literatura, com reconhecimento científico e alinhamento ao tema.

4.1.2 Autores de Menor Destaque

Tomando como fundamentação o Portfólio Bibliográfico (PB), composto por 21 artigos, a análise inicial deu-se pelas considerações referentes aos autores, no que tange ao fragmento de literatura. Houve a constatação de que três dos autores estão presentes em quatro publicações científicas do PB, sendo eles Priyabrata Adhikary, Pankaj, Kr Roy e Asis Mazumdar, o que demonstra a trajetória desses pesquisadores Indianos em relação aos empreendimentos de geração de energia elétrica.

Cabe salientar que em função dos aspectos da filiação teórica, a partir dos destaques destes mesmos autores no PB, identificou-se que um dos artigos participantes das referências foi publicado com estes mesmos autores. Em função desta característica, por ter sido publicado recentemente e por estar alinhado ao tema de pesquisa, identificou-se os requisitos necessários para trazê-lo para integrar ao PB, compondo-se assim as 21 publicações científicas do Portfólio Bibliográfico. Outros quatro artigos em que esses três pesquisadores despontavam estavam presentes nas referências, porém foram publicados antes de 2015, onde a rotina do *ProKnow-C* indicava apanhar os artigos das referências com até dois anos de publicação. Por este fato, essas quatro publicações não foram anexadas no PB.

O artigo mais citado (201 citações) teve como destaque os pesquisadores Cengiz Kahraman e Ihsan Kaya, que atuam respectivamente na ITU Management Faculty Industrial Engineering Department Istanbul Turkey (uma das mais proeminentes instituições de ensino de Istambul, Turquia) e na Universidade Técnica de Yıldız e (universidade técnica dedicada às ciências de engenharia).

- Cengiz Kahraman, PhD.: o pesquisador conta com 15.846 citações de seus trabalhos. Ocupa a posição de professor titular do Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Técnica de Istambul (ITU). Atua diretamente nas áreas de pesquisa voltadas à economia de engenharia, gerenciamento de qualidade, tomada de decisão estatística, dedicando-se às metodologias multicritério de tomada de decisão e às metodologias de tomada de decisão difusa (lógica Fuzzy). Destacou-se também pelo elevado número de publicações, onde participou com mais de 200 artigos de periódicos, além de participar da edição de 10 livros internacionais pela Springer.

- Ihsan Kaya, PhD.: o pesquisador conta com 3.643 citações, conforme disposto no site scholar.google.com. Foi titular da Universidade Técnica de Istambul, Instituto de

Ciência e Tecnologia, Engenharia Industrial, 2005-2010. Atuou na SELÇUK UNIVERSITY, Instituto de Ciência e Tecnologia, Engenharia Industrial, 2001-2004, assim como na Selçuk University, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Engenharia Industrial, 1998-2001. Conquistou o grau de PhD. da Universidade Técnica de Istambul em Engenharia Industrial. Atualmente é associado no Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Técnica de Yıldız. Seus principais interesses de pesquisa são análise de capacidade de processo, gerenciamento e controle de qualidade e tomada de decisão multicritério associada com aplicações de conjuntos Fuzzy. Conforme informações identificadas no site do Google Scholar (scholar.google.com), há uma progressão do número de citações do pesquisador.

Quanto aos autores que mais se destacaram em termos do número de publicações no PB, temos Adhikary Pankaj, Kr Roy e Asis Mazumdar, cujas informações foram caracterizadas da seguinte forma:

- Priyabrata Adhikary, Dr.: Professor (Mechanical) NHCE (VTU), Bangalore. Professor titular da Universidade *New Horizon College of Engineering − India*. Conta com 509 citações (www.scholar.google.com). Possui especializações em Mecânica dos Fluidos e Máquinas Hidráulicas, Mecânica dos Fluidos Aplicada, Ar-condicionado e Refrigeração, Energia Renovável, Termodinâmica, Transferência de Calor por processo de simulação por fluidodinâmica (*Computational Fluid Dynamics* − CFD). Como destaque de seus trabalhos, o Gráfico 08 destaca na forma de citações obtidas do site do Google Scholar o reconhecimento de seus trabalhos.

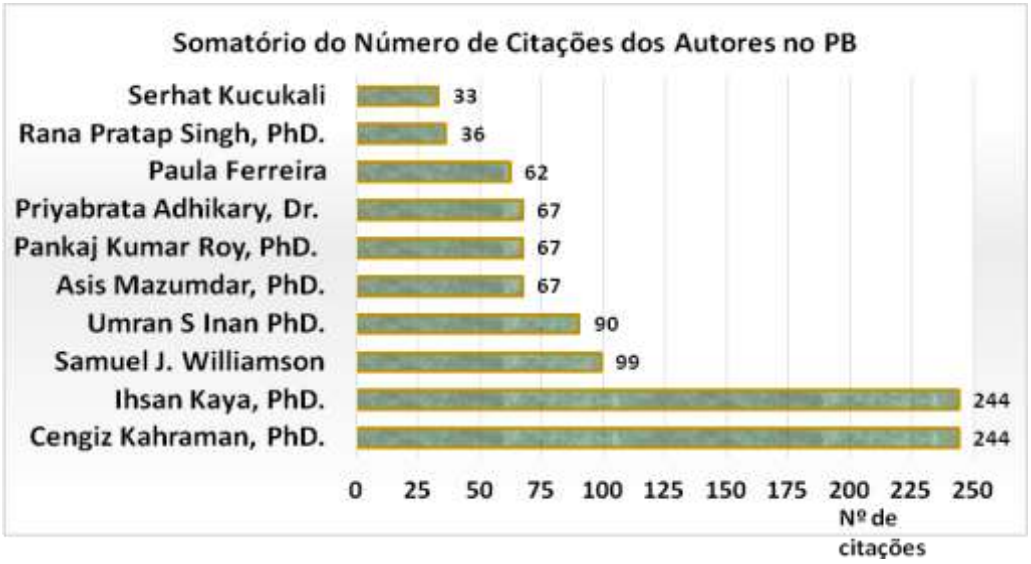
- Pankaj Kumar Roy, PhD.: Professor Associado do Departamento de Engenharia de Recursos Hídricos. Especializou-se em Engenharia Hidráulica e de Recursos Hídricos, Hidráulica − Hidrologia − Ambiental − Modelagem da Qualidade da Água. Conta com 3.327 citações no site Google Scholar. Sua área de pesquisa está concentrada em Hidráulica e Engenharia de Recursos Hídricos, Mecânica dos Fluidos, Mudanças Climáticas e seus Impactos na Engenharia de Recursos Hídricos, Engenharia Hidráulica Fluvial, Tecnologia e Gestão de Bacias Hidrográficas, Tecnologia e Medidas de Conservação de Água em bacias florestais, Investigação Hidrogeológica, Gerenciamento de Resíduos Sólidos, Modelagem Hidrológica e Ambiental , Monitoramento Ambiental, Características de Águas e Efluentes, Hidrologia de Águas Subterrâneas, Engenharia Hidroelétrica, Hidrologia Florestal. Atualmente é membro da Associação Internacional de Engenharia e Pesquisa Hidráulica, integrando ao fórum de

cientistas, engenheiros e tecnólogos. Faz parte da Universidade de Jadavpur e da sociedade de engenheiros civis da Índia.

- Asis Mazumdar, PhD.: Professor e Diretor da *Jadavpur University – India*. Coordenador do Projeto IC ECO_INDIA − Consórcio Indiano. Decano na Faculdade de Estudos Interdisciplinares, Direito e Gestão. Professor de Engenharia de Recursos Hídricos e Diretor da Escola de Engenharia de Recursos Hídricos, além de Coordenador do Centro Regional, Conselho Nacional de Arborização e Eco-Desenvolvimento (NAEB). Conta com 1.380 citações no site do Google Scholar, como demonstração do reconhecimento de seus trabalhos.

Referindo-se ao Quadro 14, o cruzamento dos dados dos autores obtidos no Portfólio Bibliográfico com o site do *Google Scholar* (scholar.google.com) identificou o reconhecimento da comunidade científica. Partindo-se desta analogia, o Gráfico 07 exprime o número de citações por autor somadas para os artigos do PB.

Gráfico 2 – Somatório do número de citações dos artigos constituintes no PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Identificou-se e confirmou-se a relevância dos autores deste PB, lembrando que dos destaques que foram confirmados, obteve-se pela averiguação do número de citações por autor obtido no site do Google acadêmico, conforme preconiza o Quadro 20, com a mesma disposição de artigos contida no Quadro 5, do qual expressa dentre os 21 artigos do PB em quais áreas foram construídas as medidas de desempenho, ou seja, em quais áreas em que os pesquisadores identificaram maior relevância para o desenvolvimento de seus processos de avaliação de desempenho.

Quadro 20 – Relação de artigos constitutivos do PB

ITEM	TÍTULO	AUTOR (ES)	ÁREAS DE INTERESSE DESENVOLVIDAS PELOS PESQUISADORES							
			MANUTENÇÃO	ESTRATÉGIA ENERGÉTICA DE UM PAÍS	TÉCNICO/ TECNOLOGIA	PERFORMANCE DE SISTEMAS	DESEMPENHO DA BACIA HÍDRICA	DEPENDÊNCIA ENERGÉTICA	DIVERSIDADE DA MATRIZ ENERGÉTICA	FATORES SÓCIO-AMBIENTAIS
1	A *Fuzzy* multicriteria methodology for selection among energy alternatives	KAHRAMAN, Cengiz; KAYA, Ihsan	X	X	X			X	X	X
2	Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis.	WILLIAMSON, S. J.; STARK, B. H.; BOOKER, J. D.	X		X					
3	Machine fault signature analysis	JAYASWAL, Pratesh; WADHWANI, A. K.; MULCHANDANI, K. B.	X		X	X				
4	*Fuzzy* TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey	Ümran S¸engül a, * , Miraç Eren b , Seyedhadi Eslamian Shiraz c , Volkan Gezder d , Ahmet Bilal S¸engül e	X	X	X			X	X	X
5	Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review	ELBATRAN, A. H; O.B. Yaakob; Yasser M. Ahmed; H.M. Shabara	X			X				
6	Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: the Portuguese case	Ribeiro, F., Ferreira, P. & Araújo, M.		X	X			X	X	X
7	Decision making in renewable energy investments: a review. Renewable and Sustainable Energy Reviews	STRANTZALI, Eleni; ARAVOSSIS, Konstantinos	X	X	X			X	X	X
8	Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems	YSSAAD, B; Khiat, M.; Chaker, A.	X							
9	Small Hydro Power Plants Energy Availability Modeling for Generation Reliability Evaluation	CLT Borges, RJ Pinto			X	X	X			

10	Hydropower development priority using MCDM method	SUPRIYASILP, Thanaporn; PONGPUT, Kobkiat; BOONYASIRIKUL, Thana		X	X		X	X	X	X
11	Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and Fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey	Ertay, T., Kahraman, C. & Kaya, I.		X	X			X	X	X
12	FMEA and FTA analysis for application of the reliability centered maintenance methodology: case study on hydraulic turbines	DE QUEIROZ SOUZA, Rodrigo; ÁLVARES, Alberto José.	X			X				
13	Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal	SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P.		X	X		X	X	X	X
14	Risk assessment of river-type hydropower plants using Fuzzy logic approach	KUCUKALI, S.		X			X	X	X	X
15	Safe and efficient control of hydro power plant by fuzzy logic	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis.				X	X	X		
16	Efficiency assessment of hydroelectric power plants in Canada: a multi criteria decision making approach	WANG, B.; NISTOR, I.; MURTY, T.; WEI, M.		X	X		X	X	X	X
17	Selection of hydro-turbine blade material: Application of Fuzzy Logic (MCDA)	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis			X	X				
18	A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants.	ÖZCAN, Evren Can; ÜNLÜSOY, Sultan; EREN, Tamer	X		X	X				
19	Penstock material selection in small hydropower plants using MADM methods	KUMAR, Ravi; SINGAL, S. K	X		X	X				
20	Selection of small hydropower project site: a multi-criteria optimization technique approach.	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis.	X		X				X	X
21	Preventive Maintenance Prioritization by Fuzzy Logic for Seamless Hydro Power Generation	ROY, P. K.; ADHIKARY, P.; MAZUMDAR, A.	X			X				X
Quantitativo por área de pesquisa			12	8	19	9	6	10	10	11
Percentual por área de pesquisa (%)			57	52	62	52	28	47	47	52

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Conforme disposto pelo Quadro 19, há um equilíbrio entre as áreas de interesse para fins de avaliação de desempenho apontadas pelos pesquisadores.

O PB apontou três blocos de artigos, dos quais o primeiro bloco, com 57% dos artigos, aponta para os aspectos ligados às metodologias de manutenção, como elemento de avaliação de desempenho pela disponibilidade e confiabilidade dos empreendimentos geradores de energia elétrica (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016; YASSAAD; CHAKER, 2014).

O segundo bloco, com 42% dos artigos, identifica a necessidade de estratégias de um dado país para atendimento de sua demanda energética e sobretudo dos aspectos relacionados às fontes de energia solar fotovoltaica, geotérmica, hidráulica, biomassa, energia eólica, carvão e gás.

A partir destas possibilidades de fonte energética, os resultados dos modelos desenvolvidos poderão apontar quais poderão ser viabilizadas, como resolução para os futuros empreendimentos de geração e atendimento à política energética de um determinado país (KAHRAMAN; KAYA, 2010; SINGH; NACHTNEBEL, 2016).

O terceiro bloco, com 42% dos artigos, expressa asa condições de performance de dada turbina, assim como do arranjo de queda e tecnologia, engenharia de materiais e concepções de projeto, que poderá propiciar a melhor performance. Para tal, as publicações científicas abordaram técnicas de engenharia de materiais, diferencial potencial de queda e gestão de reservatórios, além dos estudos de eficiência para os modelos de turbina (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014; KUMAR; SINGAL, 2015).

O Quadro 20, Quadro 21 e Quadro 22, expõem três blocos de artigos respeitando-se a mesma itemização com que os artigos foram dispostos no Quadro, porém dividindo-os em três blocos, conforme o tema “Manutenção de Usinas Hidrelétricas” é apresentado nos três contextos identificados no PB.

O Quadro 21 aborda os aspectos passíveis de mensuração do PB para os artigos em que o tema destacado é a manutenção de usinas hidrelétricas.

O Quadro 22 aborda os aspectos de avaliação de desempenho do segundo bloco de artigos, tomados como relevantes pelos pesquisadores do PB, para a implementação de políticas energéticas, sendo abordado também os aspectos da manutenção.

O Quadro 23 traz consigo informações dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho da estrutura de projetos de uma usina hidrelétrica, com os quais facilitam a gestão de manutenção e operação de uma usina hidrelétrica.

Quadro 21 - Aspectos passíveis de mensuração do PB para os artigos em que o tema destacado é a manutenção de usinas hidrelétricas

Aspectos de avaliação de desempenho adotados para artigos do PB (1° bloco de artigos), que tratam da concepção de projeto																																								
						Aspectos técnicos																																				
item	Autores do Artigo	Filosofia de manutenção				Gerador					Sistemas						Lubrificação de Mancais								Modalidade de manutenção				Procedimentos de manutenção												
		MCC	FMEA	FMECA	FTA	Geometria do entreferro	Danos nas Barras do rotor	Escovas do gerador	Desbalanceamento magnético	Estator/ Gerador	Linha de transmissão	Falhas de fundação	Transformador	Turbina	Perdas nas turbinas	Rotor e eixo	Mancal	Rolamento	Bomba de óleo	Filtro do óleo	Trocadores de calor do óleo	Monitoramento de Temperatura	Pressão do óleo lubrificante	Análise de sinais	Prevenção de falhas em potencial	Manutenção corretiva	Manutenção preditiva	Manutenção preventiva	Inspeção visual	Ensaios não destrutivos	Período de indisponibilidade	Custos de manutenção	Análise de ruído	Análise no domínio do tempo e da frequência	Análise de emissões acústica	Análise de vibração	Período de falha	Severidade de falhas
3	JAYASWAL, P.; WADHWANI, A. K.; MULCHANDANI, K. B.	x	x	x	x	x	x		x	x		x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x				
8	YSSAAD, B.; KHIAT, M.; CHAKER, B.	x	x	x							x		x								x				x	x	x	x	x		x	x	x		x				
12	DE QUEIROZ SOUZA, R.; ÁLVARES, A. J.	x	x		x									x					x	x	x	x	x			x	x	x					x						x
18	ÖZCAN, E. C.; ÜNLÜSOY, S.		x				x	x		x			x	x							x		x			x	x	x	x		x						x	x
21	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis	x												x										x	x	x	x						x				x	x

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Quadro 22 – Abordagem dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho, tomados como relevantes pelos pesquisadores do PB, para a implementação de políticas energéticas

Aspectos de avaliação de desempenho adotados para artigos do PB que tratam de manutenção em âmbito de política energética																							
		Aspectos de Riscos				Aspectos técnicos						Aspectos socio-ambientais			Aspectos estratégicos				Aspectos econômicos				
item	Autores do Artigo	Risco de reincidência de falhas	Desastres naturais	Risco	Riscos de dependência energética externa	Potência instalada	Conexão elétrica	Frequência de sucesso nos testes	Tecnologia	know-hall para efetuar manutenção	Instalações para a execução de	Tratamento de poluentes	Aceitação social da usina	políticas de uso de terras	Previsibilidade de	satisfação das lideranças regionais	Viabilidade e confiabilidade	comparação de viabilidade para diferentes	Pay-back	custo / investimento	Custos de Operação e Manutenção	Custos de Implementaçã	Custos do ciclo de vida
1	KAHRAMAN, C.; KAYA, İ.	X			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
4	şENGÜL, Ü.; EREN, M.; SHIRAZ, E. S.; VOLKAN, G.				X		X		X			X	X	X			X	X	X	X	X	X	
6	RIBEIRO, F.; FERREIRA, P.; ARAÚJO, M.				X	X	X							X	X			X			X	X	
7	STRANTZALI, E.; ARAVOSSIS, K.					X			X			X	X	X			X	X	X	X	X	X	X
10	SUPRIYASILP, T.; PONGPUT, K.; BOONYASIRIKUL, T.					X	X		X			X	X	X								X	X
11	ERTAY, T.; KAHRAMAN, C.								X	X		X	X	X		X	X	X				X	
13	SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P.			X	X	X				X		X		X			X		X	X		X	
14	KUCUKALI, S.	X	X	X			X						X	X				X						
16	WANG, B.; NISTOR, L.; MURTY, T.; WEI, Y.-M.					X	X		X				X		X		X			X		X	
20	ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis			X					X			X	X				X			X	X	X	

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

O Quadro 23 traz consigo informações dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho da estrutura de projetos de uma usina hidrelétrica, com os quais facilitam a gestão de manutenção e operação de uma usina hidrelétrica.

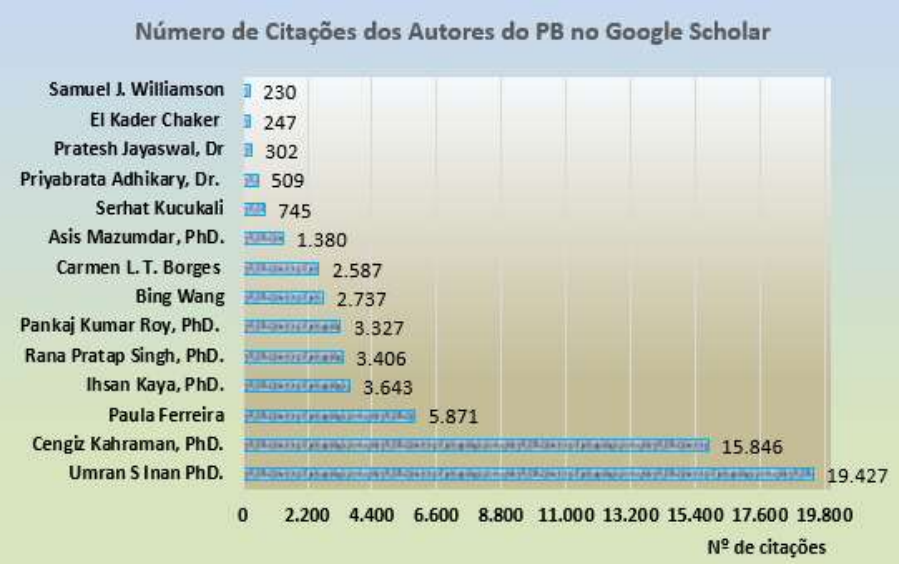
Quadro 23 – Aspectos passíveis de avaliação de desempenho da estrutura de projetos de uma usina hidrelétrica, com os quais facilitam a gestão de manutenção e operação de uma usina hidrelétrica

Aspectos de avaliação de desempenho adotados para artigos do PB (3° bloco de artigos), que tratam da concepção de projeto																											
item	Autores do Artigo	Aspectos do potencial hidráulico							Aspectos técnicos																	Procedimentos de manutenção			
		Fluxo de água (m^3/s)	Altura de queda ou da barragem	Perdas por atrito	Conduto forçado	Área do reservatório	Densidade de potência	Taxa de fluxo	Engenharia dos materiais	Facilidade de intercambiar componentes	Facilidade p/ identificação de falhas	Comparação de desempenho entre tipos de turbinas	Eficiência	Mecanismos de regulação de comportas	turbina	Gerador	Estrutura do canal de fuga	Sistema de controle	Potência nominal	Facil acoplamento entre sistemas	Nível reduzido de interfaces	Trabalhos de eng. civil	Tamanho do sistema	Velocidade rotacional da turbina	Fácil acesso p/ manutenção	Modularidade (facilitar a desmontagem)	Facilidade de manutenção	Confiabilidade da manutenção
2	WILLIAMSON, S. J.; STARK, B. H.; BOOKER, J. D.	x	x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
5	ELBATRAN, A. H.; YAAKOB, O. B.; AHMED, Y. M.; SHABARA, H.	x	x		x			x				x	x		x			x		x		x	x	x	x	x	x	x
9	BORGES, C. L. T.; PINTO, R. J.	x	x			x					x	x	x		x				x	x					x		x	x
15	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	x	x		x	x		x						x		x		x							x				
17	ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A.	x	x		x	x			x			x			x	x													
19	KUMAR, R.; SINGAL, S. K.	x	x		x				x				x		x				x										

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Seguindo-se a relevância dos pesquisadores por critério de número de citações, identificou-se, por intermédio do Gráfico 3, os autores do PB evidenciados em número de citações totais no Google Scholar.

Gráfico 3 – Autores do PB evidenciados em número de citações totais no Google Scholar



Fonte: Dados obtidos em setembro de 2018 no site Scholar Google.

Adicionalmente e restringindo ainda mais o campo de pesquisa, como há destaques do número de artigos por autor do PB, procedeu-se no cômputo do número de citações, incluindo-se o somatório de citações na ocasião em que os autores estiverem relacionados em mais de um artigo no PB.

Ratifica-se o destaque de Cengiz Kahraman, PhD., Ihsan Kaya e Unram S Inan PhD., conforme disposto pelo Gráfico 2 e Gráfico 3.

4.1.3 Periódicos de Maior Relevância

O segundo aspecto de destaque e passível de análise foi a receptividade dos periódicos no que diz respeito à temática da energia elétrica e da gestão das usinas hidrelétricas.

A análise dos artigos em destaque comprovou o reconhecimento científico das pesquisas desenvolvidas, onde destacou-se o artigo *A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives*, de Kahraman (KAHRAMAN; KAYA, 2010), publicado no periódico *Expert Systems with Applications* e que foram identificadas 201 citações no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

Também identificou-se o destaque no artigo *Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis* de Williamson (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014), publicado no periódico *Renewable Energy*, em que teve seu reconhecimento científico a partir das 99 citações, igualmente identificadas no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

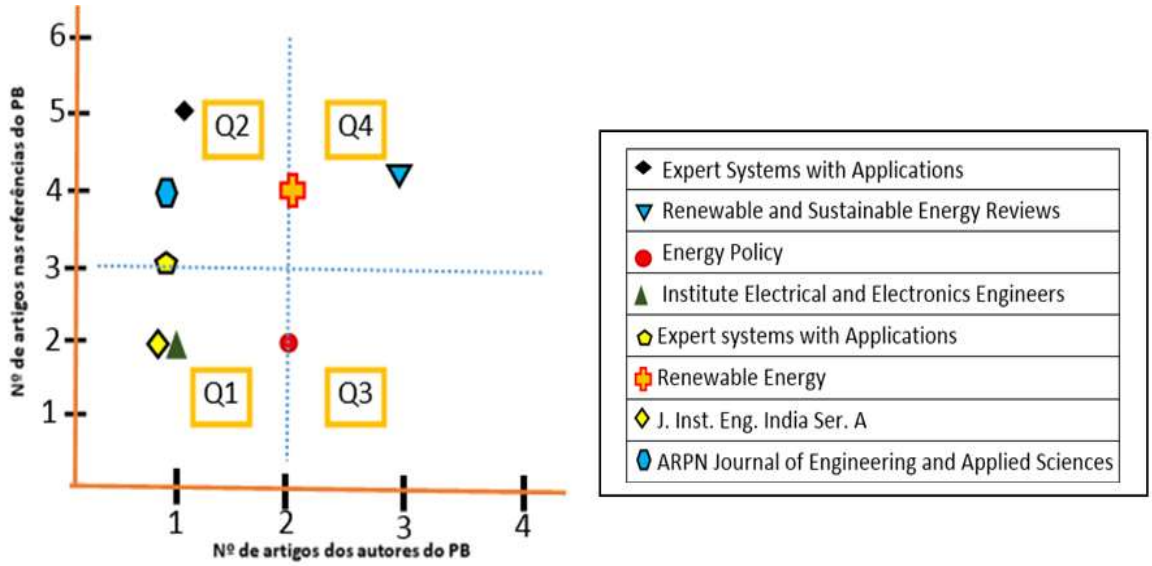
O terceiro artigo em destaque tem como título Machine fault signature analysis, desenvolvido pelos pesquisadores Pratesh Jayaswal, Dr., A. K. Wadhwani, Dr., Ashok Mulchandani, Ph.D. O artigo teve seu reconhecimento científico a partir de 91 citações identificadas no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

Com destaque, o artigo traz os conceitos e o estudo de caso voltados à Manutenção Centrada em Confiabilidade, juntamente com o emprego de técnicas que identificam e classificam o grau de criticidade com que uma pane pode desenvolver.

Outro destaque se deu no artigo *Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey* de Ümran (ÜMRAN *et al.*, 2015), do qual teve seu reconhecimento científico comprovado por intermédio das 90 citações identificadas no site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

O levantamento de informações contribui para identificar quais periódicos estão mais propensos à divulgação de estudos e pesquisas sobre a Avaliação de Desempenho da gestão de manutenção de usinas hidrelétricas, conforme demonstrado na ilustração do Gráfico 4 a seguir.

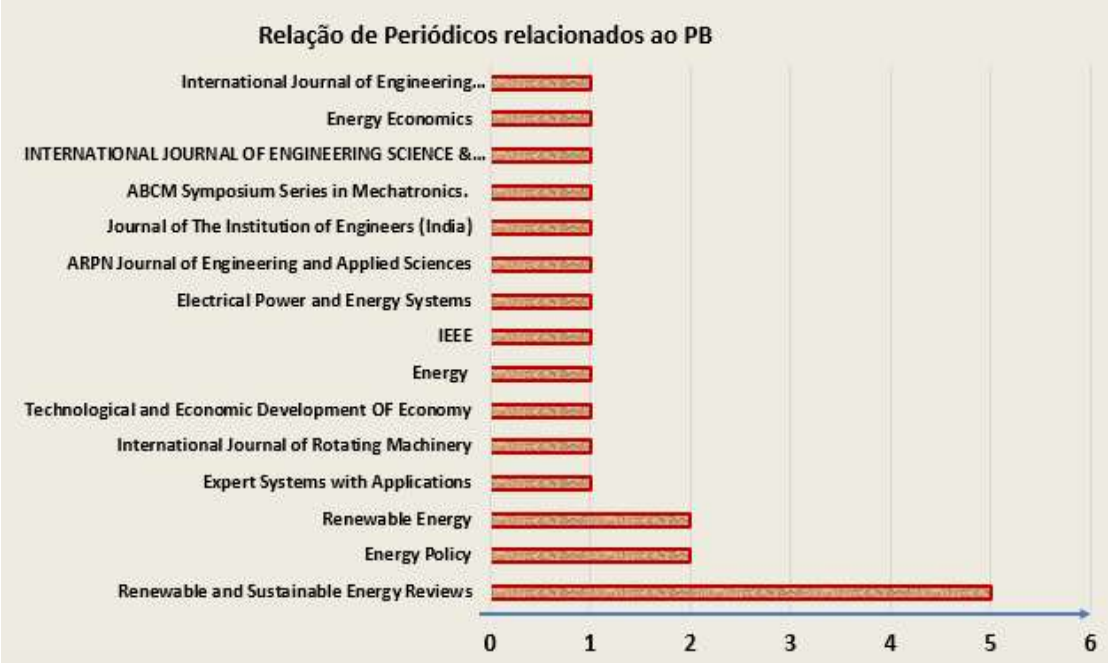
Gráfico 4 – Periódicos em destaque que publicaram os artigos do PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Referindo-se ao Portfólio Bibliométrico, composto de 21 artigos, os *journals* mais destacados são relacionados à área de energia elétrica, sendo que a supremacia destacada são de *journals* originários da Índia. O Gráfico 5 destaca estes *journals* que compuseram o PB.

Gráfico 5 – *Journals* destacados que caracterizam no Portfólio Básico



Fonte: Elaboração do autor (2017).

A distribuição temporal dos artigos do PB identifica diferenciações de lançamento de artigos ao longo dos anos. No que tange as usinas hidrelétricas, é de conhecimento que há grandes difuculdades de exploração de novos potenciais hídricos, especialmente pelas exigências de cunho ambiental e patrimonial de áreas alagadas por grandes e médias usinas hidrelétricas, restando um campo ainda a explorar para as Pequenas Centrais Hidrelétricas (FERREIRA; RIBEIRO; ARAÚJO, 2013).

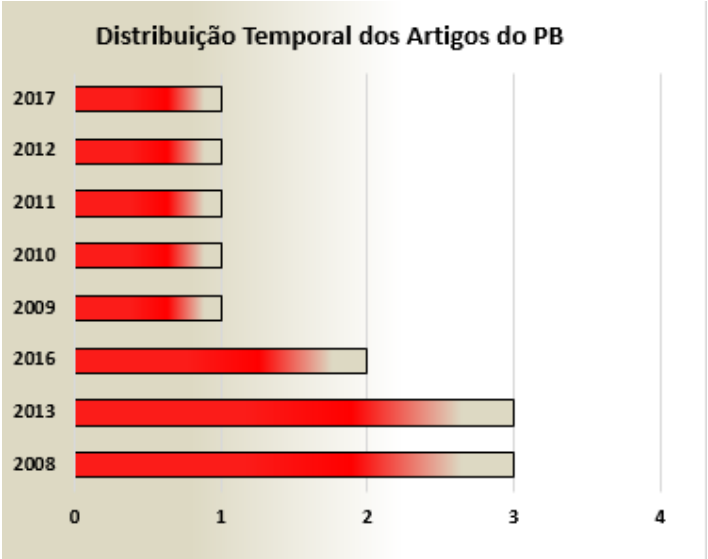
Dadas essas limitações, ainda conta-se com potenciais expressivos para o desenvolvimento de novas usinas hidrelétricas, porém boa parte desses aproveitamentos estão localizados nos rios que representam a divisa geográfica entre países (SINGH; NACHTNEBEL, 2016). Nessas circunstâncias, a complexidade de implementação de novas usinas hidrelétricas é acrescida, pois depende de acordos internacionais.

Outro fator a ser analisado diz respeito às novas publicações científicas e que aguardam seus reconhecimentos científicos, possível fator que tenha contribuído para que tivéssemos poucos artigos em 2016 e 2017. Seguindo este raciocínio, permite-se inferir que há a possibilidade de que a caracterização do Gráfico 11, com a queda do lançamento de novos

artigos em 2016 e 2017 se dê pelas dificuldades elencadas na implementação de novas usinas hidrelétricas.

O Gráfico 6 reflete o período de concepção deste trabalho de pesquisa, com o qual foi concebido o PB, assim como da distribuição temporal dos artigos que o compõe.

Gráfico 6– Distribuição do lançamento de *Journals* entre 2008 e 2017



Fonte: Elaboração do autor (2017).

O diferencial oriundo do avanço tecnológico, associado à utilização da lógica Fuzzy e da inteligência artificial, enquanto processo ontológico, proporciona a automatização tanto do ótimo desempenho sob determinadas condições de vazão do fluxo de água, quanto o controle de processos de manutenção de usinas hidrelétricas.

No entanto, as preocupações acerca dos limites da objetividade preconizados por Roy (1993) e Landry (1995) permanecem como um rótulo das novas tecnologias e das metodologias de avaliação de desempenho da gestão de manutenção de UHs, cujos critérios de avaliação são furtivos quanto aos aspectos subjetivos, o que confere os limites da objetividade.

A análise do fragmento da literatura propiciado pelas rotinas sistemáticas de filtro da ferramenta *ProKnow-C* permite inferir que o entusiasmo no desenvolvimento de novos trabalhos científicos relacionados à temática da gestão de manutenção de usinas hidrelétricas tem tomado proporções ao longo dos anos.

Isso possivelmente deve ter ocorrido em decorrência dos avanços tecnológicos, das grandes diferenciações do potencial hídrico, que se fundamenta em efeitos climáticos adversos propiciados pelos fenômenos denominados El Niño e La Niña, isso sem falar nos avanços

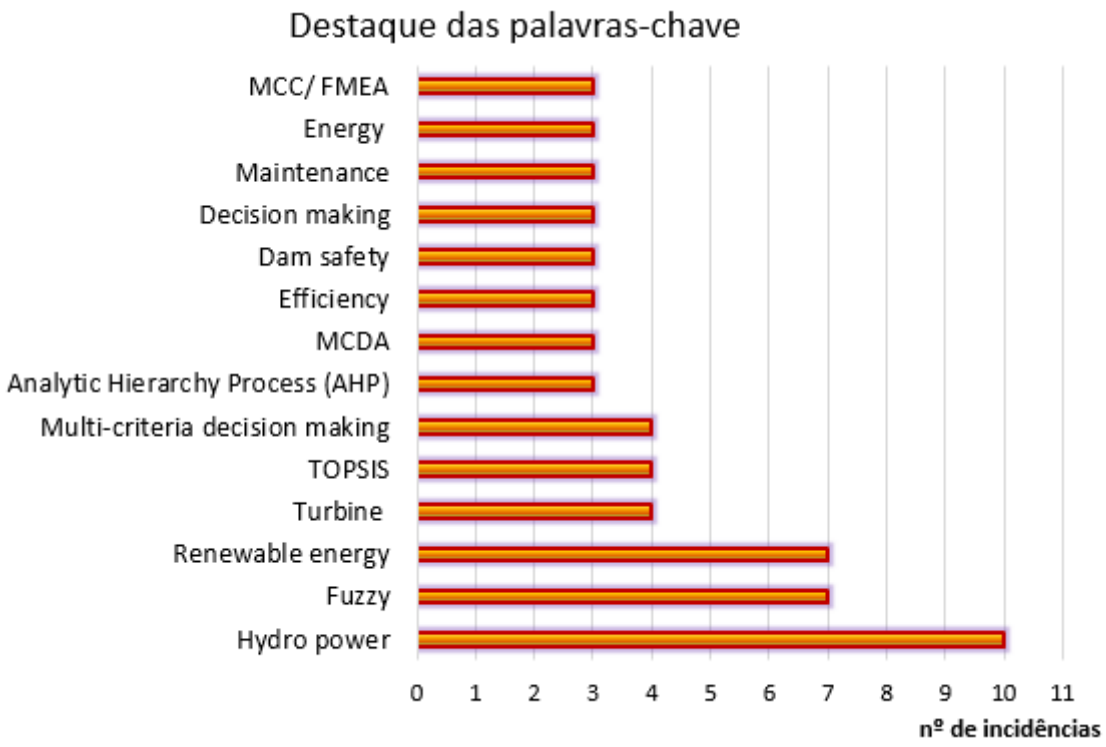
tecnológicos que foram desenvolvidos para monitorar os mais diversos parâmetros das usinas hidrelétricas.

A distribuição desuniforme de chuvas leva à escassez de vazão nos rios, situação adversa que além de gerar limitações de geração de energia elétrica, operacionalmente leva a elevados índices de vibração, elevando-se também a probabilidade de ocorrência de danos nas pás da turbina devido ao efeito chamado cavitação.

4.1.4 Palavras-chave de Destaque

Cabe ressaltar os destaque das palavras-chave relacionadas ao PB, onde tem-se a maior incidência para Hydro Power (10 ocorrências), Fuzzy (7 ocorrências), Renewable Energy (7 ocorrências), turbine (4 ocorrências), TOPSIS (4 ocorrências) e Multicriteria decision making (4 ocorrências). O Gráfico 7 evidencia as palavras-chave de maior destaque do PB.

Gráfico 7 – Palavras-chave de maior incidência no PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

O Gráfico 8 evidencia o número de palavras-chave encontradas no PB por eixo de pesquisa. Essas informações visam evidenciar a representatividade de cada eixo de pesquisa no âmbito das palavras-chave encontradas no PB.

Gráfico 8 – Representatividade das palavras-chave evidenciadas frente aos eixos de pesquisa formulados



Fonte: Elaboração do autor (2017).

4.1.5 Outras Variáveis Importantes do PB

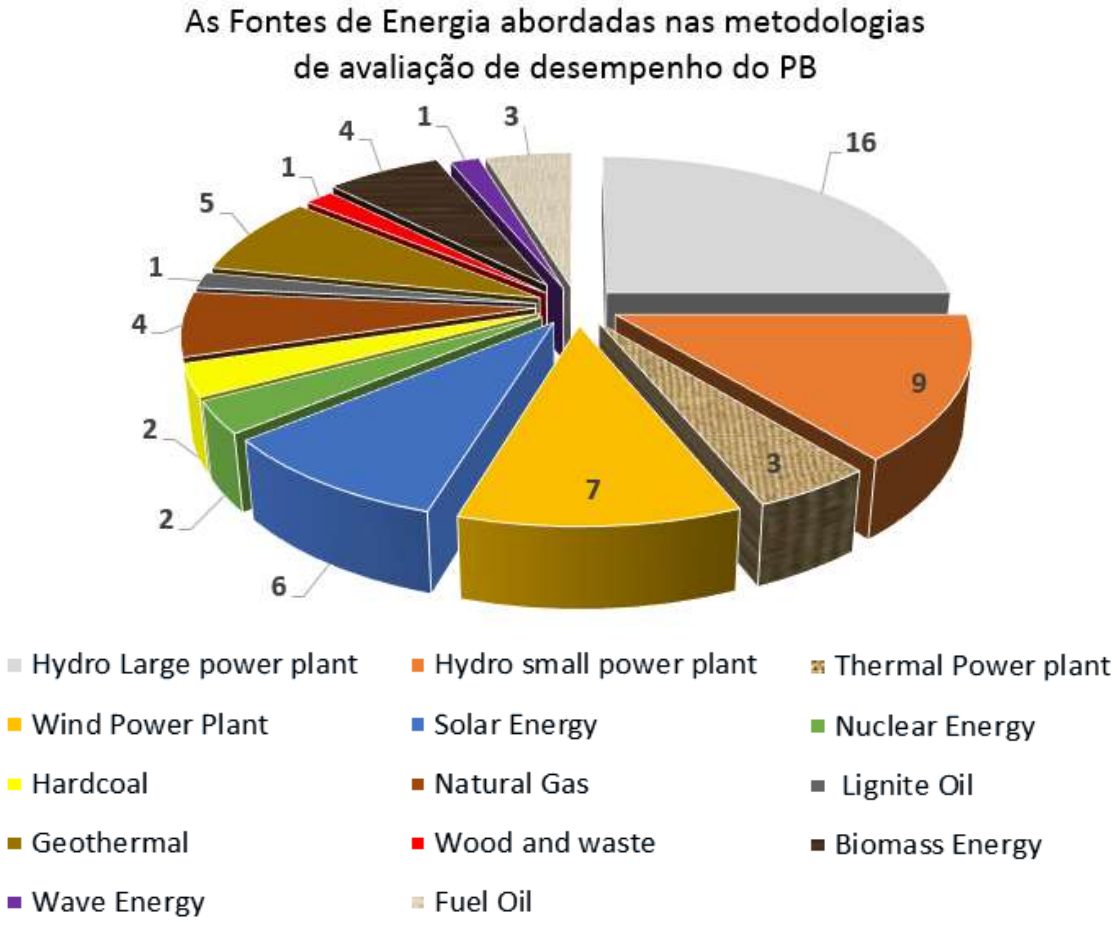
Tal qual a Energia Solar Fotovoltaica, Energia Geotérmica, Energia Eólica, Biomassa, Energia das Ondas, assim como as usinas hidrelétricas de porte e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) são classificadas como fontes renováveis de energia.

Ainda sob escopo do PB, outras fontes energéticas não renováveis estão igualmente dispostas nos artigos, onde o tema avaliação de desempenho surge sob as mais diversas amplitudes, entre elas a da gestão e manutenção de usinas hidrelétricas. Normalmente, as publicações científicas que tratam do tema Energia, trazem consigo comparações sob vários aspectos.

Dentre estes aspectos, o PB traz consigo estudos de propecção de potencial, estudos relacionados à implantação de empreendimentos de geração, os impactos associados a uma determinada região de implantação, os aspectos de sustentabilidade associados a estes empreendimentos e aspectos técnicos e financeiros no que tange à gestão de operação e manutenção ao longo da vida útil concebida.

Sob esta amplitude que a comunidade científica trata ao embasar o fragmento da literatura, o Gráfico 9 ilustra as mais diversas fontes de energia que foram abordadas conjuntamente com as Usinas Hidrelétricas e que fundamentaram o PB.

Gráfico 9 – Fontes de energia tomadas no PB para fins de avaliação de desempenho



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Consoante à gestão desses empreendimentos, um aspecto de extrema relevância é o planejamento e a execução de planos de manutenção, quer preditivo, preventivo ou corretivo.

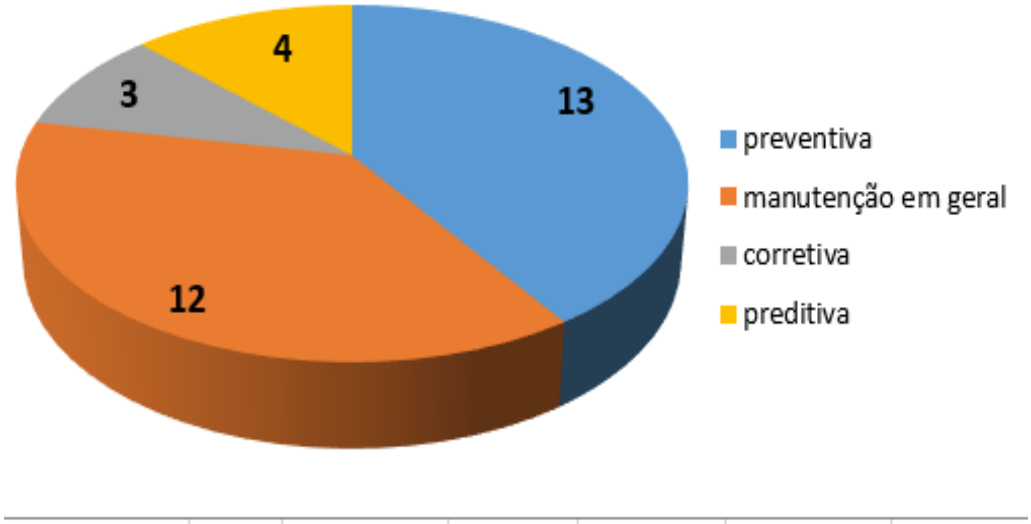
Aspectos técnicos, econômicos, ambientais e tecnológicos permeiam a comunidade científica quantos aos aspectos passíveis de mensuração de desempenho, isso tanto no âmbito das usinas hidrelétricas quanto em outras fontes de energia que estão disposta no PB.

Embora o PB contenha artigos que tratem de usinas hidrelétricas de portes diferenciados, é perceptível que das 21 publicações científicas constitutivas do PB, a abordagem das grandes usinas hidrelétricas é majoritária, se comparada às Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).

Quanto aos aspectos ligados ao processo de manutenção, identificou-se que a abordagem é muito ampla, gerando-se em termos de avaliação de desempenho diversos aspectos passíveis de avaliação, entre eles destacam-se o ciclo de vida do equipamento ou sistema, o custo-benefício e os custos associados à Operação e Manutenção (O&M).

Como tema de preocupação e por conseguinte gerador de aspectos passíveis de avaliação de desempenho, o Gráfico 10 aborda o quantitativo de publicações científicas em que o tema manutenção surge em forma de manutenção preditiva, manutenção preventiva, manutenção corretiva e manutenção como um termo genérico em Usinas Hidrelétricas.

Gráfico 10 – A abordagem da manutenção em usinas hidrelétricas segundo o PB

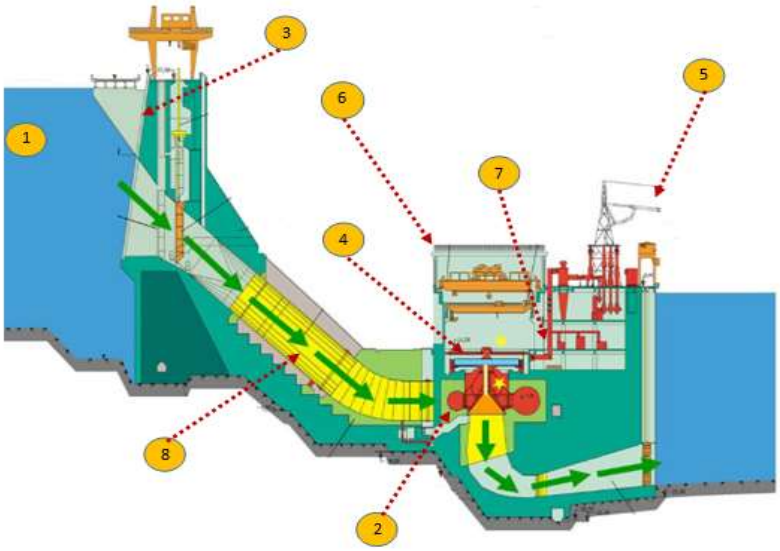


Fonte: Elaboração do autor (2017).

Ainda sob a caracterização do PB, os aspectos de avaliação de desempenho podem referir-se a componentes ou até mesmo sistemas de UHs, como uma abordagem de desempenho, quer ligada à operação da usina nas questões ligadas ao nível do reservatório, do desempenho da turbina, frente à altura de queda, a qual é propiciada pela barragem e associado a dados de vazão.

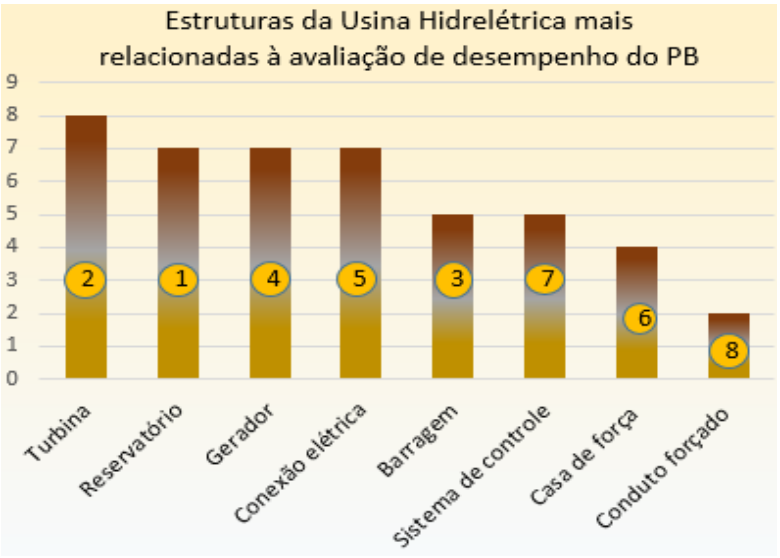
A Figura 21 e o Gráfico 11 estão relacionados e abordam fisicamente as estruturas das usinas hidrelétricas dispostas no PB, as quais foram tema de avaliação de desempenho.

Figura 21 – Estruturas da UH com maior ênfase em avaliação de desempenho do PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Gráfico 11 – Estruturas da UH com maior ênfase em avaliação de desempenho do PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Ainda sob a análise da participação dos atores no contexcto de avaliação de desempenho na usina hidrelétrica e sob um contexto complexo, buscou-se identificar a quem cabe a tomada de decisão, segundo o PB. Identificando-se que no PB não houve publicações construtivistas, pode-se constatar que a tomada de decisão no âmbito da usina hidrelétrica está disposta em uma gama de fatores a considerar.

Tal qual identificou-se em grau de similaridade com a análise sistêmica, o tomador de decisão no âmbito deste PB e para o empreendimento de geração (UH), responde conforme o Gráfico 12 abaixo.

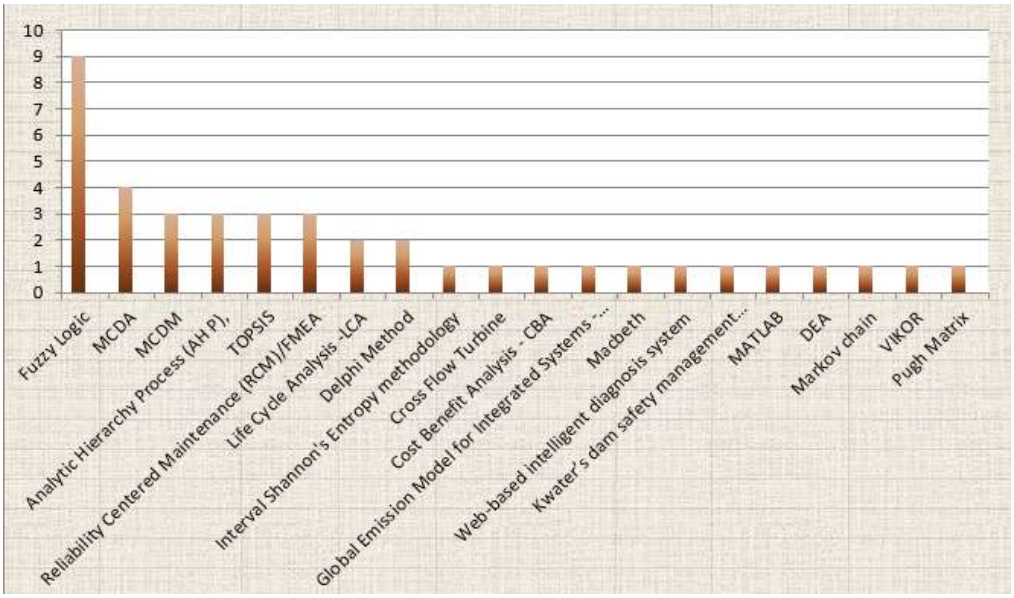
Gráfico 12 – A identificação do tomador de decisão no ambiente da UH para o âmbito do PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Ainda sob a analogia do PB, ao proceder a leitura, identifica-se o relato de várias metodologias de avaliação de desempenho, porém cabe à publicação científica indicar os modelos de avaliação de desempenho com os quais seguiu de fato a metodologia para conceber o modelo. O Gráfico 13 identifica as metodologias, com as quais foram desenvolvidas no âmbito do PB, porém a metodologia com lógica Fuzzy é dominante, dentre as demais tecnologias do PB.

Gráfico 13 – Metodologias de Avaliação de Desempenho adotadas pelo PB



Fonte:Elaboração do autor (2017).

Uma dessas metodologias de avaliação de desempenho é conhecida como TOPSIS (inglês: *Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*), uma metodologia para avaliar o desempenho de alternativas comparando-as por aspecto da similaridade com a solução ideal, desenvolvido por Hwang & Yoon (1981).

Em acordo com estes pesquisadores, par esta metodologia, a melhor alternativa seria aquela que mais se aproxima da solução ideal positiva, assim como a mais distante da solução ideal negativa.

A solução ideal positiva é uma solução que procura maximizar os aspectos que proporcionam de uma maneira geral benefícios e minimizar os critérios ligados às adversidades; por sua vez, a solução ideal negativa procura maximizar os aspectos associados às adversidades e minimizar os aspectos ligados aos benefícios.

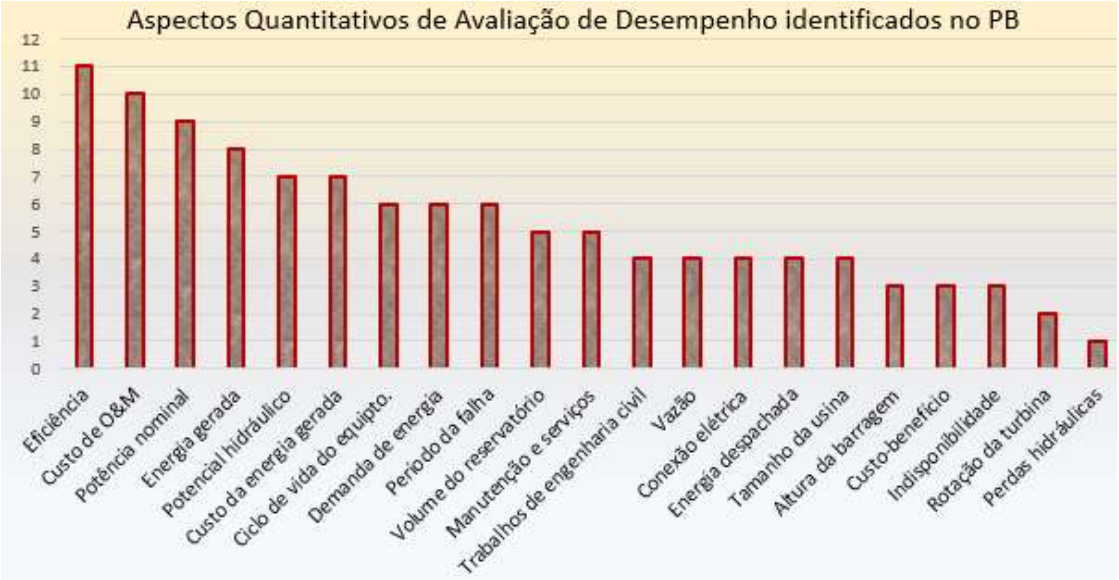
Resumindo, a solução ideal positiva é composta de todos os melhores valores atingíveis dos aspectos de benefício, visto que a solução ideal negativa consiste em todos os piores valores atingíveis dos critérios de adversidades. Ainda foi observado no PB que as publicações científicas continham uma distinção na forma de classificar os aspectos de avaliação de desempenho, distinguindo-os em critérios de avaliação de cunho quantitativo e qualitativo.

Com estes propósitos, entende-se que todo e qualquer elemento de avaliação de desempenho que é de fácil domínio do objetivismo e que se traduz em aspecto de avaliação de desempenho traz a conotação de aspecto classificado como quantitativo.

Aos aspectos de difícil mensuração e que traduz em subjetivismos no momento de mensurá-lo traz consigo uma ótica qualitativa. Respectivamente, o Gráfico 14 e o Gráfico 15 ilustram o que os pesquisadores integrantes do PB consideraram como aspectos quantitativos e qualitativos, no âmbito da gestão de manutenção das usinas hidrelétricas.

O Gráfico 14 e o Gráfico 15 destacam estes aspectos pelo número de publicações do PB.

Gráfico 14 – Aspectos quantitativos considerados pelos pesquisadores no PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Gráfico 15 – Aspectos qualitativos considerados pelos pesquisadores no PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Conforme abordado, a caracterização do PB deve ser associada por uma leitura minuciosa e interpretativa das publicações científicas, onde dados relevantes podem estar intrínsecos a um parágrafo do texto. Esta sutileza e detalhamento facilita a construção do portfólio bibliográfico, gerando os primeiros detalhes de filiação teórica que rege os autores do PB.

A metodologia mais utilizada em avaliação de desempenho foi a *Fuzzy Logic*, a qual é amplamente divulgada no meio científico.

4.1.6 Análise Bibliométrica − Considerações Finais

A análise dos artigos destacados evidenciou o reconhecimento científico do trabalho de Kahraman (KAHRAMAN; KAYA, 2010), Williamson (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014), Elbatran (ELBATRAN *et al*., 2015), e Adhikary (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2014).

Ao verificar o alinhamento dos artigos constituintes do PB com os eixos de pesquisa percebe-se, sob a interpretação do pesquisador, que o primeiro, Williamson (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014), conforme o assunto abordado, está correlato ao eixo "Avaliação de Desempenho", enquanto que os trabalhos de Adhikary (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2014) e Jayaswal (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI**,** 2008), estão mais correlacionados ao eixo "Gestão, Operação e Manutenção".

No que concerne ao exame dos artigos do PB em relação ao alinhamento com os eixos, buscando identificar a relação prioritária entre estas publicações científicas, evidencia, segundo interpretações deste pesquisador, que 10 destes artigos (47,6%) apresentam maior correlação ao eixo "Avaliação de Desempenho", uma relação composta de outros 7 artigos (33,3%) apresentam um alinhamento correlato ao eixo "Gestão, Operação e Manutenção", e outros 4 artigos apresentam uma correlação e alinhamento com o eixo "Ativos de geração Hidráulica".

Prolongando esta analogia dos artigos do PB, referindo-se aos eixos e levando-se em consideração as suas citações, percebe-se que 51% do total de citações são de artigos alinhados mais ao Eixo 1 "Avaliação de Desempenho", 42% das citações são de artigos mais próximos ao Eixo 2 "Gestão, Operação e Manutenção", e o complementar de 7% das citações são de artigos relacionados preferencialmente ao Eixo 3 "Ativos de Geração Hidráulica".

Identificou-se que dentre os artigos de destaque (avaliação pelo número de citações), os pesquisadores Cengiz Kahraman, PhD., e Ihsan Kaya, PhD., participaram em duas

publicações científicas. O pesquisador Cengiz Kahraman, PhD., participou destes trabalhos de pesquisa na qualidade de coautor, respectivamente com 201 citações (artigo mais citado do PB) e 43 citações.

Já o pesquisador Ihsan Kaya, PhD., considerando essas duas publicações científicas, participou como autor do artigo dotado do maior número de citações (201 citações) e de um segundo artigo dotado de 43 citações, na qualidade de coautor.

Os pesquisadores Priyabrata Adhikary, Dr., Pankaj Kumar Roy, PhD., e Asis Mazumdar, PhD., desenvolvem pesquisas conjuntamente e correlatas com avaliação de desempenho na área de empreendimentos de geração de energia, correlacionadas ao Eixo 1 "Avaliação de Desempenho" e ao Eixo 2 "Gestão, Operação e Manutenção".

Foi identificado no âmbito deste PB que a representatividade deste PB se deu em supremacia ao Eixo 1 "Avaliação de Desempenho" e seguida pelo Eixo 2 "Gestão, Operação e Manutenção".

Foi constatado que estes 3 autores participaram conjuntamente de 4 artigos científicos constitutivos deste PB, cuja elaboração foi fundamentada utilizando-se de técnicas ontológicas e lógica Fuzzy para desenvolvimento de publicações científicas.

Dada a especificidade do tema, considera-se que estes pesquisadores demonstram significativa relevância no trato do fragmento da literatura (construção de um modelo de avaliação de desempenho para apoiar a gestão da manutenção de usinas hidrelétricas), porém estas publicações ainda são recentes.

Duas das publicações oriundas dos pesquisadores Adhikary, P. K. Roy, PhD. e Asis Mazumdar, PhD. estavam abaixo da linha de corte (15 citações), porém foram anexadas ao portfólio bruto pelo motivo dos mesmos autores fazerem parte do banco de autores.

Aos demais pesquisadores, identificou-se a participação de apenas um artigo, quer em autoria ou na figura de coautoria para este PB.

No tocante aos periódicos, a analogia evidenciou como o mais presente no PB o *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, com 5 artigos obtidos da Base de dados Science Direct. Para esses 5 artigos obtidos de pesquisas no *site* da CAPES (CAPES, 2017), é perceptível que haja uma predominância das questões ligadas aos cenários energéticos, eficiência, gestão e operação de empreendimentos, análise do ciclo de vida útil de equipamentos e sistemas, com foco em empreendimentos de usinas hidrelétricas.

Com relação ao periódico *Energy Policy*, identificou-se que os 2 artigos correlacionados ao periódico trataram de riscos, além de estudos energéticos e uma gama de aspectos de avaliação de desempenho, subdivididos em aspectos e subaspectos, que envolvem

fatores ligados à engenharia e economia, competitividade da matriz energética, avaliação técnica, socioeconômica, ambiental, gestão e operação, além das avaliações que caracterizem os atores envolvidos no processo de tomada de decisão.

Aos 02 artigos associados ao periódico *Renewable Energy* estão relacionados à performance de empreendimentos de Energias renováveis, sendo que o primeiro segue uma analogia ligada à diversificação da matriz energética associada à avaliação de desempenho de matriz energética voltados às estratégias energéticas da Turquia, para fins de gestão e operação de empreendimentos de geração de energia elétrica.

Pode-se perceber também para o presente trabalho de pesquisa que a adoção da palavra-chave "*Renewable energy*" enriqueceu o presente trabalho de pesquisa, pois propiciou a comparação, no que concerne ao tema avaliação de desempenho, das usinas hidrelétricas com outras fontes renováveis de pesquisa, incrementando-se uma gama de aspectos passíveis de mensuração, que se tornaram interessantes para o presente trabalho.

Pode-se observar no Gráfico 14 que entre os 21 artigos do PB, havia a delimitação de avaliação de grandes usinas hidrelétricas, com abordagem em 16 artigos e pequenas usinas hidrelétricas, com abordagem em 9 artigos, onde pode-se considerar a adoção de metodologias de avaliação de desempenho distintas. Em segundo plano o Gráfico 22 ainda apresentou que em 7 artigos havia a abordagem de avaliação de desempenho associada à Energia Eólica, com 7 artigos e Energia Solar com 6 artigos.

Evidentemente, no âmbito da avaliação de desempenho, outras fontes de energias não renováveis incrementaram os estudos dos pesquisadores deste PB, fator relevante para o presente trabalho de pesquisa.

O Gráfico 15 apresentou as abordagens de manutenção praticadas no âmbito deste PB, onde os processos de manutenções preventivas são os principais fatores para que se possa manter a disponibilidade de geração das usinas hidrelétricas, sendo apresentada essa modalidade de manutenção em 13 publicações científicas.

Já o Gráfico 11, associado à Figura 21 traz no âmbito deste PB quais as áreas mais relevantes nas usinas hidrelétricas associadas à avaliação de desempenho. Dá-se muita importância na gestão de operação e manutenção de uma usina hidrelétrica na gestão do nível do lago, no desempenho e manutenção das turbinas. Outros fatores em relevância são destacados, tais como a operação das unidades geradoras, na estrutura de conexão elétrica para escoar a energia gerada nas UHs e na vitalidade da barragem para conter a pressão oriunda da água no reservatório. A partir destes fatores são desenvolvidos diversos aspectos passíveis de

avaliação de desempenho, com os quais são desenvolvidos os modelos de avaliação de desempenho.

O Gráfico 12 não tem o objetivo de entrar na seara da análise sistêmica, mais sim conceituar quem são os tomadores de decisão na gestão dos empreendimentos de geração que caracterizam este PB.

Os Gráficos 14 e 15 evidenciam uma analogia de classificação dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho em aspectos quantitativos e critérios qualitativos no âmbito da gestão de operação e manutenção das usinas hidrelétricas.

4.2 ANÁLISE SISTÊMICA DA LITERATURA

Sequencialmente, consolidada a análise bibliográfica, seguindo-se na aplicação do processo *ProKnow-C*, procedeu-se com a análise do conteúdo dos 21 artigos constantes do Portfólio Bibliográfico. Para tanto, foram utilizadas ações em propositura na etapa da Análise Sistêmica com a sistemática de identificar características detalhadas no conteúdo de cada artigo do PB.

Tem-se como definição para esta análise um processo científico utilizado para, a partir de uma visão de mundo (filiação teórica) definida e explicitada por suas seis lentes, selecionar uma amostra de artigos representativa de um determinado assunto relacionado a uma pesquisa e constituinte de um portfólio bibliográfico, visando a evidenciar para cada lente e de forma global para a perspectiva estabelecida os destaques e as oportunidades (carências) de conhecimentos deparados na amostra. (TASCA, ENSSLIN et al., 2010), (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011), (DA ROSA; ENSSLIN et al., 2012), (AZEVEDO; OLIVEIRA LACERDA et al., 2012), (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2014).

Em caráter inicial, há a apresentação dos artigos que constituem o Portfólio Bibliográfico e, após estes são examinados à luz e de forma individual para cada uma das seis lentes que compõem a Análise Sistêmica.

A análise sistêmica é um processo que visa analisar um conjunto representativo de publicações científicas referido a um tema de pesquisa, cujo objetivo é evidenciar as proeminências e lacunas de conhecimento encontradas nesse conjunto, o que ocorre com base em uma visão de mundo (filiação teórica) estabelecida e explicitada por lentes de análise. (TASCA et al., 2010; LACERDA et al., 2014; VALMORBIDA et al., 2014).

4.2.1 Caracterização dos Artigos

Nesta seção, há a apresentação e caracterização dos 21 artigos do Portfólio Bibliográfico e seus autores.

4.2.1.1 Caracterização do Primeiro Artigo

O artigo *A Fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives* (KAHRAMAN; KAYA, 2010), de Cengiz Kahraman, PhD., e Ihsan Kaya PhD., publicado em 2010, possuía 201 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Cengiz Kahraman, PhD., relaciona, em seus trabalhos de pesquisa, 15.846 citações, ocupa atualmente a posição de professor titular do Departamento de Engenharia Industrial da Universidade Técnica de Istambul (ITU).

O pesquisador Ihsan Kaya, PhD., conta com 3.643 citações, conforme disposto no site do Google Acadêmico (GOOGLE 2017).

O Pesquisador atua atualmente no Departamento de Engenharia Industrial da Yildiz Technical University.

O objetivo do artigo é de descrever a aplicação de uma metodologia multicritério de avaliação de desempenho acerca das políticas energéticas em Energias Alternativas voltadas à Turquia O artigo busca identificar, por uma metodologia multicritério, a melhor política energética a ser desenvolvida para aquele país, utilizando uma metodologia multicritério de avaliação de desempenho. Para tal, se utiliza da teoria dos conjuntos difusos (Lógica Fuzzy), associado à metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para selecionar, entre as políticas energéticas, aquela que mais estaria adequada à Turquia.

Os autores se utilizam da lógica Fuzzy associada à metodologia AHP, porém não exprimem um instrumento de intervenção, mas identificam no conteúdo, outras metodologias relevantes para o desenvolvimento de técnicas de avaliação de desempenho, como (MURAME), um híbrido entre ELECTRE-III e PROMETHEE e Tomada de Decisão por Multicritérios (*Multi-Criteria Decision-Making* − MCDM).

No âmbito da avaliação, os autores correlacionam energia nuclear, biomassa, carvão duro e lignite (*hardcoal and lignite*), óleo, usinas hidrelétricas, energia geotermal, gás natural, energia eólica e energia solar, como avaliação de viabilidade de desempenho dentre as possibilidades de desenvolvimento para as políticas energéticas vinculadas à Turquia.

O artigo desenvolve 4 aspectos relevantes de avaliação de desempenho (tecnológicos, ambientais, econômicos e sócio-políticos), seguidos por sub-aspectos, nos quais traz-se em relevância o critério tecnológico, do qual gerou-se 7 subcritérios relacionados ao tema da presente pesquisa.

O artigo faz menção à tomada de decisão oriunda de especialistas para determinar-se qual das políticas energéticas seriam as mais apropriadas à Turquia, para o desenvolvimento do modelo e para se estabelecer escalas de mensuração.

O artigo de Kahraman e Kaya (2010) refere-se a avaliações de cunho energético desenvolvidos na Turquia, as quais vinculam estudos de cenários energéticos por fontes de energia renováveis e não renováveis, porém os pesquisadores não estabeleceram e nem tiveram o objetivo de reconhecer um dado contexto físico e singular, no qual o estudo (modelo) foi construído.

Contudo, entre os aspectos passíveis de mensuração para fins de avaliação de desempenho desenvolvidos, tem-se avaliação de riscos, confiabilidade, previsibilidade de desempenho, *know-how* técnico.

Como resultado, o artigo traz, com a utilização da lógica difusa (lógica Fuzzy), partindo da participação de especialistas, em que a Energia Eólica se demonstrou como a fonte energética de maior viabilidade para o desenvolvimento da política energética daquele País, seguida de energia solar e biomassa.

A identificação das fontes energéticas mais promissoras para a Turquia, sob os aspectos passíveis de mensuração constituídos, visa a identificar uma política energética viável para que se possa suprir a demanda energética daquele país.

4.2.2 Caracterização do Segundo Artigo

O artigo *Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis* (WILLIAMSON; STARK; BOOKER, 2014), cuja autoria é de Samuel J. Williamson Dr., Bernard H. Stark e Julian D. Booker, foi publicado em 2014 e, na data da coleta de dados, identificou-se para este artigo 99 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O principal destaque deste artigo é dado ao pesquisador Samuel J. Williamson, graduado em Engenharia de Sistemas Aeromecânicos na Universidade de Cranfield. Samuel J. Williamson é membro do *Department of Electrical & Electronic Engineering* e participa do

grupo de pesquisas, quais sejam, *Electrical Energy Management* − Core e do *Engineering for International Development* − Core.

O pesquisador identificou-se com o Nepal, onde se dedicou no aprendizado acerca do impacto que a tecnologia pode causar no mundo em desenvolvimento e descobrir como a energia hidrelétrica de pequena escala poderia causar um impacto real às comunidades nepalesas.

O objetivo deste artigo é desenvolver uma metodologia de análise de desempenho de turbinas de usinas hidrelétricas, fundamentada nas faixas específicas de altura da barragem, vazão e velocidade do eixo da turbina. Neste sentido, busca-se identificar 13 possibilidades de arquiteturas diferenciadas de turbinas para fins de avaliação de quais teriam a melhor performance para baixas alturas de queda, relacionando critérios técnicos de eficiência, densidade de potência, associando-se critérios de avaliação de desempenho para o conduto forçado e turbinas.

O segundo artigo de Williamson, Stark e Booker (2014) aborda a seleção de turbinas hidráulicas sob o contexto do desempenho com técnicas de análise multicritério de decisão, pontuando o desempenho das diversas modalidades de turbinas frente à energia potencial oriunda das diferenças de altura entre a barragem e a turbina. O artigo também desenvolve critérios de manutenção a serem considerados no modelo.

A partir da concepção de sistemas complexos, a avaliação e seleção de soluções candidatas podem ser facilitadas utilizando-se da aplicação da Matriz Pugh, buscando-se a solução ideal.

Cada tecnologia associada a um tipo de turbina terá um conjunto de requisitos e especificações, que é desenvolvido a partir de discussões com *stakeholders*.

O artigo não identifica o decisor, tão pouco especialistas em nenhuma das etapas em que o modelo foi aplicado.

Em nenhum momento houve o contexto de singularidade no desenvolvimento do artigo, abordando de forma ampla a implantação e operação da usina hidrelétrica.

Na seleção dos critérios de avaliação de desempenho tem-se a facilidade de execução de manutenção, assim como dos serviços associados ao processo de manutenção.

A incorporação da modularidade como aspecto de avaliação de desempenho traz consigo a facilidade de desmontagens, controle de componentes substituíveis, facilitando a portabilidade no processo de manutenção.

Na seleção de critérios, os *stakeholders* possuem uma posição de destaque, pois possuem em suas mãos a tomada de decisão para a elaboração de critérios de avaliação e estratégias associadas.

Os autores não citam a utilização de um instrumento de intervenção específico para a elaboração do artigo, assim como não demonstram no transcorrer do artigo os seus entendimentos e alinhamentos à alguma definição de avaliação de desempenho.

Os critérios de seleção são determinados a partir dos requisitos específicos do usuário final (*stakeholders*).

Os critérios individuais desta análise são ponderados com base na importância relativa percebida de cada um dos critérios contra a especificação original e seleciona uma variante de turbina com base na pontuação total ponderada.

Este artigo apresentou um método de seleção para a utilização de turbinas hidráulicas para baixa queda por intermédio de uma análise multicritério, utilizando a especificação da turbina para avaliar os tipos de turbinas por análises quantitativas e qualitativas. A melhor solução apresentada para este estudo foi para uma turbina de hélices, com um tubo de sucção ou uma turbina Turgo de jato único, as quais demonstraram ser as duas melhores soluções para baixas quedas.

4.2.3 Caracterização do Terceiro Artigo

O terceiro artigo, intitulado Machine Fault Signature Analysis (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI, 2008), foi desenvolvido pelos pesquisadores Pratesh Jayaswal, Dr., A. K. Wadhwani, Dr., Ashok Mulchandani, Ph.D.

O professor e pesquisador Pratesh Jayaswal, Dr. atua nas áreas de engenharia de manutenção, diagnóstico de falhas e análise de vibrações e possuí em seu histórico 302 citações, obtidas em 12/10/2017, do site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

Com doutorado em Filosofia, o pesquisador Pratesh Jayaswal, Dr. atua no Department of Mechanical Engineering Madhav Institute of Technology and Science, Gwalior, na Índia.

O Pesquisador A. K. Wadhwani, Dr. atua no Departamento of Electrical Engineering, no Indian Institute of Technology, Roorkee, India.

Suas linhas de pesquisa são na área de instrumentação biomédica e processamento de biossinais e redes neurais.

Conforme pesquisas, possuí em seu histórico 358 citações, obtidas em 12/10/2017, do site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

O Pesquisador Ashok Mulchandani, Ph.D., conquistou seu título na *Chemical and Biochemical Engineering, McGill University, Montreal, Quebec, 1985.*

Conforme pesquisas, possuí em seu histórico 17.892 citações, obtidas em 12/10/2017, do site Google Acadêmico (GOOGLE, 2017).

De 2003 a 2015, o Prof. Mulchandani, Ph.D foi o Editor-Chefe da Bioquímica Aplicada e Biotecnologia. Atualmente é editor associado de Frontiers in Chemistry e membro de conselhos editoriais de diversas revistas.

O Prof. Mulchandani, Ph.D. publicou mais de 270 artigos em periódicos de primeira linha e revisados por especialistas, 13 capítulos de livros, uma dúzia de artigos de anais de conferências e mais de 260 resumos de conferências.

O objetivo do artigo foi de abordar problemas advindos de falhas de máquina girantes, dos quais são determinantes para que ocorram grandes processos de manutenção, custos elevados e indisponibilidades operacionais, fatores indesejáveis em toda a cadeia industrial.

O principal objetivo de um departamento de manutenção é de manter os equipamentos de máquinas e instalações em bom estado de funcionamento e evitar falhas e perda de produção.

Frente a estes objetivos, e aos interesses de operação ininterrupta oriundos das indústrias, o artigo propõe uma estratégia de manutenção abordando três práticas estratégicas de desempenho na manutenção, sendo a primeira a Manutenção Baseada em Condição. A segunda filosofia de manutenção é a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), seguida pela terceira filosofia de manutenção, chamada Manutenção Produtiva Total.

A Manutenção Baseada em Condições (MBC) consiste em avaliar continuamente a condição de uma máquina monitorada e assim, identificar com sucesso as falhas antes que danos catastróficos ocorram em decorrência do avanço das falhas, que evoluem para uma criticidade elevada.

Os parâmetros críticos são passíveis de monitoramento por intermédio dos dados de velocidade, temperatura, vibração e som.

Estes parâmetros podem ser monitorados continuamente ou periodicamente, podendo-se detectar trincas, uma verificação completa do alinhamento e estado de balanceamento.

Para apoio de diagnóstico, foram desenvolvidos softwares dedicados a estas análises de parâmetros, que fundamentados em normativas, estabelecem diretrizes gerais para que se criem especificações de software relacionadas ao processamento de dados, comunicação e apresentação das condições das máquinas por ação de monitoramento e diagnóstico de informações.

As técnicas disponíveis de inspeção visual podem variar no uso de uma simples lupa ou microscópio de baixa potência.

Outras formas de monitoramento visual incluem o uso de corantes penetrantes para fornecer uma definição clara de quaisquer rachaduras que ocorram na superfície da máquina, além do uso de técnicas de termografia.

Os desgastes nas superfícies dos dentes de engrenagens geram muita informação, onde podem ser identificados indícios de sobrecarga, falha de fadiga, desgaste e lubrificação deficiente.

Além destas análises ainda há um dos mais importantes estudos, dos quais se fundamentam em informações e análise de vibração de máquinas rotativas.

A análise de falhas ocorre pela coleta de informações, por intermédio de sinais, dos quais, quando analisados geram um diagnóstico e detecção de falhas por uma análise minuciosa desses sinais, podendo-se julgar a gravidade das falhas para a tomada de decisão.

Estes sinais podem advir de emissões acústicas monitoradas, análise de detritos ou até pela análise da corrente elétrica de motores, cujas características podem modificar em função do estado operativo da máquina.

O princípio proposto por ensaios não destrutivos deve resultar na capacidade da operação dos componentes ou estruturas após a execução do ensaio.

Os ensaios não destrutivos incluem muitas tecnologias diferentes, cada um adequado para uma ou mais tarefas específicas.

Dentre estes ensaios tem-se as técnicas de monitoramento baseadas em vibração têm sido amplamente utilizadas para detecção e diagnóstico de defeitos de rolamentos a várias décadas. Esses métodos têm sido tradicionalmente aplicados, separadamente nos domínios de tempo e da frequência.

Uma análise no domínio do tempo concentra-se principalmente em características estatísticas do sinal de vibração, como nível de pico, desvio padrão, assimetria, curtose e fator de crista.

Uma abordagem de domínio de frequência usa Métodos de Fourier para transformar o sinal do domínio do tempo em domínio da frequência, onde são realizadas análises adicionais, convencionalmente utilizando-se a amplitude de vibração e espectros de potência.

Os benefícios em monitorar tais parâmetros incluem não apenas benefícios da redução de custo, mas também na redução do tempo de parada e das perdas operacionais decorrente de indisponibilidades.

Os benefícios dos custos de longo prazo, associados a confiabilidade, podem resultar do agendamento preciso da manutenção para a identificação da fonte e detecção de falhas, melhorando significativamente o desempenho das unidades geradoras por intermédio dos critérios identificados de manutenção de falhas e das três filosofias de manutenção apresentadas.

4.2.4 Caracterização do Quarto Artigo

O quarto artigo, intitulado *Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey* (ŞENGÜL et al., 2015), desenvolvido pelos pesquisadores Ümran Şengül, Miraç Eren, Seyedhadi Eslamian Shiraz e Volkan Gezder, publicado em 2015, possuía 90 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

A pesquisadora Ümran Şengül, Dra., é professora titular da Universidade Yrd. Doç. Dr., ÇANAKKALE ONSEKİZ MARART UNIVERSITY, Faculdade de Economia e Ciências Administrativas, 2013 − Em curso e colaboradora da Universidade de Istanbul, na Turquia. Foi identificado que a pesquisadora detinha 164 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O objetivo do artigo é descrever acerca do desenvolvimento de um arcabouço de apoio à tomada de decisão multicritério para a classificação de sistemas de fornecimento de energia na Turquia. A seleção de sistemas a partir de fornecimento de energias renováveis envolve critérios conflitantes.

Nesse sentido, foi empregada a metodologia multicritério de apoio à decisão (Fuzzy/TOPSIS) para o desenvolvimento deste artigo.

Foi utilizada a metodologia *Interval Shannon's Entropy* para a determinação dos valores a serem formulados para atribuição de "peso" aos critérios. O terceiro artigo aborda a aplicação de metodologia Fuzzy associada com TOPSIS para estabelecer um ranking de atratividade em energias renováveis para ser implantado na Turquia.

A tomada de decisão foi frequentemente baseada em “julgamentos de especialistas” e/ou “valores oriundos de *stakeholders*”. A tomada de decisão pode ser influenciada pela subjetividade por causa do peso que o especialista confere aos aspectos ao compará-los.

Também não há a identificação dos atores, tampouco do decisor, visto que os fatores impulsionadores para a realização da avaliação de desempenho são sugeridos, sem restrições, a especialistas e *stakeholders*.

Segundo os pesquisadores, nenhuma opinião de especialista ou parte interessada foi consultada nos dados obtido. Os dados são dados definidos e de intervalo obtidos a partir do site oficial da República da Turquia Ministério da Energia e Natural Resources (RTMENR) para o desenvolvimento deste artigo.

Entre os critérios técnicos de interesse para o desenvolvimento deste trabalho identificou-se a eficiência de um modo geral, a eficiência energética, a taxa de energia primária, segurança, a confiabilidade, os custos de operação e manutenção da planta de energia e a maturidade.

Neste estudo, foi realizada uma análise de sensibilidade em que o resultado expressou que o primeiro critério para avaliação de desempenho no ranking de preferência em fontes renováveis de energia na Turquia é a Quantidade de Energia Produzida, seguida pela classificação do uso da terra, Custo de operação e manutenção, Capacidade instalada, Eficiência, Período de retorno, Custo de investimento, geração de empregos e pelo quantitativo das emissões de CO^2.

Assim, após a aplicação de uma modelagem de análise multicritério apontou que houve destaque pelo desenvolvimento de usinas hidrelétricas na Turquia pela capacidade do país prover uma rede hídrica relevante. Além disso, como resultado da modelagem, respectivamente na segunda e terceira classificação ficaram a Central Geotérmica e as plantas de Energia Eólica.

4.2.5 Caracterização do Quinto Artigo

O quinto artigo, intitulado *Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review (*ELBATRAN et al., 2015), de Aly Hassan Elbatran, PhD., Omar Yaakob, Yasser M. Ahmed e H. M. Shabara.

O pesquisador Aly Hassan Elbatran possuía 178 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

Aly Hassan Elbatran desenvolve suas pesquisas em energias renováveis modelando os parâmetros em um software de modelagem *Computational Fluid Dynamics* (CFD). A Fluidodinâmica Computacional é a área do conhecimento que trata da simulação numérica de escoamentos de fluidos, transferência de calor e fenômenos relacionados, como reações químicas, combustão, aeroacústica etc. O CFD teve origem a partir da combinação de duas disciplinas: mecânica dos fluidos e cálculo numérico.

O quinto artigo traz a operação, performance e análise econômica para pequenas usinas hidrelétricas associadas a baixas quedas d`água para áreas remotas e rurais. Aborda diversos modelos de turbinas hidráulicas com o contexto da avaliação de desempenho, porém em nenhuma abordagem foi informando e explicitando os decisores para os quais a análise foi feita.

Também não há a identificação dos atores e o decisor de forma singular, uma vez que os fatores impulsionadores para a realização da avaliação de desempenho são puramente técnicos e não se encontra uma localização do aproveitamento hidráulico, com que foi concebida avaliação de desempenho para fins de tomada de decisão.

O presente artigo foi publicado em 2015 e possuía 63 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O artigo tem como proposição comparar as turbinas hidráulicas de impulso e reação para baixas quedas, estabelecendo critérios de ordem qualitativa e quantitativa, em que a confiabilidade, os critérios de manutenção e as atividades relacionadas à engenharia civil são difundidos nesta análise.

Este artigo tem como objetivo fundamentar as características em vários tipos de turbinas de pequeno porte para baixas quedas, cobrindo descrições gerais das categorias de turbinas utilizadas neste artigo, sob o contexto das características de operação, desempenho e custos.

Concluindo a análise entre as turbinas pesquisadas para melhor desempenho, as turbinas Pelton tiveram as preferências nesta pesquisa para a composição de pequenas usinas hidrelétricas em comparação com as demais, com base no seu desempenho e custo.

As turbinas de impulso, especialmente as turbinas Pelton, têm baixa eficiência em aplicações em baixas quedas, porém são opções caras. No entanto, elas podem ser usadas em baixa velocidade de fluxo para pequenas quedas.

A instalação de turbinas de reação (PAT, Francis, Kaplan ou Propeller) em sites de baixa queda é a maneira mais adequada para aumentar a eficiência do sistema e reduzir custos.

4.2.6 Caracterização do Sexto Artigo

O sexto artigo, Evaluating Future Scenarios for the Power Generation Sector Usinga Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) Tool: the Portuguese Case, (FERREIRA; RIBEIRO; ARAÚJO, 2013), de Fernando Ribeiro, Paula Ferreira, PhD., e Madalena Araújo possuía 62 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Paula Ferreira, PhD., apresentou 917 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Como principal autoria deste artigo, Paula Ferreira, PhD., é integrante do Centro Algoritmi (CALG) da Universidade do Minho, desenvolve pesquisa no planejamento energético e abordagens multidisciplinares para a sustentabilidade de sistemas de energia, incluindo dimensões econômicas, ambientais e sociais.

A pesquisadora também produz artigos na área de Multicritério de Apoio à Decisão e faz a coordenação de diversos projetos nacionais e internacionais de pesquisa em planejamento energético e sustentabilidade industrial.

Sua participação é relevante na avaliação de projetos de pesquisa **e** industriais em sistemas de energia para diversas instituições internacionais. Este artigo visa a realizar uma metodologia de avaliação multicritério dos cenários de produção de eletricidade para Portugal, a partir de gás natural, carvão, energias renováveis, hidrogás e energia de base, levando em consideração os custos da energia, as emissões de CO^2 e um fator de grande relevância que é a dependência da energia externa.

A partir da aplicação da metodologia Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA, permitiu-se, dentro dos objetivos do artigo, classificar diferentes cenários, baseando-se no desempenho de 13 critérios que cobrem economia, mercado, qualidade de vida das populações locais, questões técnicas e ambientais.

A ferramenta Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA foi usada por um grupo de especialistas e acadêmicos com formação em economia, engenharia e meio ambiente. Embora reconhecendo a complexidade dos cenários de fornecimento energético e como tal, os pesquisadores identificaram a necessidade de abordar o processo de avaliação apoiado na opinião dos especialistas.

A metodologia proposta no presente trabalho enquadra-se na categoria “métodos de medição de valor” e pode ser resumida como peso direto com uma função de valor aditivo para

amalgamento. Como resultado, envolve três fases, quais sejam, Avaliação de Impacto, Ponderação Direta e Análise de compensação e equilíbrio (*Trade-off*) entre dois critérios.

Entre os cenários estudados, a aceitação pública pela decisão de uma modalidade energética é ponto fundamental para o desenvolvimento de políticas estratégicas do fornecimento de energia diferentes, sobretudo quando estas tecnologias de geração de eletricidade para Portugal constituírem-se especialmente por fontes renováveis de energia.

A dependência energética mostrou-se um cenário preocupante, a partir da modelagem em Multi-Criteria Decision Analysis - MCDA, porém aos especialistas designados pelos pesquisadores para apoiá-los nestas avaliações, o aspecto passível de mensuração mais valorizado foi o dos custos da implantação, todavia minimizaram este peso quando a opção fosse para o cenário das fontes renováveis de energia.

4.2.7 Caracterização do Sétimo Artigo

O sétimo artigo *Decision making in renewable energy investments: A review* (STRANTZALI; ARAVOSSIS, 2016), de Eleni Strantzali e Konstantinos Aravossis, entra em uma seara relevante para fins de manutenção preventiva de usinas hidrelétricas, tratando de um critério relevante que é a avaliação do ciclo da vida útil (*Life Cycle Analysis* − LCA) de um equipamento ou sistema, da avaliação custo-benefício (*Cost Benefit Analysis* − CBA) e da aplicação da metodologia Multi-Criteria Decision Aid - MCDA.

O presente artigo foi publicado em 2016 e possuía 56 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Eleni Strantzali, PhD., atua pela *National Technical University of Athens NTU, Department of Industrial Management and Operational Research, Greece*. Na qualidade de principal autora do presente artigo, apresentou 75 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Um dos problemas enfrentados pelos pesquisadores na aplicação de sistemas de energias renováveis é a avaliação da sustentabilidade, tópico extremamente complexo de análise. A tomada de decisão em projetos de energia requer considerações de impactos técnicos, econômicos, ambientais e sociais, sendo complexo o domínio de tais impactos.

Apresenta-se a visão do estado atual da arte por intermédio de metodologias de apoio à decisão aplicada às energias renováveis, incluindo o tema da sustentabilidade, conforme as práticas de planejamento energético encontradas na literatura.

O artigo desenvolveu uma avaliação de outras publicações científicas publicadas entre 1983 e 2014, envolvendo oito distintas fontes energéticas, abrangendo fontes renováveis de energia e classificou tais publicações por ano de publicação, fonte energética identificada, metodologia de critério de avaliação de desempenho aplicada, critérios e distribuição geográfica, com estudo de caso.

Esta revisão literária mostrou que, para o planejamento de energia, a partir da modelagem por intermédio das metodologias do ciclo da vida útil (*Life Cycle Analysis* − LCA), da avaliação custo-benefício (*Cost Benefit Analysis* − CBA) e da aplicação das metodologias Multi-Criteria Decision Aid - MCDA são bastante adequadas.

Pode-se observar que a utilização da lógica Fuzzy, associada a uma metodologia de avaliação de desempenho, está se tornando cada vez mais popular, conforme identificado no fragmento da literatura e em especial para os estudos que fundamentaram este artigo.

4.2.8 Caracterização do Oitavo Artigo

O oitavo artigo, Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2014) de Benyssaad Yssaad, Mounir Khiat e Abdelkader Chaker.

O presente artigo foi publicado em 2016 e possuía 53 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Benyssaad Yssaad é professor na University Center of RELIZANE, situada na Argelia. Este pesquisador é magistrado em engenharia elétrica e é um dos membros do Laboratório SCAMRE. Suas pesquisas focam na otimização e modelagem no campo das manutenções do sistema elétrico.

O pesquisador Benyssaad Yssaad possuía 47 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Abdelkader El Kader Chaker é professor no Departamento de Engenharia Elétrica de Enset, situada em Oran, Argélia. Seu título de Ph.D se deu em engenharia de sistemas da University of Saint-Petersburg.

Atualmente ele é diretor do laboratório SCAMRE. As suas pesquisas estão concentradas em controle de grandes sistemas de potência, sistemas de multi-conversores e unificação do controle do fluxo de potência.

O pesquisador possuía 247 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Mounir Khiat atua no Laboratório de Simulação, Controle, Análise e Manutenção da Rede Elétrica, Escola Politécnica Nacional de Oran NPSO, BP 1523 El M'Naouer, Argélia. O pesquisador possuía 128 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

Este oitavo artigo propõe um procedimento prático para desenvolver um programa efetivo de manutenção de sistemas de distribuição de energia elétrica.

O procedimento baseia-se principalmente na filosofia da manutenção centrada em confiabilidade, que prioriza o requisito dos modos de falha da manutenção e seleciona a atividade de manutenção efetiva para estes modos críticos de falha.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade é um processo de tomada de decisão na seleção de uma solução referente a um programa de manutenção para melhorar a confiabilidade, fundamentada em uma determinada criticidade dos modos de falha. Ele prioriza o requisito de manutenção de todos os modos de falha, e seleciona a atividade de manutenção para os modos críticos de falha.

Com estes propósitos, o programa de manutenção baseado em confiabilidade é desenvolvido usando o procedimento proposto para uma concessionária de energia elétrica na ARGÉLIA.

Esta revisão literária mostrou que a filosofia da Manutenção Centrada em Confiabilidade implica em planejar ações futuras de manutenção com base no estado técnico do sistema durante o período final (T1).

O estado técnico permanece sendo avaliado com base nos índices de confiabilidade estimados do sistema no momento do planejamento (T0).

Por sua vez, esses índices de confiabilidade são matematicamente estimados com base no registro de eventos, do qual se caracteriza com base em informações previamente disponíveis, relacionadas ao comportamento período (T0).

Este artigo apresenta por intermédio da MCC a aplicação de metodologias para melhorar a performance de sistemas elétricos, visando melhorias no gerenciamento de equipamentos susceptíveis de manutenção.

Os principais resultados obtidos foram identificados com a aplicação do Failure Modes and Effects Criticality Analysis (FMECA), em que a aplicação dos seus parâmetros e filosofia denotou a sua contribuição para fins de redução dos custos de manutenção e melhora de performance.

4.2.9 Caracterização do Nono Artigo

O nono artigo, Small Hydro Power Plants Energy Availability Modeling for Generation Reliability Evaluation (BORGES; PINTO, 2008), de Carmen L.T. Borges e Roberto Jorge Pinto, foi publicado em 2008 e possuía 52 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Carmen L. T. Borges, graduada em 1984, pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), conquistou a posição de mestrado e doutorado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE / UFRJ) em 1991 e 1998, respectivamente.

Ela é professora no Departamento de Engenharia Elétrica na Universidade Federal do Rio de Janeiro desde 1996.

Seus interesses gerais de pesquisa estão na área de computação, em métodos computacionais para análise do sistema de potência, otimização, confiabilidade e computação de alto desempenho.

A pesquisadora Carmen L. T. Borges possuía 2.587 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Roberto Jorge Pinto é um pesquisador do Electrical Power Research Center–CEPEL.

O Cepel dedica-se a atividades de pesquisa, desenvolvimento tecnológico, inovação, certificação e treinamento, de interesse para o setor eletroenergético brasileiro. Essas atividades estão estruturadas em grandes áreas de atuação.

Roberto Jorge Pinto conquistou o bacharelado de licenciatura em 1985 da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Conquistou o título de mestrado em 1998, da Pontifica Universidade do Rio de Janeiro (PUC-RJ).

O pesquisador está atualmente buscando a evolução do doutorado em engenharia elétrica, cujo tema de pesquisa é em computação paralela aplicada a sistemas hidrotérmicos, vinculada ao planejamento da operação.

Ele é um pesquisador de aplicativos de computador no Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, situado na capital do Estado do Rio de Janeiro, desde 1990.

O nono artigo deste Portfólio Bibliográfico apresenta um modelo para avaliação de disponibilidade de geração de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), que pode ser aplicado à análise de confiabilidade dos sistemas de geração, assim como para o planejamento e estudos de geração de energia elétrica.

O modelo considera as incertezas dos fluxos de vazão dos rios, assim como da operação das unidades geradoras de energia elétrica.

O fluxo do rio é modelado, assumindo-se que seu comportamento é um processo estocástico estacionário estruturado por uma cadeia de Markov de múltiplos estados e a unidade geradora por um modelo Markov de dois estados.

O grande número de diferentes dados de entrada é reduzido pela aplicação das técnicas estatísticas de agrupamento K-significativo em duas diferentes abordagens: agrupamento de entrada e agrupamento de energia.

A estabilidade das probabilidades de estado de cada valor de geração de energia das PCHs é calculada pela solução do sistema estocástico.

O valor esperado da geração anual de energia da PCH, a curva de duração da vazão do rio e vários índices de confiabilidade são então calculados com acuracidade, frente às abordagens convencionais, já que o modelo considera tanto a variação da entrada do rio como as unidades de geração em operação.

Ao considerar a variação de fluxo da vazão do rio, a PCH deve ser modelada como um modelo de estado múltiplo realista de geração de energia e não pelo modelo simplificado de elevação e decaimento dos estados do reservatório.

Por outro lado, a consideração de falhas de unidade geradora produz uma estimativa mais realista da potência assegurada (e energia) associada a um nível de risco aceitável.

Para a modelagem correta da disponibilidade das PCHs, é importante conhecer vários detalhes da usina, como a altura da queda de água, o tipo e característica das turbinas e, principalmente o regime de vazão do rio ao longo de um dado período de tempo.

4.2.10 Caracterização do Décimo Artigo

O artigo intitulado *Hydropower Development Priority Using MCDM Method* (SUPRIYASILP; PONGPUT; BOONYASIRIKUL, 2009), de Thanaporn Supriyasilp, Kobkiat Pongput e Thana Boonyasirikul, evidencia a utilização da metodologia *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) para avaliação de desempenho de usinas hidrelétricas.

O presente artigo foi publicado em 2009 e possuía 46 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Thanaporn Supriyasilp, PhD., é professor titular da *Chiang Mai University* − CMU − *Department of Civil Engineering*, situados na Tailândia.

Sua expertise se dá em engenharia civil, avaliação de impacto ambiental, modelagens hidrológicas, simulações em modelagem do recurso hidrológico. O principal autor deste artigo conta com 54 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017. (GOOGLE, 2017).

O Professor é associado da *Chiang Mai University* – CMU, o Thanaporn Supriyasilp, Dr., é Diretor do Instituto de Pesquisas em Ciência e Informação com Tan Sri Dato Sri Prof. Ir. Dr. Sahol Hamid Abu Bakar, FASc, FIEM, P. Eng, Vice-Chanceler da MARA, *University Malaysia*, tendo assinado um memorando de entendimento entre as universidades.

A análise multicritério de decisão foi aplicada com intuito desenvolver um potencial projeto de energia elétrica com potência nominal maior do que 100 kW na bacia do rio Ping, na Tailândia, para determinar as vantagens e desvantagens dos projetos, incluindo os principais critérios: geração de eletricidade, engenharia e economia, socioeconômicos, meio ambiente, envolvendo os 64 sites potenciais na área de estudo.

Portanto, o método MCDM usado neste estudo atua como processo de triagem para estudos posteriores. Os tomadores de decisão neste estudo são chamados especialistas, os quais são os profissionais em geração de eletricidade, engenharia e economia, socioeconomia e engenharia ambiental, conforme o envolvimento das partes interessadas.

Os subcritérios utilizados neste estudo originam-se da discussão e do *brainstorming* dentro do grupo de especialistas. Os pesos dos parâmetros foram discutidos e atribuídos pelos especialistas para cada grupo de critério principal e subcritério. Como consequência de atribuição de peso, o aspecto ambiental foi identificado como aspecto mais importante na visão dos especialistas.

Tomando-se em referência ao critério Geração de eletricidade, conta-se com 4 subcritérios que são a capacidade instalada, produção anual de energia elétrica, carga firme de suprimento e comprimento da linha de transmissão.

O desenvolvimento de hidrelétricas depende de várias condições. Utilizar a abordagem do MCDM pode ajudar os formuladores de políticas a entender e compara os prós e contras de cada site. Alguns fatores, especialmente o envolvimento de um fator pode ser a mudança do futuro, especialmente se houver aceitação da população.

4.2.11 Caracterização do Décimo Primeiro Artigo

O décimo primeiro artigo, cujo título é *Evaluation of Renewable Energy Alternatives Using Macbeth and Fuzzy Ahp Multicriteria Methods: The Case of Turkey*

(ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2013), de Tijen Ertay, Cengiz Kahramanb e İhsan Kayac, conta com 43 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Na qualidade de principal autor do presente artigo, (Tijen Ertay Dr.), o pesquisador Tijen Ertay Dr., está afiliado à Universidade Técnica de Istambul, na Turquia, apresentou 6.096 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Ele atua no Departamento de Engenharia e Gestão, Universidade Técnica de Istambul, Maçka, 34367, Istambul, Turquia.

O objetivo deste artigo é avaliar as alternativas de energia renovável, como um caminho chave para os desafios relacionados com a energia da Turquia, devido ao fato de que o consumo de energia no país aumentou dramaticamente nas últimas três décadas como consequência do desenvolvimento econômico e social.

Para realizar este objetivo, foram utilizados métodos comparativos multicritério baseados em MACBETH e AHP para a avaliação de alternativas de energia renovável para atendimento ao acréscimo da demanda energética. Foram desenvolvidos 4 principais aspectos passíveis de avaliação e destes, mais 15 subaspectos para esta avaliação. As alternativas de energias renováveis identificadas para a avaliação energética na Turquia foram a Energia Solar, Eólica, Hidrelétrica e Geotérmica.

De acordo com os resultados obtidos por M-Macbeth, a Energia Eólica é a melhor dentre as opções identificadas para a Turquia. A ordem de classificação das alternativas obtidas foi a seguinte: Energia Eólica, Biomassa, Energia Solar, Geotérmica e Hidrelétrica.

Segundo os autores, a metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), associada a Lógica Fuzzy modificada, é utilizada para determinar as fontes renováveis mais apropriadas para delinear as alternativas energéticas para a Turquia.

Para atendimento a este objetivo, três especialistas em energia avaliaram critérios para determinar a alternativa de energia renovável mais apropriada em relação a um caráter hierárquico.

Ainda segundo os pesquisadores, a proposta de tomada de decisão multicritério baseada na metodologia AHP e lógica Fuzzy determinou o ranking de alternativas renováveis como Energia Eólica, Energia Solar, biomassa, energia geotérmica e, por último, usinas hidrelétricas.

4.2.12 Caracterização do Décimo Segundo Artigo

O décimo segundo artigo, cujo título é FMEA AND FTA ANALYSIS FOR APPLICATION OF THE RELIABILITYCENTERED MAINTENANCE METHODOLOGY: CASE STUDY ON HYDRAULIC TURBINES, (SOUZA; ALVARES, 2008), de Rodrigo de Queiroz Souza e Alberto José Álvares.

Este artigo, que denota detalhes da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), contou com 38 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017). Não foram identificadas informações no site do Google Acadêmico quanto ao número de citações dos respectivos autores.

Na qualidade de principal autor do presente artigo, (Rodrigo de Queiroz Souza, MSc.), o pesquisador possui graduação em Engenharia de Controle e Automação (Mecatrônica) (2006) e Mestrado em Sistemas Mecatrônicos (2008) pela Universidade de Brasília.

Tem atuado nas áreas de Supervisão, Controle e Automação de Processos Industriais, Controladores Lógicos Programáveis, Engenharia de Produção e Qualidade. Atualmente trabalha com planejamento, coordenação e supervisão de obras de linhas de transmissão e redes de distribuição de energia elétrica.

O pesquisador Alberto José Álvares, Dr. realizou seu doutorado na Universidade Federal de Santa Catarina –UFSC, cuja conclusão se deu em 2005.

Sua área de pesquisa é voltada para Automação da Manufatura e Processos de Fabricação, onde tenho atuado com Programação de Máquinas de Comando Numérico (Programação *Off-Line*), Manufatura Integrada por Computador, Gerenciamento de Células (*Software* Desenvolvido - Bordado CNC).

Também atuo em pesquisas nos Sistemas Flexíveis de Manufatura, Integração CAD/CAPP/CAM, Redes de Comunicação Local (TCP/IP) voltadas para automação da manufatura, teleoperação, além de desenvolvimento de pesquisa para fins de manipulação de robôs moveis, controlados remotamente e *Wearable Computers*.

O objetivo geral deste trabalho de pesquisa é avaliar o impacto da aplicação da Manutenção Centralizados em Confiabilidade (MCC), em um sistema de geração de energia. A MCC garante melhorias significativas no desempenho de funções de manutenção, e também um aumento na confiabilidade e disponibilidade de equipamentos.

A filosofia da MCC permite a definição de um planejamento de manutenção de forma estruturada. O artigo aborda um estudo de caso sobre o sistema de circulação de óleo do mancal combinado, do qual está acoplado em uma turbina Kaplan, instalada na usina hidrelétrica de Balbina - Amazonas - Brasil.

Este estudo foi elaborado a partir do uso de grandezas monitoradas pelo sistema de supervisão e controle da referida usina. Foram utilizadas as ferramentas *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA) e *Fault Tree Analysis* (FTA) para apoiar o estudo de falhas.

Este trabalho apresenta uma análise comparativa destas duas ferramentas, mostrando a contribuição de cada uma delas para a implementação de um planejamento de manutenção, buscando-se melhorias de performance do empreendimento.

Por fim, verifica-se que as duas técnicas, FMEA e FTA, têm grande importância para avaliação de potenciais falhas em um sistema.

Eles propiciam uma análise objetiva ao projeto do sistema, para justificar mudanças, analisar modos de falhas comuns e demonstrar atendimento aos requisitos de segurança. Recomenda-se que ambos sejam usados para um estudo de confiabilidade mais completo.

As técnicas FMEA e FTA podem fornecer à organização um meio sistemático de catalogar informações sobre as falhas de equipamentos, processos; melhor conhecimento sobre os problemas nos sistemas e propor ações de melhoria no projeto do produto, assim como do processo com base em dados monitorados. Dentre os aspectos passíveis de mensuração, destacam-se a severidade a ocorrência e detecção além do grau de risco que a falha está associada.

A filosofia ainda propõe a redução de custos através da prevenção de falhas e ocorrências; proporcionando vantagens à organização com a nova atitude de prevenção de falhas.

4.2.13 Caracterização do Décimo Terceiro Artigo

O décimo terceiro artigo traz como título *Analytical Hierarchy Process (AHP) Application for Reinforcement of Hydropower Strategy in Nepal* (SINGH; NACHTNEBEL, 2016), de Rana Pratap Singh e Hans Peter Nachtnebel.

Segundo pesquisas, o artigo computou 36 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O principal autor (Rana Pratap Singh) teve 8.789 citações, das quais foram identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O objetivo deste trabalho foi analisar a implementação de energia hidráulica no Nepal até as últimas décadas.

Mudar o contexto nacional com o aumento da consciência social e ambiental justifica tais estudos, que são baseados em uma abordagem de multicritérios. Após um amplo

trabalho de pesquisa com entrevistas, o Governo do Nepal classificou as redes hidrelétricas em cinco escalas com base na capacidade de geração de energia. Para esta análise de atratividade, ferramentas de tomada de decisões multicritério (MCDM) e o método analítico-hierárquico (AHP), desenvolvido por Saaty, foi selecionado.

Os autores do artigo concluem que o AHP é uma ferramenta fácil, aplicável e apropriada para classificar os esquemas de energia hidrelétrica em relação às escalas, considerando questões sociais, econômicas, ambientais, técnicas e políticas. Este estudo foi organizado em uma estrutura com cinco aspectos passíveis de avaliação, juntamente com sub- elementos, os quais derivam destes cinco principais aspectos, bem como elementos incorporados e cinco alternativas (escala de Hidrelétricas).

Os questionários de pesquisa são usados para comparação entre pares de critérios, seguindo o procedimento padrão da AHP.

Os autores concluíram em seus estudos que o potencial hidrológico médio é apropriado e este critério detém baixo peso. Este estudo apresenta a priorização de cinco esquemas alternativos de escalas de usinas hidrelétricas com cinco principais aspectos passíveis de avaliação, com a derivação em 23 sub aspectos e 15 elementos derivados dos subaspectos, abrangendo todos os elementos passíveis de avaliação e representando partes interessadas do setor de hidrelétricas.

A partir do modelo desenvolvido, a escala média do estudo de programas de geração de energia seguiu-se a energia hidráulica no contexto do país e em um futuro imediato provável.

Hidrelétrica de pequeno porte foi a terceira prioridade, seguida por mini e micro usina hidrelétrica, conforme as quatro a escalas obtidas a partir do modelo desenvolvido para usina hidroelétrica − A maior potência neste escalonamento para hidrelétricas responde por mais de 1000MW, sendo inclusive uma preferência no contexto nepalês para o momento.

Dentre os fatores considerados na priorização de energia, oriunda de usinas hidrelétricas, trata-se do fator econômico, sendo este o mais importante e provavelmente permanecerá no mais alto aspecto de interesse da atualidade. Este aspecto manter-se-á alto mesmo com a melhora da economia do Nepal e a partir da demanda do mercado vizinho por energia, sendo este fator o mais sensível deste cenário.

4.2.14 Caracterização do Décimo Quarto Artigo

O décimo quarto artigo, intitulado *Risk Assessment of River-Type Hydropower Plants Using Fuzzy Logic Approach, (*KUCUKALI, 2011), de Serhat Kucukali, Dr.

Segundo pesquisas, o artigo somou 33 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Doutor em filosofia e engenheiro civil, Serhat Kucukali, Dr., detinha 478 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O pesquisador desenvolve suas pesquisas em avaliação de impacto ambiental, avaliação de riscos ambientais, fluxo turbulento, política energética, regime de vazão dos rios e energias renováveis.

Neste artigo, uma ferramenta de classificação estruturada em lógica Fuzzy foi desenvolvida para projetos de usinas hidrelétricas, avaliações de risco.

Cabe ressaltar que foram priorizados os julgamentos de especialistas frente às possibilidades de estudos por intermédio de raciocínio probabilístico.

A metodologia é uma análise multicritério de decisão que fornece uma maneira flexível e fácil de analisar os riscos externos, que estão parcialmente sob o controle das empresas, dos quais foram considerados no modelo.

Totalizou-se onze classes de fatores de risco determinadas com base nas entrevistas.

Em plantas de usinas hidrelétricas, o recurso hídrico fica contido nas barragens, as quais são usadas para assegurar o fluxo em um reservatório.

Pequenas usinas hidrelétricas (PCHs) estão, na maioria das vezes, incluídas nesta categoria, as usinas hidrelétricas do tipo fluvial dependem da predominância da vazão e podem apresentar problemas de confiabilidade, caso o fluxo varie muito com o tempo. (KUCUKALI; BARIS, 2009).

Como abordagem do artigo, este desenvolveu um modelo para grandes usinas hidrelétricas, pequenas usinas hidrelétricas, eólica *onshore*, energia geotermal e energia solar fotovoltaica.

Nesta avaliação, para a análise de sensibilidade, foram considerados diferentes cenários, quais sejam, i) particularidades do potencial; geologia do site, questões ambientais, conexão à rede e infraestrutura de acesso; ii) projeto: geologia do site, características ambientais, questões e aceitação social; iii) natureza estocástica: riscos naturais e receitas; iv) política central: macroeconômica, mudança de leis e terrorismo. Nesta pesquisa, uma nova metodologia é proposta para classificação de riscos de projetos de usinas hidrelétricas.

A importância relativa dos fatores de risco foi determinada a partir dos julgamentos de especialistas.

Os resultados da pesquisa mostraram que os riscos são ligados às questões ambientais e à geologia do site.

Aplicabilidade do propósito da metodologia foi testada em um caso real. Este estudo demonstrou que a metodologia proposta pode ser facilmente aplicada pelos profissionais para

quantificar as classificações de riscos. A proposta da metodologia é que ela proporcionará aos investidores decisões mais assertivas e relacionadas ao diagnóstico racional.

4.2.15 Caracterização do Décimo Quinto Artigo

O artigo *Safe and Efficient Control of Hydro Power Plant by Fuzzy Logic* (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2012), de Priyabrata Adhikary, Pankaj Kr Roy e Asis Mazumdar, teve 29 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O autor principal, pesquisador Priyabrata Adhikary, Dr., teve 213 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017). O pesquisador atua como Professor (Mechanical) − NHCE (VTU), Bangalore. Professor titular da *Universidade New Horizon College of Engineering − India*.

O pesquisador Priyabrata Adhikary, Dr., possui especializações em Mecânica dos Fluidos e Máquinas Hidráulicas, Mecânica dos Fluidos Aplicada, Ar-condicionado e Refrigeração, Energia Renovável, Termodinâmica, Transferência de Calor, por processo de simulação por fluidodinâmica (*Computational Fluid Dynamics* − CFD).

O artigo apresenta inicialmente um novo método chamado *Fuzzy Logic Controller* (FLC) para o controle seguro de reservatórios de barragens por meio de comportas de vertedouro.

Por fim, apresenta o método FLC para válvula de turbina para controle do fluxo de água pela turbina para geração de energia hidrelétrica. Assim, mostra o controle e a operação geral e efetiva dos equipamentos mecânicos em um projeto de geração de energia hidroelétrica com FLC e sua utilidade.

O *hardware* do sistema de controle para *fuzzifiers* e *defuzzifiers* pode ser projetado de acordo com a necessidade do sistema.

Todos os modelos simplificados propostos acima usam o “Algoritmo de Pesquisa Tabu”, o “Método Delphi Difuso” e o “Método de Inferência Mamdani” para avaliar, usando o manual “C.O.G. Defuzzification” e validação do editor MATLAB FIS.

Controle lógico Fuzzy seguro e eficiente de um projeto de energia hidrelétrica na região do Himalaia na Índia considerado para o estudo de caso: na primeira etapa deste método, as variáveis, entradas e saídas do sistema são determinadas de acordo com as visões do especialista.

O segundo passo é estabelecer os valores linguísticos das variáveis do sistema (entradas e saídas).

Neste trabalho, um método eficiente e preciso baseado no controle difuso é proposto para a geração de energia através de usinas hidrelétricas e o sistema operacional de reservatório em represas para um desempenho seguro e eficiente.

Além disso, os parâmetros das funções de associação são otimizados usando a metodologia "*Tabu Search Algorithm* − TSA" e o grau de automação do sistema de controle difuso pode aumentar.

Também vimos que a base de regras do FLC é intuitivamente construída ao disparar o melhor número de regras usando o "Método *Delphi*".

4.2.16 Caracterização do Décimo Sexto Artigo

O artigo *Efficiency Assessment of Hydroelectric Power Plants in Canada: a Multi Criteria Decision Making Approach*, (WEI et. al., 2014), de Bing Wang, Ioan Nistor, Tad Murty e Yi-Ming Wei, conta com 29 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

Para o principal autor, Yi-Ming Wei, foram identificadas 16.468 citações no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

A energia proveniente de fonte hídrica desempenha um papel importante na indústria canadense de geração de eletricidade. Foram evidenciadas que poucas tentativas foram desenvolvidas para avaliar a eficiência da geração de energia por fonte hídrica no Canadá.

Este artigo analisa a eficiência global de geração proveniente de usinas hidrelétrica no Canadá a partir de pontos de vista abrangentes de capacidade de geração de eletricidade, lucratividade, benefícios ambientais e responsabilidade social usando o método TOPSIS.

Os fatores que influenciam a eficiência da geração de energia por intermédio de usinas hidrelétricas também são apresentados para ajudar a produção sustentável de energia hidrelétrica no Canadá.

Os resultados deste estudo quais sejam, i) aos papéis centrais da economia de energia e da responsabilidade social na economia global e da eficiência das empresas hidrelétricas e ii) a redução de eficiência na geração de energia hidrelétrica de algumas das regiões econômicas do Canadá.

Outros resultados revelam que, da eficiência geral da geração de energia por usinas hidrelétricas, o Canadá experimentou uma melhora em 2012, seguindo uma tendência de baixa de 2005 a 2011.

Em meio a essas influências, economia de energia e responsabilidade social são fatores-chave nos escores de eficiência (definido neste documento pelo número de empregados e usinas hidrelétricas de uma corporação), obtendo-se apenas um impacto negativo no índice geral de eficiência.

De acordo com os resultados do modelo TOPSIS e análise dos fatores de impacto, algumas implicações importantes para a geração de energia por fonte hídrica devem ser vistas como estratégias de eficiência para o futuro do Canadá.

4.2.17 Caracterização do Décimo Sétimo Artigo

O décimo sétimo artigo, intitulado *Selection of Hydro-Turbine Blade Material: Application of Fuzzy Logic* (MCDA), (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2013), cujo diretor e professor Asis Mazumdar é atuante na S.W.R.E., *Jadavpur University*, Kolkata-32, India.

Este artigo alcançou 26 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Asis Mazumdar é Coordenador do Projeto IC ECO_INDIA − Consórcio Indiano, Decano na Faculdade de Estudos Interdisciplinares, Direito e Gestão e Professor de Engenharia de Recursos Hídricos.

Asis Mazumdar é Diretor da Escola de Engenharia de Recursos Hídricos e Coordenador do Centro Regional, Conselho Nacional de Arborização e Eco-Desenvolvimento (NAEB) (Ministério do Meio Ambiente e Florestas, Governo da Índia).

O pesquisador conta com 1.216 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O principal objetivo deste artigo é fornecer informações básicas, motivação para aplicações e uma exposição às metodologias empregadas no desenvolvimento de decisões baseadas em lógica difusa.

Todos os trabalhos acerca da aplicação da metodologia Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ou lógica difusa foram utilizados pela ciência de engenharia de materiais para a seleção de materiais apropriados relataram resultados encorajadores até o momento.

Consoante à visão dos pesquisadores, estes relatam que a avaliação da literatura sugere que a interface entre ciência e engenharia de materiais, sistemas inteligentes artificiais ou análise de decisão de múltiplos critérios, apresentam interpretações complexas.

Os estudos desenvolvidos pelos pesquisadores concentrem-se em engenharia, relacionada à energia proveniente de fonte hídrica com engenharia dos materiais, onde os pesquisadores acreditam que esta descoberta também se aplica a outras áreas da engenharia.

Tanto é verdade que é do conhecimento dos autores que esta nova análise de multicritério de decisão ou por intermédio de lógica difusa pode gerar a seleção otimizada de materiais constitutivos de pás para pequenas turbinas hidráulicas.

Sob esta análise, a avaliação multicritério de decisão encontra-se à margem da ciência dos materiais para as literaturas que abordam energias renováveis devido a sua complexidade de avaliação.

Entre os numerosos métodos de MCDA disponíveis para análise de ciência e engenharia de materiais, os mais prevalentes são os chamados Macbeth, AHP, Promethee, Electre e Fuzzy.

A lógica difusa pode ser um dos mais poderosos métodos de análise de apoio à decisão para esta finalidade. Neste artigo, um problema de ciência e engenharia de materiais aplicado é resolvido utilizando-se a metodologia Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ou lógica Fuzzy.

É compreendido que há problemas de escassez de dados na ciência dos materiais para a seleção de material com as características necessárias às suas aplicações, porém nesta observação pode-se obter facilmente a resolução de problemas por intermédio da metodologia MCDA ou através de lógica Fuzzy.

4.2.18 Caracterização do Décimo Oitavo Artigo

O décimo oitavo artigo, sob o título *A Combined Goal Programming – AHP Approach Supported with TOPSIS for Maintenance Strategy Selection in Hydroelectric Power Plants (*ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017), foi elaborado pelos pesquisadores Evren Can Özcan, Sultan Ünlüsoy e Tamer Eren.

Este artigo alcançou 15 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O principal autor, Evren Can Özcan, PhD., obteve 93 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017, (GOOGLE, 2017).

O professor Evren Can Özcan atua como docente Assistente na Universidade Kırıkkale, Departamento de Engenharia Industrial, na Turquia.

Evren Can Özcan, PhD., desenvolve pesquisas nas áreas de *Multi objective optimization, maintenance management, multi criteria decision making, energy resource e planning staff scheduling*.

A oferta de energia sustentável é definida como ininterrupta, confiável, eficiente, econômica e ambientalmente correta, pois a geração de eletricidade é o principal objetivo das usinas de energia elétrica.

A execução dos processos de manutenção de forma adequada é reconhecida pela importância auferida em termos de prolongamento da vida útil operacional das usinas hidrelétricas.

Entre os aspectos técnicos passíveis de avaliação de desempenho, os pesquisadores escolheram pré-condição de manutenção e período de falhas.

Uma vez que se presta a um propósito tão importante, a manutenção é um processo crucial, que deve ser gerenciado sob seleção da estratégia de manutenção mais apropriada.

Como as usinas hidrelétricas compreendem milhares de equipamentos com características diferentes, nove equipamentos dos mais importantes fizeram parte do modelo pela técnica *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* – TOPSIS.

Houve assim, a composição de nove aspectos passíveis de avaliação de desempenho, dos quais foram ponderados pela metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP) em grande escala para as usinas hidrelétricas da Turquia. As combinações de estratégias de manutenção são obtidas para cada equipamento por meio do modelo de programação de metas (GP) proposto, que utiliza as taxas de atratividade dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho e as prioridades alternativas calculadas com o AHP, refletindo a realidade da usina.

Finalmente, chegou-se a identificar que 77% do período de indisponibilidade da usina decorre da execução de estratégias de manutenção inadequadas em equipamento crítico.

4.2.19 Caracterização do Décimo Nono Artigo

O artigo, cujo título é Penstock material selection in small hydropower plants using MADM methods, (KUMAR; SINGAL, 2015), foi elaborado pelos autores Ravi Kumar e Sunil Kumar Singal.

O artigo alcançou 15 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Ravi Kumar alcançou 21 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017, (GOOGLE, 2017).

O pesquisador Sunil Kumar Singal alcançou 843 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017, (GOOGLE, 2017).

Ambos os pesquisadores atuam no Alternate Hydro Energy Centre, Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, Uttarakhand 247667, India, onde a temática de avaliação de desempenho se deu na seleção de materiais aplicáveis em conduto forçado nas pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), concebidas como fontes de energias renováveis.

Os materiais vinculados aos diferentes componentes de projetos de PCHs, em particular, do conduto forçado, é uma das tarefas de maior desafio, pois os componentes vinculados aos trabalhos de engenharia civil contribuem substancialmente para o custo total do projeto.

Não há uma abordagem sistemática e eficiente encontrada na literatura para selecionar os melhores materiais. Consequentemente, os engenheiros desenvolvem um grande número de aspectos passíveis de avaliação de desempenho para a seleção destes materiais.

Nos últimos tempos, as características dos materiais estão modificando muito rapidamente a partir das mais diversas propriedades propiciadas com o avanço da tecnologia, o que torna o processo de seleção de materiais uma tarefa complicada.

No presente estudo, identifica-se vantagens na aplicação da metodologia MADM (Multiple Attribute Decision Making) para resolver o problema de seleção de materiais para comportas em instalações de PCHs.

As metodologias Analytic hierarchy process (AHP), Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), além da metodologia TOPSIS modificado são utilizados para selecionar o melhor material.

Quatro materiais alternativos, como policloreto de vinila (PVC), polietileno de alta densidade (HDPE), polímero reforçado com fibra de vidro (GRP) e aço (MS) contam com cinco critérios de avaliação, como resistência à deformação, vida útil, espessura, custo de materiais e custo de manutenção, características consideradas na análise.

Dois estudos de caso também foram analisados e incluídos no estudo. Houve a descoberta destes pesquisadores de que os métodos TOPSIS e TOPSIS Modificado foram os mais adequados para a seleção do material das comporta em aço macio, sendo este o material adequado em comparação com outros materiais.

Neste estudo, métodos MADM como AHP, TOPSIS e TOPSIS modificado, foram apresentados para fins de avaliação, uma seleção de materiais que respondem pelas características necessárias para composição de comportas.

Utilizando-se a metodologia AHP, taxas de atratividade foram atribuídas para os critérios formulados, onde houve o cômputo de atratividade dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho para obter a classificação dos materiais.

Verificou-se que o método proposto integrando os métodos existentes da MADM é elementar, adequado e capaz para o processo decisório quanto ao melhor material entre os materiais alternativos. A metodologia proposta pode ser usada em PCHs, além de outros campos de pesquisa para a resolução de problemas de seleção de material.

4.2.20 Caracterização do Vigésimo Artigo

O artigo cujo título é *Selection of Small Hydropower Project Site: A Multicriteria Optimization Technique Approach*, (Adhikary; Roy; Mazumdar, 2015), foi elaborado pelos autores são Priyabrata Adhikary, Pankaj Kr Roy e Asis Mazumdar.

Este artigo alcançou 7 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017). O artigo estava fora da linha de corte fixada (15 citações), porém, como os autores deste artigo também faziam parte do banco de autores do portfólio bruto, este artigo, em vias de obter o reconhecimento científico, foi selecionado para compor o Portfólio Bibliográfico.

Como estes mesmos autores foram tema de artigos anteriores, não será expressa a reincidência do texto.

Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) estão surgindo como uma solução sustentável, ecologicamente correta, em longo prazo, alcançando a sua viabilidade.

A concepção das PCHs também identifica a sua viabilidade em termos de custo-benefício no que tange ao uso da água, configurando-se uma fonte renovável de energia, de interesse para o futuro.

Selecionando o local adequado do projeto de pequenas hidrelétricas e seus parâmetros, onde investir é uma tarefa crítica, que envolve diferentes fatores, pois cada projeto é singular e único para o local do aproveitamento.

Consequentemente, tal tomada de decisão pode ser vista como um problema de otimização multicritério, com aspectos passíveis de avaliação de desempenho, onde as alternativas possíveis são correlacionadas.

Essa tarefa deve levar em consideração vários aspectos conflitantes, devido à crescente complexidade dos aspectos sociopolíticos, fatores tecnológicos, ambientais e econômicos. Abordagens tradicionais de tomada de decisão de aspectos passíveis de avaliação de desempenho únicos não podem lidar com a complexidade de tais sistemas.

A otimização multicritério ou os métodos Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) ou Multi-Criteria Decision Making MCDM podem fornecer ferramentas de maior flexibilidade.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicabilidade da otimização multicritérios para tomadores de decisão durante a seleção de um projeto de Pequena Central Hidrelétrica (PCH).

Para o melhor conhecimento do autor, essas novas abordagens para a aplicação de otimização multicritérios na seleção de locais para fins de instalação de Pequenas Centrais Hidrelétricas estão ausentes da literatura no campo das energias renováveis, na avaliação do recurso hídrico e análise de fluido, muito provavelmente devido à sua complexidade de avaliação.

Assim, classificar a validação por um método diferente concomitantemente com a verificação física final pelos especialistas é altamente recomendado para pequenas hidrelétricas, isso em termos de otimização do recurso hídrico.

O objetivo desta pesquisa é investigar como as ferramentas multicritério de avaliação de desempenho e as técnicas de otimização podem ser aplicados para fornecer a melhor decisão, auxiliando as partes interessadas em desenvolvimento de pequenos projetos de usinas hidrelétricas.

Ao obter os primeiros resultados do modelo, identifica-se que os resultados não são significativamente afetados pela escolha dos métodos de otimização MCDA, MCDM ou metodologia multicritério empregados. Dados comerciais exatos não são acessíveis publicamente, mas são dados gerados com base nas relações fornecidas, que estão muito próximas de dados reais de projetos de pequenas centrais hidrelétricas (vazão, capacidade etc.).

4.2.21 Caracterização do Vigésimo Primeiro Artigo

O vigésimo primeiro artigo intitulado *Preventive Maintenance Prioritization by Fuzzy Logic for Seamless Hydro Power Generation* (ADHIKARY; ROY; MAZUMDAR, 2015), cujos autores que o desenvolveram são Priyabrata Adhikary, Pankaj Kr Roy e Asis Mazumdar.

O artigo de número 21 está em situação similar ao artigo de número 20, pois possuía somente 05 citações identificadas no site do Google Acadêmico em 12/10/2017 (GOOGLE, 2017). Como estes autores faziam parte do banco de autores que compõe o portfólio bruto, mesmo a ser comprovado o reconhecimento científico, estes foram anexados ao portfólio de publicações relevantes para o estudo.

A priorização da manutenção preventiva é um dos critérios mais importantes para a geração de eletricidade, visando a minimizar o tempo de indisponibilidade e os custos de produção.

A quebra de equipamentos aumenta os custos da planta, e o período de indisponibilidade resulta em perda de negócios. Este trabalho concentra-se em priorizar a manutenção preventiva para usinas hidrelétricas.

A principal tarefa envolve privilegiar o trabalho de manutenção, considerando restrições de demanda de energia variada e quebra da usina hidrelétrica.

A lógica difusa é usada para otimizar os processos de manutenção preventiva, priorizando-a sob as principais restrições. O Manual de Aritmética Fuzzy é usado para desenvolver o modelo em MATLAB, cujas rotinas foram idealizadas para atender a esta finalidade.

Esta nova abordagem de lógica Fuzzy, relacionada aos processos de manutenção preventiva na priorização de geração de energia hidrelétrica, denota uma lacuna perceptível na literatura no campo da geração de energia por intermédio das energias renováveis e na engenharia industrial, devido à sua complexidade de avaliação.

A prioridade da manutenção preventiva é obtida por consideração aos requisitos do cliente, Gravidade de Falha e Criticidade da Operação por Lógica Difusa.

Muitas empresas não se utilizam de um resultado otimizado, do qual acresce o custo total de operação da usina hidrelétrica, o que torna necessário conhecer a priorização dos processos de manutenção preventiva da geração de energia por intermédio de usinas hidrelétricas. A lógica difusa ajuda a encontrar esses resultados ótimos em engenharia industrial e visa identificar se os dados de previsão hidrológica estão disponíveis.

Nesta pesquisa, uma vez que se utilize os dados históricos e dados previstos de algumas usinas hidrelétricas, o resultado final é obtido pela identificação da solução ótima, priorizando-se que os processos de manutenção sejam idealizados pelo comportamento da geração de energia.

Percebeu-se no âmbito do PB que foi aplicado uma gama de metodologias de avaliação de desempenho.

Em vários artigos pode-se perceber um comparativo entre metodologias aplicadas. Também houve a percepção da associação de metodologias de avaliação de desempenho para que se chegasse a um resultado plausível, que auxiliasse a gestão de uma organização. Dentre as preocupações identificadas pelos pesquisadores, destaca-se o receio de incertezas na concepção dos aspectos a serem mensurados, na caracterização das escalas, que em sua maioria foi utilizada a escala ordinal. Outros fatores preocupantes foram destacados, tal qual a influência dos stakeholders no desenvolvimento do modelo, assim como a interpretação dos níveis de atratividades entre elementos de escala. Por fim, houve destaque quanto as preocupações no que tange as taxas de substituição para as metodologias aplicadas.

Comumente designadas como trade-offs, as taxas de substituição ou constantes de escala são divulgadas na língua inglesa como *weights.*

As taxas de substituição são de extrema importância para que se tenha uma visão holística da avaliação de desempenho para um determinado modelo de avaliação de desempenho. A construção deste entendimento compreende em agregar as avaliações locais atribuídas individualmente de cada critério em uma avaliação global que possa gerar a comparação de diferentes empreendedores do segmento de manutenção de usinas hidrelétricas.

A compreensão de avaliação global toma forma na explicitação do modelo geral de avaliação, do qua permitirá mensurar a performance de manutenção como um todo.

Para tal, a integração é desenvolvida por intermédio das Taxas de Substituição, ou de Compensação.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do presente trabalho foi a de comparação par-a-par do MACBETH, por não exigir do decisor exprimir seus julgamentos de valor por artifícios numéricos, mas por estruturas semânticas.

Embora a grande maioria das metodologias apresentadas no PB se utilizasse de comparações par-a-par entre os elementos passíveis de avaliação, apenas um dos artigos apresentou o uso da comparação par-a-par por intermédio do software MACBETH.

O Quadro 24 apresenta as metodologias utilizadas no PB, suas aplicações, vantagens e desvantagens para a construção dos modelos de avaliação de desempenho.

Quadro 24 – Metodologias de avaliação de desempenho identificadas no PB

METODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS	ÁREA DE APLICAÇÃO
ELECTRE	O método Elimination and Choice Translating Reality - ELECTRE, juntamente com suas muitas iterações, é um método de superação baseado na análise de concordância. Aplicável para atributos quantitativos e qualitativos. Aplicável mesmo quando existem alternativas incomparáveis. Sua maior vantagem é que a metodologia considera a incerteza e imprecisão.	É difícil conceituar o problema na ausência de estrutura hierárquica. Comparativamente mais difícil de resolver do que o AHP devido à complexidade de procedimentos computacionais. A desvantagem é que seu processo e resultados podem ser difíceis de serem explicados para leigos. Além disso, devido à forma como as preferências são incorporadas, os desempenhos mais baixos de certos critérios não são exibidos.	Energia, economia, meio ambiente, gestão da água e problemas de transporte e gestão financeira. Outras áreas de aplicação também foram observadas, como Tecnologia da Informação, construção civil, engenharia química e bioquímica.
AHP	Aplicável para atributos quantitativos e qualitativos. A metodologia se utiliza de estrutura hierárquica para apresentar problemas complexos de tomada de decisão.	Um grande número de comparações entre pares requeridas como um incremento de alternativas. Devido ao processo de agregação, a compensação entre as boas pontuações obtidas em alguns critérios e pontuações ruins em outros critérios podem ocorrer.	A aplicação do AHP tem sido dominante em manufatura, gestão ambiental e agricultura, potencial energético como um todo. Também é muito utilizado na indústria, transporte e indústria da construção.
TOPSIS	Mede a distância das alternativas em relação à solução ideal. Usado para a seleção de soluções mais próximas da solução ideal. O número de etapas permanece o mesmo, independentemente do número de atributos. Fácil de usar e bem compreensível. Pode ser resolvido usando planilha.	A normalização é necessária para resolver problemas multidimensionais. Sem possibilidades de verificação de consistência. É difícil avaliar os atributos e manter a consistência do julgamento, especialmente com atributos adicionais.	TOPSIS foi usado na gestão da cadeia de suprimentos e logística, design, engenharia e sistemas de manufatura, gestão de negócios e marketing, gestão ambiental, gestão de recursos humanos e gestão de recursos hídricos.
ANP	O método Analytic Network process - ANP caracteriza-se pela decomposição de um problema de decisão em uma estrutura em rede, permitindo relações de dependência e feedback entre seus elementos, tornando a decisão mais realista. O ANP usa uma estrutura de rede (ao invés de hierarquia) sem que haja a necessidade de especificar níveis, além de permitir relações	Manipulação de extensas e complexas matrizes de comparação par a par no ANP se comparado ao AHP, confirmando as dificuldades de resolução. É necessário um software específico para resolvê-las. Outra desvantagem do modelo ANP é que ele exige a composição de muitos questionários para aplicação em entrevistas.	Utilizado no campo da geração de energia, impacto ambiental, desempenho de plantas solares fotovoltaicas. Análise estratégica das emissões de CO^2. Outras aplicações foram observadas na análise de projetos de geração de energia.

	de dependência entre elementos (SAATY, 2005).		
PROMETHEE	No que concerne aos métodos PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations), um aspecto importante está relacionado à facilidade dos decisores entenderem os conceitos e parâmetros inerentes aos métodos	O PROMETHEE não fornece um mecanismo claro pelo qual atribui taxas de substituição. Requer a atribuição de valores, porém não fornece um modo claro para a atribuição destes valores.	Muito utilizada na gestão de meio ambiente, hidrologia, gestão da água, gestão comercial e financeira, química, logística, transporte, fabricação com montagem e gestão de energia.
DEA	A metodologia Data Envelopment Analysis - DEA utiliza uma técnica de programação linear para medir as eficiências relativas de alternativas (Thanassoulis, Kortelainen e Allen, 2012). Avalia as eficiências de alternativas entre si, com a alternativa mais eficiente, adotando uma classificação de 1,0. Adota uma fração de 1,0 para todas outras alternativas. Tem várias vantagens. É capaz de lidar com várias entradas e saídas.	Uma desvantagem importante é que a metodologia lida com dados não ideias, imprecisos e assume que todas as saídas são exatamente conhecidas. Em situações do mundo real, no entanto, essa suposição pode nem sempre ser verdadeira (Wang; Greatbanks; Yang, 2005)	DEA é usado onde as eficiências precisam ser comparadas. A metodologia é comumente utilizada em serviços econômicos, médicos, serviços públicos, segurança rodoviária, agricultura, problemas de varejo e negócios.
MCDA	A metodologia MULTI-CRITERIA DECISION ANALYSIS - MCDA facilita o processo, onde há múltiplos atores, transparência e discussão sobre os elementos subjetivos na análise de políticas, incluindo a natureza e o escopo do problema de decisão, a seleção e definição de opções (alternativas) e a caracterização e priorização dos critérios de avaliação (Stirling, 2006, Keune e Dendoncker, 2013).	Outro problema com os métodos MCDA é que eles são adequados para extrair as preferências de um grupo relativamente pequeno de tomadores de decisão e partes interessadas. Por isso poderão deixar de capturar preferências individuais em toda a população, Hanley (2001, p. 113).	Muito aplicado na área ambiental, logística reversa, farmacêutica, gestão dos recursos hídricos, a localização da disposição de usinas geradoras de energia que tenham como fonte primária os resíduos urbanos, transporte de substâncias perigosas, transporte urbano e gestão de águas subterrâneas
VIKOR	O método Vlse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje - VIKOR é aplicado para determinar a solução de comprometimento para critérios não mensuráveis e conflitantes, inclusive critérios econômicos, ambientais e sociais. Centra-se na seleção e classificação de um conjunto de alternativas e determina soluções de comprometimento para um problema com critérios conflitantes, o que pode	A maior desvantagem do método é pesquisar acerca da classificação da ordem de comprometimento, ou seja, compromisso entre solução pessimista e a solução esperada. Ao alterar a taxa de substituição dessas soluções, a ordem de classificação também é alterada, pois se trata do resultado da solução.	Utilizado na engenharia mecânica e manufatura, logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos, engenharia estrutural, de construção e transporte e gestão de negócios.

	ajudar na tomada de decisão de fabricantes para chegar a uma decisão final.	Essa desvantagem é caracterizada, por alguns autores, como uma vantagem desse método sobre os demais métodos. Alterando a significância (taxa de substituição) da solução pessimista esperada, é possível determinar de que maneira a influência da taxa de substituição influencia na ordenação de classificação das alternativas.	
MCDM	A vantagem mais importante dos métodos de múltiplos critérios, tal qual o método Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) é a sua capacidade de abordar os problemas marcados por diferentes interesses conflitantes.	A ponderação de critérios pode levar a um processo de tomada de decisão preciso para critérios quantitativos, porém para critérios qualitativos, a metodologia pode apresentar desvantagens	MCDM é muito utilizado na avaliação de desempenho de projetos, energia, meio ambiente e sustentabilidade, gestão da cadeia de suprimentos, gestão da Qualidade e empreendimentos de energias renováveis
MACBETH	O MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) é uma abordagem de comparação pareada e interativa para formar um modelo quantitativo de valor com base em juízos de valor qualitativos (Bana e Costa e Vansnick, 1999). Consiste em um conjunto de técnicas que são aplicadas para investigar o desempenho de uma série de alternativas com múltiplos critérios e objetivos conflitantes, com base em um conjunto de critérios de decisão expressos de forma qualitativa (Bana e Costa e Oliveira, 2012).	Não considera incerteza na mensuração de preferências (trabalha com preferências do tipo valor)	Desenvolvimento de plano estratégico, Alocação de recursos, Comparação alternativa de localização de sites para grandes infraestruturas, Desenvolvimento de modelos de risco e análise de cenários Avaliação participativa de impactos sociais, econômicos e ambientais para grandes infraestruturas.

Fonte: Dados de pesquisa (2017).

4.3 RESULTADOS DA ANÁLISE SISTÊMICA

A Análise Sistêmica consiste em uma avaliação detalhada de aspectos contidos nas 21 publicações científicas do PB, com o propósito de avaliações de 6 lentes que vão identificar as visões de mundo que influenciam o modo de como o pesquisador percebe o contexto de pesquisa, levando-o a gerar diferenciais de valor em determinados aspectos em detrimento de outros.

As seis lentes que identificam as particularidades caracterizadas no âmbito da análise sistêmica são: Abordagem, Singularidade, Mensuração, Processo para identificar, Integração e Gestão.

4.3.1 Lente 1 − Abordagem

A primeira lente empregada na análise sistêmica vem ao encontro da classificação e análise dos artigos no que se refere a três distintos aspectos: 1) quanto à abordagem utilizada; ii) o local em que o modelo foi desenvolvido; e; iii) a harmonização com que se concebeu as abordagens empregadas para desenvolver o modelo e a sua aplicação.

A primeira lente desta análise sistêmica procura responder à seguinte indagação: a abordagem que foi utilizada no artigo tem harmonia com o modelo desenvolvido (abordagem e dados) conforme a sua aplicação?

Inicialmente, tem-se a necessidade em identificar no artigo em análise qual a abordagem que foi definida pelo pesquisador para fundamentar o seu problema de pesquisa.

Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012), ao sintetizar os fundamentos produzidos por Roy (1993), enfatizam que as abordagens retratam a "visão de mundo" que geram influências na forma com que o pesquisador distingue o contexto de pesquisa, personalizando a forma com que são priorizados determinados aspectos, ao passo que são propiciadas certas desvantagens em outros. A opção por uma determinada abordagem gera influências tanto no trabalho de pesquisa quanto nos resultados que se pretende alcançar.

Consoante ao disposto na literatura (ROY, 1993; KEENEY, 1992; MELÃO, 2000; ENSSLIN et al., 2010; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2012) distingue-se a formação de quatro tipos de abordagem: (i) Normativista; (ii) Descritivista; (iii) Prescritivista; e (iv) Construtivista.

A abordagem normativista delineia sua característica pelo racionalismo, ou seja, o pesquisador é quem define o modelo a ser empregado para o desenvolvimento da avaliação a

ser desenvolvida, tendo na literatura a fundamentação relacionada ao tema de pesquisa. O dito racionalismo se faz presente tanto pelo uso da ciência quanto pelos saberes oriundos de especialistas (conhecimentos próprios ou de terceiros).

Essa mesma analogia ocorre para as principais origens de variáveis que irão integrar ao modelo. O modelo é elaborado com objetivos de estabelecer "soluções ótimas", de forma que, se o decisor não acatar seus resultados e decidir de forma contrária ao que foi estabelecido pelo modelo, este será concebido como um ser irracional, e as decisões geradas por este decisor serão interpretadas como atitudes equivocadas.

A abordagem descritivista também é amparada em fundamentações do racionalismo, em que o pesquisador deve discernir, no contexto físico a ser apreciado, aquelas variáveis que são passíveis de influenciar os pretensos resultados do decisor.

No entanto, cabe nesse contexto o aceite desse mesmo decisor quanto às implicações do modelo, pois, para o modelo descritivista, acredita-se que os resultados obtidos no passado replicar-se-ão também para o futuro.

Nessas circunstâncias, assim como o ambiente físico do objeto de avaliação, o desenvolvimento de variáveis admite que outras variáveis possam ser fornecidas pelo decisor (de forma limitada e não obrigatória), das quais serão consideradas no modelo.

Buscando-se amparo conceitual, é compreensível que estas duas abordagens − normativista e descritivista – estejam interligadas ao processo de tomada de decisão, em que juntas são chamadas de Abordagem Realista. As abordagens prescritivistas e construtivistas assumem os valores e as preferências do decisor ao modelo.

Na abordagem prescritivista, o papel do facilitador é de pesquisar o surgimento de convergência entre o discurso do decisor e o modelo elaborado.

Na abordagem prescritivista, o alcance dos objetivos se dá da condução de conhecimentos no facilitador ao decisor, referido ao ambiente estudado.

Já a abordagem construtivista, em outra concepção, aborda as incoerências advindas do discurso do decisor e o modelo de avaliação, convertendo-as em oportunidades para conceber conhecimento no próprio decisor.

Sob uma outra ótica, as duas abordagens passíveis de temática a seguir − prescritivista e construtivista − afiliam-se ao processo de apoio à decisão.

Na abordagem prescritivista, as preocupações geradas pelas percepções do decisor durante o processo de aprendizado desenvolvido com o facilitador frequentemente estão inclusas no modelo de avaliação de desempenho. Nesse contexto, há a convicção de que o decisor possui conhecimento suficiente acerca de seu problema, sendo que cabe ao facilitador

nessa sistemática a condução do processo. Com esse foco, busca-se discernir no discurso do decisor as variáveis que irão integrar o modelo proposto pelo facilitador e que será validado pelo decisor. Esta abordagem tem como origem de dados o decisor, condicionado ao apoio para a construção do conhecimento pelo facilitador.

A abordagem construtivista tem como propositura, que as variáveis que constituem o modelo, as escalas e a integração delas (visão holística) devem retornar fielmente aos valores e às preocupações desenvolvidas diretamente pelo decisor.

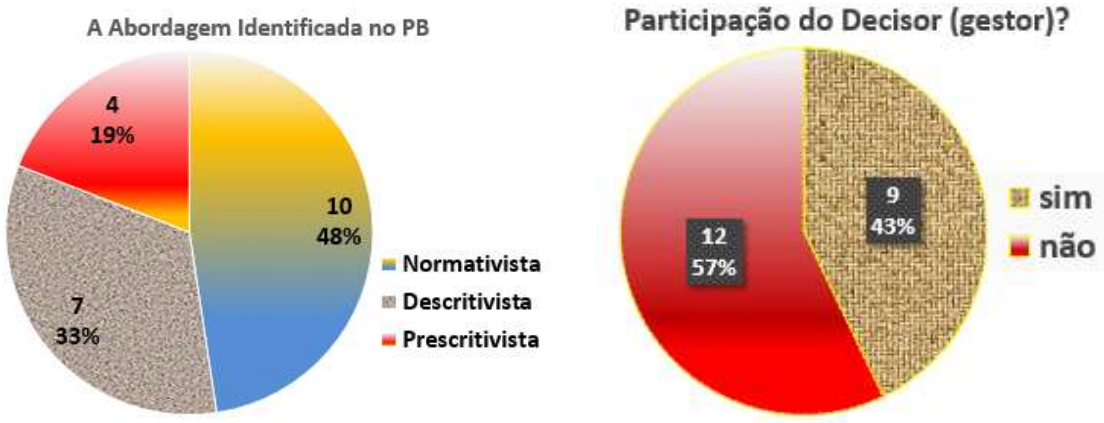
Entretanto, como um diferencial da abordagem prescritivista, o facilitador reconhece que o decisor não tem plenos conhecimentos acerca do seu problema, devendo ser auxiliado com objetivos de construir tais entendimentos.

Assim, o decisor identifica-se com a metodologia, com o propósito de caracterizar suas preferências e seus valores, em consonância com aquelas dispostas no contexto. Sob essa conjuntura, o conhecimento é construído no decisor.

Dessa forma, tal qual ocorre na abordagem prescritivista, a fonte das variáveis concebidas no modelo construtivista tem como origem o próprio decisor, porém, agora trazendo consigo um conhecimento desenvolvido com o apoio do facilitador.

A primeira lente busca verificar as abordagens aplicadas a cada artigo do PB. Dos 21 artigos constituídos no PB, 10 publicações são normativistas, 7 artigos são descritivistas e 4 publicações científicas são prescritivistas, conforme disposto no Gráfico 16.

Gráfico 16 − Caracterização da Lente 1: Abordagem



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Gráfico 17 − Caracterização dos critérios e escalas de mensuração



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Por intermédio da análise desse gráfico, obteve-se a indicação do viés predominante dos pesquisadores pela abordagem normativista (48%, 10 artigos).

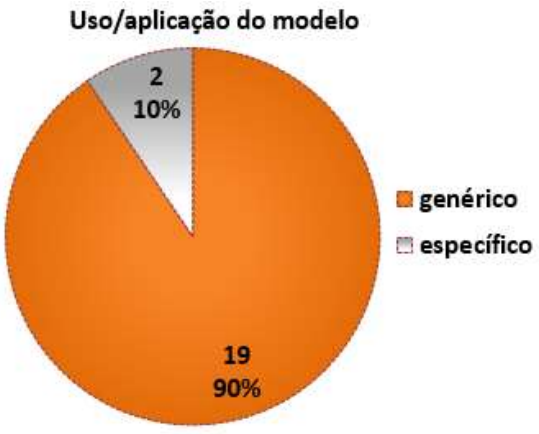
No caso da abordagem descritivista, esta foi utilizada por 33% dos autores (7 artigos), seguida pela abordagem prescritivista, presente em 19% (4 artigos) dos pesquisadores.

Ao somar-se as abordagens normativista e descritivista, percebe-se que 81% dos autores utilizaram abordagens realistas.

Cabe ainda salientar que nenhum dos pesquisadores optou pelo uso de abordagem construtivista, aliás, no PB, composto de 21 artigos, não houve nem um único com abordagem construtivista.

O segundo exame, no que concerne à aplicação ao uso do modelo utilizado pelos artigos, o Gráfico 18 ilustra a classificação dos artigos do Portfólio Bibliográfico quanto ao uso do modelo.

Gráfico 18 − Classificação dos artigos do PB quanto ao uso do modelo



Fonte: Elaboração do autor (2017).

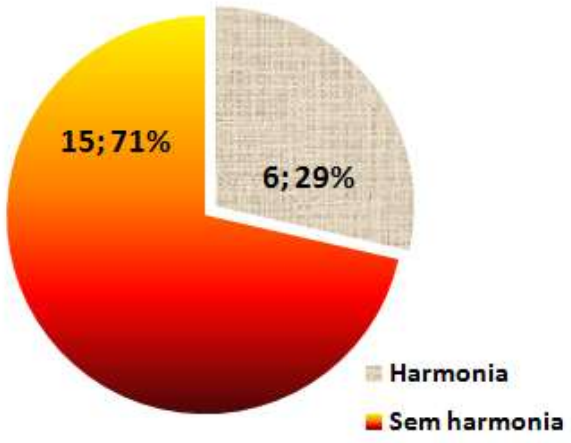
A análise desse gráfico ilustra e conduz a análise para conceber que 90% (19 artigos) dos trabalhos apresentaram modelos para aplicação genérica, no entanto outros 10% (2 artigos) tiveram a opção por uso em contextos específicos.

Procedeu-se, na sequência, para a análise da harmonia entre o local de aplicação do modelo, ou seja, o local que deu origem ao modelo constituído e o local onde o modelo construído foi aplicado.

Observou-se também que 29% dos artigos se preocuparam com a particularidade de cada situação, isto é, coletaram dados e aplicaram o modelo nos mesmos ambientes/contextos, portanto indicam a existência de harmonia entre a origem e a aplicação dos modelos construídos. Todavia, 71% dos trabalhos não apresentam aderência entre a aplicação dos modelos e o contexto de origem.

Quanto à terceira análise, no que concerne à harmonização, nos 21 artigos, entre a abordagem utilizada e o uso do modelo, está sintetizada no Gráfico 19 a classificação dos artigos do Portfólio Bibliográfico no que consiste à harmonia entre o uso da abordagem e o uso do modelo.

Gráfico 19 − Classificação dos artigos do PB quanto à apresentação de harmonia entre o uso do modelo e a abordagem empregada



Fonte: Elaboração do autor (2017).

A análise desse gráfico mostra que 71% dos artigos do PB, 15 publicações científicas não apresentaram harmonia. Já outros 29% (6 artigos) zelaram pela harmonia entre a abordagem e a aplicação do modelo. Este resultado está intimamente ligado à inexistência de artigos que se utilizassem de metodologia construtivista no PB.

Quanto ao decisor, quando foi mencionado no contexto dos artigos do PB, teve uma participação acanhada ou simplesmente não teve importância em termos de expressão de seus valores e suas preocupações.

A acanhada participação do decisor no processo coincidiu que apenas 6 artigos (29% dos artigos) harmonizaram entre a abordagem e a aplicação do modelo.

4.3.2 Lente 2 – Singularidade

Os artigos serão submetidos a duas análises: se há reconhecimento de que o contexto que está sendo avaliado é singular e se o decisor participa do modelo.

A segunda lente que constitui a Análise Sistêmica tem por objetivo responder à seguinte pergunta: o artigo reconhece que há a singularidade do problema de pesquisa, reconhecendo que ele é único (atores e contexto)?

Para tal, em caráter inicial, imbui-se na procura e identificação dos atores, em especial ao decisor, como elemento-chave de pesquisa. Sequencialmente, os esforços são destinados à análise da singularidade, no que concerne ao reconhecimento do contexto físico em que o modelo foi utilizado. Há a verificação se houve a coleta de dados do contexto físico em que o modelo foi utilizado.

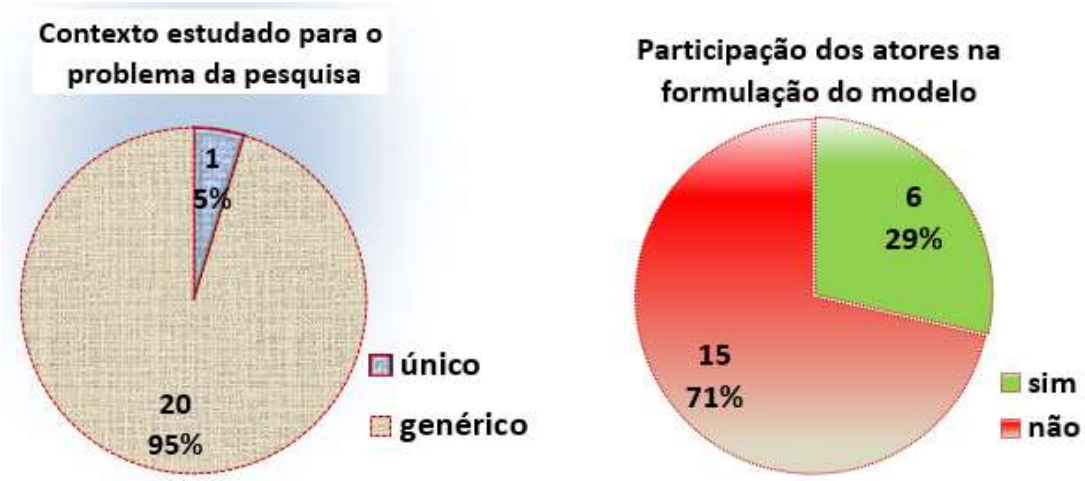
Os atores participantes do contexto do problema não são concebidos em sua singularidade.

Aqui, distingue-se se o modelo propõe ser genérico, cuja aplicabilidade se dá em um ambiente genérico, ou se o modelo é elaborado para uma situação específica para uma organização e considera um decisor específico.

Como resultado desta análise, tem-se a evidência de que apenas 2 dos artigos do PB têm harmonia entre o modelo e a sua utilização, e as demais 19 publicações científicas são incompatíveis no que tange aos objetivos aos quais foram delineados.

É perceptível que 20 publicações foram desenvolvidas para contextos genéricos, porém em uma publicação há a especificidade de atendimento às preocupações de um decisor em específico para uma organização. O Gráfico 20 evidencia este resultado. O Gráfico 20 aborda as características da segunda lente.

Gráfico 20 – O contexto físico dos artigos do PB e a participação dos atores



Fonte: Elaboração do autor (2017)

Pelo fato da maioria das abordagens ser classificada como normativista, tanto os atores quanto o decisor figuraram timidamente na maioria dos 21 artigos do PB.

Dada esta classificação de abordagem, houve supremacia para que 95% dos modelos do PB tivessem classificação como genéricos, em 71% dos artigos não havia a participação dos atores e, por fim, em apenas 29% dos artigos do PB o decisor teve alguma participação, porém acanhada.

4.3.3 Lente 3 – Processo para Identificar

A terceira lente assume o objetivo de realizar uma análise para identificar se a percepção do decisor é considerada para fins de definição e caracterização dos modelos de avaliação de desempenho.

A Lente 3 ainda identifica se é propícia a expansão do conhecimento pelo decisor, ou seja, se há a interação com o decisor na progressão de construção de conhecimento na medida em que se evolui no contexto.

Conforme identificado no Gráfico 21, os critérios caracterizados nos modelos não são inerentes aos decisores, sendo que em 20 artigos o decisor se apresenta como um ser passivo no processo de avaliação de desempenho.

Essa realidade ainda é acanhada, pois, de 04 artigos prescritivistas, apenas em uma das publicações científicas o decisor teve uma participação um pouco mais expressiva.

Gráfico 21 – Participação do decisor na construção de conhecimento e no modelo



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Pelo fato de o decisor ter pouca participação no processo, as preocupações quanto à construção de conhecimentos se torna suportada por um facilitador, que o apoiaria para a aquisição de conhecimentos. Considera-se, ainda, que no âmbito do PB, quando o decisor figura, ele é um ser passivo no processo de construção de conhecimentos.

4.3.4 Lente 4 – Mensuração

A lente mensuração prescreve como foco a verificação quanto à adoção dos critérios da teoria da mensuração.

Tais critérios consistem na mensurabilidade, operacionabilidade, legitimidade, não ambiguidade (ou inteligibilidade) e homogeneidade. (MERLIN et al., 2012).

Conforme apresentado no Gráfico 22, em 02 artigos há a apresentação de escala descritiva e em 2 artigos é utilizada escala nominal.

Gráfico 22 – Evidências de escala descritiva e nominal



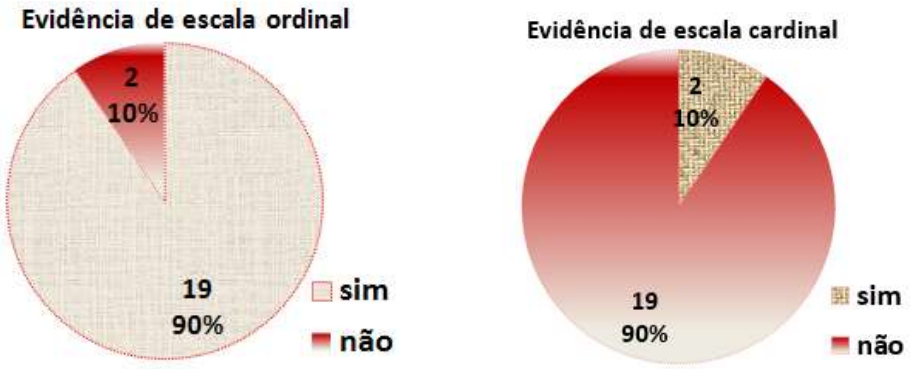
Fonte: Elaboração do autor (2017).

A Lente Mensuração tem como objetivo identificar no âmbito do PB a ampliação de conhecimento acerca do contexto decisório, quais as transformações que ocorrem no processo de conversão do modelo qualitativo em um modelo quantitativo, que é obtido por intermédio da passagem da escala ordinal dos descritores para a escala cardinal.

Por isso, o interesse em caracterizar a forma com que as escalas de mensuração de desempenho estão dispostas no PB. Outrossim, a identificação de especialistas e *stakeholders* na maioria dos 21 artigos do PB demonstrou por parte dos pesquisadores preocupações quanto às incertezas associadas aos propósitos de construção das escalas de mensuração e à mensuração de desempenho.

O Gráfico 23 ilustra e caracteriza a forma com a qual as escalas foram dispostas no âmbito do PB.

Gráfico 23 – Evidências de escalas ordinais e cardinais no âmbito do PB



Fonte: Elaboração do autor, 2017.

No Gráfico 23, somente em 2 artigos do PB foi apontado o uso de escala cardinal para desenvolver o modelo de avaliação de desempenho. Estes artigos estão relacionados da seguinte forma:

i) ERTAY, Tijen; KAHRAMAN, Cengiz; KAYA, Ihsan. Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 19, n. 1, p. 38-62, 2013.

ii) ADHIKARY, Priyabrata; ROY, Pankaj Kr; MAZUMDAR, Asis. *Selection of small hydropower project site: a multi-criteria optimization technique approach*. JEAS (ARPN), v. 10, p. 3280-3285, 2015.

Torna-se de extrema relevância a identificação de escalas cardinais no PB, pois, por meio dela, o decisor possui a compreensão das diferenciações de atratividade em passar de um nível de impacto para outro nível da mesma escala, referida em cada indicador de desempenho.

A identificação de apenas 2 artigos em que esta identificação se consolidou abre uma gama de incertezas de avaliação de desempenho referida aos indicadores formulados aos demais17 artigos.

4.3.5 Lente 5 – Integração

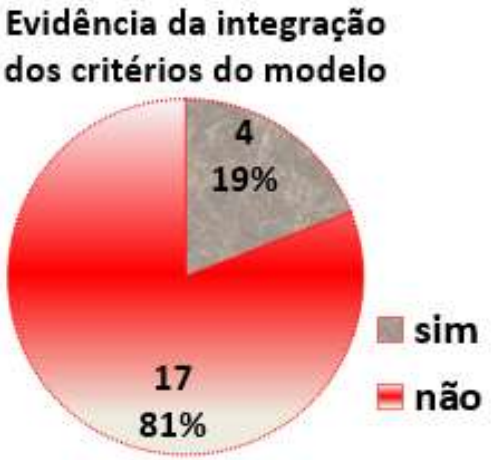
A Lente 5, chamada Integração, tem por objetivo identificar sob o critério de uma visão holística e sistêmica a integração dos indicadores referente aos modelos de avaliação de desempenho aplicados para os 21 artigos do PB.

É importante que haja a necessidade de integração de todas as variáveis (critérios de avaliação de desempenho), que envolvem a avaliação de desempenho, considerando o desempenho como um todo.

Conforme apresentado no Gráfico 24, somente em 04 dos 21 artigos do PB houve o desenvolvimento destas características, no que tange à integração das variáveis sujeitas à avaliação de desempenho.

Cabe salientar que em nenhum dos artigos houve a integração dos indicadores de desempenho graficamente.

Gráfico 24 – Evidências de integração dos indicadores de desempenho sob a visão holística



Fonte: Elaboração do autor (2017).

O objetivo desta Lente 5 é de aplicar diferentes taxas de atratividade entre os critérios passíveis de avaliação, de forma a aplicar pesos diferenciais de atratividade entre os critérios definidos, visando a avaliar o desempenho do modelo desenvolvido como um todo.

A integração dos indicadores de desempenho de um modelo assegura a visão holística da performance como um todo para o modelo.

Existem diferenciais entre os tipos de integração, que vão desde os mais simplificados aos mais sofisticados. É sugerida a utilização de escalas cardinais constituídas com níveis de referência, as quais oportunizam não apenas a integração, mas também gerar conhecimentos quanto ao nível do desempenho atual desempenho (*status quo*).

4.3.6 Lente 6 – Gestão

A sexta lente, Gestão, tem por finalidade verificar se, entre os modelos desenvolvidos neste PB, há possibilidade da caracterização do *status quo* dos objetivos e se estes oportunizam com contribuições quanto às ações de aperfeiçoamento, proporcionando melhorias dos processos na condição em que os indicadores de desempenho não chegaram aos patamares desejados de mensuração.

O Gráfico 25 dispõe e evidencia que, em apenas 03 artigos do PB, foram construídas recomendações para a melhoria de gestão.

Gráfico 25 – Identificação de recomendações de melhorias de gestão no PB



Fonte: Elaboração do autor (2017).

Como objetivo macro de gestão, a aplicação de modelos de avaliação de desempenho em uma organização visa a compreender a situação atual das preocupações de um

gestor, identificando as características do *status quo*, para então proceder em estratégias e ações de melhorias para aqueles indicadores que não geraram os resultados esperados.

Foi realizada uma análise de conteúdo, estruturada por intermédio de seis critérios/lentes, com a proposição de identificar oportunidades, assim como, lacunas de pesquisa ao tema. O primeiro critério, que expressa a harmonia entre a abordagem adotada e a aplicação da metodologia, foi atendido por 6 dos 21 artigos do PB.

Como síntese destas lentes e na intenção de discorrer acerca da filiação teórica, pode-se observar pelo Quadro 25 que na síntese da lente 1 Abordagem, obteve-se a identificação de que, sob uma visão de mundo, explicitada pela Lente 1, houve predomínio da abordagem normativista. Cabe salientar que no Quadro 25 os comentários que seguem respeitam a mesma ordenação com que os artigos do PB foram dispostos no Quadro 5 e Quadro 19.

Há uma parcela dos artigos deste PB que tratam o tema avaliação de desempenho como tema nas usinas hidrelétricas sob a ótica da avaliação de desempenho de uma forma muito técnica, (artigos de número 2, 3, 5, 8, 9, 12, 15, 17,18, 19, 20 e 21), levando ao predomínio da abordagem normativista (artigos 2, 3, 5, 8, 9, 12, 14, 16, 17 e 19) e, de ambientes genéricos, (artigos 7, 10, 15, 16, 20 e 21).

Uma segunda parcela de artigos do PB (artigos de número 1, 4, 5, 6, 7, 11 e 13) tratam a avaliação de desempenho das estratégias energéticas como um todo, expressando as usinas hidrelétricas em um ranking com outras fontes energéticas, surgindo como oportunidades estratégicas de um determinado país, onde os aspectos da manutenção surgem em forma de critério de avaliação de desempenho.

Por fim, tem-se a terceira parcela de artigos, cuja temática é tratar dos aspectos da confiabilidade, implantação e gestão da manutenção de usinas hidrelétricas, no contexto do das turbinas, equipamentos eletromecânicos, reservatório, gerador e engenharia de materiais, onde a manutenção surge em forma de critérios de avaliação de desempenho, no âmbito das energias renováveis (artigos de número 3, 8, 9, 12, 16, 18, 19, 20 e 21).

Destaca-se ainda que não houve neste portfólio bibliográfico nenhuma abordagem construtivista.

Quadro 25 – Afiliação teórica expressa conforme a lente 1

ITEM	AUTOR PRINCIPAL	ANO DE PUBLICAÇÃO	Nº CITAÇÕES	NORMATIVISTA	DESCRITIVISTA	PRESCRITIVISTA	CONSTRUTIVISTA
1	KAHRAMAN	2010	201			X	
2	WILLIAMSON	2014	99	X			
3	JAYASWAL	2008	91	X			
4	UMRAN	2015	90		X		
5	ELBATRAN	2015	63	X			
6	FERREIRA	2013	62		X		
7	STRANTZALI	2016	56			X	
8	YASSAAD	2014	53	X			
9	BORGES	2008	52	X			
10	SUPRIYASILP	2009	46			X	
11	ERTAY	2013	43		X		
12	SOUZA	2008	38	X			
13	SINGH	2016	36			X	
14	KUCUKALI	2011	33	X			
15	ADHIKARY	2012	30		X		
16	WANG	2014	29	X			
17	ADHIKARY	2013	26	X			
18	ÖZCAN	2017	15		X		
19	KIMAR	2015	15	X			
20	ADHIKARY	2015	7		X		
21	ADHIKARY	2014	5		X		
TOTAL				10	7	4	0

Abordagem Normativista

Decisor Universal

Foco na Solução Ótima

Aplicação Genética

Fonte: Elaboração do autor (2017).

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Este capítulo tem por objetivo discorrer acerca do desenvolvimento do modelo de Avaliação de Desempenho para a gestão dos processos de manutenção do Empreendimento Hidrelétrico UHE Passo São João.

5.1 FASE DE ESTRUTURAÇÃO

Na fase que compreende a estruturação da abordagem multicritério, o facilitador desenvolveu junto ao decisor entrevistas semiestruturadas. Nestas oportunidades foram identificadas as preocupações vistas pelo gestor como preocupações na gestão da Usina Hidrelétrica Passo São João, das quais foram assimiladas pelo facilitador.

Ao findar destes encontros, foi exposto ao decisor um apanhado das atividades que constituiriam o presente trabalho. Tais esclarecimentos buscaram estabelecer um acordo, onde uma estrutura semântica seria criada para designar o significado dos níveis de uma escala, em que se pudesse gerar representações numéricas, identificando-se os níveis constituintes destas escalas, onde se estabeleceriam os níveis de desempenho ruim moderado, bom e ótimo. Todos estes elementos iriam ser utilizados durante o processo de construção do mapa cognitivo e na geração dos elementos primários de avaliação (EPAs).

5.2 CARACTERIZAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO

A UHE Passo São João iniciou a sua operação comercial em 21 de março de 2012 e aproveita o potencial hidrelétrico do Rio Ijuí, precisamente na bacia do Rio Uruguai, situada nos municípios de Dezesseis de Novembro/RS e Roque Gonzales/RS.

A Usina dispõe de duas unidades geradoras com turbinas Kaplan de eixo vertical, com potência nominal unitária de 38,5 MW, perfazendo-se um total de até 77 MW.

A barragem, com altura máxima de 21,5 metros e cota de crista na ordem de 131,5 metros, é do tipo enrocamento, com comprimento total na ordem de 728 metros, contando com o vertedouro.

As turbinas Kaplan giram em uma rotação síncrona na ordem de 138,46 RPM, com rendimento máximo na ordem de 94,3%, sendo que os dois geradores síncronos geram energia a uma tensão nominal de 13,8 kV, com Fator de Potência a 0,9.

A subestação situada próxima da UHPJ converte o nível de tensão de 13,8 kV para 69 kV, onde conecta o sistema elétrico por intermédio de uma Linha de transmissão (LT) de 33 quilômetros de comprimento, conectando-se à Subestação Missões, pertencente à Empresa Rio Grande Energia (RGE), distribuidora de energia elétrica da região norte-nordeste do Estado do Rio Grande do Sul.

A energia proveniente da Usina Hidrelétrica Passo São João - UHPJ atende ao mercado regulado de energia elétrica e a sua produção energética é capaz de suprir a demanda de consumo de aproximadamente 580 mil habitantes.

UHE Passo São João é uma Usina a fio d'água (turbina que é movimentada somente com a vazão do Rio, não necessitando de uma queda), com barragem de seção típica de solo que utiliza um canal de adução para aproveitar a queda natural do rio.

Possui vertedouro controlado por 6 comportas e um reservatório com 2.524ha de área inundada, em seu nível máximo, cuja função é manter o desnível necessário para a geração de energia.

Para otimizar e adaptar o estudo de viabilidade, a Eletrosul realizou uma série de estudos complementares de topografia e geologia na região do empreendimento. Esses estudos levaram às seguintes modificações de projeto em relação ao estudo de viabilidade inicial:

• Adoção de duas unidades geradoras de 38,5 MW de potência nominal unitária, mantendo-se a potência original sem perda de energia;

• Locação do vertedouro na margem direita rio, com 6 comportas de 13 m por 18,35 m de altura, para facilitar o planejamento construtivo do empreendimento;

• Barragem no leito do rio e diques de fechamento da casa de força optando-se pelo enrocamento com núcleo de argila, para melhor o aproveitamento do balanceamento dos materiais de construção;

• Retificação do nível de água de montante do reservatório para 128,35 m e de jusante para 99,30 m, sem alterar a queda natural existente, em função de diferenças na referência topográfica altimétrica encontradas no novo levantamento topográfico.

A Figura 22 ilustra a estrutura da Usina Hidrelétrica Passo São João, identificando a casa de força, vertedouro e demais componentes constitutivos da UHPJ.

Figura 22 – Componentes constitutivos da Usina Hidrelétrica Passo São João



Fonte: Eletrosul (2016).

O vertedouro foi construído na margem direita, sendo do tipo “ogiva baixa”, com controle exercido por meio de seis comportas tipo segmento de 13 m de largura por 18,35 m de altura, projetado para escoar a vazão decamilenar Q10.000 = 11.570 m³/s, com o reservatório no nível d’água máximo normal, sem sobrelevação.

O canal de fuga, por onde a água retorna ao curso do rio, e que passa pela casa de força e vai até a calha do Ijuí, tem 440 m de comprimento.

A Usina Hidrelétrica Passo São João conta ainda com 6 comportas do tipo segmento e uma comporta basculante* (flap), anexa à comporta segmento Nº 3, conforme ilustrado pela Figura 23.

Figura 23 – Comportas da Usina Hidrelétrica Passo São João



Fonte: Eletrosul (2016).

A UHPJ, em atendimento à legislação e ao órgão ambiental, conta com uma vazão sanitária de 262,10 m³/s.

Conforme disposto em estudos energéticos, a UHPJ conta com uma energia firme na ordem de 41,8 MWh/h, onde foi computado respectivamente como queda bruta e queda líquida 29,5 metros e 26 metros.

Atualmente a UHPJ conta com o seguinte corpo técnico:

- 04 técnicos em mecânica industrial;
- 03 técnicos em eletrotécnica;
- 01 técnico em construção civil;
- 01 técnico ambiental;
- 01 técnico em eletrotécnica para apoio à operação e
- 01 engenheiro eletricista.

5.2.1 Caracterização das Competências de Manutenção da Geração

Atualmente, gestão das manutenções periódicas e da administração geral das usinas hidroelétricas corporativas, tais como a Usina Hidroelétrica Passo São João, cabe à Unidade Regional de Manutenção Oeste, da qual possui a liberdade de adquirir serviços e equipamentos para a gestão do referido Empreendimento.

No entanto, os estudos de engenharia, os estudos e programações das manutenções periódicas e aperiódicas são desenvolvidos na Sede da Eletrosul, em Florianópolis, sendo que as unidades regionais e a Sede vivem diferentes sistemas culturais e adotam valores com diferentes contextos.

A Empresa ainda passou por um longo período, em que a cultura da geração demorou a ser fixada, inclusive no que tange às premissas de procedimentos e de paradas de operação para fins de cumprimento dos processos das manutenções de ordem corretiva e preventiva.

Esta lacuna fez com que muitos procedimentos de manutenções preventivas periódicas e aperiódicas tivessem postergações em referência aos prazos pré-fixados e no período estimado.

Sob estas lacunas, se fez importante avaliar e mensurar os procedimentos de gestão das Usinas Hidroelétricas da Eletrosul, com os quais os gestores entendem a sua relevância, pois no atual cenário, ser competitivo e ter performance são concebidos como fatores cruciais para as Estatais do setor elétrico brasileiro.

Associado aos fatores ligados ao processo de manutenção, toda a programação de intervenção deve ser antecipadamente planejada, compondo-se componentes sobressalentes, insumos e procedimentos de segurança, isso devido à complexa interação entre os elementos de cunho elétrico, mecânico e civil, que concernem à manutenção.

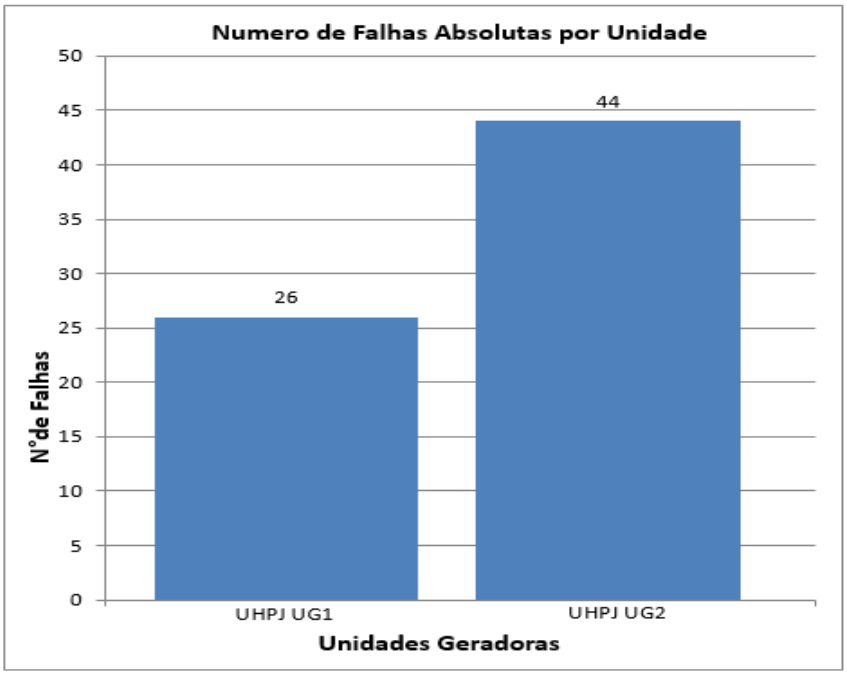
5.2.2 Contextualização, Atores e Rótulo do Problema

O trabalho foi constituído inicialmente, aspirando avaliar o problema da gestão de manutenção de uma usina hidrelétrica, pertencente à Eletrosul, cujo objetivo é de manter a máxima disponibilidade de geração de energia elétrica, operando com segurança e na potência nominal, fornecendo energia elétrica para o mercado cativo de energia elétrica.

Com objetivos de manter a disponibilidade, as falhas precisam ser averiguadas pelos sistemas que acompanham remotamente a operação da usina hidroelétrica. Os registros que constatam falhas momentâneas ou permanentes devem ser fornecidos às equipes de engenharia de manutenção de usinas hidroelétricas.

Em especial para o ano de 2016, o número de falhas absolutas por unidade geradora foi ilustrado no Gráfico 26.

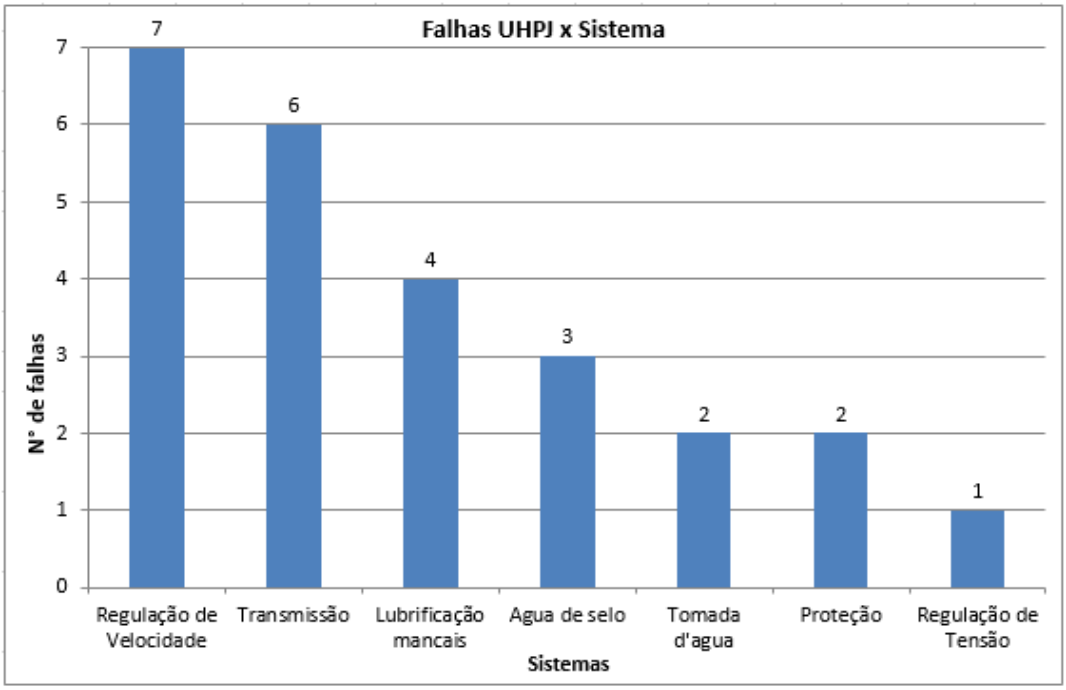
Gráfico 26 – Número de falhas absolutas por unidade geradora



Fonte: Eletrosul Centrais Elétricas S.A, 2017.

O Gráfico 27 expressa ainda em 2016 o número de falhas por sistema instalado na Usina Hidroelétrica Passo São João.

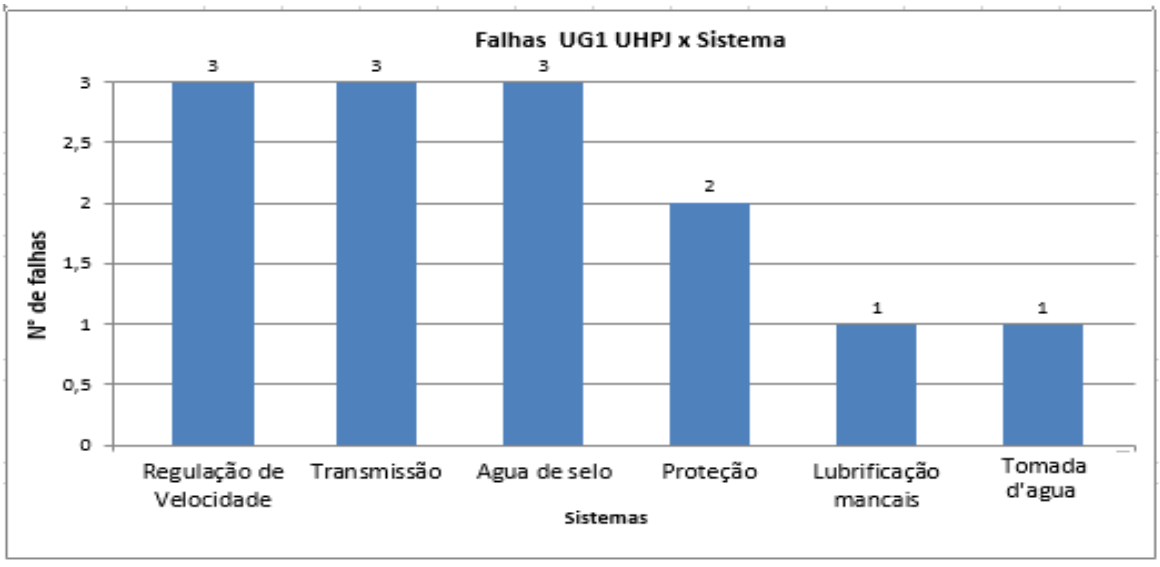
Gráfico 27 – Número de falhas por sistema para a UHPJ em 2016



Fonte: Eletrosul Centrais Elétricas S.A, 2017.

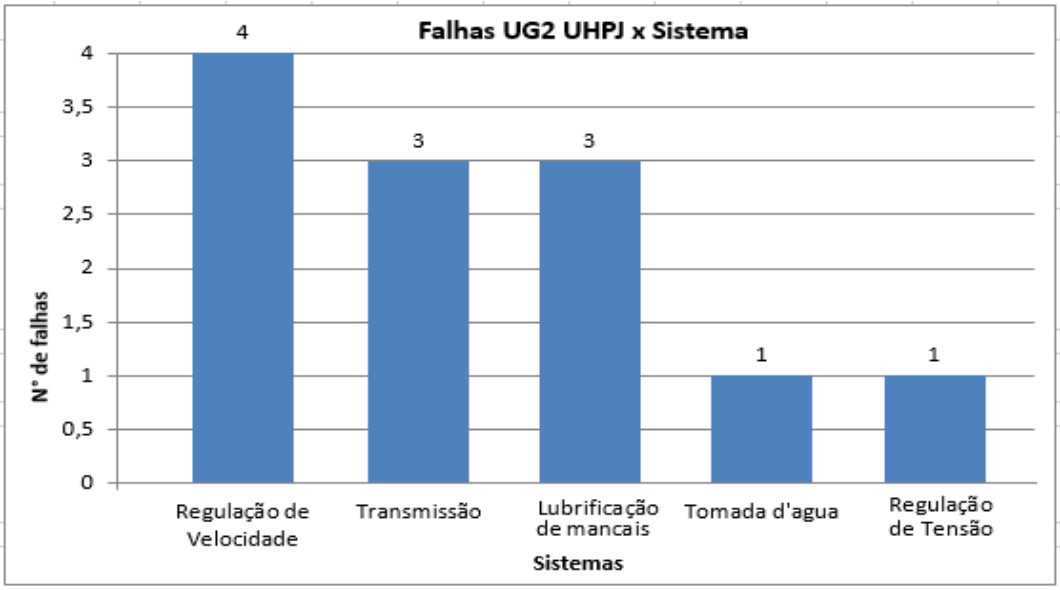
Respectivamente, o Gráfico 28 e o Gráfico 29 abordam o número de falhas por sistemas em 2016, pela unidade geradora 1 (UG1) e unidade geradora 2 (UG2).

Gráfico 28 – Número de falhas por sistema, referida à unidade UG1 para a UHPJ em 2016



Fonte: Eletrosul Centrais Elétricas S.A, 2017.

Gráfico 29 – Número de falhas por sistema, referida à unidade UG2 para a UHPJ em 2016



Fonte: Eletrosul Centrais Elétricas S.A, 2017.

Identificou-se ao longo de 2016 e 2017 reincidências de falhas em diversos sistemas da Usina Hidrelétrica Passo São João (UHPJ), com os quais canalizam a atenção aos procedimentos de programação de intervenções, manutenção preventiva e corretiva para a UHPJ.

O modelo, segundo os valores e percepções do decisor (Gerente do Departamento de Manutenção da Eletrosul), que responde igualmente pelo Empreendimento UHJE Passo São João, mostrou-se preocupado pelas atividades de manutenção e com a maximização das Horas de Serviço operacional da UH, (HS).

No que tange as Horas de Desligamento Programado (HDP), destinadas às manutenções preventivas, há o intuito de condensar as atividades anuais de manutenção para minimizar tal indicador.

O interesse em prover as manutenções preventivas objetiva a redução das manutenções corretivas e com isso reduzir as Horas de Desligamento Forçados (HDF), decorrentes das intervenções em caráter de emergência e que são necessárias para a UH voltar a operar.

Sob a condição de diálogo entre o facilitador e o decisor, abordou-se a periodicidade dos processos de manutenção preventiva, a forma com que a engenharia de manutenção provesse seu apoio às unidades regionais da Eletrosul e as programações de atendimento aos

Pedidos de serviços Periódicos (PSPs), dos quais formalizam as demandas de manutenção na UHPJ.

Ainda para apoiar o decisor no atendimento aos quesitos de ordem ambiental, durante o diálogo verificou-se que qualquer tipo de fragilidade das vedações, quer por período de operação ou pelo desgaste e reação com lubrificantes. Tal situação, se consolidada, colocaria a UHPJ pela condição de propiciar vazamento de óleo lubrificante para o Rio Ijuí, o que justifica as inspeções e programa de manutenções preventivas.

Outros fatores tais quais a efetivação dos aspectos de segurança, quanto ao cumprimento da legislação exigem uma periodicidade de treinamentos para qualificar o profissional quanto ao trabalho seguro. Por esta caracterização, é requisitado o treinamento para que o profissional possa atuar em ambiente energizado (NR-10), ambiente confinado (NR-33) e em atuação em altura (NR-35), consolidadas como uma preocupação no ambiente organizacional.

Ainda sob o aspecto da segurança, identificou-se a necessidade de manter Equipamentos de Proteção Individual – EPI em estoque, onde uma preocupação foi de fato a utilização destes equipamentos, como uma cultura a ser assimilada pelo corpo técnico da UHPJ.

Diversas preocupações acerca dos transitórios e anormalidades oriunda de transitórios elétricos e mecânicos, foram um tema constante do decisor como algo relevante para a UH.

As questões ligadas aos óleos lubrificantes para a devida lubrificação de mancais, com pressão, temperatura e fluidez compatíveis com o projeto são extremamente importantes para o devido funcionamento das máquinas girantes.

Neste processo de manutenção, onde envolve uma gama de profissionais das mais diversas áreas de manutenção de usinas hidrelétricas, foram identificados vários intervenientes.

Dentre os intervenientes tem-se o corpo técnico atuante na UH diariamente, que em sua maioria é formado por técnicos em eletrotécnica, técnico em mecânica, técnicos de construção civil e operadores.

Na engenharia de manutenção, está configurada uma outra classe de intervenientes, com os quais desenvolvem os roteiros de manutenção, prescrevem a periodicidade com que as manutenções preventivas (Pedido de Serviço Periódico – PSP) devem ocorrer, além de emitirem os Pedidos de Serviço Aperiódicos – PSA, para um estudo apropriado a uma ocorrência que depende de avaliações mais detalhadas.

Este corpo especializado (engenharia de manutenção), cujo objetivo é de prestar apoio aos profissionais da usina, atua na Sede da Empresa. Especificamente, este grupo de

profissionais atua na Divisão de Engenharia de Manutenção da Geração – DEMG, onde está caracterizada uma outra classe de intervenientes, que são os engenheiros eletricistas, engenheiros civis e engenheiros mecânicos.

Diante destas características e do interesse da avaliação de desempenho, proveu-se a identificação dos atores envolvidos, daqueles que detinham o poder da decisão, dos intervenientes (detentores de escolhas e de preferências, dos quais desenvolvem influências sobre as decisões de um ou grupo de gestores) no processo e dos agidos (todo aquele que está sendo, de alguma forma, impactado pela construção do modelo) para melhor compor o subsistema em destaque. Para ilustrar a quantidade de atores envolvidos no processo, tem-se o Quadro 26.

Quadro 26 – Os atores envolvidos no processo de manutenção da UHE Passo São João

Stakeholders	**Decisor**	Gerente da Manutenção
	Intervenientes	Agente de regulação Agente de operação Técnicos de manutenção Corpo técnico de engenharia
	Facilitador	Wladimir Vieira (mestrando)
Agidos		Indústrias Comércio Consumidores urbanos Consumidores rurais

Fonte: Elaboração do autor (2017)

Com a evolução dos procedimentos entre o decisor e o facilitador, por intermédio da interação entre facilitadores e o decisor, constituiu-se um rótulo, com o qual sintetiza as principais preocupações do decisor, tomando-se a referência do problema apresentado.

Com a necessidade de retornar a uma cultura consistente na gestão de empreendimentos de geração hidráulica, o Rótulo composto para o estudo de caso foi constituído da seguinte forma: Avaliação de desempenho para a Gestão de Manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João, sob Concessão da Eletrosul.

5.2.3 Elementos Primários de Avaliação, Configuração dos Conceitos e Áreas de Preocupação

Foram desenvolvidas entrevistas abertas com o decisor, de forma a compreender seus anseios, compreensão da cultura organizacional e dos valores concebidos para a estruturação do modelo.

Solicitou-se ao decisor dispor suas ideias e o problema no contexto da ótica de avaliação de desempenho, em que este julga crucial para a gestão da Usina Hidroelétrica Passo São João e para manter a disponibilidade de geração deste Empreendimento.

Foi explicitada desde o primeiro momento a necessidade de transformar as preocupações da organização em uma forma estruturada.

Com este intuito, o Elemento Primário de Avaliação foi direcionado à ação (polo presente), ou melhor, à direção de preferência do decisor; sequencialmente, estabeleceu-se o seu polo oposto psicológico, do qual reflete ao desempenho mínimo, em que o decisor tenta evitar, cuja representação se dá pelas reticências (...) cuja representação deve ser interpretada como “ao invés de” (ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000; ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Com estes propósitos, foram detectados e constituídos neste contexto os Elementos Primários de Avaliação (EPAs), que traduzem as preocupações, propriedades e caracterização que o decisor pressupõe interferir nos valores e características adquiridas por ele na organização.

Ao longo das entrevistas um número expressivo de EPAs foi estruturado, além de outros EPAs que surgiram nesta interação, associados aos EPAs já constituídos.

Ao todo foram identificados 80 EPAs, dos quais 10 EPAs estão dispostos no Quadro 27:

Quadro 27 – Formulação dos Elementos Primários de Avaliação (EPAs)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
01	Índices de disponibilidade de geração	Garantir que os índices de indisponibilidade da usina estejam atendendo os planos de manutenções periódicos anuais	...	Extrapolar o número de horas indisponíveis planejadas e receber sanções do órgão regulador	Disponibilidade de Geração
02	Operação dos mancais em conformidade ao projeto	Assegurar que os mancais operem com as características preconizadas pelos fabricantes	...	Ter desgastes e dano severo no mancal com indisponibilidade	Gestão Estratégica Mecânica
03	Funcionamento dos geradores em conformidade ao preconizado pelo fabricante	Assegurar o pleno funcionamento dos geradores	...	Deixar de cumprir os PSPs e PSAs e provocar indisponibilidades por pane nos geradores	Gestão Estratégica Elétrica
04	o Índice de Disponibilidade de Geração (DISPGR) formulado pela Eletrobrás	Garantir que o Índice de Disponibilidade de Geração (DISPGR), criado pela Eletrobrás para avaliar o desempenho da geração, chegue à unidade	...	Ignorar as programações de manutenção preventiva, ter panes e exceder prazos de indisponibilidade para o exercício	Disponibilidade de Geração
05	Dados do Plano de Segurança de barragens	Executar a leitura dos dados referentes ao plano de segurança de barragens	...	Ter prejuízos e sanções criminais na eventualidade de danos à barragem	Gestão Estratégica Civil
06	isolação das bobinas dos geradores	Assegurar que seja monitorado o nível de desgaste da isolação das bobinas dos geradores	...	Deixar de cumprir os ensaios de envelhecimento da isolação de bobinas e incorrer em curto circuito provocando indisponibilidades por pane nos geradores	Gestão Estratégica Elétrica
07	manutenção corretiva da usina	Gerenciar os processos de manutenção corretiva da usina	...	Extrapolar o número de horas indisponíveis para manutenções corretivas da usina e receber sanções do órgão regulador	Disponibilidade de Geração
08	Proteção contra transitórios nos geradores	Assegurar que ocorra a atuação da proteção elétrica para a condição de transitórios elétricos nas bobinas dos geradores	...	Deixar de cumprir os ensaios de envelhecimento da isolação de bobinas e incorrer em curto circuito	Gestão Estratégica Elétrica
09	horas anuais em serviço (HS) da usina	Garantir que o número de horas anuais em serviço (HS) da usina esteja em acordo ao programado	...	Exceder aos prazos de execução das manutenções preventivas e corretivas e incorrer em panes com longos períodos de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
10	operação dos diversos sistemas mecânicos da usina	Garantir a plena operação dos diversos sistemas mecânicos da usina	...	Negligenciar o mal funcionamento de sistemas mecânicos da usina e gerar acidentes	Gestão e Estratégia Mecânica

Fonte: Elaboração do autor (2017).

Conforme o Quadro 27, para o avanço da metodologia MCDA é sugerida a ampliação da compreensão destes elementos que geraram o interesse do decisor (os demais EPAs Mapas construídos para este modelo podem ser consultados no Apêndice A).

Neste momento se faz necessário compreender o grau mínimo de aceitação do objetivo implícito, ou seja, caso o EPA não seja atendido, qual a implicação que ele representa no contexto da gestão da usina hidroelétrica.

A partir desta analogia compõem-se o polo psicológico oposto para cada EPA elaborado (polo presente).

Assim, os EPAs são constituídos pelo polo presente, onde as reticências (...) indicam que o polo presente é preferível, ao invés de ser considerada a existência ou ocorrência de uma situação adversa.

Uma vez considerado não ter se configurado o polo presente, dando-se margem ao acontecimento do polo psicológico oposto, este surge como uma consequência de uma lacuna ou consequência ocorrida na inexecução de uma ação.

Estão destacados abaixo a estrutura do EPA, o polo presente e o polo oposto na estrutura concebida.

A partir dos EPAs, os conceitos são desenvolvidos de forma a representar as preocupações do decisor, que compreendem os conceitos e estratégias inerentes a estes EPAs.

Estas percepções da estratégia e das preocupações intrínsecas nos valores formulados pelo decisor constituem as áreas de preocupação, com as quais são reunidos os conceitos que caracterizam seus valores e a cultura da organização (BANA e COSTA et al., 1999; ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000).

Como pode ser observado, o Quadro 22 apresentou uma relação de 10 EPAs, dos quais foram colocados em agrupamento, cuja a apresentação permitiu a construção de conceitos relacionados aos respectivos conceitos.

Dada a similaridade de alguns conceitos, possibilitou-se o agrupamento destes em áreas de preocupação denominadas Pontos de Vista Fundamental (PVFs). Dos Pontos de Vistas Fundamentais (PVFs), tem-se a formação das áreas de interesse, ou áreas de preocupação, das quais constituirão a formação do objetivo global de um processo decisório (BANA e COSTA, 1993).

Consoante Bana e Costa (1993), uma vez que o conjunto de todos os pontos de vista fundamentais (PVFs) definidos obedecem às propriedades exigidas da consensualidade, operacionalidade, Inteligibilidade e isolabilidade, assumem então a denominação de família de pontos de vista fundamentais.

A Figura 24 expressa a estrutura arborescente dos Pontos de Vista Fundamentais, dos quais expressam as áreas de interesse manifestadas pelo decisor.

Figura 24 – Família de Pontos de Vista Fundamentais



Fonte: Elaboração do autor (2018).

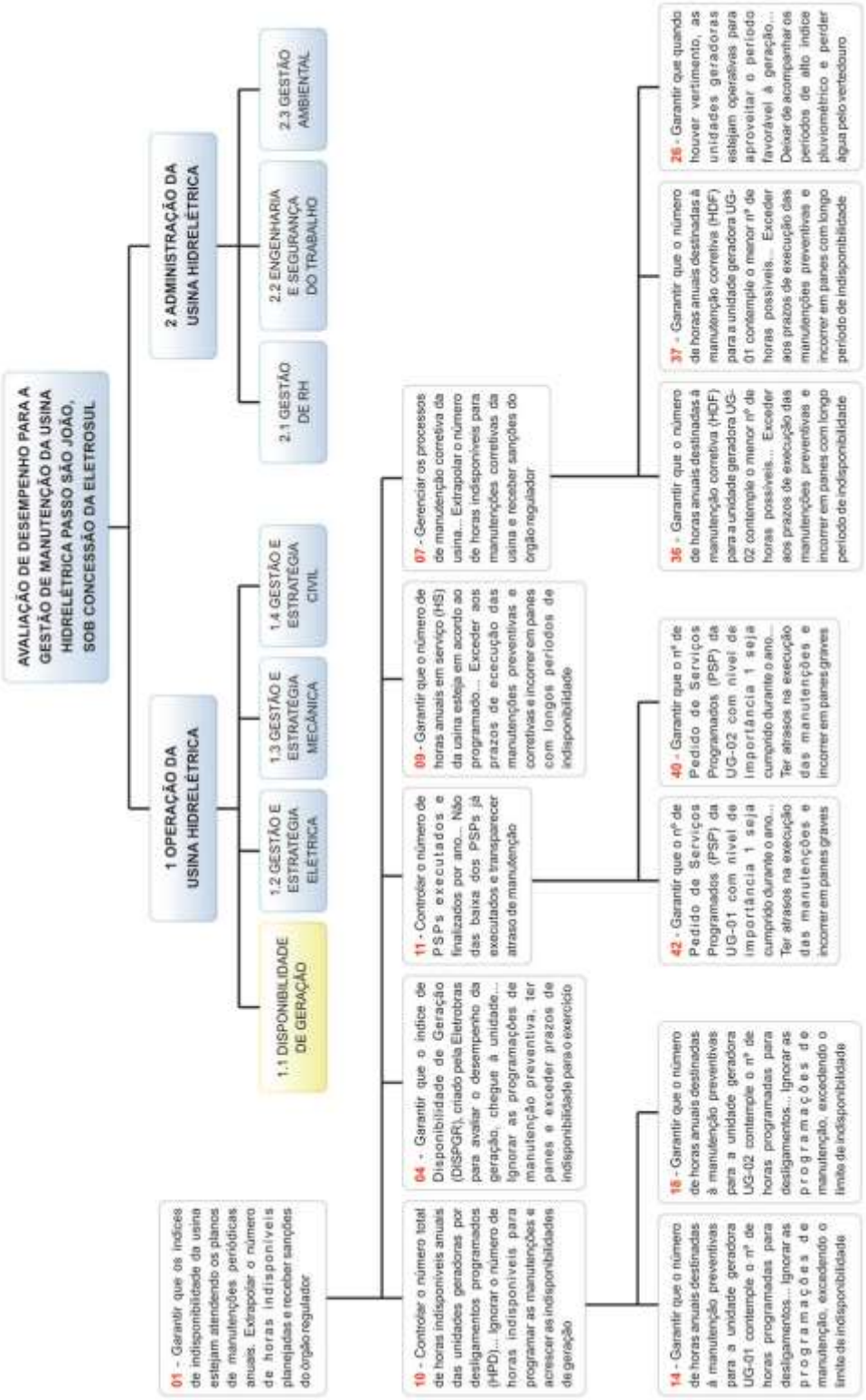
A nomenclatura do quadro disposto abaixo constitui uma reflexão do contexto de preocupações do decisor, quando dispõe os conceitos por áreas de preocupação.

Devido a correlação ou similaridades entre alguns conceitos, tornou-se factível promover o agrupamento destes EPAs em sete áreas de preocupação, denominadas Pontos de Vista Fundamentais (PVFs): ‘Disponibilidade de Geração’; ‘Gestão e Estratégia Elétrica’; ‘Gestão e Estratégia Mecânica’; ‘Gestão e Estratégia Civil’; ‘Gestão de RH’; ‘Engenharia e segurança do trabalho’ e ‘Gestão Ambiental’.

A partir da identificação das Áreas de Preocupação, iniciou-se o trabalho de construção de Mapas Cognitivos, dos quais foram constituídos por intermédio da organização e hierarquização dos conceitos e suas relações de influência (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001; ENSSLIN et al., 2010).

A Figura 25 ilustra o Mapa Cognitivo construído para o PVF ‘Disponibilidade de Geração’ (os Mapas construídos para os demais PVFs podem ser consultados no Apêndice D).

Figura 25 – Mapa cognitivo do PVF ‘Disponibilidade de Geração’



Fonte: Elaboração do autor (2018).

A partir da construção dos Mapas Cognitivos, tornou-se exequível a identificação dos conceitos que apresentavam semelhança ou correlação e que compuseram as áreas de preocupação do decisor.

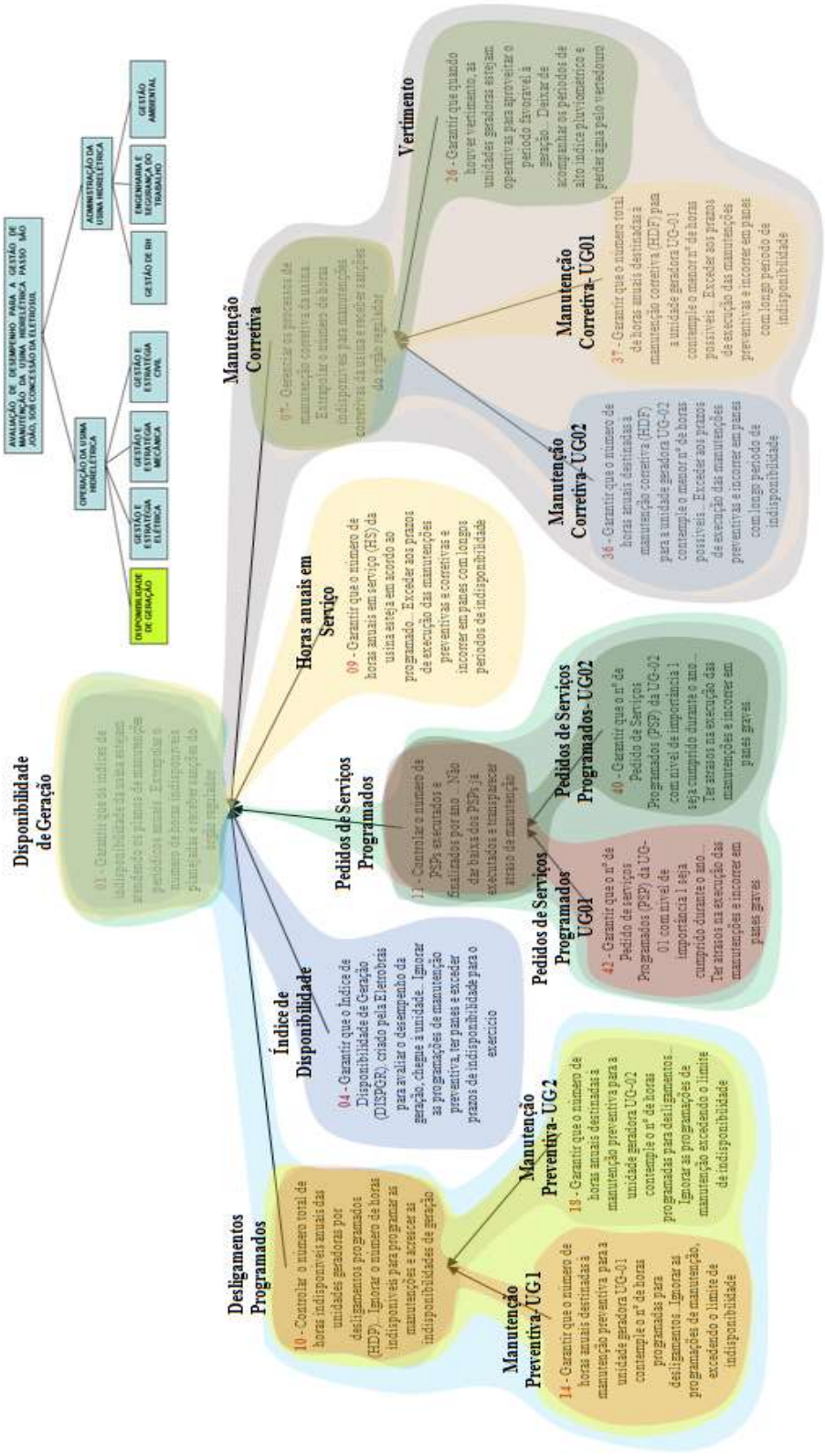
A partir desta evolução, com objetivos de facilitar a análise, houve a divisão dos Mapas Cognitivos em mapas menores, compondo-se assim os *clusters e subcluster*, conforme apresentado na Figura 25.

A designação dada a cada um dos mapas cognitivos é um resultado das preocupações e do interesse do decisor acerca do objetivo contido por cada ramo (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001; ENSSLIN et al., 2010).

Posteriormente à construção e identificação dos *clusters*, a etapa seguinte consiste em transpor os *clusters* para a Estrutura Hierárquica de Valor (EHV), conforme apresentado na Figura 26.

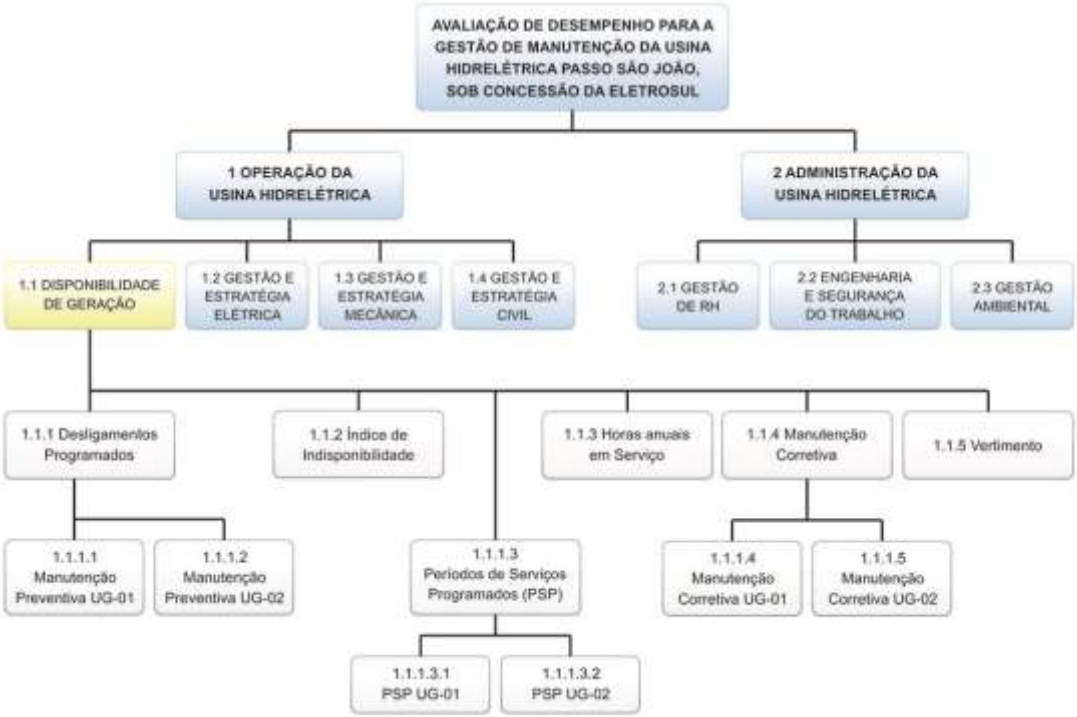
Referindo-se aos clusters e subclusters dos demais PVFs, estes podem ser visualizados no Apêndice C.

Figura 26 – Clusters e subclusters do PVF ‘Disponibilidade de Geração’



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Figura 27 - Estrutura Hierárquica de Valor (EHV) referente ao PVF Disponibilidade de Geração



Fonte: Elaboração do autor (2018).

A conclusão das EHVs, a próxima etapa a ser desenvolvida diz respeito a elaboração dos descritores.

Cabe destacar que a EHV para os demais PVFs pode ser verificada no Apêndice D.

5.2.4 A Construção dos Descritores para o Modelo

Nesta etapa, o passo inicial a ser dado para a elaboração dos descritores remete ao diálogo com o decisor para a construção e definição das escalas ordinais para mensurar cada um dos Pontos de Vista Elementar. Há de ser respeitada toda a fundamentação postulada pela Teoria da Mensuração, no que tange aos princípios da legitimidade e validação, conforme destacado por Micheli e Mari (2014).

As características de validade e legitimidade expressas por Micheli e Mari (2014), relevantes para a avaliação de desempenho, não refletem o quantitativo de publicações que abordam os métodos e modelagens de avaliação de desempenho.

A característica de legitimidade, conforme preconizam Micheli e Mari (2014), se mostra presente pela exigência da exatidão, precisão e objetividade. No que tange a validade, esta é explicitada pela identificação do tipo de operação desenvolvida pelas escalas, confrontando-se aos graus de liberdade que são admitidos pela referida escala.

A legitimidade, característica referida aos preceitos da objetividade, exatidão e precisão, é instrumentalizada pela obediência a seis propriedades (KEENEY, 1992).

No que tange a estas seis propriedades (abrangência, singularidade, identificação dos objetivos, mensuração, integração e gestão e aprendizado), foram utilizadas pelo decisor com o intuito de efetivar testes para todos os descritores, assegurando-se o acolhimento do fundamento da legitimidade (MICHELI; MARI, 2014).

Cabe colocar que para conceber-se um critério de avaliação de desempenho, dois elementos essenciais são requeridos. Inicialmente é requerido um descritor, do qual cabe a este a representatividade das preocupações do decisor, ao mensurar uma determinada dimensão, dentre os aspectos considerados em alerta ou preocupantes pela organização.

Como segundo elemento constitutivo de um critério de avaliação, tem-se a função de valor, com a qual proverá a percepção e representatividade gráfica das diferenças de atratividade dentre os níveis de impactos ordenados em termos de preferência, conforme a concepção dos sistemas de valores do decisor.

Quanto ao princípio da validação, dentro das concepções firmadas por Micheli e Mari (2014), tal princípio é atendido pela obediência das operações a serem desenvolvidas, tanto com os indicadores, quanto ao grau de informação contida nestas escalas, conforme proposições de Stevens (1946).

A partir destes entendimentos, a validação do modelo atendeu aos propósitos a que se destinava, respeitando-se aos limites colocados para os testes estatísticos, possíveis de serem executados com as escalas (STEVENS, 1946).

No que consiste ao princípio da legitimação e as suas propriedades constituintes, preconizadas por Keeney (1992), assim como das propriedades intrínsecas ao princípio da validação, edificadas por Stevens (1946), estas fundamentaram ao decisor na validação dos descritores estabelecidos.

Para a validação do modelo, todos os descritores do modelo necessitam ser submetidos a testes e desse modo, assegurar a legitimidade e validação do modelo.

Uma vez definidas as escalas para o modelo proposto, com os objetivos de oportunizar um processo comparativo entre os descritores, foi necessário que o decisor estipulasse individualmente níveis de Excelência, nível Bom e nível Neutro.

Esses níveis preconizam três circunstâncias: se superior ao nível Bom, estipula-se que o desempenho é de excelência, além das expectativas do decisor.

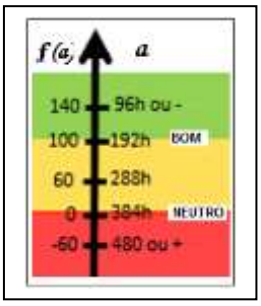
Se aquém do nível Neutro, o indicativo de desempenho é dito comprometedor, ou seja, abaixo das expectativas imaginadas pelo decisor.

Na situação em que a avaliação seja entre os níveis Neutro e Bom, há o indicativo de que o desempenho esteja delimitado dentro dos valores esperados (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

No Quadro 28 há a demonstração do descritor construído para o PVE 1.1.1.1, designado como Desligamentos programados na unidade geradora 01 (UG-01), derivado hierarquicamente do PVE 1.1.1, Desligamentos Programados, oriundo do PVF 1.1 Disponibilidade de Geração. O PVE 1.1.1.1 Desligamentos programados na unidade geradora 01 (UG-01), como a própria designação indica, tem o propósito de mensurar o número de horas indisponíveis por ocasião das intervenções de manutenção preventiva na unidade geradora 01 (UG-01) executadas no prazo de um ano.

Quadro 28 – PVE 1.1.1.3.1 designado pelo número Pedido de serviços Programados para a unidade geradora 01 (UG-01) em um ano

NÍVEL DE IMPACTO (PREFERÊNCIA)	ÂNCORA	DESCRIÇÃO
N5		Indisponibilidade anual de até 96 horas
N4	BOM	Indisponibilidade anual de até 192 horas
N3		Indisponibilidade anual de até 288 horas
N2	NEUTRO	Indisponibilidade anual de até 384 horas
N1		Indisponibilidade anual de até 480 horas



Fonte: Elaboração do autor (2018).

A Fase de Avaliação tem como proposição inicial a determinação de escalas cardinais locais, por intermédio da construção das funções de valor vinculadas individualmente a cada um dos descritores do modelo (escalas ordinais).

Para este trabalho de pesquisa, esse processo foi desenvolvido com o auxílio do software Macbeth (BANA E COSTA; VANSNICK, 1997). Para tal procede-se na definição dos níveis de referência para cada descritor (BANA E COSTA; SILVA, 1994), dos quais são reputados como níveis-âncora (Bom e Neutro).

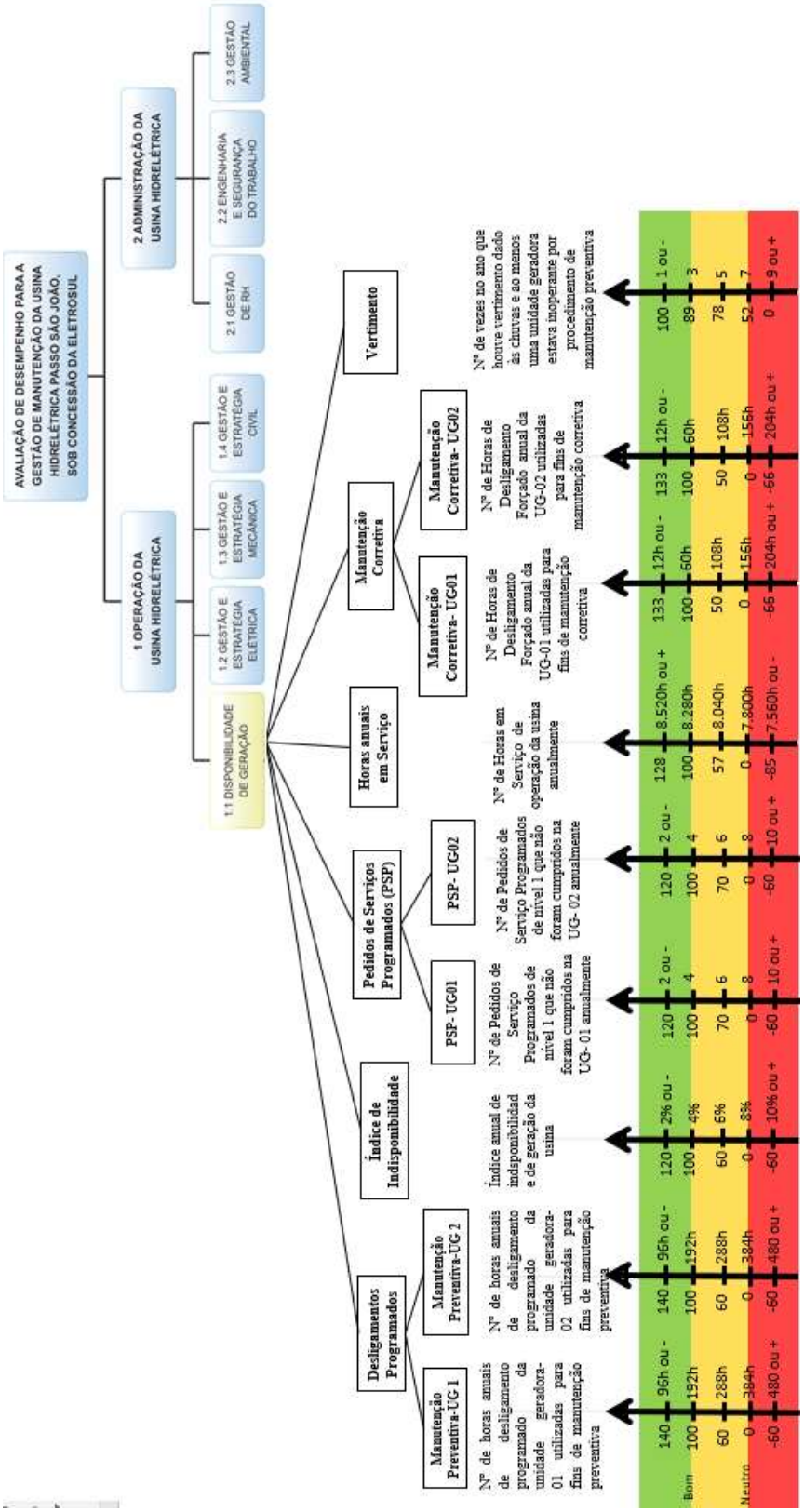
Tais níveis dispostos nas escalas têm o objetivo de informar as faixas limítrofes, cujo intervalo interno (entre Bom e Neutro) são considerados níveis de impacto considerados de nível de mercado.

Considera-se como nível comprometedor os valores de escala abaixo do Neutro; assim como o nível de excelência, do qual se caracteriza por esta em posição superior ao nível Bom da escala.

A etapa que consistem na Construção dos Descritores visa como objetivo a elaboração de escalas ordinais que permitirão avaliar o desempenho através da mensuração das propriedades do contexto que visam a operacionalização dos objetivos estratégicos.

Assim, foram elaboradas individualmente as escalas para cada um dos Pontos de Vista Elementar (PVE) da Estrutura Hierárquica de Valor EHV, em conformidade ao ilustrado pela Figura 28. Nesta fase de construção dos Descritores, são operacionalizadas escalas ordinais, em que a associação destas com as respectivas funções de valor, trarão como resultado as escalas cardinais. Os Descritores, associados às respectivas escalas cardinais, foram constituídos aos demais PVFs, das quais podem ser consultados no Apêndice E.

Figura 28 - Descritores desenvolvidos para o PVF Disponibilidade de Geração



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Findada a ancoragem, torna-se relevante identificar o diferencial de atratividade entre os níveis da escala (percepção da perda de atratividade na passagem de um nível do descritor para outro determinado anteriormente).

Para a diferença de atratividade entre os níveis de escala utiliza-se o método do julgamento semântico, por intermédio de comparações par-a-par, a partir da utilização do software Macbeth (BANA E COSTA, STEWART, VANSNICK, 1995).

Uma vez finalizada a elaboração das escalas do modelo, o passo subsequente consiste no desenvolvimento da análise de independência, conforme desenvolvido na seção seguinte.

5.3 FASE DE AVALIAÇÃO

A metodologia MCDA recorre aos modelos de Agregação Aditiva que se utilizam de modelos compensatórios compostos por intermédio da soma de critérios para fins de mensuração da performance.

Partindo deste pressuposto, é necessário que seja assegurado que as taxas de compensação se mantenham constantes, cuja condicionante reside na necessidade de que os respectivos Ponto de Vista sejam caracterizados em preferência, mutuamente independentes (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

5.3.1 Análise de Independência dos Descritores

No âmbito da metodologia MCDA, a utilização de modelos de Agregação Aditiva é classificada como uma metodologia de um critério de síntese singular, uma vez que a metodologia tem como filosofia integrar vários critérios em um critério síntese, para fins de mensuração de performance.

Com este objetivo, para certificar-se de que as taxas de compensação se mantenham constantes, é primordial que os respectivos Ponto de Vista sejam de preferência, mutuamente independentes (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Para garantir esta condição, um Ponto de Vista assume em preferência a condição de independência ordinal e cardinal dos demais Pontos de Vista, se a sua intensidade de preferência para uma dada ação, ao passar do nível de referência inferior da escala (Neutro) para um outro nível superior (Bom) para este Ponto de Vista, não ter dependência de

performance dos demais Pontos de Vista, na situação em que ocorram variações entre o Bom (referência superior) e o Neutro (referência inferior).

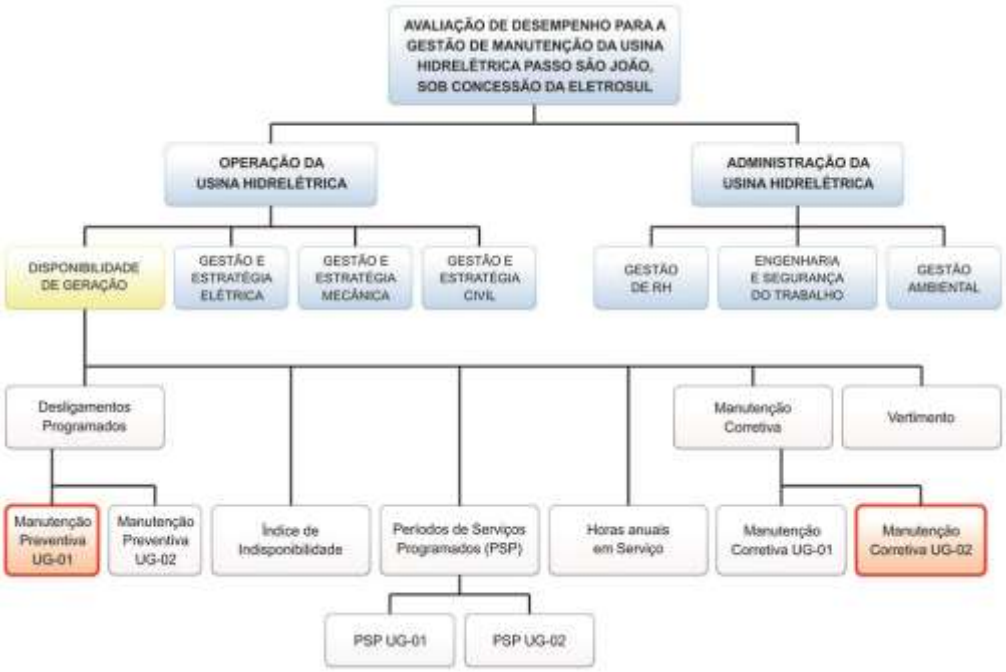
Uma vez que tal condição seja caracterizada entre todos os pares de PVFs de uma família, pode-se inferir que eles são, de preferência, classificados como cardinalmente e independentes.

É preconizado que para o atendimento desta condição, o teste de independência preferencial deve ser realizado par a par, com todos os Pontos de Vista (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Para ilustrar esta condição, a Figura 29 ilustra os respectivos Pontos de Vista Elementares (PVEs) que congregam ao PVF 'Disponibilidade de Geração', dos quais foram utilizados para o teste de independência preferencial, ordinal e cardinal.

Com estes objetivos foram submetidos ao teste o PVF 'Manutenção Preventiva da UG-01' e o PVF 'Manutenção Corretiva da UG-02'

Figura 29 – PVEs utilizados para o teste de independência preferencial



Fonte: Elaboração do autor (2018).

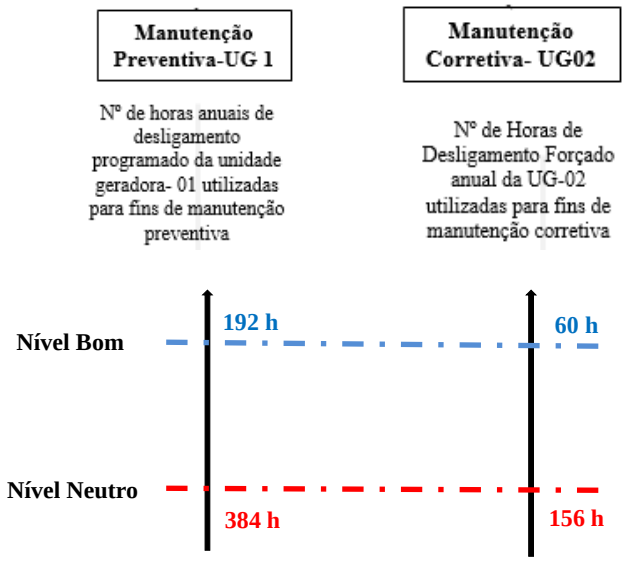
5.3.1.1 Independência Preferencial Ordinal - IPO

Referindo-se aos descritores das atividades de Manutenção Preventiva na UG-01 e o processo de Manutenção Corretiva na UG-02, tem-se o par necessário de descritores,

acompanhados de seus níveis de referência (Bom e Neutro), para a submissão ao teste de Independência Preferencial Ordinal.

A Figura 30 ilustra o par de descritores considerados para este teste.

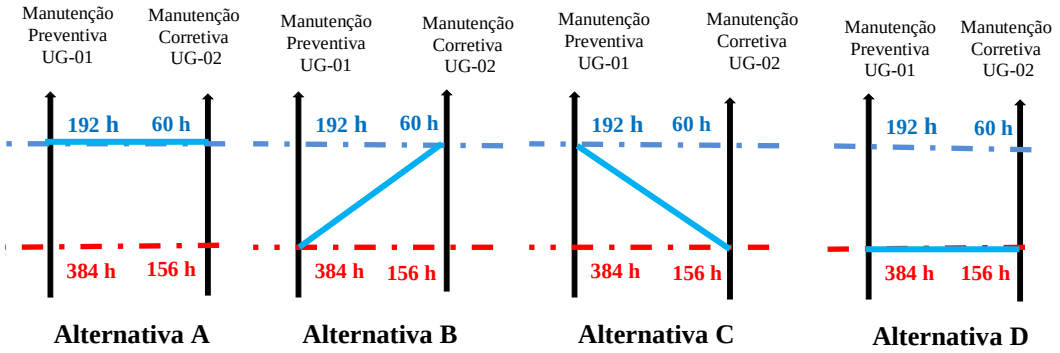
Figura 30 – Par de Descritores utilizados para o teste de independência.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Com este par de descritores, constitui-se um agrupamento de possíveis combinações, conforme apresentado na Figura 31.

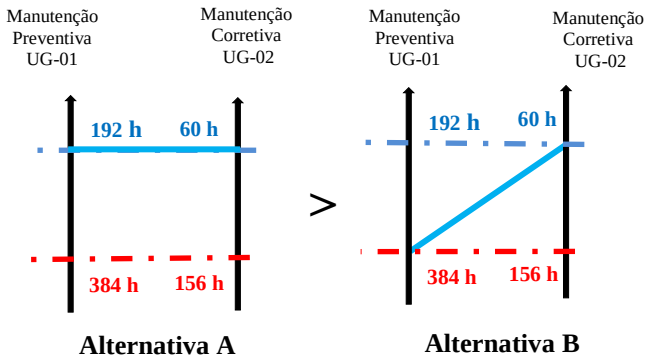
Figura 31 - Conjunto de alternativas possíveis para os descritores Manutenção Preventiva na UG-01 e Manutenção Corretiva na UG-02



Fonte: Elaboração do autor (2018).

O teste de independência preferencial ordinal será desenvolvido em três etapas, conforme o número de possibilidades da Figura 32.

Figura 32 - Alternativa A ordinalmente preferível à B.

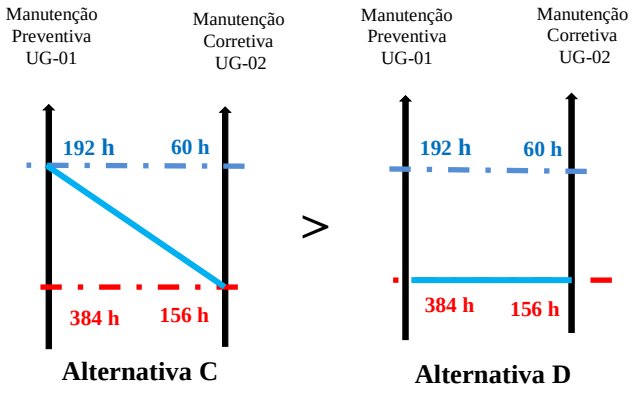


Fonte: Elaboração do autor (2018).

É perceptível que para o decisor, é preferível ocupar 192 horas anuais de manutenção preventiva na UG-01 e 60 horas anuais de manutenção corretiva na UG-02 (alternativa A) ao invés de ocupar 384 horas de manutenção preventiva na UG-01 e ter 60 horas anuais de manutenção corretiva na UG-02 (alternativa B).

Sequencialmente a esta análise, desenvolveu-se o segundo teste (ver Figura 33), em que foi identificado que o decisor julgou preferível a alternativa C em relação à alternativa D.

Figura 33 - Alternativa C ordinalmente preferível à alternativa D.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

No presente teste, no que tange o julgamento do decisor, este assumiu a preferência em ocupar 192 horas anuais de manutenção preventiva na UG-01 e 156 horas anuais de manutenção corretiva na UG-02 (Alternativa C), ao invés de ocupar 384 horas anuais de

manutenção preventiva na UG-01 e 156 horas anuais de manutenção corretiva na UG-02 (Alternativa D).

Em análise a estes julgamentos surge a seguinte indagação: É a Manutenção Preventiva na UG-01 ordinalmente preferencialmente independente da Manutenção Corretiva na UG-02?

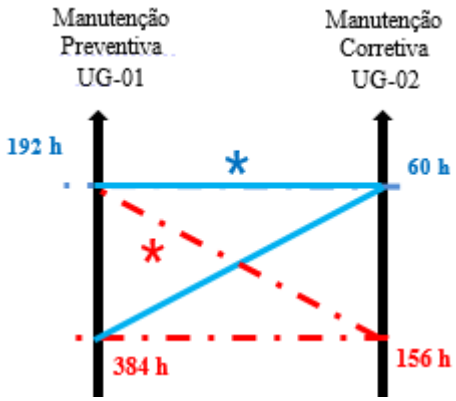
Em decorrência dos julgamentos e no afã de responder a esta indagação, tem-se em resposta que sim, uma vez que para o decisor, as 192 horas de manutenção preventiva (MP) na UG-01 é mais atrativo do que 384 horas de manutenção corretiva (MC) na UG-02, em termos de período de indisponibilidade de geração, isso para qualquer situação que se encontre a manutenção corretiva na UG-02.

A Figura 35 ilustra as alternativas tomadas em preferência para o primeiro teste da Independência Preferencial Ordinal (IPO1), onde:

Para toda MC UG-02 = {MC UG-02- B, MC UG-02-N}
(MP UG-01 -B, MC UG-02) P (MP UG-01-N, MC UG-02)

A alternativa horas de Manutenção Preventiva da UG-01 no nível Bom gera preferência à alternativa Manutenção Corretiva da UG-02 no nível Neutro da alocação de horas de manutenção, ou seja, o agrupamento das alternativas com desempenho Bom, no cômputo de horas de manutenção preventiva da UG01 e Neutro na Manutenção Corretiva da UG-02 é preferível, se comparada à alternativa com desempenho Neutro na Manutenção Preventiva da UG-01, considerando-se o mesmo desempenho de Manutenção Corretiva da UG-02, conforme identificado na Figura 34.

Figura 34 - Características da Independência Preferencial Ordinal 1



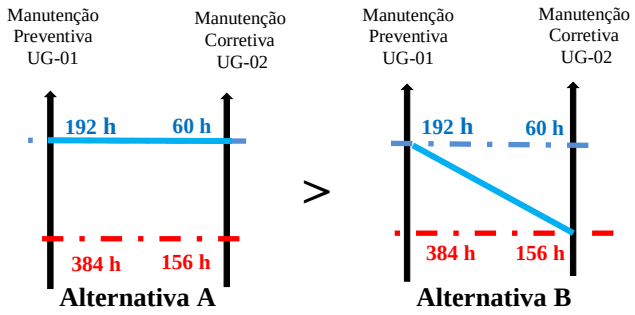
* Símbolo da alternativa preferida.

Fonte: Elaboração do autor (2018).

Na sequência, elaborou-se o teste Independência Ordinal 2 (IPO2), onde a indagação é a seguinte: Manutenção Corretiva da UG-02 ordinalmente preferencialmente independente da Manutenção Preventiva da UG-01?

Na ocasião do teste de IPO2, mantendo-se a Manutenção Preventiva da UG-01constante no nível Bom, a alternativa A sofre o julgamento pelo decisor sendo esta preferível à Alternativa B, conforme apresentado na Figura 35.

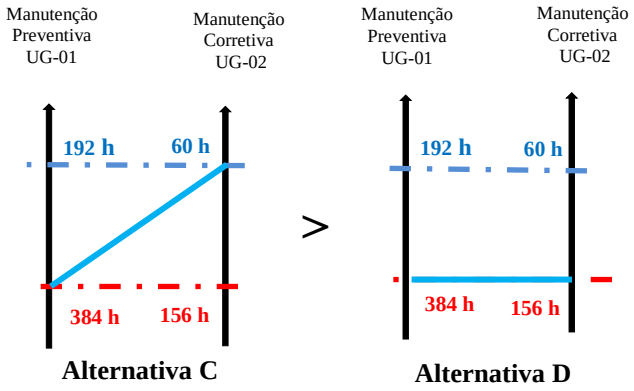
Figura 35 - Alternativa A ordinalmente preferível à Alternativa B



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Quando analisada a Manutenção Preventiva da UG-01 constante no nível Neutro, a alternativa C sofre julgamento pelo decisor como preferível à alternativa D, conforme Figura 36.

Figura 36 - Alternativa C ordinalmente preferível à Alternativa D.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

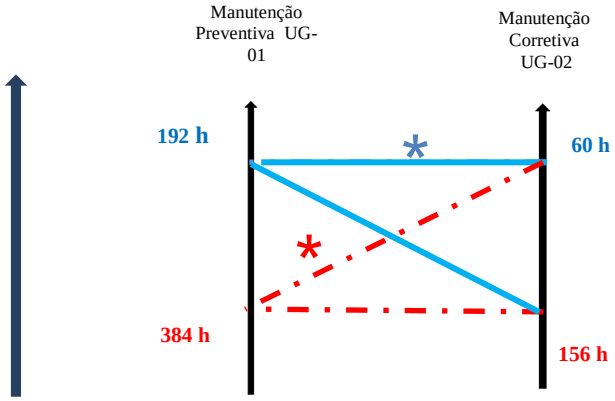
Fundamentados nesta análise, surge o seguinte questionamento: É a Manutenção Corretiva da UG-02 ordinalmente preferencialmente independente da Manutenção Preventiva da UG-01?

A resposta para este questionamento é sim, pois, para aos olhos do decisor, 60 horas de manutenção corretiva da UG-02 é mais atrativo do que 156 horas, no que tange ao período indisponível para manutenção corretiva da UG-02, para qualquer nível que seja posto para a Manutenção Preventiva da UG-01.

A ilustração disposta pela Figura 37 identifica as alternativas preferíveis para o teste disposto pela IPC2.

Para todo MP UG-01 = {MP UG-01-B, MP UG-01-N}
(MC UG-02-B, MP UG-01) P (MC UG-02-N, MP UG-01

Figura 37 - Independência Preferencial Ordinal 2



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Como último teste, realizou-se o teste de Independência Preferencial Ordinal 3 (IPO3), para que seja realizado o teste - são os descritores ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ e o ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ mutuamente ordinalmente preferencialmente independentes?

Assim sendo, indaga-se: São a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ e a ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ mutuamente ordinalmente preferencialmente independentes? Sim, pois foi examinado, por intermédio dos testes IPO1 e IPO2, onde identificou-se que há a Independência Preferencial Ordinal entre os Pontos de Vista analisados. Consumado o IPO, foi feita a submissão dos descritores ao teste IPC.

5.3.1.2 Independência Preferencial Cardinal - IPC

Para caracterizar a Independência Preferencial Cardinal (IPC), há de se verificar o atendimento das premissas formuladas para o teste, com o qual é realizado por intermédio de três etapas.

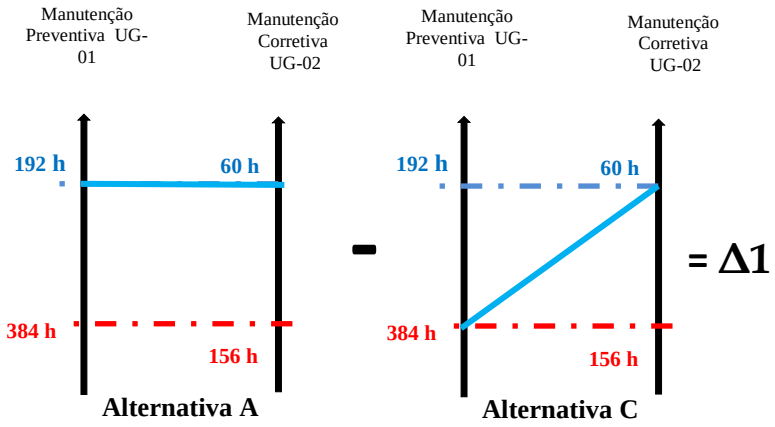
O objetivo do teste consiste na verificação de um Ponto de Vista, em que é observado se a diferença de atratividade entre duas ações não se altera.

Esta análise visa identificar de forma independe ao impacto da performance de ações potenciais de um Ponto de Vista sobre um outro Ponto de Vista, alterando-o do nível Bom ao nível Neutro. (PETRI, 2005).

O teste IPC será desenvolvido por intermédio de três etapas: IPC1, IPC2 e IPC3. No que tange ao IPC1 – É a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’cardinalmente preferencialmente independente da ‘Manutenção Corretiva da UG-02’?

Ao manter a Manutenção Corretiva da UG-02 constante no nível Bom, a diferença de atratividade entre a alternativa A e a C sofre um julgamento pelo decisor como sendo Δ1, conforme ilustrado na Figura 38.

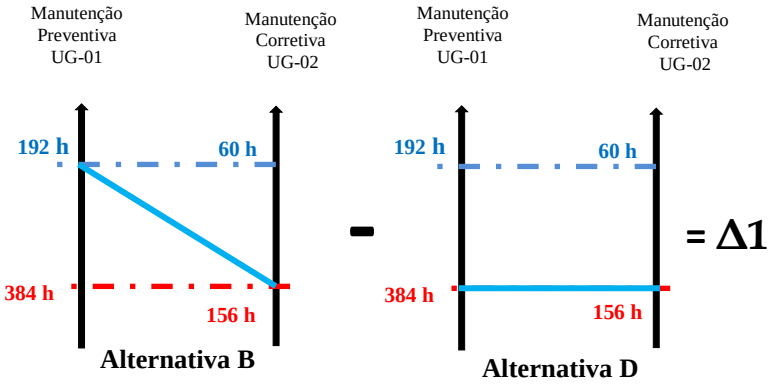
Figura 38 - Diferença de atratividade entre as alternativas A e C



Fonte: Dados de pesquisa (2018).

Com o mesmo sentido, mantendo o ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ constante no nível Neutro, a diferença de atratividade entre as alternativas B e D é Δ1, conforme ilustrado na Figura 39.

Figura 39 - Diferença de atratividade entre as alternativas B e D



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Nestes termos, questiona-se: É a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ cardinalmente preferencialmente independente da ‘Manutenção Corretiva da UG-02’?

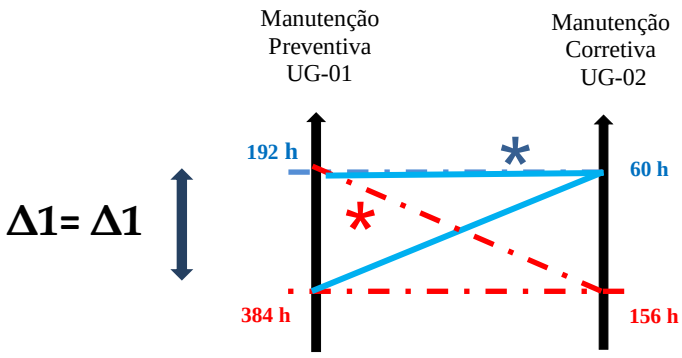
Sim é, uma vez que na interpretação do decisor, a intensidade de diferença de atratividade entre 192 horas e 384 horas, em termos de ‘Horas de Indisponibilidade Programa (HDP), da UG-01 não é afetada pelo número de horas indisponíveis da ‘Manutenção Corretiva da UG-02’.

Com estes fundamentos tem-se:

Para todo MC UG-02= MC UG-02-B. MC UG-02-N:
v1 (MP UG-01 -B, MC UG-02) – v1 (MP UG-01-N, MC UG-02) = Δ1, onde v1 é uma função de valor da ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ e da ‘‘Manutenção Corretiva da UG-02’.

A Figura 40 ilustra as diferenças de atratividade para IPC 1.

Figura 40 - Independência Preferencial Cardinal 1

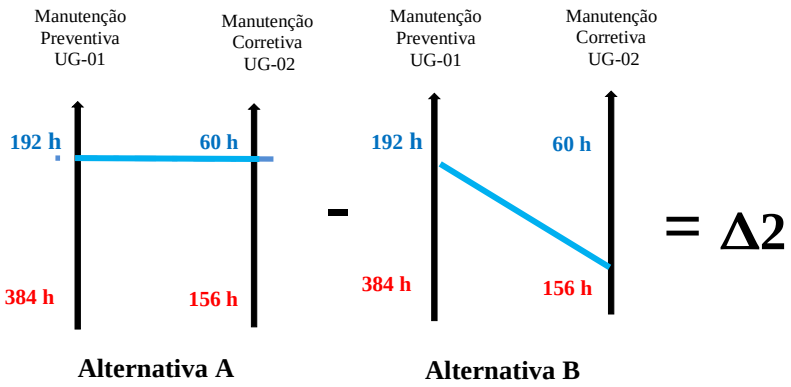


Fonte: Elaboração do autor (2018).

Quanto ao IPC2 – É A ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ cardinalmente preferencialmente independente do ‘Manutenção Preventiva da UG-01’?

Ao manter A ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ constante ao nível Bom, o diferencial de atratividade entre o par de alternativas (alternativa A e alternativa B) é julgada pelo decisor como sendo designado por Δ2, conforme ilustração dada pela Figura 41.

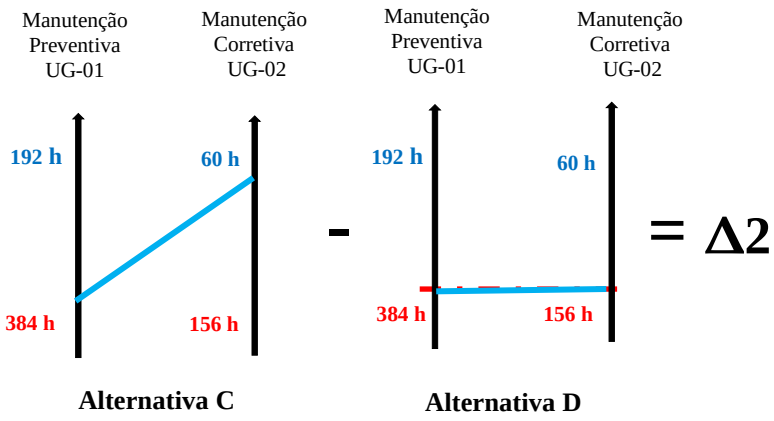
Figura 41 - Diferença de atratividade entre as alternativas A e B



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Mantendo-se a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ constante ao patamar de nível Neutro, 384 horas, é colocada em julgamento de atratividade entre as alternativas C e D, condizente com o apresentado na Figura 42.

Figura 42 - Diferença de atratividade entre as alternativas C e D



Fonte: Elaboração do autor (2018).

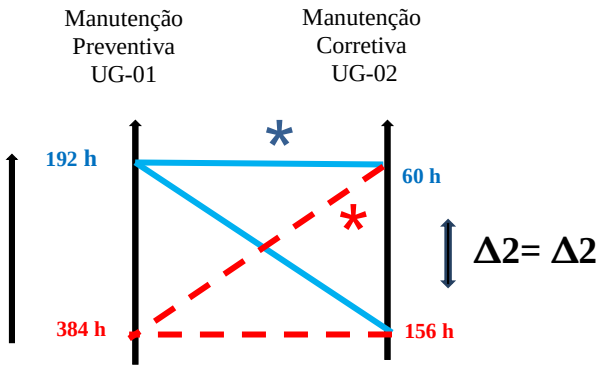
Com isto, questiona-se: É a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ cardinalmente preferencialmente independente da ‘Manutenção Corretiva da UG-02’?

A resposta é sim, uma vez que para o decisor, a intensidade da diferença de atratividade entre 60 horas e 156 horas é Δ2, identificando que não houve alteração de desempenho na Manutenção Preventiva da UG-01, então conclui-se:

Para todo MP UG-01 = MP UG-01 -B, MP UG-01 -N:
v2 (MC UG-02, MP UG-01-B) – v2 (MC UG-02, MP UG-01-N) = Δ2

Representando esta constatação, a Figura 43 tem por objetivo ilustrar as diferenças de atratividade para o teste de IPC2.

Figura 43 - Independência Preferencial Cardinal 2.



Fonte: Elaboração do autor (2018).

Por último teste da Independência Preferencial Cardinal, tem-se o IPC3 – são a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ e a ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ mutuamente ordinalmente preferencialmente independentes?

Atribui-se a este teste o seguinte questionamento: São a ‘Manutenção Preventiva da UG-01’ e a ‘Manutenção Corretiva da UG-02’ mutuamente cardinalmente preferencialmente independentes? Sim, uma vez que foi verificado, por intermédio dos testes IPC1 e IPC2, que existe Independência Preferencial Cardinal entre os Pontos de Vista.

Para o momento é propício o desenvolvimento de uma análise para que seja evidenciada a interpretação do que venha a ser o Δ1 e o Δ2.

Para melhor compreensão, foram geradas duas alternativas: a primeira alternativa com desempenho ‘Bom’ no ponto de vista que desejamos conhecer o seu delta e desempenho qualquer atribuídos em todos os demais pontos de vista.

A segunda alternativa, partindo-se do desempenho no nível ‘Neutro’ no ponto de vista em estudo e atribuindo-se igual desempenho aos demais pontos de vista.

Neste momento é possível expressar a função da equação de valor para estas duas alternativas da seguinte forma:

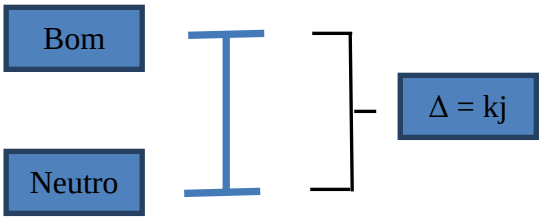
V (B, Q,...) = $k_1.v_1$ (B) + $k_2.v_2$ (Q) +... e a segunda alternativa V (N, Q,...) = $k_1.v_1$ (N) + $k_2.v_2$ (Q) +...
Logo, V (**B**, Q,...) = $k_1.v_1$ (**B**) + k2.v2 (Q) + k3.v3 (Q) + k4.v4 (Q)...
e
V (**N**, Q,...) = $k_1.v_1$ (**N**) + k2.v2 (Q) + k3.v3 (Q) + k4.v4 (Q)...

Subtraindo
V(100, Q,...) – V (0, Q,...) = {.v_1 (100) – v1 (0)} k_1
= **100k** $_1$ = Δ_1

Δ 1→ O significado de Δ **1** é o acréscimo de valor global motivado por uma variação do nível de impacto do pior nível para o melhor no respectivo PVF.

Então, kj é o equivalente a Δ j e significa o acréscimo de valor global, motivado em conformidade à variação do nível de impacto do pior nível para o melhor nível para o respectivo PVF, conforme identificado na Figura 44.

Figura 44 – A equivalência entre kj e Δ j



Fonte: Elaboração do autor (2018).

kj é correspondente ao acréscimo ou à a perda global de atratividade causada por uma variação do impacto do nível 'Neutro' (0) para o nível 'Bom' (100) no PVF.

Então, se Δ 1 e Δ 2 são constantes para todo A e Q, portanto e de forma respectiva, tem-se que k1 e k2 são constantes.

Assim, tem-se em conclusão que a agregação aditiva pode ser apontada como uma hipótese válida, ao menos para esses dois PVFs.

Iguais testes foram desenvolvidos aos demais descritores para o modelo.

Uma vez atendidas as condições de Independência Preferencial Ordinal - IPO e Independência Preferencial Cardinal - IPC entre todos os critérios, tem-se assegurada a constância das taxas de compensação entre eles.

Com isso, tem-se a convicção de que a construção do modelo é exequível, no que tange ao atendimento das características de agregação aditiva.

5.3.2 Construção das funções de valor

Torna-se necessário a elaboração das funções de valor, uma vez que as propriedades das escalas ordinais não respondem conceitualmente por escalas numéricas, mesmo que estruturadas por números, dos quais tem por objetivo representar somente símbolos alfanuméricos, levando-se a conclusão de que estes elementos de escala não são classificados dentro do conjunto dos números reais.

Contudo, a metodologia MCDA identifica o equívoco na utilização de escalas ordinais para funções que envolvam operações numéricas (ENSSLIN et al., 2010).

Com estes propósitos, aos descritores do modelo há a transformação de escalas ordinais em escalas de intervalo (cardinais), das quais possuem os graus de liberdade para comportar as operações matemáticas, exigido pelo modelo de agregação aditiva.

Consolidada a obtenção das diferenças de atratividade entre todos os pares de descritores para os níveis de um descritor, tais informações são processadas para que se possa identificar as possíveis funções de valor que atendam à diferença de atratividade (BANA E COSTA; VANSNICK, 1994).

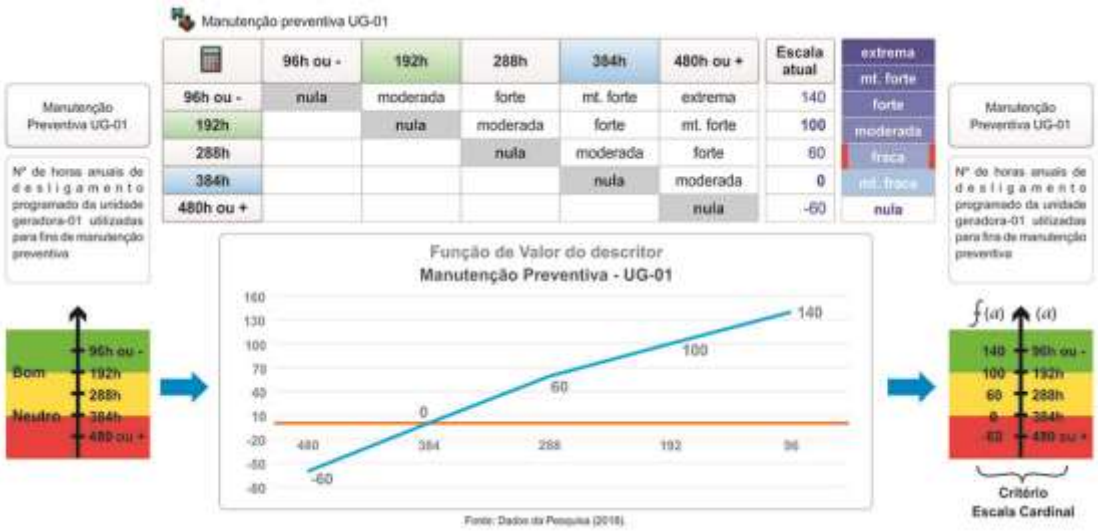
A etapa seguinte para este modelo se deu pela transformação dos descritores em funções de valor (escala cardinal) (ENSSLIN*;* MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Desta forma, o decisor foi orientado pelo facilitador a informar a diferença de atratividade entre seus níveis. Para facilitar a construções das funções de valor, foi utilizado o *software MACBETH*, em que é possível construir matrizes semânticas, as quais refletem a intensidade de preferência do decisor ao passar de um nível para outro (ENSSLIN*;* MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Nestes termos, todos os descritores do modelo tiveram suas escalas ordinais transformadas em escalas cardinais.

Entre as Figuras 45 e 53 tem-se a abordagem e disposição o processo destas transformações dos descritores em uma função de valor (compostas de escalas cardinais), para o PVF ‘Disponibilidade de Geração’, onde está igualmente disposta a matriz de julgamento desenvolvida no Software Macbeth, assim como a representação gráfica da função de valor.

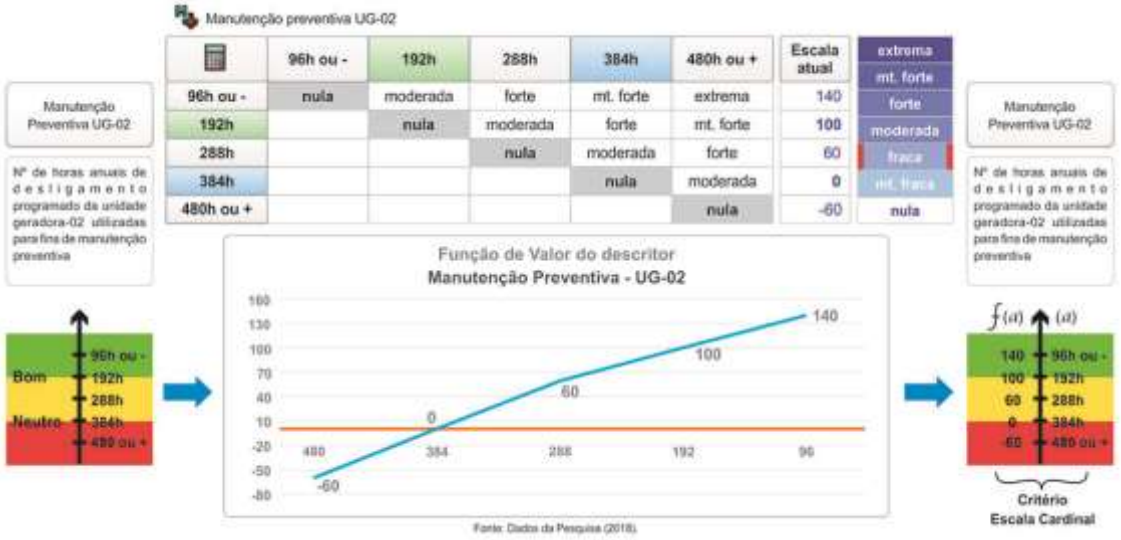
Figura 45 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Manutenção Preventiva no UG-01’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

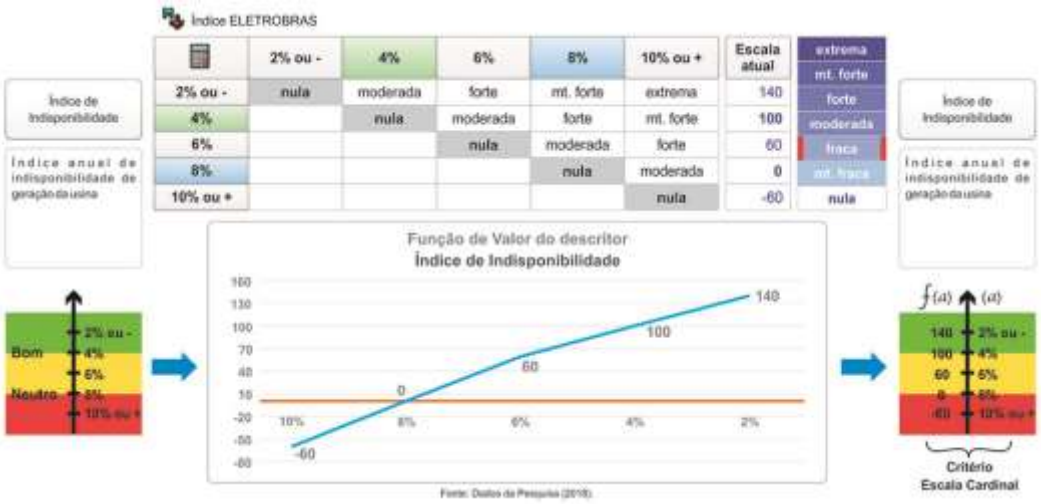
Aos demais descritores que compõem aos outros PVFs deste modelo, a transformação de escalas em funções, a matriz de julgamento e a representação gráfica associada, podem ser consultadas no Apêndice F deste Trabalho de Pesquisa.

Figura 46 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Manutenção Preventiva no UG-02’



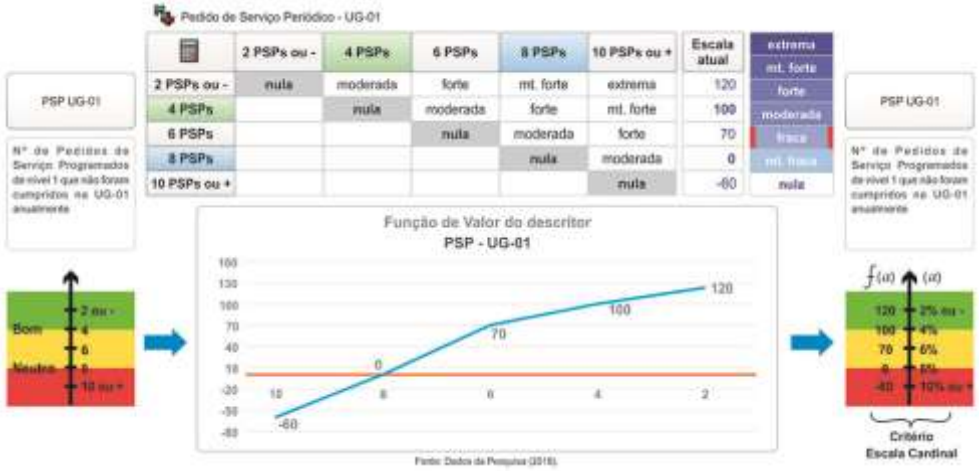
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 47 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Índice de Indisponibilidade’



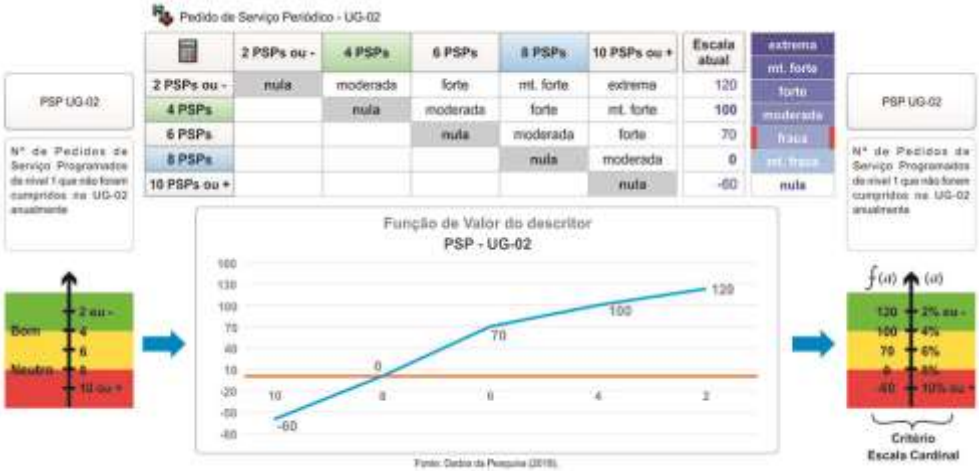
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 48 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Pedido de Serviço Periódico- UG-01’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 49 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Pedido de Serviço Periódico- UG-02’



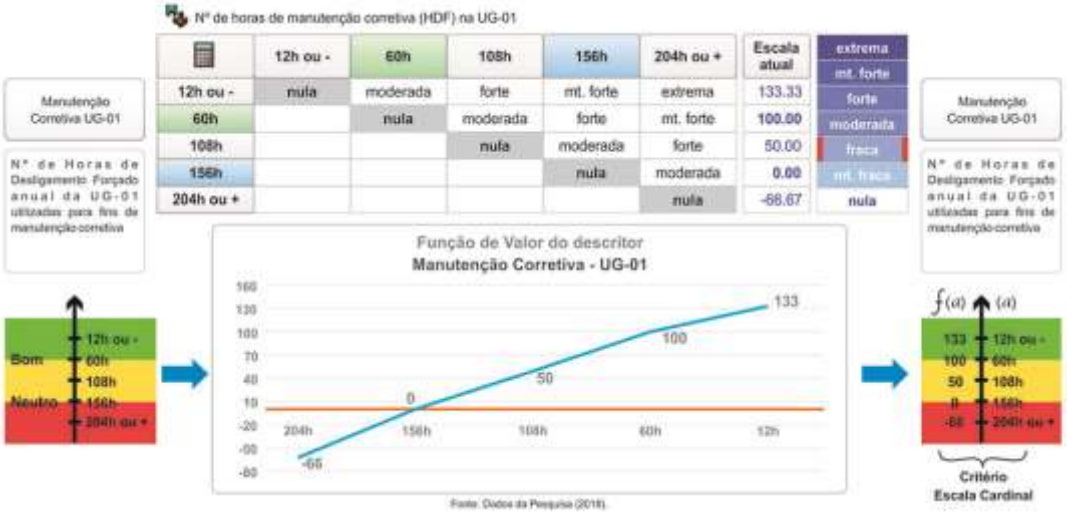
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 50 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Horas de Serviço’



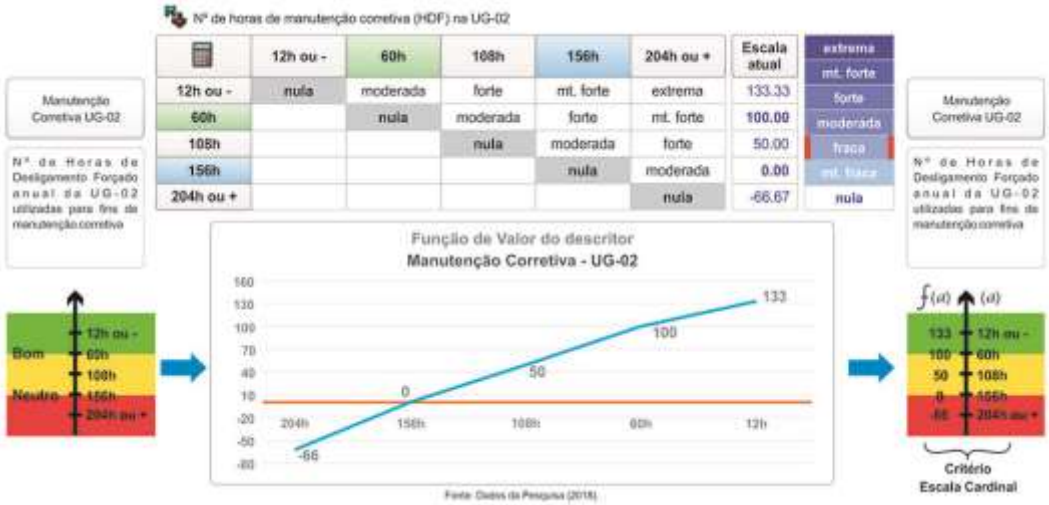
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 51 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Nº de horas de manutenção corretiva (HDF) da UG-01’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 52 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Nº de horas de manutenção corretiva (HDF) da UG-02’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 53 – Matriz juízo de valor para o PVF ‘Vertimento’

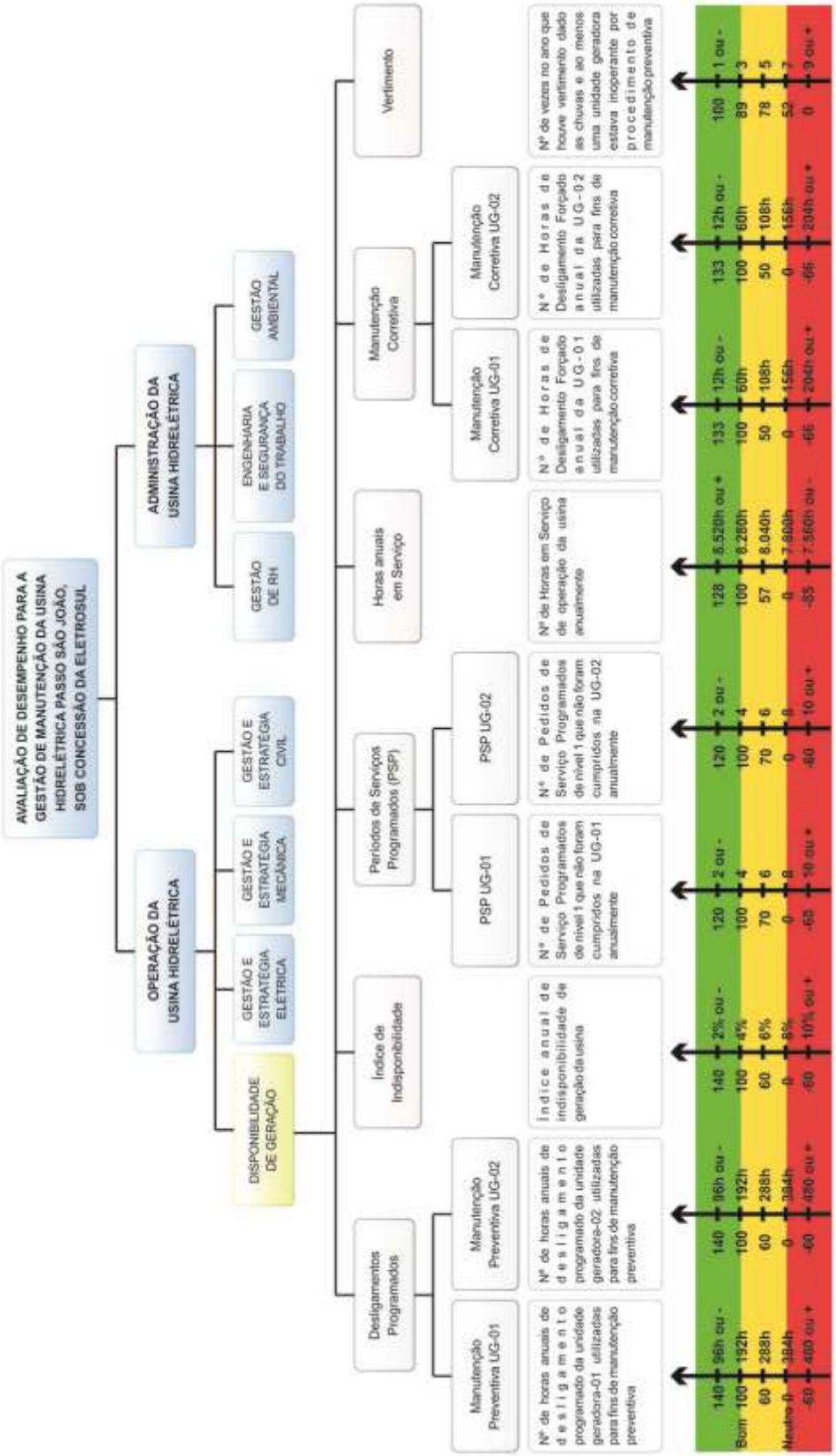


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

A partir destas transformações executadas para todos os descritores tem-se associado a cada descritor uma função de valor em que as escalas iniciais do modelo (escalas ordinais) foram transformadas em escalas cardinais.

A Figura 54 apresenta os descritores do PVF ‘Disponibilidade de Geração’, dotados de suas escalas ordinais e cardinais.

Figura 54 - Descritores do PVF ‘Disponibilidade de Geração’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Os descritores dos demais PVFs junto com suas respectivas escalas podem ser consultados no Apêndice G.

5.3.3 Correlação Entre os Descritores e os Aspectos Passíveis de Avaliação de Desempenho do PB

O mercado de fornecimento de energia elétrica, sobretudo com as usinas hidrelétricas, classificadas como fontes renováveis de energia, respondem a aspectos regulatórios rígidos (WANG et al., 2014).

Níveis de exigência de cunho regulatório fazem com que os stakeholders respondam aos agentes reguladores, perseguindo o desempenho conforme os aspectos impostos de avaliação de desempenho, porém fatores internos de gestão podem ser desenvolvidos para melhor gerir tais empreendimentos.

Atendendo ao item b) dos objetivos específicos e fundamentando-se no Quadro 20, é desenvolvida neste tópico a correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB com os descritores formulados no presente trabalho de pesquisa.

Foi observado que dentre os aspectos de avaliação de desempeno do PB, alguns elementos passíveis de avaliação de desempenho são desenvolvidos no âmbito da Eletrosul, porém não foram tema de registros pelo decisor nas entrevistas semi-estruturadas realizadas na organização.

Outros aspectos passíveis de avaliação de desempenho não foram abordados pelos gestores, devido ao fato de estarem ligados com outras áreas de manutenção, tal qual conexão elétrica da usina com o sistema interligado nacional.

No caso das intervenções de manutenção de conexão elétrica (linha de transmissão) com a Usina Hidrelétrica Passo São João, os estudos de avaliação de desempenho estão fora do escopo da geração, porém fundamentados por estudos e aspectos de avaliação de desempenho desenvolvidos por outra área da Empresa.

No intuito de correlacionar os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB com os descritores formulados no âmbito desta pesquisa, item b) dos Objetivos Específicos, são abordados os quadros em que um estudo detalhado evidenciou correlações dos elementos passíveis de avaliação de desempenho evidenciados com o PB e os descritores formulados neste trabalho de pesquisa.

A partir do Gráfico 30, que ilustra a correlação dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB com os descritores que integram ao PVF Disponibilidade de Geração,

pode-se identificar que esta pesquisa avança nas rotinas de operação e manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João, frente a aspectos generalizados de avaliação de desempenho dispostos no PB.

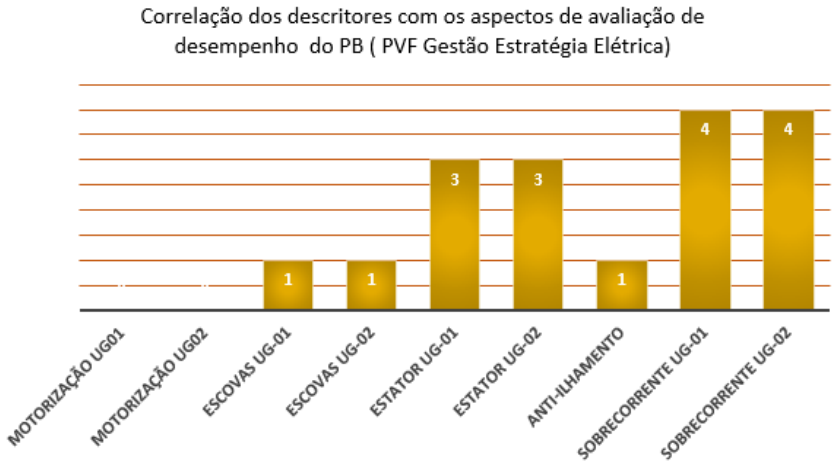
Gráfico 30 – Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Disponibilidade de Geração



Fonte: Dados de pesquisa, 2018

Dentre todos os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB, encontrou-se maior correlação entre os descritores do PVF Disponibilidade de Geração com os aspectos passíveis de avaliação de desempenho apontados pela comunidade científica. Aos descritores que integram ao PVF Gestão e Estratégia Elétrica, identificou-se por intermédio do Gráfico 31 que um número menor de aspectos de avaliação de desempenho foi correlacionado com os descritores do PVF Gestão Estrratégica Elétrica.

Gráfico 31 - Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Elétrica



Fonte: Dados de pesquisa, 2018

No âmbito do PVF Gestão Estratégica Mecânica também foi identificado no Gráfico 32 poucos elementos de correlação entre o que foi identificado no PB e os descritores do PVF Gestão Estratégica Mecânica.

Gráfico 32 - Correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Mecânica

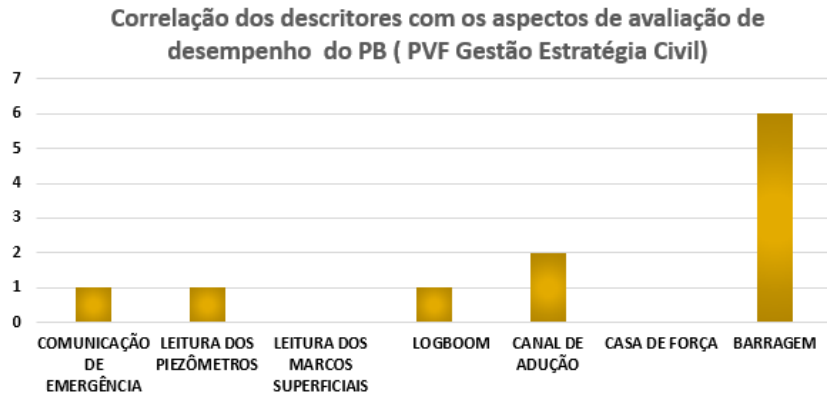


Fonte: Dados de pesquisa, 2018

No Brasil o tema de segurança de barragens veio à tona a partir do rompimento da Barragem de Mariana. Com este desastre ambiental de vulto, uma legislação foi desenvolvida, com inúmeras medidas de monitoramento de barragens, envolvendo sensores e estudos técnicos, onde engenheiros civis e geólogos se mobilizaram neste contexto. Tal contexto, em

relevância, foi convertido em descritores, com os quais fazem parte do PVF Gestão e Estratégia Mecânica. Estes descritores e a referida correlação com o PB podem ser observados no Gráfico 33.

Gráfico 33 - Correlação entre os aspectos de avaliação de desempenho do PB frente aos descritores que integram ao PVF Gestão Estratégica Civil



Fonte: Dados de pesquisa, 2018

Infelizmente não foram identificados no PB aspectos passíveis de avaliação de desempenho que fosse possível de serem correlacionados ao PVF Recursos Humanos (RH). Esta mesma ausência de correlação ocorreu com os descritores que fazem parte do PVF Engenharia e segurança do Trabalho, o que faz ausentar a disposição de gráficos para esta análise de correlação.

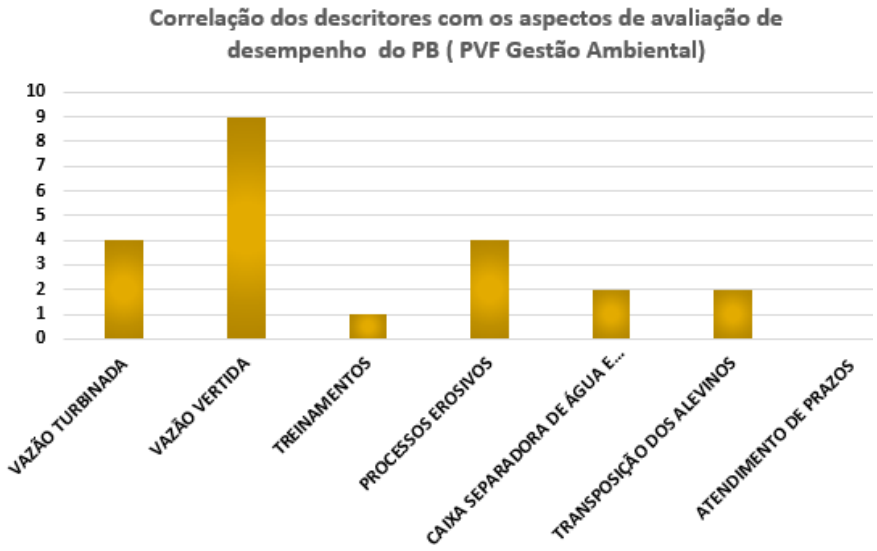
Por fim, dispõe-se a ilustração do Quadro 33, trazendo consigo a correlação entre os aspectos passíveis de avaliação de desempenho com os descritore que integram ao PVF Gestão Ambiental.

Cabe ressaltar que as usinas hidrelétricas se utilizam de sistemas com óleo lubrificante, dos quais lubrificam os mancais das turbinas e os mancais que suportam os eixos dos geradores. Qualquer pane dos sistemas de vedação destes sistemas girantes, contidos em óleo lubrificante, poderão gerar vazamento e por consequência haver a deposição nos rios, gerando danos ambientais.

Caso o volume de mistura entre água e óleo lubrificante supere ao volume que a caixa separadora água-óleo armazene, será inevitável a poluição do rio. A caixa separadora água-óleo separa por diferença de densidade este óleo, que se for contido, poderá ser reaproveitado.

No Gráfico 34 está disposta a correlação dos aspectos de avaliação de desempenho encontrados no PB e que estão correlacionados aos descritores do PVF Gestão Ambiental,

Gráfico 34 - Correlação dos aspectos de avaliação de desempenho do PB com os descritores do PVF Gestão Ambiental



Fonte: Dados de pesquisa, 2018

Os aspectos de avaliação de desempenho de vazão turbinada e vazão vertida são destacados neste contexto, pois dentre os aspectos de avaliação de desempenho do PB tem-se estudos da gestão do lago das usinas e controle do nível de água.

Estes controles são importantes perante a altura da barragem e estudos de desempenho dos diversos tipos de turbinas destinadas às usinas hidrelétricas. Tais avaliações estão relacionados à vitalidade das barragens, assim como na contenção das ocorrências de erosão. Estes cuidados conferem a equalização dos esforços das estruturas civis, visando a máxima segurança, restringindo-se a longo prazo a probabilidade de danos à barrageme desastres ambientais. Outro fator importante à organização diz respeito à gestão do lago, quato à transposição de alevinos. No período da piracema, há um esforço decorrente de condicionantes ambientais para cumprir a transposição de um quantitativo considerável de alevinos, dispondo-se as inúmeras espécies de peixes além da barragem.

5.3.4 Caracterização das Taxas de Compensação

Com objetivos de gerar a avaliação global para o modelo multicritério em construção, a etapa seguinte da fase de avaliação de desempenho MCDA tem por objetivo

construir a agregação aditiva do modelo. Para tal, torna-se primordial a determinação das taxas de compensação para um grupo de pontos de vista, dos quais devem estar contidos em um mesmo nível da estrutura hierárquica de valor.

As taxas de compensação são correlacionadas as ações potenciais, visando a elevação de performance, uma vez que esta taxa passe de uma alternativa com desempenho situado no nível de referência inferior (Neutro), para uma outra alternativa com desempenho no nível superior (Bom), associado a um determinado Ponto de Vista (KEENEY, 1992; BANA E COSTA, 1994).

Primordialmente, as taxas visam a identificar, por intermédio de um conjunto de ações de melhorias, qual delas exerce maior influência para o modelo.

Em síntese, as taxas de compensação são utilizadas para a transformação de valores locais de preferência (grupos de pontos de vista situados em mesmo nível) em valores globais (ENSSLIN*;* MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Na sequência, visando identificar estas taxas de compensação, são relacionadas as alternativas com ações potenciais, que representam a contribuição da mudança do nível neutro para o nível bom, cuja ação deve ser desenvolvida individualmente para os pontos de vista sob análise.

Para um determinado ponto de vista disposto no nível bom, será atribuída uma ação de referência com desempenho neutro para todos os demais critérios.

Nesta etapa são criadas ações potenciais fictícias com níveis de performance distintos para as alternativas A1, A2 e A0 para o par de PVEs.

A realização da ordenação da em A0 considera o nível Bom fictício para o 1º PVE e nível ‘Neutro’ para o 2º PVE. Sequencialmente há uma inversão de nível fictício em A2 (Nível ‘Neutro’ para o segundo PVE e nível ‘Bom’ para o 2º PVE).

Por fim, na última alternativa (A0), em que ambos os PVEs ficam situados no nível ‘Neutro’, como uma preferência do decisor. As possibilidades possíveis destas alternativas estão em acordo às possibilidades de preferência de um decisor.

Essa ordenação é possível por intermédio da utilização da Matriz de Roberts (1979), a qual permite comparar par a par individualmente a cada possível alternativa.

Na situação em que houver preferência pela alternativa da linha, marca-se a coluna em que está ocorrendo a comparação com o valor 1, porém marcar-se-á o valor ‘0’ se a preferência for ao contrário.

Após a finalização desta ordenação das alternativas do PVE, serão somados os valores dispostos nas linhas da matriz, cujo valor do somatório entre as linhas irá determinar a

ordem de preferência concebida entre as alternativas dispostas (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA 2001).

Uma vez identificada a ordem de preferência entre as alternativas dispostas, estas passam a ser submetidas ao processo de julgamento por intermédio do *software Macbeth*, onde será construida a matriz semântica de julgamentos, revelando a atratividade entre tais alternativas (ENSSLIN et al., 2016).

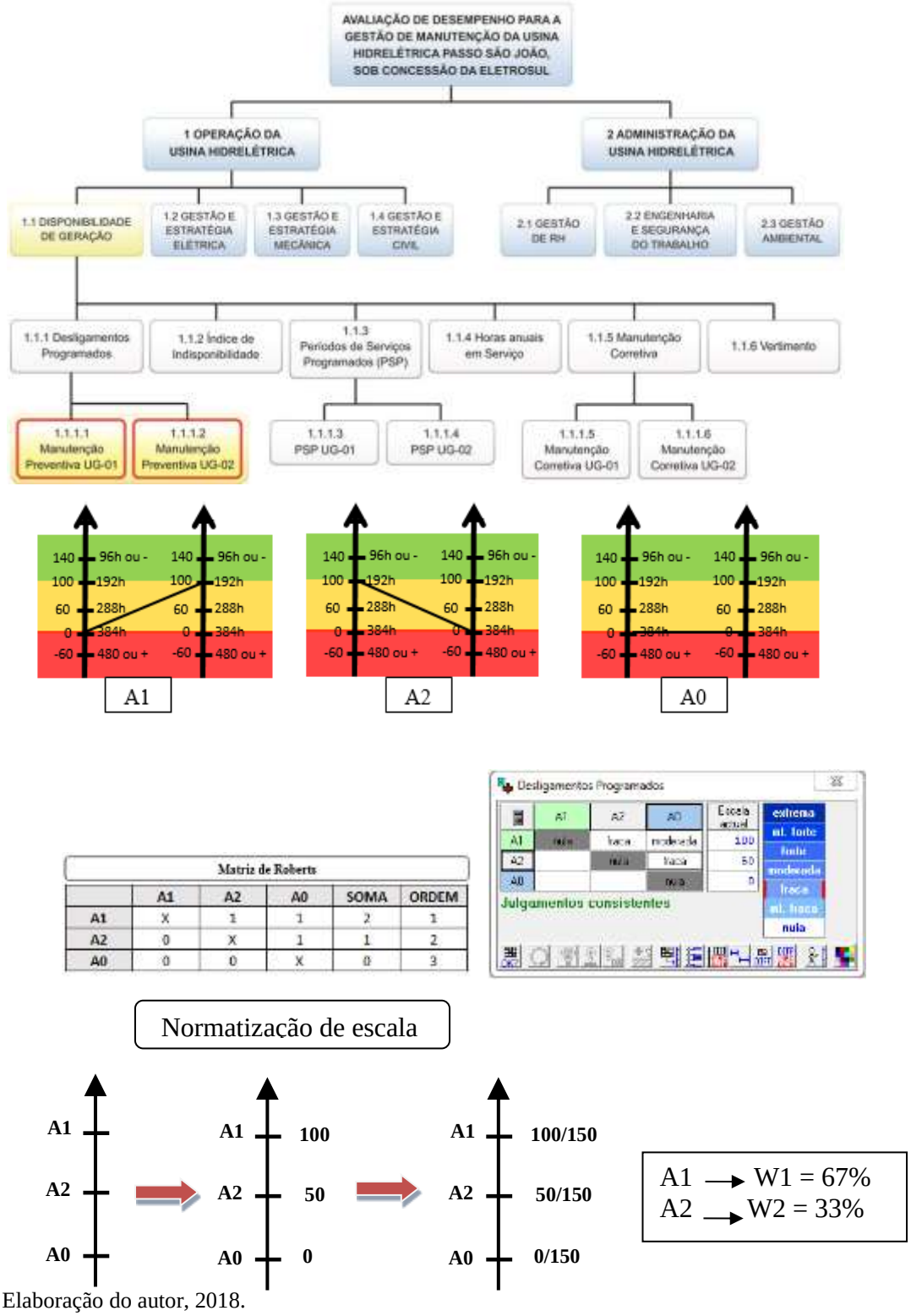
Para fins de análise e identificando-se a ordem de preferência, embora as duas unidades geradoras da Usina Hidrelétrica Passo São joão sejam tecnicamente idênticas, por um ligeiro diferencial de performance, a unidade geradora 01 (UG-01) apresentou durante o seu período operativo certo destaque, do qual refletirá no presente estudo.

Fundamentando-se no resultado obtido e disposto sob a forma de porcentagem, desenvolve-se o cálculo das taxas de compensação.

Seguindo estes preceitos, vinculado ao PVF ‘1.1.1 Desligamentos Programados’, serão desenvolvidas as alternativas fictícias (A1, A2 e A0) aos PVEs ‘1.1.1.1 Manutenção Preventiva da Unidade Geradora 01’ (UG-01) e ‘1.1.1.2 Manutenção Preventiva da Unidade Geradora 02’ (UG-02).

A Figura 55 detalha a sequência de procedimentos para o desenvolvimento da Matriz de Roberts, assim como da matriz de julgamentos do software M-Macbeth (BANA e COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2005), onde são geradas informações para a determinação das taxas de compensação.

Figura 55 – Determinação das taxas de compensação do PVF ‘Desligamentos Programados’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

A Figura 56 apresenta para o PVF ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados (PSP)’, cuja hierarquia tem em associação o par de PVEs – ‘ 1.1.1.3 Pedido de Serviço Periódico da

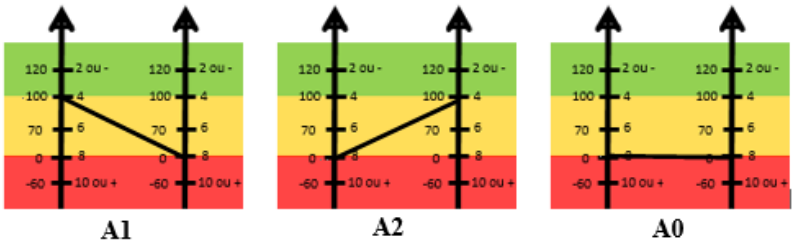
UG-01’ e ‘1.1.1.4 Pedido de Serviço Periódico da UG-02’, dos quais serão manipulados conforme a preferência do decisor, com o propósito da construção das taxas de compensação para os PVEs em avaliação.

Figura 56 – Elaboração das taxas de compensação para o PVF ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados (PSP)



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 57 – Disposição da comparação de alternativas



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Feito isso, dispõe-se a ordenação das alternativas por intermédio da Figura 58, conforme ilustrado, para a construção da matriz semântica de julgamentos.

Figura 58 – Ordenação das alternativas do PVE ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados’

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

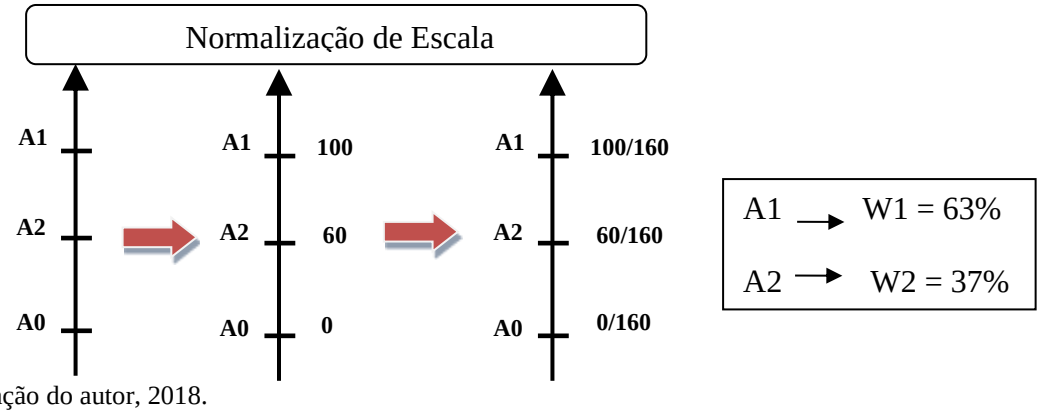
As Figuras 59 e 60 ilustram respectivamente a matriz semântica de julgamentos para determinar-se as taxas de compensação do PVE ‘Pedidos de Serviços Periódicos’ e a normalização das escalas para a identificação das taxas de compensação.

Figura 59 - Matriz semântica de julgamentos referente ao PVE ‘Pedidos de Serviços Programados’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 60 - Normalização das escalas para a identificação das taxas de compensação do PVE ‘Pedidos de Serviço Programados’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

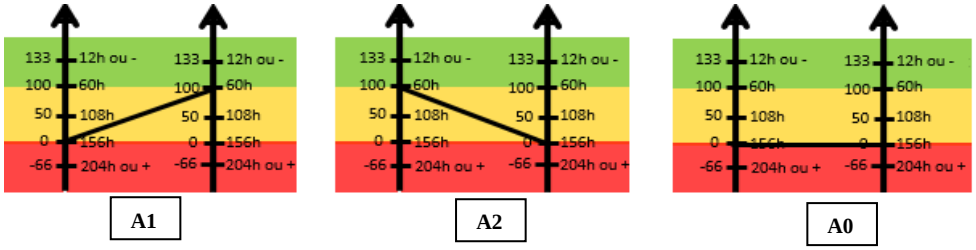
As Figuras dispostas entre 61, 62 e 63 abordam este mesmo procedimento para determinar as taxas de compensação dos demais PVEs que constituem o Ponto de Vista Fundamental ‘1.1.5 Manutenção Corretiva’.

Figura 61 - Elaboração das taxas de compensação para o PVF ‘1.1.5 Manutenção Corretiva’



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 62– Disposição da comparação de alternativas



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

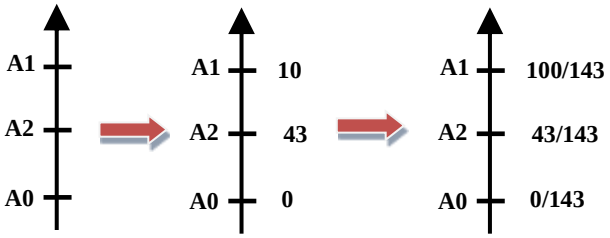
Figura 63 – Disposição da Matriz de Robert e matriz semântica de julgamentos

Matriz de Roberts

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3



Normalização de Escala



A1 → W1 = 70%
A2 → W2 = 30%

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

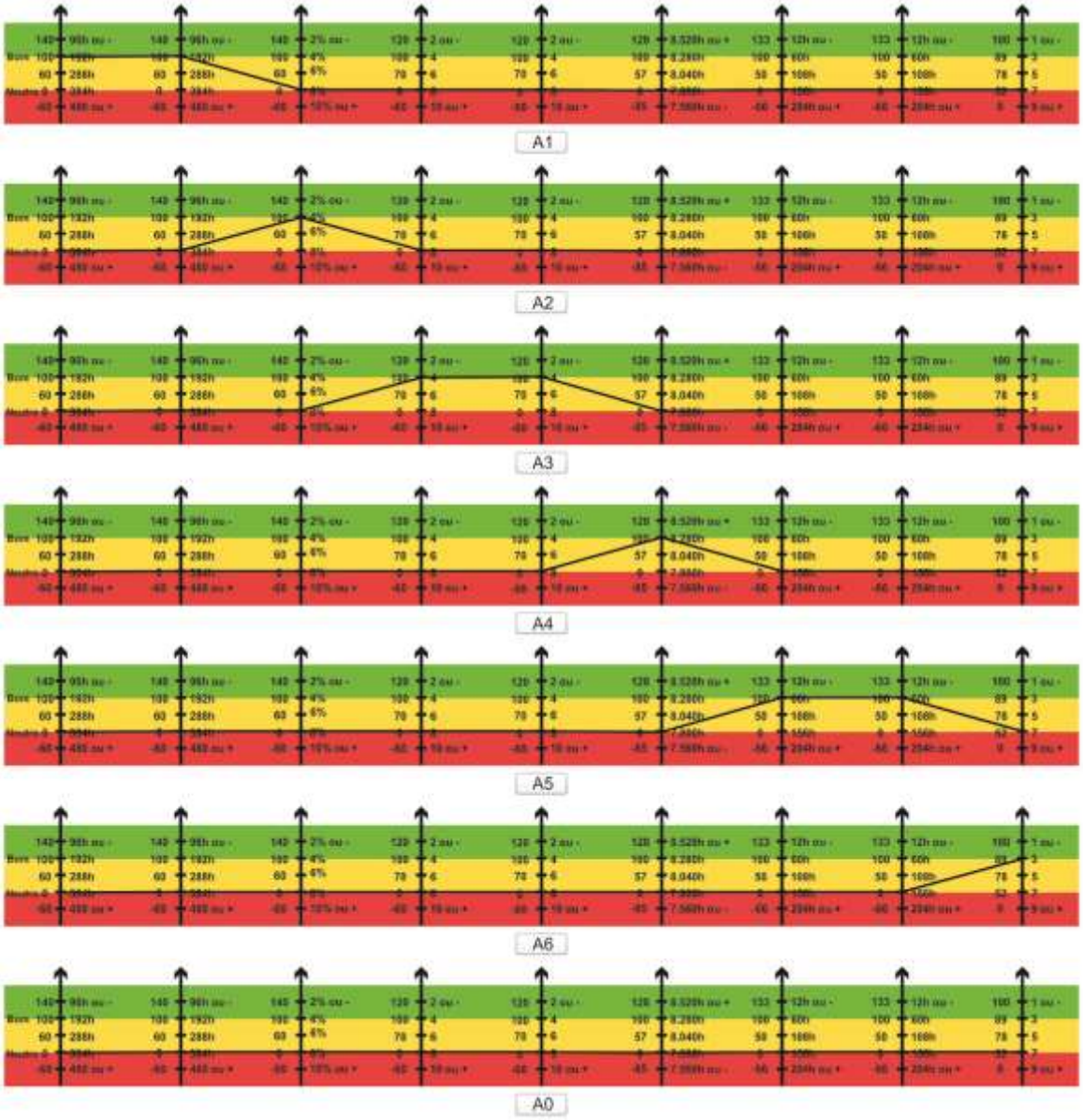
A Figura 64 ilustra a determinação das taxas de compensação para o PVF ‘1.1 Disponibilidade de Geração’, onde estão associados o PVE ‘1.1.1 Desligamentos Programados’, PVE ‘1.1.2 Índice de Indisponibilidade’, PVE ‘1.1.3 Pedidos de Serviços Programados’, PVE’ 1.1.4 Horas Anuais em Serviço’, PVE ‘ 1.1.5 Manutenção Corretiva’ e PVE ‘ 1.1.6 Vertimento’.

Figura 64 - Determinação das taxas de compensação para o PVF‘1.1 Disponibilidade de Geração’.



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

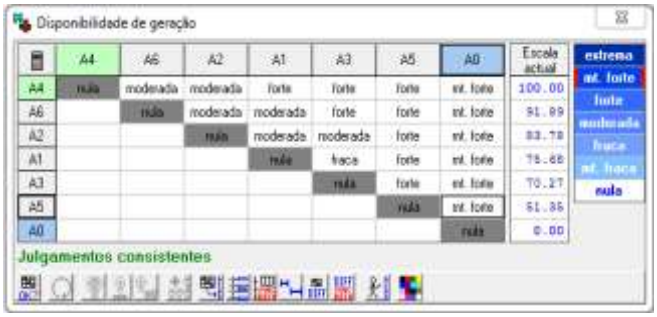
Figura 65 – Disposição da comparação de alternativas

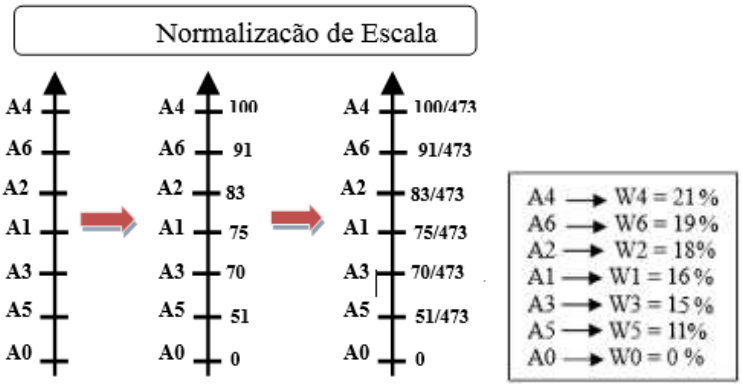


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Figura 66 – Disposição da Matriz de Robert e matriz semântica de julgamentos

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	0	1	0	1	3	4
A2	1	X	1	0	1	0	1	4	3
A3	0	0	X	0	1	0	1	2	5
A4	1	1	1	X	1	1	1	6	1
A5	0	0	0	0	X	0	1	1	6
A6	1	1	1	0	1	X	1	5	2
A0	0	0	0	0	0	0	X	0	7





Fonte: Elaboração do autor, 2018.

As taxas de compensação locais dos descritores, que se referem aos demais PVFs podem ser visualizadas no Apêndice G.

5.3.5 Identificação do Perfil de Impacto para as Alternativas e Avaliação Global para o Modelo

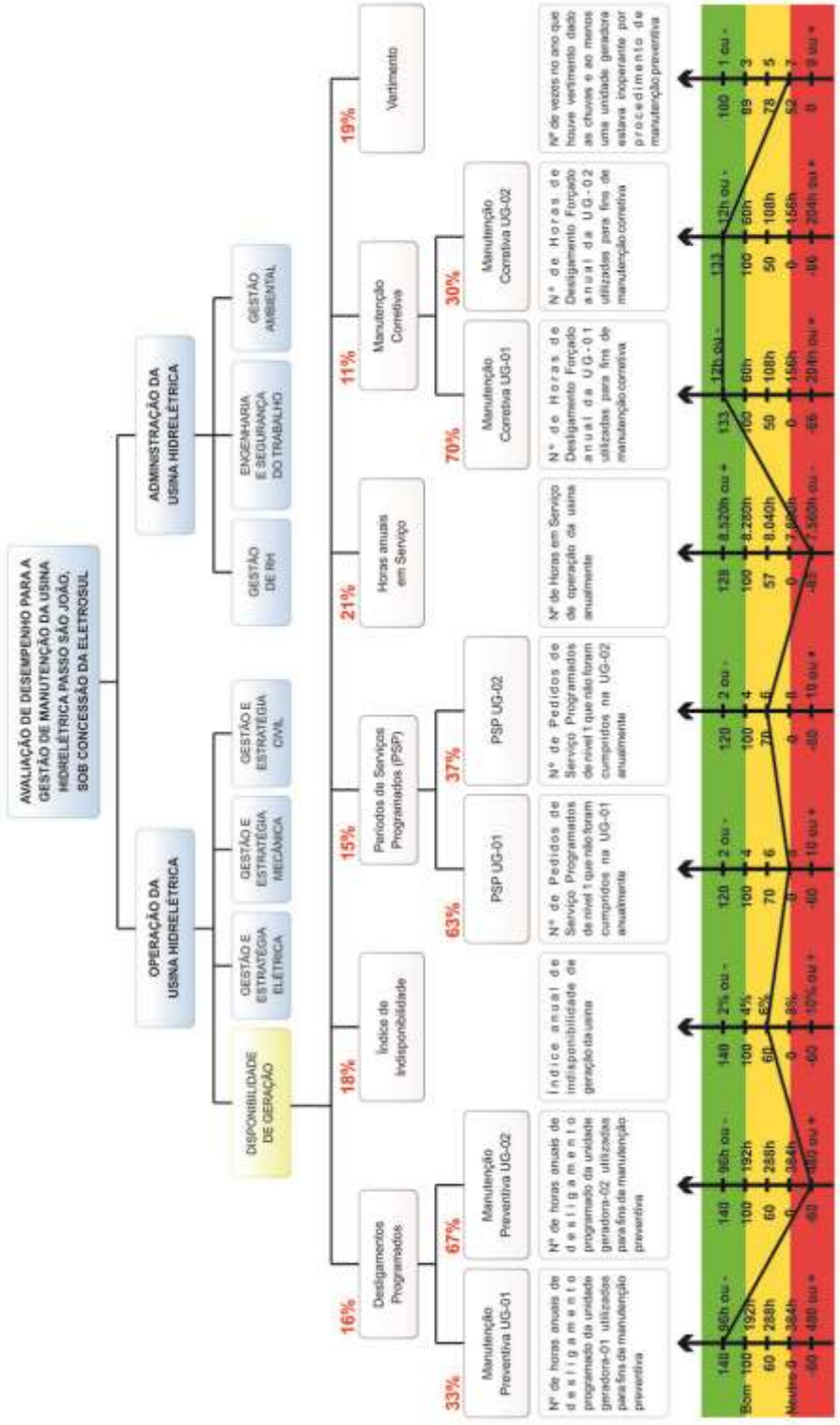
A partir da obtenção dos dados das taxas de compensações locais, a etapa seguinte consiste em construir a avaliação global para o modelo. Para o cumprimento desta avaliação, torna-se necessário inicialmente tomar conhecimento das taxas de compensação locais, integrando-se a informação do *statu quo* associado aos critérios avaliados.

A partir da determinação das taxas de compensação, tornou-se relevante consultar ao decisor acerca dos dados e caracterização do *statu quo para* os critérios avaliados.

Conforme a identificação e caracterização do *status quo*, há a possibilidade de obter-se uma ampla visualização que identifique quais dos elementos constitutivos do modelo que externalizam oportunidades para melhorias de gestão. Tal visualização converge para a determinação de ações estratégicas, visando elevar a performance de gestão para o contexto.

A Figura 67 apresenta o PVF ‘Disponibilidade de Geração’ acompanhado de suas respectivas taxas de compensação, assim como das informações que competem ao *status quo* caracterizado.

Figura 67 - Taxas de compensação e statu quo do PVF ‘Disponibilidade de Geração´



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

A avaliação deste modelo é realizada por intermédio de uma fórmula de agregação aditiva, em que os valores assumidos para o perfil de desempenho atual, vinculado a cada critério, foram ponderados pelas taxas de compensação e somados (ENSSLIN, DUTRA, ENSSLIN, 2000; ENSSLIN, MONTIBELLER; NORONHA, 2001; KEENEY; RAIFFA, 1993).

A aplicação da fórmula de agregação aditiva para o presente trabalho de pesquisa foi para a resolução do primeiro PVF em análise (PVF Disponibilidade de Geração), em conformidade à seguinte apresentação:

$$V(a) = w1.v1(a) + w2.v2(a) + w3.v3(a) + ... + wn.vn(a)$$

Onde:

n = número de critérios do modelo
V (a) = valor global do *statu quo*;
a = *Statu Quo*,
v1 (a), v2 (a), ... vn (a) = valor parcial nos critérios 1, 2, 3 ..., n,
w1, w2, ... wn = taxas de substituição nos critérios 1, 2, 3 ...,n.

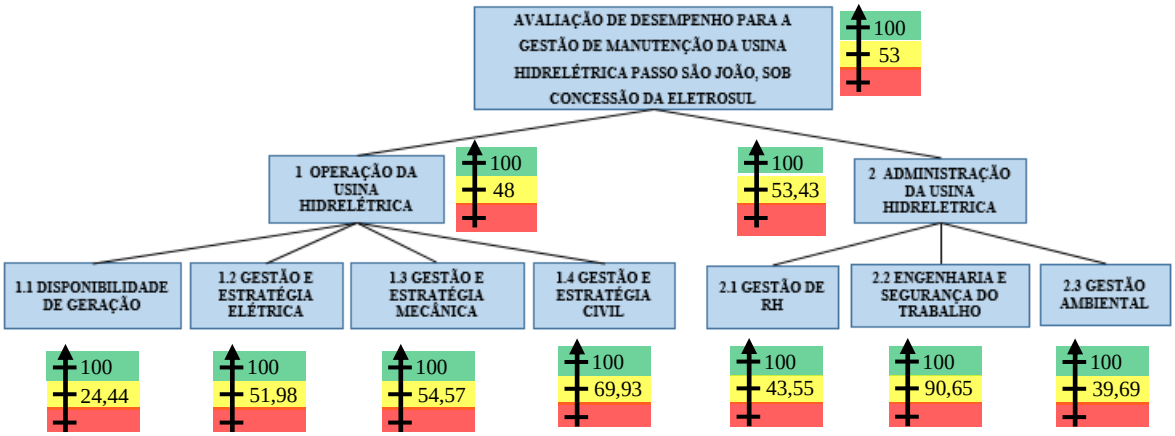
V 1.1 Disponibilidade de Geração (*SQ*) = {0,16 Desligamentos Programados [(0,33 Manutenção Preventiva na UG1 (SQ)) + (067 Manutenção Preventiva na UG2 (SQ)]} + { 0,18 Indice de Indisponibilidade (SQ) } + { 0,15 Pedidos de serviços Programados [(0,63 PSP UG1 (SQ) + 0,37 PSP UG2 (SQ)] } + { 0,21 Horas Anuais em Serviço (SQ) } + { 0,11 Manutenção corretiva [(0,70 Manutenção Corretiva UG1 (SQ) + 0,3 Manutenção Corretiva UG2 (SQ))] } + { 0,19 Vertimento (SQ) }

V 1.1 Disponibilidade de Geração (*SQ*) = {0,16 [(0,33 * 140) + (0,67 * (-40))] } + { (0,18 * 60)} + { 0,15 [(0,63 * 0) + (0,37 * 70)] } + { 0,21 * (-85) } + { 0,11 [(0,70 * 133) + (0,30 * 133)] } + { (0,19 * 52) }

V 1.1 Disponibilidade de Geração (*SQ*) = {0,16 [46,2 + (-26,8)]} + {10,8} + {0,15 [(0) + (25,9)]} + {(-17,85)} + {0,11 [(93,1) + (39,9)]} + {9,88}
V 1.1 Disponibilidade de Geração (*SQ*) = {3,1} + {10,8} + {3,88} + {(-17,85)} + {14,63} + {9,88}
V 1.1 Disponibilidade de Geração (*SQ*) = 24,44

O *statu quo* dos demais PVFs e a aplicação da fórmula de agregação são apresentados no Apêndice H.

Figura 68 - Perfil de impacto do S*tatu Quo* para os PVFs do modelo



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Conforme identificado pela Figura 68, o PVF ‘2.2 Engenharia e Segurança do trasbalho’ foi aquele que apresentou a maior pontuação (90,65), representando sob esta caracterização, a área com maior contribuição para a avaliação global. Esse resultado desta contribuição pode ser explicado pelos sérios treinamentos e programas de prevenção de acidentes que a Eletrosul implementa na sua gestão de Engenharia e segurança do trabalho, estendendo-se é claro para a Usina Hidrelétrica Passo São João.

Neste aspecto, a utilização de EPIs de qualidade, assim como o controle sobre os aspectos que envolvem a Segurança no Ambiente da Usina são rigidamente avaliados, fator que torna fácil o controle e a adoção de ações de correções quando necessário, se comparado aos aspectos que envolvem aos demais PVFs do modelo.

As demais áreas de preocupações, igualmente referidas ao ano de 2016 – ‘Disponibilidade de Geração’, ‘Gestão Ambiental’, ‘Gestão Estratégia Elétrica’, ‘Gestão e Estratégia Elétrica’, ‘Gestão e Estratégia Mecânica’, ‘Gestão e Estratégia Civil’ e ‘Gestão de RH’, são áreas em que o decisor identifica maiores dificuldades em sua gestão, principalmente pelo fato de não possuir um programa dedicado de avaliação de reincidência de defeitos por sistema e criticidade em panes de ordem elétrica, mecânica e civil.

Também se identifica a necessidade de rever quais os componentes precisam ser adquiridos, pelo grau de importância para compor os estoques de sobressalentes, mesmo havendo um programa para manter os quantitativos atuais em estoque.

Após realizar a avaliação global, fica como comprometimento de ações futuras, o teste de sensibilidade do modelo construído para verificar a sua robustez.

Desse modo, o conhecimento das taxas de compensação e a pontuação do modelo permitiu até o momento que o gestor adquirisse uma visão ampla do seu processo de gestão, identificando os critérios nos quais a Usina Hidrelétrica Passo São João apresenta um nível comprometedor e que alguns aspectos necessitam ser melhorados para alcançar níveis superiores de desempenho.

Essa visão holística possibilita ao gestor compreender o impacto de sua gestão nos critérios avaliados por ele como importantes para a gestão. Tem-se finalizada a Fase de Avaliação do modelo, onde passa-se ao passo seguinte, propondo ações de melhorias que consistem na última fase do modelo.

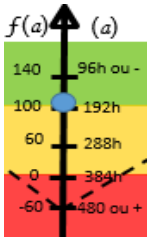
5.4 FASE DE RECOMENDAÇÕES

Conclusas a fase de estruturação (EPAs, mapas cognitivos, Pontos de vista Fundamentais e descritores), finalizada a fase de avaliação (funções de valor, taxas de substituição, identificação do perfil de impacto da situação atual (statu quo) e das ações de análises), inicia-se a terceira e última fase, que consiste na elaboração das recomendações.

Para falarmos de recomendações, é necessário entendermos o comportamento de algumas falhas e suas reincidências que ocorreram na UHPJ em 2016, das quais configuram o statu quo e que são representadas pelos gráficos 26 ao gráfico 29 em 2016

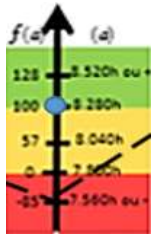
A partir dos objetivos de propor melhorias de *performance* das áreas de preocupações do gestor e, em consequência gerar melhorias de gestão vinculadas à Gestão de Manutenção da Usina Hidrelétricas Passo São João, foram propostas ações de aperfeiçoamento para os critérios, em que foi identificado que o ativo esteja em nível comprometedor, os quais são apresentados nos Quadros 24 ao Quadro 31.

Quadro 29 – Recomendações de plano de manutenção preventiva aplicável à UG-02

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
1.1.1.2 Manutenção Preventiva UG-02 Nº de horas anuais de desligamento programado da unidade geradora- 02 utilizadas para fins de manutenção preventiva 	• Medir temperatura de rolamentos do estator; • Mensurar a vibração em caráter contínuo nos eixos dos geradores; • inspecionar os sistemas de arrefecimento interno do gerador síncrono. • Inspecionar e substituir com maior frequência os filtros que eliminam impurezas do fluido lubrificante.	• desgaste de escovas do contato do rotor; • manutenção preventiva nos serviços auxiliares de alimentação de corrente contínua do rotor; • Identificação do grau de deposição do grafite oriundo das escovas nos rolamentos; • Identificar se há diferenciais mecânicos e químicos em outras escovas compostas de grafite, que reduza as intervenções de limpeza do estator. • Verificar se há vibração por ocasião do afrouxamento das lâminas da carcaça do gerador; • Testar degradação das espiras do estator por descargas parciais.	• Inspecionar a fixação engastada em concreto que fixa as sapatas da UG-02; • Verificar a ocorrência de fadiga do concreto que fixa o gerador na casa de força. • Inspecionar e desobistruir as canaletas da casa de força para a eliminação de água que se fizer presente durante a manutenção.
Resultado esperado	Reduzir o número de horas de manutenção preventiva na UG-2	Substituição das escovas por material de maior dureza e com isso reduzir a emissão de resíduos e de paradas para substituições. Realizar testes e ensaios sem atrasos.	Ter certeza de que os níveis de vibração da fixação do gerador ao concreto estão em plenas condições físicas.
Responsável	Gestor de Manutenção da Regional de Manutenção Oeste	Gestor operacional da usina	Engenheiro da engenharia de manutenção (DEMG/DMS)
Data de início	Fevereiro de 2019	Fevereiro de 2019	Fevereiro de 2019
Data de término	Contínuo	Contínuo	Contínuo
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	Mensal
Como acompanhar	Monitorar o número de horas de manutenção. Honrar os prazos estipulados para a execução dos PSPs.	Monitorar o número de horas de manutenção. Honrar os prazos estipulados para a execução dos PSPs.	Monitorar o número de horas de manutenção. Honrar os prazos estipulados para a execução dos PSPs.

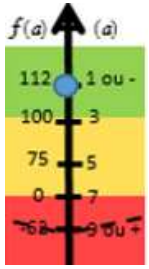
Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2016).

Quadro 30 – Recomendações para acrescer o período de operação da UHPJ

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
1.1.3 Horas anuais em serviço Nº de Horas em Serviço de operação da usina anualmente 	• Identificar quais dos sistemas da UHPJ apresentaram maior patamar de indisponibilidades e quais sistemas levaram mais horas de indisponibilidades em manutenção corretiva. • Reduzir os períodos entre inspeções para identificar como se comporta o grau de desgastes dos componentes. • Realizar inspeções na UHLM, filtros de óleo e bombas de óleo, de forma a evitar-se desgastes prematuros em mancais. • Verificar as reincidências de panes decorrentes da Unidade Hidraulica do Regulador de Velocidade – UHRV. Classificar os tipos de panes por sistemas e realizar estudos para identificar a origem da reincidência.	• Desenvolver um plano de Pedidos de Serviços Periódicos (Manutenções preventivas) para reduzir o período entre manutenções corretivas em geradores. • Monitoarar e testar os sensores que mensuram a temperatura das bobinas dos geradores. • Identificar por inspeções o sistema de proteção por conta da ação de transitórios que fazem acionar os disjuntores de linha devido a uma condição de ilhamento. • Identificar se os dispositivos de proteção acionam corretamente por condição de perda de excitação dos geradores • Acionamento do relé 32 contra potência reversa por conta do processo transitório de motorização das unidades geradoras	• No cunho de atividades da engenharia civil, pode-se relatar as inspeções periódicas de segurança de barragens. Associadas a esta tem-se a vitalidade dos taludes, da tomada dágua e do conduto forçado. Um trabalho de inspeção na junção aço e concreto deve ser desenvolvido para readequação desta junção e evitar fuga de água para a estrutura da barragem. • Recuperar os processos de carbonatação de concreto na casa de força.
Resultado esperado	Aumentar o número de horas de serviço de operação da UHPJ.	Menor número de transitórios elétricos e monitoramento em tempo real	Manter íntegra a estrutura da casa de força, taludes e barragem
Responsável	Gestor de Manutenção da Regional de Manutenção Oeste	Eng. Eletricista responsável pela UHPJ	Engenheiro civil do DMS/DEMG
Data de início	março de 2019	março de 2019	março de 2019
Data de término	contínuo	contínuo	contínuo
Frequência do acompanhamento	mensal	contínuo	Quinzenal
Como acompanhar?	Monitorar a execução de manutenções preventivas no prazo programado e monitorar as horas em disponibilidade	Revisão dos sobressalentes. Dar provimento às manutenções preventivas no prazo para atender aos cronogramas e monitorar o número de horas em disponibilidade.	Realizar inspeções quinzenais nas barreagens colhendo dados de piezômetros e proxímetros.

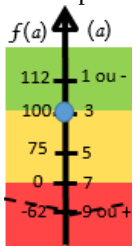
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*. (2016).

Quadro 31 – Recomendações para as incidências de motorização aplicável à UG-02

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
1.2.1.1.2 Motorização UG-02 Nº de vezes que transitórios de motorização requisitou a atuação do relé 32 de proteção para a UG-02 	Identificar a necessidade de atualizar os sistemas lógicos de proteção de antimotorização e aplicar as novas versões ao dispositivo. Para que se tenha maiores conhecimentos dos aspectos da motorização e suas causas, a equipe de manutenção deverá monitorar o seguinte: • Defeitos da turbina; • perda do fluxo de água injetada na turbina; • defeito de mancal; • perda de força motriz da turbina	• Avaliação técnica para evitar defeitos no circuito de excitação. • Inspeções e testes no relé 32 com proteção anti-ilhamento. • Identificar a periodicidade de testes e substituições para a proteção de sobrecorrente (Relé 49) • Realização de ensaios de sincronismo para simulação dos processos de motorização	Não há ações de cunho da engenharia civil para atendimento aos transitórios elétricos desta ordem.
Resultado esperado	Identificação dos elementos motivadores de cunho mecânico (turbina, mancais, reguladores de velocidade)	Reduzir o número de vezes que os transitórios requisitaram a atuação do relé 32.	
Responsável	Gestor de Manutenção da Regional de Manutenção Oeste	Engenharia de manutenção (DMS/DEMG)	
Data de início	Março de 2019		
Data de término	Contínuo		
Frequência do acompanhamento	Mensal		
Como acompanhar	Identificar por oscilografia o tipo de ocorrência	Monitorar o número de vezes que o relé foi acionado.	

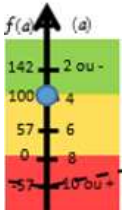
Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2016).

Quadro 32 – Recomendações para os problemas de pressão da UHLM

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
1.3.1.3 Pressão da UHLM Nº de vezes durante o ano que houve alarme oriundo de baixa pressão de óleo na UHLM e que houve conversão da bomba de injeção de lubrificante para manter a pressão  	• Monitorar em inspeções as de mangueiras, dutos e conexões que estejam desgastadas ou com vazamento de óleo lubrificante para a substituição; • Identificar a necessidade de redução do período entre limpezas de filtros de óleo lubrificante; • Identificar, sob manutenção preventiva, as vedações de lubrificante nos mancais. • Certificar-se semanalmente que as válvulas de controle de pressão devem estar ajustadas na regulação correta. • Inspecionar a filtragem eficiente e adequada no sistema hidráulico. • Evitar choques e vibrações, temperatura elevada, desgaste das vedações. • Registrar diariamente a variação do nível de óleo do reservatório	• Verificar se a tensão e corrente de acionamento do motor elétrico e dos componentes elétricos do sistema hidráulico estão corretas. • Prover manutenções preventivas nos motores que acionam as bombas de fluxo do óleo lubrificante. • Seguir um check-list de manutenções preventivas no painel elétrico da Unidade Hidráulica de Lubrificação dos Mancais - UHLM. • Inspecionar e testar os sensores e cabeamentos de aquisição de dados da UHLM e dos mancais.	Não há atividades de cunho da engenharia civil para estes equipamentos.
Resultado esperado	Reduzir a incidência de baixa pressão de óleo na UHLM	Operação regular dos motores de acionamento das bombas hidráulicas	
Responsável	Gestor de Manutenção da Regional de Manutenção Oeste	Técnico em eletrotécnica da UHPJ e engenharia de manutenção para estruturar os roteiros de manutenção preventiva	
Data de início	março de 2019	março de 2019	
Data de término	Contínuo	Contínuo	
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	
Como acompanhar	Monitorar a pressão do óleo	Monitorar a eficácia dos motores elétricos	

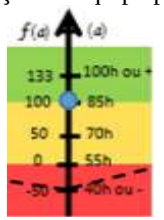
Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2016).

Quadro 33 – Recomendações para os problemas de acionamento do solenoide

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
1.3.3.2 Solenóide Nº de vezes durante o ano que houve desligamentos e desarme devido à desenergização da bobina do solenóide 65S2 	• Na partida da turbina e durante seu funcionamento a eletroválvula deve permanecer energizada por razões de segurança. • Se houver falta de corrente contínua ou o solenóide da eletroválvula for danificado, o regulador de velocidade hidráulico provoca o fechamento total do distribuidor e do bico injetor. • Existe a necessidade de manter o servomotor travado quando a máquina estiver parada.	Instalar relé 86H (redundante) Relé de bloqueio Elétrico, para atuações em falhas de natureza hidráulica. Monitorar sinal de saída do relé para interpretar detalhes da não conformidade. Identificar periodicidade para elaborar simulações, utilizando blocos lógicos and, or e um bloco set/reset, além de um indicador de operação para esta válvula.	Não há ações de cunho da engenharia civil para estas recomendações.
Resultado esperado	Reduzir o número de desligamentos e desarmes devido a desernigização do solenóide	Prover garantia e eficiência de comando elétrico na partida e operação da turbina	
Responsável	Gestor de Manutenção da Regional de Manutenção Oeste	Engenharia de manutenção (DMS/DEMG)	
Data de início	Abril de 2019	Abril de 2019	
Data de término	Contínuo	Contínuo	
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	
Como acompanhar	Monitorar e identificar os motivos que levam ao desligamento e desarmes	Monitoramento remoto e local na sala de comando	

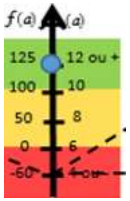
Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2016).

Quadro 34 – Recomendações para os problemas de relacionamento pessoal do corpo técnico

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
2.1.1.2.1 Relacionamento Nº de horas de treinamento de relacionamento pessoal e integração de equipe por ano 	Prover encontros para atividades de lazer das equipes do setor de engenharia mecânica para a formação do espírito de grupo. Contratar psicólogos para realizar a integração de equipes da área de eng. mecânica, promovendo maior diálogo e interesse em relacionar com os colegas de equipe. Promover o espírito de equipe em que sejam identificadas as necessidades de compreender as pessoas no convívio em sociedade e com outras áreas da engenharia.	Prover encontros para evidenciar o quanto é importante praticar o espírito de grupo. Problemas de relacionamento de equipe pode levar a acidentes com risco elétrico. Contratar psicólogos para realizar a integração de equipes da área de eng. elétrica, promovendo maior entendimento de equipe.gas de equipe. Promover o espírito de equipe em que sejam identificadas as necessidades de compreender as pessoas no convívio em sociedade e com outras áreas da engenharia.	Prover encontros para atividades de lazer das equipes do setor de engenharia elétrica para a formação do espírito de grupo. Contratar psicólogos para realizar a integração de equipes da área de eng. elétrica, promovendo maior diálogo e interesse em relacionar com os colegas de equipe. Promover o espírito de equipe em que sejam identificadas as necessidades de compreender as pessoas no convívio em sociedade e com outras áreas da engenharia.
Resultado esperado	Melhoria no relacionamento de grupo	Melhoria no relacionamento de grupo	Melhoria no relacionamento de grupo
Responsável	Gestor de recursos Humanos	Gestor de recursos Humanos	Gestor de recursos Humanos
Data de início	Abril de 2019	Abril de 2019	Abril de 2019
Data de término	Contínuo	Contínuo	Contínuo
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	Mensal
Como acompanhar	Monitorar mensalmente o clima organizacional e o espírito de equipe	Monitorar mensalmente o clima organizacional e o espírito de equipe	Monitorar mensalmente o clima organizacional e o espírito de equipe

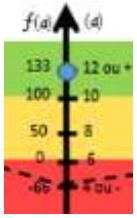
Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*. (2016).

Quadro 35 – Recomendações para os ensaios de simulação de acidentes

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
2.2.2.1 Simulações Nº de vezes no ano que houveram simulações de resgaste de profissional no interior da casa de força 	Reincidir mensalmente nas simulações do manuseio e uso de equipamentos para prover a retirada de profissional de locais de difícil resgate. Manusear os equipamentos necessários aos procedimentos de primeiros socorros e prover o treinamento de uso para içamento de pessoas. Repetir mensalmente o uso dos materiais de rapel e içamento para resgates de vítimas	Gerar periodicidade mensalmente nas simulações do manuseio e uso de equipamentos para prover a retirada de profissional do interior do gerador, sala de baterias dos locais de painéis elétricos e casa de força. Simular resgate de pessoas em ambiente confinado Repetir mensalmente o uso dos materiais de rapel e içamento para resgates de vítimas	Reincidir mensalmente nas simulações do manuseio e uso de equipamentos para prover a retirada de profissional de comportas, taludes, barragem e tomada dágua. Simular resgate de pessoas em ambiente confinado. Repetir mensalmente o uso dos materiais de rapel e içamento para resgates de vítimas
Resultado esperado	Aumentar o número de simulações de resgate de profissionais	Aumentar o número de simulações de resgate de profissionais	Aumentar o número de simulações de resgate de profissionais
Responsável	Gestor da área de Engenharia e Segurança do Trabalho	Gestor da área de Engenharia e Segurança do Trabalho	Gestor da área de Engenharia e Segurança do Trabalho
Data de início	abril de 2019	abril de 2019	abril de 2019
Data de término	Contínuo	Contínuo	Contínuo
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	Mensal
Como acompanhar	Monitorar o número de simulações realizadas na únidade	Monitorar o número de simulações realizadas na únidade	Monitorar o número de simulações realizadas na únidade

Fonte: Adaptado de Ensslin *et al*. (2016).

Quadro 36 – Recomendações para os treinamentos de danos ambientais por ação da usina

Descritor	Ações de cunho mecânico	Ações de cunho elétrico	Ações de cunho civil
2.3.2.1 Treinamentos Nº de vezes durante o ano que os profissionais passaram por treinamento de simulação de vazamento de óleo  	Solicitar à equipe de engenheiros de segurança do trabalho que adquiram materiais óleofílicos para conter eventuais vazamentos pelo sistema de vedação da turbina por extrapolação do volume da caixa separadora água-óleo. Instruir e treinar às equipes tanto do uso de embarcação com motor de popa, quanto na disposição do material óleofílico para conter a propagação de óleo lubrificante no Rio Ijuí, minimizando assim a propagação de danos ambientais. Monitorar o funcionamento da escada de peixes para fins de capituras e condução à montante da barragem na piracema.	• Monitorar e testar as bombas de expulsão de água para a caixa separadora água-óleo, principalmente em caso de stress de vedação. Estas bombas atuam em revezamento para evitar o stress dos motores elétricos da caixa da turbina. • Treinamento para o uso e manipulação de materiais óleofílicos • Testar mensalmente os motores que operam a escada de peixes para fins de capituras e condução à montante da barragem na piracema.	• Inspecionar o poço de drenagem para as ações de limpeza. • Treinamento para o uso e manipulação de materiais óleofílicos • Identificar os locais de possível fuga de óleo pela casa de força
Resultado esperado	Aumentar as simulações de vazamento de óleo aos profissionais	Aumentar as simulações de vazamento de óleo aos profissionais	Aumentar as simulações de vazamento de óleo aos profissionais
Responsável	Gestor do Departamento de Engenharia Ambiental	Gestor da usina	Gestor do Departamento de Engenharia Ambiental
Data de início	Abril/2019	Abril/2019	Abril/2019
Data de término	Contínuo	Contínuo	Contínuo
Frequência do acompanhamento	Mensal	Mensal	Mensal
Como acompanhar	Monitorar a realização dos treinamentos	Monitorar os testes nas bombas	

Fonte: Adaptado de Ensslin et al. (2016).

No que tange as manutenções preventivas na UG02 foi perceptível que o número de horas em indisponibilidade, precisamente 480 horas, foi concebido com um período muito longo, conforme representado no Quadro 24.

Ações de cunho da engenharia mecânica, engenharia civil e engenharia elétrica surgem como recomendações ao decisor para que este implemente estas ações para reverter a posição do status quo no descritor em evidência.

Idealmente, deve-se distinguir as manutenções preventivas que envolvem indisponibilidade, para que estas sejam executadas de forma segura programada e em simultaneidade para que se obtenha o menor período de indisponibilidade possível.

Para tal é importante discernir a necessidade de manutenção preventiva com desligamentos, onde são requeridos os seguintes elementos:

- Planejamento para constituir a programação de equipes de apoio;
- Identificar a disponibilidade de componentes sobressalentes;
- Identificar todo o ferramental, medidores elétricos e/ou mecânicos, insumos e eventuais contratações com mobilização de pessoal;
- Reunir todos os desenhos de projeto atualizados dos sistemas a sofrerem intervenção;
- Planejamento das advertências de segurança para os sistemas sob intervenção;
- Elaborar conograma macro e cronograma detalhado das ações de intervenção;
- Programar ´todos os comunicados com o ONS, concessionária de enrgia elétrica local e com a ANEEL;
- Abrir um Pedido de Serviço Periódico – PSP para formalização destas atividades de manutenção preventiva.
- Identificar a disponibilidade de óleo lubrificante para fins de substituição os sistemas em intervenção;
- Identificar se todos os sistemas anti-incêndio estão operativos e com as datas de validade em dia;
- Identificar a necessidade de sistema de iluminação adicional e revisar o sistema original de iluminação das áreas sob intervenção;
- Identificar a disponibilidade de Equipamentos de Proteção Individual – EPI e Equipamentos de Proteção Coletiva – EPC;

- Identificar previamente se haverá atuação em ambiente confinado e/ou em altura para prover os equipamentos necessários;
- Inspecionar se os profissionais requisitados estão devidamente treinamentos e com os cursos válidos de NR-10 (Risco elétrico), NBR33 (Risco em ambientes confinados) e NBR-35 (risco de atuação em altura) e,
- Contratar ambulância para estar presente na casa de força por todo o período da intervenção.
- Dispor de todos os registros das últimas intervenções dos sistemas a sofrerem manutenção preventiva para que sejam identificados eventuais registros de desgaste dos componentes e identificar o período de vida útil dos sistemas a serem manuseados.

A Eletrosul dispõe de equipe para atuar com sinalização visual dos equipamentos que estão sob manutenção ou tesde nos diversos pavimento da casa de força, justamente para que não sejam acionados comandos equivocados, dos quais poderiam gerar danos em equipamentos e até mesmo acidentes de trabalho.

Em muitos dos sistemas, o acionamento se dá em pavimento diverso ao de instalação, por isso a necessidade de sinalização de advertência da intervenção.

Ficou caracterizado um período longo no ano de 2016 de indisponibilidade sob manutenções preventivas, do qual é merecedor de planejamento para a redução do período de indisponibilidades.

Uma vez que uma reprogramação eficaz e em simultaneidade de ações sejam resolvidas, uma série de ações poderá tornar vigente e célere nestas intervenções do gerador da UG-02, convertendo este patamar.

A partir destas ações, em caráter de simultaneidade, o descritor ‘número de horas em serviço’ sofrerá forte alteração e identificará uma recuperação expressiva frente ao statu quo.

Os transitórios de motorização ocorridos em 2016 se caracterizaram por 9 ocorrências, apresentando-se como um nível comprometedor para o descritor.

Cabe salientar que a origem dos transitórios de motorização pode ser dada pelos sistemas constitutivos das usinas ou até mesmo por transitórios oriundos da linha de transmissão que escoa a energia elétrica da UH.

Conforme apresentado no Quadro 26 tem-se como recomendações de cunho mecânico, elétrico e civil, sugestões de ações para converter a situação do statu quo (Nível

comprometedor) para o descritor Motorização da UG-02, referente ao PVF Gestão e Estratégia Elétrica.

Nesta fase de recomendações são popostas ações com objetivo de converter o nível comprometedor de escala para um nível bom (nível de mercado).

Restringindo-nos às ocorrências de cunho elétrico é sugerido um trabalho dedicado de testes referente ao relé 32, além de ensaios de sincronismo.

Os problemas de cunho mecânico que geram a motorização estão ligados a problemas de mancal e ausência de água na turbina para movimentá-la, por isso o interesse de inspeções para suprimir este efeito.

O Quadro 27 traz consigo o Descritor Pressão na Unidade Hidráulica de Lubrificação dos Mancais – UHLM.

A UHLM é responsável pela lubrificação dos mancais e por isso não pode haver falta de lubrificante nos mancais, sob pena de indisponibilidade de semanas para as unidades geradoras.

As ações de cunho mecânico visam implementar inspeções para que se identifique possiblidades de vazamento por mangueiras, conexões e eventuais entupimentos nos filtros que inibem o fluxo de partículas indesejáveis pelo sistema de lubrificação. Já as ações de cunho elétrico sugerem a inspeções e eventuais manutenções preventivas nos motores e painéis elétricos que acionam os sistemas com pressão de óleo da UHLM.

O Quadro 28 aborda o Descritor ‘Solenóide’, do qual está conectado ao PVF em instância superior ao PVF ‘Gestão e EstratégiaMecânica’.

As ações propostas acerca do Descritor ‘Solenóide’ visam reduzir o número de desligamentos e desarmes devido a desernigização do solenoide, da qual aborta as operações de partida da unidade geradora e após a sua entrada em operação, fechando indevidamente o distribuidor. Blocos lógicos são sugeridos para as simulações visando o atendimento das ações de cunho elétrico. Para as ações de cunho mecânico tem-se a necessidade de manter o servomotor travado quando a máquina estiver parada, por isso a importância de manter-se a eletroválvula operativa.

O Quadro 29 traz consigo proposições de melhoria, com as quais sugerem ações para o Descritor ‘Relacionamento’. O convívio restrito da casa de força em um ambiente que exige por longas horas o relacionamento diário de pessoas requer técnicas para perdurá-lo. Para tal, são sugeridas técnicas de grupo com psicólogos e melhorias para que se perdure em harmonia estes relacionamentos, dos quais são importantes para um ambiente que submete ao profissional a riscos de ordem elétrica e mecânica.

No Quadro 30 há a ilustração do Descritor ‘Simulações’, com o qual é sugerido ações simulando o resgate de profissionais, utilizando-se equipamentos especiais, onde a técnica passa a ser uma ação rotineira dada a reincidência destas ações programadas.

O Quadro 31 aborda o Descritor ‘Treinamento’, do qual visa treinar o profissional da UH a prover ações para restringir eventuais impactos ambientais no Rio Ijuí. Estas ações vão do trabalho de inspeção em dutos, mangueiras e acessórios por onde passa o óleo lubrificante até as ações com materiais oleofílicos para impedir a propagação de lubrificantes para o Rio Ijuí.

Treinamentos com lanchas e motor de popa são requeridos, incluindo-se logística e manobras com lanchas próprias para a atividade.

Também são inspecionados e testados os motores que atuam nas escadas de peixe para a sua captura e transposição para acima da barragem, propiciando aos alevinos a prociração, assim como a atividade da pesca.

Com estas sugestões, certamente que os níveis deficitários identificados pelo statu quo nos respectivos descritores sofrerão impactos positivos, oferecendo-se melhora de gestão a partir destas recomendações.

6 CONCLUSÃO

Consoante ao grau de importância que o Setor de Energia Elétrica impõe para o desenvolvimento de um país, o fornecimento confiável de energia elétrica passa por ferramentas de avaliação de desempenho, que se mostram de grande valia para o processo de gestão.

Contíguo aos aspectos do fornecimento de energia elétrica, sob os preceitos da confiabilidade e perenidade, o Setor está sujeito a um processo de regulação exigente e sem muitas flexibilidades, porém aberto para que se desenvolva a adoção de ferramentas multicritério de avaliação de desempenho para melhorias do processo de gestão. Cabe salientar que a metodologia Multiple-criteria Decision Analysis (MCDA) adota como filosofia o paradigma racionalista, o que a distingue da metodologia MultiCriteria Decision Aid Construtivista (MCDA-C), a qual se fundamenta pelo pressuposto do paradigma construtivista (ENSSLIN et al., 2013).

Esta distinção significativa identifica que o presente trabalho de pesquisa, fundamentado no objetivismo, não assiste aos pesquisadores interessados em desenvolver modelos de avaliação de desempenho construtivistas (MCDA-C). Sob a caracterização deste cenário, o presente trabalho de pesquisa teve como objetivo a construção de um modelo fundamentado na metodologia multiple-criteria decision analysis (MCDA) para a gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João.

Para que fossem atendidos os primeiros objetivos específicos deste trabalho de pesquisa, foram selecionados, por intermédio do instrumento de intervenção *ProKnow-C*, 21 artigos alinhados ao fragmento da literatura, dotados de reconhecimento científico, acerca do tema ‘Avaliação de Desempenho para a Gestão de Manutenção de Usinas Hidrelétricas’.

Ficou caracterizado no Portfólio Bibliográfico que dentre os aspectos de avaliação de desempenho desenvolvidos, as maiores preocupações dos Stakeholders circundam sobre o tema da confiabilidade, eficiência, disponibilidade e ciclo de vida útil de componentes (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Com esta caracterização, identificou-se que na maioria das publicações científicas do PB que a filosofia de mensuração da avaliação de desempenho para a gestão de usinas hidrelétricas foram essencialmente por escalas ordinais (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2012).

Ficou perceptível a deficiência dos especialistas para caracterizar os níveis de atratividade que compõe uma escala (ERTAY; KAHRAMAN; KAYA, 2012).

Segundo análises de Sengül et al. (2015), na maioria das metodologias identificadas no portfólio bibliográfico, a tomada de decisão está sujeita ao julgamento de especialistas, o que implica nos equívocos de utilização de escalas, assim como das incertezas com que são aplicadas as taxas de compensação.

Constatou-se que nos artigos do PB foram constituídos três blocos de abordagens de avaliação de desempenho envolvendo processos de manutenção de usinas hidrelétricas.

O primeiro bloco se utiliza de estudos e estratégias governamentais, para estratégia de fornecimento de energia de um país, onde a manutenção foi constituído como um aspecto em relevância para a avaliação de desempenho. O segundo bloco envolve dados de projeto de usinas hidrelétricas, envolvendo desempenho pelo arranjo de queda d'água, tipo de turbina, conduto forçado, geradores e engenharia de materiais, associando-se a gestão de processos de manutenção.

O terceiro bloco de artigos é caracterizado por associação dos preceitos de disponibilidade e confiabilidade com a adoção de filosofia de manutenção e aspectos de avaliação de desempenho relacionados aos processos de manutenção (SUPRIYASILP; ONGPUT; BOONYASIRIKUL, 2010). Pelos aspectos tecnológicos que envolvem os processos de manutenção de usinas hidrelétricas, identificou-se no PB que há fortes preocupações com as práticas de manutenções preditivas e preventivas, porém em sua maioria, excetuando-se a associação das metodologias que possam monitorar o desgaste de equipamentos e sistemas (YSSAAD; KHIAT; CHAKER, 2017).

Com os propósitos de otimizar a qualidade de manutenção, no que tange segurança e confiabilidade, a aplicação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) mostrou-se um avanço no decorrer dos tempos, sem necessariamente acrescer demasiados custos da política de manutenção (ÖZCAN; ÜNLÜSOY; EREN, 2017).

Ficou perceptível no PB que a utilização da filosofia *Failure Modes, Effects Analysis* – FMEA, associada com a metodologia *sistêmica Failure Mode Effects and Criticality Analysis* – FMECA permitem a melhoria de gestão da manutenção de usinas hidrelétricas (JAYASWAL; WADHWANI; MULCHANDANI**,** 2008). ´

Dentre os artigos do PB, apenas 3 publicações abordaram a filosofia FMEA/FMECA, das quais tratam de forma sistematizada os modos de falhas, assim como das preocupações quanto aos aspectos de seleção e criticidade das falhas e propagações destas, enquanto danos possíveis às usinas hidrelétricas.

Dentre os propósitos de atendimento ao primeiro objetivo específico, identificou-se os atores mais relevantes, a incidência das palavras-chave dentre as publicações científicas

do PB, a importância dos pesquisadores para o tema de pesquisa e os periódicos de maior relevância no contexto deste trabalho de pesquisa.

A Análise Sistêmica foi fundamentada por intermédio da análise de seis Lentes que decorrem do conceito de Avaliação de Desempenho adotado, onde foi possível obter em detalhes as perguntas relacionadas a cada uma destas lentes propostas, caracterizando-se a participação do gestor, intervenientes, stakeholders e agidos de um modo geral. Identificou-se nos artigos do PB que a maioria dos artigos continham abordagem normativista, em que a participação do decisor ficou à margem para a escolha da metodologia a ser aplicada e ao modelo a ser desenvolvido. Para os artigos do PB, o decisor pouco participou da escolha dos aspectos passíveis de avaliação de desempenho, assim como da escolha das escalas a serem aplicadas a tais aspectos.

Contemplando ao segundo objetivo específico deste trabalho foi realizado um levantamento dos aspectos de avaliação de desempenho do PB para cada artigo e associado aos três blocos de abordagens identificados no PB.

Havendo correlação para a maioria dos PVFs, cabe salientar que o presente trabalho de pesquisa adentrou na rotina da gestão de manutenção, cabendo salientar que as entrevistas desenvolvidas com o gestor da Usina levaram na identificação de 80 polós presentes e polos opostos, dos quais evoluíram por intermédio da metodologia MCDA.

Na Fase de Estruturação do modelo foram constituídos os atores, com os quais participam do processo decisório, além de 53 critérios de avaliação de desempenho considerados pelo gestor necessários e suficientes para avaliar a conjuntura da gestão de manutenção da Usina Hidrelétrica Passo São João Foi possível identificar os aspectos de avaliação de desempenho do PB e correlacioná-los com os descritores dos PVFs que constituem o modelo desenvolvido de avaliação de desempenho pela metodologia MCDA.

Conforme os Gráficos 30, 31, 32, 33 e 34, foram identificados para cada descritor que constitui um PVF, quantos artigos continham aspectos de avaliação correlacionados por descritor.

Neste sentido, obteve-se no PB aspectos correlacionados em sua maioria com os descritores associados ao PVF ‘Disponibilidade de geração’, PVF ‘Gestão Estratégica Elétrica’, PVF ‘Gestão Estratégica Mecânica’, PVF ‘Gestão Estratégica Civil’ e PVF ‘Gestão Ambiental’. Como uma lacuna identificada no PB, especificamente ao PVF ‘Gestão de RH’ e PVF ‘Engenharia e Segurança do Trabalho’ não houve abordagens no PB, tão pouco aspectos de avaliação de desempenho, que fosse passível de correlação com os descritores deste trabalho de pesquisa.

A Eletrosul preza por treinamentos da área de engenharia e segurança do trabalho, onde a periodicidade de treinamentos é rigorosa.

A utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI) voltados a evitar acidentes com a exposição ao risco elétrico, ao ambiente confinado e aos trabalhos em altura é uma cultura da Organização, o que fundamentou a avaliação de desempenho relacionadas a estas atividades por intermédio de descritores.

Foi importante a correlação entre os aspectos de avaliação de desempenho do PB com os descritores do modelo, pois evidenciou-se que a Eletrosul aplica em sua gestão aspectos de avaliação de desempenho praticados pela comunidade científica.

No atendimento ao terceiro objetivo específico deste trabalho de pesquisa, o gestor da UHPJ identificou que os descritores desenvolvidos para a avaliação de desempenho da gestão de manutenção da UHPJ foram tidos como necessários e suficientes para avaliar o contexto da gestão de manutenção deste empreendimento de geração, contemplando-se ao terceiro objetivo específico deste trabalho de pesquisa. Ao apreciar o terceiro objetivo específico, foi desenvolvida na Fase de Avaliação do modelo a transformação de escalas ordinais em funções de valor (escalas cardinais), em que o manuseio do software Macbeth demonstrou-se relevante para o desenvolvimento e geração das escalas cardinais.

Para a formulação de um critério de avaliação de desempenho foram desenvolvidos descritores associados às respectivas funções de valor, onde caracterizou-se o *statu quo* para o modelo desenvolvido.

A partir da definição dos critérios de avaliação de desempenho foi possível avaliar localmente o desempenho das ações potenciais. Com relação à integração dos indicadores, utilizou-se do processo de agregação aditiva, para a obtenção de uma avaliação global de desempenho.

Para fins de agregação dos critérios, desenvolveu-se as taxas de substituição, transformando valores locais de preferência em valores globais, procedimento com o qual resultou em 53 pontos concebidos como avaliação global para este modelo.

O atendimento ao último objetivo desta pesquisa se deu pelas ações de melhorias propostas, referente aos indicadores, onde houve a caracterização de nível comprometedor na Fase de Recomendações. A aplicação da metodologia MCDA proporcionou, segundo a visão do autor do presente trabalho, reparar as lacunas dispostas na literatura, das quais compreendem os Sistemas de Avaliação de Desempenho na gestão de manutenção de usinas hidrelétricas.

Pelo fato deste trabalho desenvolver um detalhamento consistente do processo de construção do modelo, gera-se por intermédio do presente trabalho um elemento científico de

fundamentação para apoiar a outras usinas hidrelétricas na implementação de Sistemas de Avaliação de Desempenho (KAHRAMAN; KAYA, 2010).

Como colaboração para trabalhos futuros, a utilização da Metodologia *Multiple-Criteria Decision Analysis* (MCDA) ainda no âmbito das Energias Renováveis poderá gerar modelos de avaliação de desempenho para as áreas de engenharia de segurança do trabalho e para a gestão de recursos humanos voltadas aos profissionais atuantes em manutenção de usinas hidrelétricas.

Como há um enorme apelo pelo aumento de fornecimento energético proveniente de fontes renováveis (Energia Eólica, Energia Solar Fotovoltaica e Energia Maré-motriz), abre-se no âmbito da gestão de manutenção, um campo vasto para a aplicação da metodologia *Multiple-Criteria Decision Analysis* (MCDA) para a elaboração de modelos desta ordem, contribuindo-se ainda mais com a comunidade científica.

REFERÊNCIAS

ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A. Selection of hydro-turbine blade material: Application of Fuzzy Logic (MCDA). **International Journal of Engineering Research and Applications** (IJERA), *[s. l.]*, v. 3, n. 1, p. 426-430, jan./fev. 2013. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/478a/db178fa8467aa9e4c25201987d1c4c2e5b02.pdf. Acesso em: 20 jun. 2017.

ADHIKARY, P.; ROY, P. K.; MAZUMDAR, A. Selection of small hydropower project site: a multi-criteria optimization technique approach. **JEAS (ARPN)**, v. 10, p. 3280-3285, maio 2015. Disponível em: https://pdfs.semanticscholar.org/e4a1/e1ed51dbc56454783bd9a7d2504d12af6e24.pdf. Acesso em: 14 jun. 2017.

AFONSO, M. H. F.; SOUZA, J. V.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 47-62, maio/ago. 2011. Disponível em: https://rgsa.emnuvens.com.br/rgsa/article/view/424/pdf_13. Acesso em: 26 ago. 2017.

ÁLVARES, A. J.; SOUZA, R. Q.; AMAYA, E. J.; TONACO, R.; LIMA, A. A. Sistema inteligente de manutenção baseada em condição para usina hidrelétrica de Balbina. *In:* CONGRESSO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM ENERGIA ELÉTRICA-V CITENEL, 5., 2009. **Anais** [...]. Belém/PA, 2009.

ANDRADE LONGARAY, A.; ENSSLIN, L.; MACKNESS, J. R. Multicriteria decision analisys to lead about messes problems: an illustrated case. **Independent Journal of Management & Production**, v. 5, n. 3, 2014. DOI: 10.14807/ijmp.v5i3.143. Disponível em: http://www.repositorio.furg.br/bitstream/handle/1/5455/Multicriteria%20decision%20analisys%20to%20lead%20about%20messes%20problems%20an%20illustrated%20case.pdf?sequence=1. Acesso em: 4 jun. 2017.

APPOLINÁRIO, F. **Metodologia da ciência:** filosofia e prática da pesquisa. São Paulo: Thomson, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: confiabilidade e mantenabilidade: terminologia. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994.

AZEVEDO, R. C. de; LACERDA, R. T. de O.; ENSSLIN, L.; JUNGLES, A. E.; ENSSLIN, S. R. Performance measurement to aid decision making in the budgeting process for apartment-building construction: case study using MCDA-C. **Journal of Construction Engineering and Management,** v. 139, n. 2, p. 225–235, 2013.

BANA e COSTA, C. A. Introdução geral às abordagens multicritério de apoio à tomada de decisão. **Investigação Operacional**, v. 66, p. 117-139, jun., 1988.

BANA e COSTA, C. A. Três convicções fundamentais na prática do apoio à decisão. **Pesquisa Operacional**, v. 13, n. 1, p. 9-20, jun. 1993. Disponível em: http://web.ist.utl.pt/carlosbana/Pesquisa%20operacional.pdf. Acesso em: 15 abr. 2017.

BANA E COSTA, C. A.; CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. MACBETH. **International Journal of Information Technology and Decision Making**, [*S. l.*], v. 11, n. 2, p. 359-387, 2012. DOI: https://doi.org/10.1142/S0219622012400068. Disponível em: https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0219622012400068. Acesso em: 15 out. 2017.

BANA E COSTA, C. A.; CORTE, J. M.; VANSNICK, J.C. On the mathematical foundation of MACBETH. **Multiple Criteria Decision Analysis**: State of the Art Surveys, ISOR, Berlin, v. 78, p. 409-437, 2005.

BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, E.; CORNÊA, E. C.; VANSNICK, J-C. Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research**, v. 113, n. 2, p. 315-335, mar. 1999. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221798002197. Acesso em: 15 abr. 2017.

BANA E COSTA, C. A.; ENSSLIN, L.; CORNÊA, E. C.; VANSNICK, J-C. Decision support systems in action: integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research,** [*S. l.*], v. 113, n. 2, p. 315-335, 1999.

BANA E COSTA, C. A.; LOPEZ, R.; BAETS, B. The MACBETH approach for multicriteria evaluation of development projects on cross-cutting issues. **Annals of Operations Research**, [*S. l.*], v. 199. n. 1, p. 393-408, 2012.

BANA E COSTA, C. A.; OLIVEIRA, M. D. A multicriteria decision analysis model for faculty evaluation. **Omega**, [*S. l.*], v. 40, n. 4, p. 424–436, 2012.

BANA E COSTA, C. A.; OLIVEIRA, R. C. Assigning priorities for maintenance, repair and refurbishment in managing a municipal housing stock. **European Journal of Operational Research**, n. 138, p. 380-391, 2002.

BANA E COSTA, C. A.; OLIVEIRA, R. C. **Processo de apoio à decisão:** problemáticas, actores e acções. Florianópolis, ago, 1995a. (Apostila do Curso Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão − ENE/UFSC).

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. **A theoretical framework for measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique (Macbeth)**. Florianópolis, ago. 1995g. (Apostila do Curso Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão − ENE/UFSC).

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. General overview of the MACBETH approach. *In:* **Advances in multicriteria analysis**. Springer: Boston, MA, p. 93-100, 1995.

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. **Measuring credibility of compensatory preference statements when trade-offs are interval determined**. Florianópolis, ago. 1995c. (Apostila do Curso Metodologias Multicritério de Apoio à Decisão − ENE/UFSC).

BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Uma nova abordagem ao problema de construção de uma função de valor cardinal: MACBETH. **Investigação Operacional,** [*S. l.*], v. 15, p. 15-35, 1995.

BANA E COSTA, C. A.; VINCKE, P.H. Multiple criteria decision aid: an overview. *In:* BANA E COSTA, C. A. **Readings in multiple criteria decision aid.** Berlim: Springer-Verlag, p. 101-118, 1990.

BARROS, C. P.; PEYPOCH, N. The determinants of cost efficiency of hydroelectric generating plants: a random frontier approach. **Energy policy**, v. 35, n. 9, p. 4463-4470, 2007.

BARROS, J. F. R; LIMA, G. B. A. A gestão da manutenção no plano estratégico dos empreendimentos industriais. *In:* CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., Rio de Janeiro, 2011. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T11_0381_1830.pdf. Acesso em: 15 abr. 2017.

BARZILAI, J. Basic principles of measurement. *In*: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS, 2001. **Anais** […]. Tucson, 2001. p. 395-400. **DOI:** 10.1109/ICSMC.2001.969844. Disponível em: https://ieeexplore.ieee.org/document/969844. Acesso em: 14 abr. 2017.

BEAN, N. G.; O'REILLY, M. M.; SARGISON, J. E. A stochastic fluid flow model of the operation and maintenance of power generation systems. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 25, n. 3, p. 1361-1374, 2010.

BEINAT, E. **Multiattribute value functions for environmental management**. Amsterdam: Thesis Publishers, 1995.

BITITCI, U.; GARENGO, P.; DORFLEER, V.; NUDURUPATI S. Performance measurement: challenges for tomorrow. **International journal of management reviews**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 305-327, 2012. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1468-2370.2011.00318.x. Acesso em: 15 out. 2017.

BLANCHARD, B. S.; FABRYCKY, W. J.; FABRYCKY, W. J. **Systems engineering and analysis**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1990.

BORGES, C. L. T; PINTO, R. J. Small hydro power plants energy availability modeling for generation reliability evaluation. **IEEE Transactions on Power Systems**, v. 23, n. 3, p. 1125-1135, 2008.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; ALMEIDA, M. O. Multicriteria decision aid tool for the operational management of an industry: a constructivist case. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v. 14, n. 2, p. 165-182, 2017.

CARAZAS, F. G.; SOUZA, G. F. M. Risk-based decision making method for maintenance policy selection of thermal power plant equipment. **Energy**, [*S. l.*], v. 35, p. 964-975, 2010.

CARMO, H.; FERREIRA, M. **Metodologia da investigação:** guia para auto-aprendizagem. 2. ed. Lisboa: Universidade Aberta, 2008. p. 1-89.

CHALMERS, A. F. **What is this thing called science?** 2. ed. Milton Keynes: Open University Press, 1982.

CHAVES, L.C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; VALMORBIDA, S. M. I.; SHINOHARA, K. J. Segurança de software: uma abordagem multicritério para avaliação de desempenho. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 136-171, 2013. Disponível em: file:///C:/Users/Admin/Downloads/201-1-2453-1-10-20130506.pdf. Acesso em: 24 jun. 2017.

CHENHALL, R. H. Integrative strategic performance measurement systems, strategic alignment of manufacturing, learning and strategic outcomes: an exploratory study. **Accounting, Organizations and Society**, [*S. l.*], v. 30, n. 5, p. 395-422, 2005.

CIARAPICA, F. E.; GIACCHETTA, G. Managing the condition-based maintenance of a combined-cycle power plant: an approach using soft computing techniques. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*S. l.*], v. 55, p. 885-898, 2016.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

CRESWELL, J. W. Mapping the developing landscape of mixed methods research. **SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research**, [*S. l.*], v. 2, p. 45-68, 2010.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DELEUZE, G.; BACON, F. **Francis Bacon:** the logic of sensation. Minneapolis: Universidad of Minnesota Press, 2003.

DELLA BRUNA JR, E.; ENSSLIN, L.; ROLIM ENSSLIN, S. An MCDA-C application to evaluate supply chain performance. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management,** v. 44, n. 7, p. 597-616, 2014. DOI: https://doi.org/10.1108/IJPDLM-05-2012-0157. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/IJPDLM-05-2012-0157. Acesso em: 14 out. 2017.

DELLA BRUNA, E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Supply chain performance evaluation: a case study in a company of equipment for refrigeration. *In:* IEEE INTERNATIONAL TECHNOLOGY MANAGEMENT CONFERENCE (ITMC). San Jose, CA, USA. 2011. **Proceedings** […]. San José, CA, 2011. p. 969-978.

DHILLON, B. S. **Maintainability, maintenance, and reliability for engineers**. [*S. l.*]: CRC Press, 2006.

DIAS, L. C.; COSTA, J. P.; CLÍMACO, J. N. Conflicting criteria, cooperating processors: some experiments on implementing a multicriteria decision support method on a parallel computer. **Computers & Operations Research**, [*S. l.*], v. 24, n. 9, p. 805-817, 1997.

DICKER, L. **Percepção de valor em sistemas de informação orientados para o pequeno e médio varejo brasileiro**. 2009. Dissertação (Mestrado em Administração)-Universidade Fumec, Belo Horizonte, 2009.

DIEHLL, A.; TATIM, D. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

DUTRA, A. **Elaboração de um sistema de avaliação de desempenho dos recursos humanos da Secretaria de Estado da Administração**: SEA à luz da metodologia multicritério de apoio à decisão. Dissertação (Mestrado em engenharia de produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

DYER, J. S.; SARIN, R. K. Measurable multiattribute value functions. **Operations research**, [*S. l.*], v. 27, n. 4, p. 810-822, 1979.

EDEN, C. Cognitive mapping. **European Journal of Operational Research,** [*S. l.*], v. 36, p. 1-13, 1988.

ELBATRAN, A. H.; YAAKOB, O. B.; AHMED, Y. M.; SHABARA, H. M. Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*S. l.*], v. 43, p. 40-50, 2015.

ENSSLIN, L. **Notas de aula da disciplina MCDA I.** Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

ENSSLIN, L.; AZEVEDO, R. C. DE; JUNGLES, A. E. **ProKnow-C, knowledge development process-constructivist**: processo técnico com patente de registro pendente junto ao INPI. Brasília, 2010.

ENSSLIN, L.; DEZEM, V.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R.; SOMENSI, K. Management support for agricultural enterprises: a case study for a fruit-producing company. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 20, n. 4, p. 493-510, 2017.

ENSSLIN, L.; DEZEM, V.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R.; SOMENSI, K. Management support for agricultural enterprises: a case study for a fruit-producing company. **International Food and Agribusiness Management Review**, v. 20, n. 4, p. 493-510, 2017.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. **International Transactions in Operational Research**, v. 7, p. 79-100, 2000. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x. Acesso em 16 out. 2017.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S. R. MCDA: a constructivist approach to the management of human resources at a governmental agency. **International Transactions in Operational Research,** [*S. l.*], v. 7, n. 1, p. 79-100, 2000. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-3995.2000.tb00186.x. Acesso em 16 out. 2017.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A.; DUTRA, A.; REIS, C. BPM governance: a literature analysis of performance evaluation. **Business Process**

Management Journal, v. 23, n. 1, p. 71-86, 2017. DOI: 10.1108/BPMJ-11-2015-0159. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/313243571_BPM_governance_a_literature_analysis_of_performance_evaluation. Acesso em: 15 nov. 2017.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. **Notas de aula da disciplina EPS 6325**: pesquisa direta do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: Mimeo, 2008.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ROCHA, S.; MARAFON, A. D.; MEDAGLIA, T. A. Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores. **Production**, [*S. l.*], v. 23, n. 2, p. 402-421, 2013.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010a.

ENSSLIN, L.; GIFFHORN, E.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; VIANNA, W. B. Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 125-152, 2010a.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G.; NORONHA, S.M. **Apoio à decisão**: metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.

ENSSLIN, L.; MUSSI, C. C.; CHAVES, L. C.; DEMETRIO, S. N. (2015). It outsourcing management: the state of the art recognition by a constructivist research process and bibliometrics. **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management,** v. 12, n. 2, p. 371-392, 2015.

ENSSLIN, S. **A incorporação da perspectiva sistêmico-sinergética na metodologia MCDA construtivista:** uma ilustração de implementação. 2002. 478 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ENSSLIN, S. **A incorporação da perspectiva sistêmico-sinergética na metodologia MCDA construtivista:** uma ilustração de implementação. 2002. 478 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

ENSSLIN, S. R.; ENSLLIN, L.; DUTRA, A. **PROKNOW-C:** um processo para geração de conhecimento e identificação de oportunidades de pesquisa científica. Florianópolis: UFSC, 2015. (Apostila da disciplina Avaliação de Desempenho do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina).

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; BACK, F.; LACERDA, T. O. R. Improved decision aiding in human resource management: a case using constructivist multi-criteria decision aiding. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 62, n. 7, p. 735-757, 2013.

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; MATOS, L. D. S.; DUTRA, A.; RIPOLL-FELIU, V. M. Research opportunities in performance measurement in public utilities regulation.

International Journal of Productivity and Performance Management, v. 64, n. 7, p. 994-1017, 2015.

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; YAMAKAWA, E. K. Y.; NAGAOKA, M. D. P. T. N.; KLINGUELFUS, G. K. Gestão do programa de eficiência energética para clientes industriais com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão-construtivista. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19, n. 2, p. 173-204, 2013.

ERTAY, T.; KAHRAMAN, C.; KAYA, I. Evaluation of renewable energy alternatives using MACBETH and fuzzy AHP multicriteria methods: the case of Turkey. **Technological and economic development of economy,** [S. l.], v. 19, n. 1, p. 38-62, 2013.

FAINGUELERNT, M. B. A trajetória histórica do processo de licenciamento ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 247-266, abr./jun. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v19n2/pt_1809-4422-asoc-19-02-00245.pdf. Acesso em: 23 maio 2017.

FIRESTONE, W. A.; ROSSMAN, G. B. Exploring organizational approaches to dissemination and training. **Knowledge Creation**, Diffusion, Utilization, v. 7, n. 3, p. 303-330, 1986.

FIRESTONE, W. A.; WILSON, B. Management and organizational outcomes: the effects of approach and environment in schools. **Philadelphia Research For Better Schools**, 1986.

FRANCO-SANTOS, M. *et al.* Towards a definition of a business performance measurement system. **International Journal of Operations & Production Management**, [*S. l.*], v. 27, n. 8, p. 784-801, 2007. DOI: https://doi.org/10.1108/01443570710763778. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/01443570710763778. Acesso em: 15 out. 2017.

GIL, A. C. Amostragem na pesquisa social. *In:* GIL, A. C. (org.). **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010. p. 90-109.

GREENING, L. A.; BERNOW, S. Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making. **Energy policy**, [*S. l.*], v. 32, n. 6, p. 721-735, 2004.

GUANGXIONG, S.; YONGYONG, H.; FULEI, C.; YUIJONG, G. HYDES: a web-based hydro turbine fault diagnosis system. **Expert Systems with applications**, [*S. l.*], v. 34, p. 764-772, 2008.

GUJBA, H.; MULUGETTA, Y.; AZAPAGIC, A. Environmental and economic appraisal of power generation capacity expansion plan in Nigeria. **Energy Policy**, [*S. l.*], v. 38, p. 5636-5652, 2010.

HAYES, R. H.; PISANO, G. P. Beyond World-Class: the new manufacturing strategy. **Harvard Business Review**, jan./feb. 1994. Disponível em: https://hbr.org/1994/01/beyond-world-class-the-new-manufacturing-strategy. Acesso em: 16 out. 2018.

IESBIK VALMORBID, S. M.; ENSSLIN, L. Construção de conhecimento sobre avaliação de desempenho para gestão organizacional: uma investigação nas pesquisas científicas internacionais. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, [*S. l.*], v. 13, n. 28, 2016.

IUDICIBUS, S. **Teoria da contabilidade.** São Paulo: Atlas, 2004.

JEON, J.; SHIN, D.; LEE, J.; PARK, H. Development of dam safety management system. **Advances in Engineering Software**, [*S. l.*], v. 40, p. 554-563, ago. 2009. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2008.10.009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/220291915_Development_of_dam_safety_management_system. Acesso em: 15 abr. 2017.

KAHRAMAN, C.; KAYA, I. A fuzzy multicriteria methodology for selection among energy alternatives**. Expert Systems with Applications**, [*S. l.*], v. 37, 6270–6281, 2010.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Linking the balanced scorecard to strategy. **California Management Review**, Berkeley, v. 39, n. 1, p. 53-79, out. 1996.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Mapas estratégicos:** convertendo ativos intangíveis em resultados tangíveis. [*S. l.*]: Gulf Professional Publishing, 2004.

KARDEC, A.; LAFRAIA, J. R. B. **Gestão estratégica e confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

KEENEY, R. L. **Value-focused thinking**: a path to creative decision making. London: Harvard University Press, 1992.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs**. Cambridge university press, 1993.

KHAN, F. I.; HADDARA, M.; KRISHNASAMY, L. A new methodology for risk-based availability analysis. **IEEE Transactions on Reliability**, [*S. l.*], v. 57, n. 1, p. 103-112, 2008.

KUCUKALI, S. Risk assessment of river-type hydropower plants using fuzzy logic approach. **Energy Policy**, [*S. l.*], v. 39, p. 6683-6688, 2011.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, A. V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão & produção**, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Research opportunities in strategic management field: a performance measurement approach. **International Journal of Business Performance Management**, [*S. l.*], v. 15, n. 2, p. 158-174, 2014.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Research opportunities in strategic management field: a performance measurement approach. **International Journal of Business Performance Management**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 158-174, 2014.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma análise bibliométrica da literatura sobre estratégia e avaliação de desempenho. **Gestão & Produção**, [*S. l.*], v. 19, n. 1, p. 59-78, 2012.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. A constructivist approach to manage business process as a dynamic capability. **Knowledge and Process Management**, v. 21, n. 1, p. 54-66, 2014.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; KRUEGER, A.; ENSSLIN, S. R. Performance evaluation in the Brazilian public sector. **Public Administration Research**, v. 6, n. 1, 2017. DOI: 10.5539/par.v6n1p1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316548213_Performance_Evaluation_in_the_Brazilian_Public_Sector. Acesso em: 14 set. 2017.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ROLIM ENSSLIN, S. A performance measurement framework in portfolio management: a constructivist case. **Management Decision,** v. 49, n. 4, p. 648-668, 2011.

LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, L.; ROLIM ENSSLIN, S. A performance measurement view of IT project management. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, p. 132-151, 2011.

LANDRY, M. A note of the concept of 'problem'. **Organization Studies**, [*S. l.*], v. 16, n. 2, p. 315-343, 1995.

LEBAS, M. J. Performance measurement and performance management. **International journal of production economics**, [*S. l.*], v. 41, n. 1-3, p. 23-35, 1995.

LONGARAY, A. A.; ENSSLIN, L. Use of multi-criteria decision aid to evaluate the performance of trade marketing activities of a brazilian industry. **Management and Organizational Studies**, v. 2, n. 2, p. 15, 2015a. Disponível em: http://repositorio.furg.br/handle/1/5549. Acesso em: 15 set. 2017.

LONGARAY, A. A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ROSA, I. O. Assessment of a Brazilian public hospital's performance for management purposes: a soft operations research case in action'. **Operations Research for Health Care**, v. 5, p. 28-48, 2015b. Disponível em: http://repositorio.furg.br/handle/1/5550. Acesso em: 05 set. 2017.

LONGARAY, A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.; ALVES, G.; DUTRA, A.; MUNHOZ, P. Using MCDA to evaluate the performance of the logistics process in public hospitals: the case of a Brazilian teaching hospital. **International Transactions in Operational Research**, v. 25, n. 1, 2017. DOI: 10.1111/itor.12387. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/itor.12387. Acesso em: 15 nov. 2017.

LYNCH, R.; CROSS, K. **Measure Up!** Yardsticks for Continuous Improvement, Blackwell. Oxford: Wiley, 1991.

MARAFON, A. D. **Avaliação de desempenho da gestão de P&D**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MARAFON, A. D.; ENSSLIN, L.; LACERDA, R. T. D. O.; ENSSLIN, S. R. The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology: a case study of R&D management. **European Journal of Innovation Management**, v. 18, n. 1, p. 86-109, 2015.

MARAFON, C.; LACO, M.; SANCHES, J. C. M.; LEÃO, M. LEÃO, F. T. B. Estratégias bioclimáticas em avaliação de desempenho térmico nas habitações de interesse social em Sinop/MT. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 18, n. 3, p. 1008-1021, 2014.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINEZ, V.; KENNERLEY, M. **Impact of performance management reviews**: evidence from an energy supplier, In: CONFERENCE EUROMA: Operations and global competitiveness. 2005. Budapest. **Proceeding** […]. Budapest, Hungria, jun. 2005.

MARTINS, R. P.; LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L. Um estudo bibliométrico sobre avaliação de desempenho em instituições de ensino superior. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios**, [*S. l.*], v. 6, n. 3, p. 238-265, 2013.

MCDANIEL, C.; GATES, R. **Pesquisa de marketing**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2003.

MELÃO, N.; PIDD, M. A Conceptual Framework for Understanding Business Processes and Business Process Modelling. **Information Systems Journal**, [*S. l.*], v. 10, n. 2, p.105-129, 2000.

MELNYK, S. A.; BITITCI, U.; PLATTS, K.; TOBIAS, J.; ANDERSEN, B. Is performance measurement and management fit for the future? **Management Accounting Research**, 2013. No prelo.

MERLIN, F. K.; SOUZA, J. V.; ENSSLIN, L.; PEREIRA, V. L. D. do V.; ENSSLIN, S. R. Lacunas de pesquisa na avaliação de desempenho orientada às questões referentes à sustentabilidade. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v. 4, n. 7, p. 155-181, 2012. Disponível em: http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1494/pdf. Acesso em: 24 jun. 2017.

MICHELI, P.; MARI, L. The theory and practice of performance measurement. **Management accounting research**, v. 25, n. 2, p. 147-156, 2014. DOI https://doi.org/10.1016/j.mar.2013.07.005. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S104450051300070X. Acesso em: 23 abr. 2017.

MONCHY, F. **A função manutenção-formação para a gerência da manutenção industrial**. São Paulo: Durban, 1989.

MONCHY, F. **La fonction maintenance:** formation à la gestion de la maintenance industrielle. [*S. l.*]: Masson, 1987.

MONTIBELLER, G.; BELTON, V. Causal maps and the evaluation of decision options: a review. **Journal of the Operational Research Society**, v. 57, n. 7, p. 779-791, 2006.

MONTIBELLER, G.; BELTON, V. Qualitative operator for reasoning maps: evaluating multicriteria options with networks of reasons. **European Journal of Operational Research**, v. 195, p. 829-840, 2009.

MONTIBELLER, G.; BELTON, V.; ACKERMANN, F.; ENSSLIN, L. Reasoning maps for decision aid: an integrated approach for problem-structuring and multi-criteria evaluation. **Journal of the Operational Research Society**, v. 59, n. 5, p. 575-589, 2008.

MONTIBELLER, G.; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão:** metodologia para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.

MORTELARI, D.; SIQUEIRA, K.; PIZZATI, N**. O RCM na quarta geração da manutenção de ativos**. São Paulo: RG Editores, 2011.

MOUBRAY, J. M. **Reliability-centred maintenance**. Butterworth-Heinemann, Oxford: [*s. n.*], 1991.

MOUBRAY, J. **Reliability-centered maintenance**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1997.

NAGAOKA, M. D. P. T. NAGAOKA, A. K.; ENSSLIN, L.; NSSLIN, S. R.; CHAVES, L. C.; ROSA, F. S. da. Management of a rural estate using a multi-criteria tool to support decision making. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 9, p. 743-754, 2016.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Reliability centered maintenance guide for facilities and collateral equipment**. Washington, D.C. EUA: 2000.

NEELY, A. The evolution of performance measurement research: developments in the last decade and a research agenda for the next. **International Journal of Operations & Production Management**, [*S. l.*], v. 25, n. 12, 2005.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: a literature review and research agenda. **International journal of operations & production management,** [*S. l.*], v. 15, n. 4, p. 80-116, 1995.

NEELY, A.; HII, J. Innovation and business performance: a literature review. **The Judge Institute of Management Studies, University of Cambridge**, 1998. p. 0-65.

NEELY, A.; KENNERLEY, M.; ADAMS, C. **Performance measurement frameworks:** a review. Cambridge University Press, Cambridge, 2007.

NORDGÅRD, D. E.; HEGGSET, J.; DALENG, J. Using risk Analyses in a multi criteria decision making framework for evaluation of hydropower maintenance projects. **IEEE Transactions on Power Systems**, [*S. l.*], 2005.

ÖZCAN, E. C.; ÜNLÜSOY, S.; EREN, T. A combined goal programming–AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*S. l.*], v. 78, p. 1410-1423, 2017.

PETRI, S. M. **Modelo para apoiar a avaliação das abordagens de gestão de desempenho e sugerir aperfeiçoamentos**: sob a ótica construtivista. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Porto Alegre: Editora Feevale, 2013.

QUEIROZ, M. I. P. de. Relatos orais: do indizível ao dizível. *In:* VON SIMSON, O. (Org.). **Experimentos com histórias de vida** (Itália-Brasil). São Paulo: Vértice; Editora Revista dos Tribunais, 1988. Enciclopédia Aberta de Ciências Sociais, v. 5.

RIBEIRO, F.; FERREIRA, P.; ARAÚJO, M. Evaluating future scenarios for the power generation sector using a Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) tool: the Portuguese case. **Energy**, [S. l.], v. 52, 126-136, 2013.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social:** métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

RICHARDSON, R. J.; PERES, J. A. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 2007.

ROCHA, J. A. O. **Gestão pública e modernização administrativa**. [*S. l.*]: Instituto Nacional de Administração, 2001. p. 13-39.

ROY, B. Decision science or decision-aid science? **European Journal of Operational Research**, [S. l.], v. 66, n. 2, p. 184-203, 1993.

ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. **Kluwer**, Amsterdam, 1996.

ROY, B. Multicriteria methodology for decision aiding. **Springer Science and Business Media**, v. 12, 2013.

ROY, B.; BOUYSSOU, D. **Aide multicritère à la décision:** méthodes et cas. Paris: Economica, 1993.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European school of MCDA: emergence, basic features and current works. **Journal of Multicriteria Decision Analysis**, [*S. l.*], v. 5, n. 16, p. 22-38, 1996.

ROY, P. K.; ADHIKARY, P.; MAZUMDAR, A. Preventive Maintenance Prioritization by Fuzzy Logic for Seamless Hydro Power Generation**. J. Inst. Eng. India Ser. A**., [*S. l.*], maio 2014.

SALOMON, D. V. **Como fazer uma monografia**. 12. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2010.

SAUNDERS, M.; LEWIS, F.; THORNHILL, A. **Research methods for business students**. [*S. l.*]:Pearson Education, 2003

SAVIANI, D. Pedagogia: o espaço da educação na universidade. **Cadernos de pesquisa**, v. 37, n. 130, p. 99-134, 2007.

SAVIANI, D. Trabalho e educação: fundamentos ontológicos e históricos. **Revista Brasileira de Educação**, v. 12, n. 34, p. 142-165, jan./abr. 2007. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbedu/v12n34/a12v1234.pdf. Acesso em: 23 jul. 2017.

SCHIUMA, G.; MASON, S.; KENNERLEY, M. Assessing energy within organizations. **Measuring Business Excellence**, [*S. l.*], v. 11, n. 3, p. 69-78, 2007.

SENGUL, U.; EREN, M.; SHIRAZ, S. E.; SENGUL, A. B. Fuzzy TOPSIS method for ranking renewable energy supply systems in Turkey. **Renewable Energy**, [*S. l.*], v. 75, p. 617-625, 2015. DOI https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.045. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148114006727. Acesso em: 15 abr. 2017.

SILVA FILHO, D. da; CARNEIRO, A. A. F. M. Dimensionamento evolutivo de usinas hidroelétricas. **Sba: Controle & Automação Sociedade Brasileira de Automatica**, v. 15, n. 4, p. 437-448, 2004. DOI: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-17592004000400007. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-17592004000400007. Acesso em: 15 jul. 2017.

SILVA, F. R. da; ROLIM ENSSLIN, S.; ENSSLIN, L.; LUNKES, R. J. Environmental disclosure management: a constructivist case. **Management Decision**, v. 50, n. 6, p. 1117-1136, 2012. DOI https://doi.org/10.1108/00251741211238364. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/00251741211238364. Acesso em: 20 abr. 2017.

SINGH, R. P.; NACHTNEBEL, H. P. Analytical hierarchy process (AHP) application for reinforcement of hydropower strategy in Nepal. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*S. l.*], v. 55, p. 43-58, 2016. DOI https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.138. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032115012174. Acesso em: 15 abr. 2017.

SIQUEIRA, I. **Manutenção centrada em confiabilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SIQUEIRA, I. P. de. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implementação. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2012.

SKINNER, W. The productivity paradox. **Harvard Business Review,** [*S. l.*], v. 75, n. 9, p. 41–45, 1986.

SOUZA, R. Q.; ÁLVARES, A. J. FMEA and FTA analysis for application of the reliability centered maintenance methodology: case study on hydraulic turbines. *In:* ABCM SYMPOSIUM SERIES IN MECHATRONICS. 2008. Rio de Janeiro. **Anais** […] Rio de Janeiro, 2008. p. 803-812.

SOUZA, V. C. **Organização e gerência da manutenção**: planejamento, programação e controle da manutenção. 2. ed. São Paulo: All Print Editora, 2007.

SOZEN, A.; ALP, I.; KILINC, C. Efficiency assessment of the hydro-power plants in Turkey by using Data Envelopment Analysis. **Renewable Energy**, [*S. l.*], v. 46, p. 192-202, 2012. DOI https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.03.021. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014811200208X. Acesso em: 20 maio 2017.

SRIMAI, S.; RADFORD, J.; WRIGHT, C. Evolutionary paths of performance measurement: an overview of its recent development. **International Journal of Productivity and Performance Management**, [*S. l.*], v. 60, n. 7, p. 662-687, 2011. DOI https://doi.org/10.1108/17410401111167771. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/17410401111167771. Acesso em: 23 abr. 2017.

STEVENS, S. S. On the theory of scales of measurement. **Science**, New Series, v. 103, n. 2684, p. 677-680, jun. 1946.

SUPRIYASILP, T.; PONGPUT, K.; BOONYASIRIKUL, T. Hydropower development priority using MCDM method**. Energy Policy**, [*S. l.*], v. 37, 1866-1875, 2009. DOI https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.023. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421509000391. Acesso em: 21 maio 2017.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ALVES, M. B. M. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, [*S. l.*], v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010. DOI https://doi.org/10.1108/03090591011070761. Disponível em: https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/03090591011070761?journalCode=jeit. Acesso em: 20 jun. 2017.

THEODORSON, G. A.; THEODORSON, A. G. **A modern dictionary of sociology**. London: Methuen, 1970.

THIEL, G. G.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Street lighting management and performance evaluation: opportunities and challenges. **Lex Localis**, [*S. l.*], v. 15, n. 2, 2017. DOI https://doi.org/10.4335/15.2.303-328(2017). Disponível em: http://pub.lex-localis.info/index.php/LexLocalis/article/view/15.2.303-328%282017%29. Acesso em: 26 abr. 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 2011.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, L. Construção de conhecimento sobre avaliação de desempenho para gestão organizacional: uma investigação nas pesquisas científicas internacionais. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 13, n. 28, p. 123-148, 2016. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-8069.2016v13n28p123. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/contabilidade/article/view/2175-8069.2016v13n28p123/31890. Acesso em: 12 jun. 2017.

VERNADAT, F.; SHAH, L.; ETIENNE, A. SIADAT, A. VR-PMS: a new approach for performance measurement and management of industrial systems. **International Journal of Production Research**, [*S. l.*], v. 51, n. 23-24, p. 7420-7438, 2013. DOI: https://doi.org/10.1080/00207543.2012.752593. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2012.752593. Acesso em: 14 out. 2017.

VICENTE, F. R.; SANTOS, S. M. A. dos. Avaliação multidimensional dos determinantes do envelhecimento ativo em idosos de um município de Santa Catarina. **Texto & Contexto Enfermagem**, v. 22, n. 2, 2013. DOI http://dx.doi.org/10.1590/S0104-07072013000200013. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0104-07072013000200013&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 12 abr. 2017.

VILARINHO, S.; LOPES, I.; OLIVEIRA, J. A. Preventive maintenance decisions through maintenance optimization models: a case study. **Procedia Manufacturing**, [*S. l.*], v. 11, p. 1170-1177, 2017. DOI https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.241. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978917304493. Acesso em: 12 abr. 2017.

VON WINTERFELDT, D.; EDWARDS, W. **Decision analysis and behavioral research**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

WALVIS, A. **Avaliação das reformas recentes no setor elétrico brasileiro e sua relação com o desenvolvimento do mercado livre de energia**. 2014. 101 f. Tese (Doutorado em Finanças e Economia Empresarial) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2014.

WANG, B.; NISTOR, I.; MURTY, T.; WEI, Y-M. Efficiency assessment of hydroelectric power plants in Canada: a multi criteria decision making approach. **Energy Economics**, [*S. l.*], v. 46, p. 112-121, 2014. DOI https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.09.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140988314002102. Acesso em: 12 maio 2017.

WILLIAMSON, S. J.; STARK, B. H.; BOOKER, J. D. Low head pico hydro turbine selection using a multi-criteria analysis. **Renewable Energy**, [*S. l.*], v. 61, p. 43-50, 2014. DOI https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.06.020. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148112003710. Acesso em: 16 abr. 2017.

WYREBSKI, Jerzy. **Manutenção produtiva total-um modelo adaptado.** 1997. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 1997.

YSSAAD, B.; KHIAT, M.; CHAKER, A. Reliability centered maintenance optimization for power distribution systems. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v. 55, p. 108-115, 2014. DOI https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.08.025. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061513003669. Acesso em: 15 abr. 2017.

ZAMCOPÉ, F. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Construction of a model for corporate sustainability assessment: a case study in the textile industry. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 19, n. 2, p. 303-321, 2012. DOI http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2012000200006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2012000200006. Acesso em: 15 abr. 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A – FORMULAÇÃO DOS ELEMENTOS PRIMÁRIOS DE AVALIAÇÃO (EPAS)

(continua)

Quadro 37 – Formulação dos elementos primários de avaliação (EPAS)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
01	Índices de disponibilidade de geração	Garantir que os índices de indisponibilidade da usina estejam atendendo os planos de manutenções periódicos anuais	...	Extrapolar o número de horas indisponíveis planejadas e receber sanções do órgão regulador	Disponibilidade de Geração
02	Operação dos mancais em conformidade ao projeto	Assegurar que os mancais operem com as características preconizadas pelos fabricantes	...	Ter desgastes e dano severo no mancal com indisponibilidade	Gestão Estratégica Mecânica
03	Funcionamento dos geradores em conformidade ao preconizado pelo fabricante	Assegurar o pleno funcionamento dos geradores	...	Deixar de cumprir os PSPs e PSAs e provocar indisponibilidades por pane nos geradores	Gestão Estratégica Elétrica
04	o Índice de Disponibilidade de Geração (DISPGR) formulado pela Eletrobrás	Garantir que o Índice de Disponibilidade de Geração (DISPGR). criado pela Eletrobrás para avaliar o desempenho da geração, chegue à unidade	...	Ignorar as programações de manutenção preventiva, ter panes e exceder prazos de indisponibilidade para o exercício	Disponibilidade de Geração
05	Dados do Plano de Segurança de barragens	Comunicar a identificação da emergência de ruptura de barragem e aviso de evacuação	...	Potencializar a perda de vidas pela demora e ineficiência dos meios de comunicação para disseminar a informação de emergência	Gestão Estratégica Civil
06	isolação das bobinas dos geradores	Assegurar que seja monitorado o nível de desgaste da isolação das bobinas dos geradores	...	Deixar de cumprir os ensaios de envelhecimento da isolação de bobinas e incorrer em curto circuito provocando indisponibilidades por pane nos geradores	Gestão Estratégica Elétrica
07	manutenção corretiva da usina	Gerenciar os processos de manutenção corretiva da usina	...	Extrapolar o número de horas indisponíveis para manutenções corretivas da usina e receber sanções do órgão regulador	Disponibilidade de Geração
08	Proteção contra transitórios nos geradores	Assegurar que ocorra a atuação da proteção elétrica para a condição de transitórios elétricos nas bobinas dos geradores	...	Deixar de cumprir os ensaios de envelhecimento da isolação de bobinas e incorrer em curto circuito	Gestão Estratégica Elétrica

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
09	horas anuais em serviço (HS) da usina	Garantir que o número de horas anuais em serviço (HS) da usina esteja em acordo ao programado	...	Exceder aos prazos de execução das manutenções preventivas e corretivas e incorrer em panes com longos períodos de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
10	Horas de desligamentos programados das unidades geradoras	Controlar o número total de horas indisponíveis anuais das unidades geradoras por desligamentos programados (HDP)	...	Ignorar o número de horas indisponíveis para programar as manutenções e acrescer as indisponibilidades de geração	Disponibilidade de Geração
11	Execução e finalização de PSPs	Controlar o número de PSPs executados e finalizados por ano	...	Não dar baixa dos PSPs já executados e transparecer atraso de manutenção	Disponibilidade de Geração
12	e inspeções de cunho da engenharia civil	Gerir as intervenções e inspeções de cunho da engenharia civil para garantir condições seguras na Usina Hidrelétrica	...	Gerar indisponibilidades por ausência de manutenção de engenharia civil	Gestão e Estratégia Civil
13	operação dos diversos sistemas elétricos	Garantir a plena operação dos diversos sistemas elétricos	...	Negligenciar o mal funcionamento dos sistemas	Gestão e Estratégia Elétrica
14	número de horas anuais para a manutenção preventiva da unidade geradora UG-01	Garantir que o número de horas anuais destinadas à manutenção preventiva para a unidade geradora UG-01 contemple o nº de horas programadas para desligamentos	...	Ignorar as programações de manutenção, excedendo o limite de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
15	Desobstrução da tomada dágua	Assegurar que ocorra a manutenção na tomada d'água da usina	...	Ter prejuízos na tomada d'água por perda de carga e de geração.	Gestão e Estratégia Civil
16	Proteção da unidade geradora 01	Garantir que a proteção atue para que não ocorra a motorização da unidade geradora 01	...	Ocasionar sobreaquecimento do rotor e nas lâminas de ferro do estator	Gestão e Estratégia Elétrica
17	Operação da turbina em velocidade nominal e com vibração de projeto	Garantir que a turbina opere à velocidade nominal sem amplitudes de vibração além daquelas aceitáveis para uma operação normal	...	Ter parada de geração por exceder os limites de vibração de projeto	Gestão e Estratégia Mecânica

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
18	número de horas anuais programadas à manutenção preventiva para a unid. geradora UG-02	Garantir que o número de horas anuais destinadas à manutenção preventiva para a unidade geradora UG-02 contemple o nº de horas programadas para desligamentos	...	Ignorar as programações de manutenção excedendo o limite de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
19	turbina operacional com regulação de velocidade conforme preconizado em projeto	Garantir que a turbina opere com os escursionamento de regulação de velocidade conforme preconizado em projeto	...	Ter parada de geração e transitórios por deficiências no regulador de velocidade.	Gestão e Estratégia Mecânica
20	mancais em operação conforme pressão do lubrificante estipulada em projeto	Garantir que não haja vazamento de água do trocador de calor para o reservatório da UHLM	...	Ter dano severo entre as partes metálicas móveis do mancal por ausência de lubrificante	Gestão e Estratégia Mecânica
21	Seguir legislação do plano de segurança de barragens	Assegurar que o plano de segurança de barragens seja seguido conforme a legislação	...	Ter um desastre com sanções criminais na eventualidade de danos à barragem	Gestão e Estratégia Civil
22	Proteção da Motorização para a unidade geradora 02	Garantir que a proteção atue para que não ocorra a motorização da unidade geradora 02	...	Ocasionar sobreaquecimento do rotor e nas lâminas de ferro do estator	Gestão e Estratégia Elétrica
23	Gestão de RH	Garantir uma gestão de RH eficiente	...	Desperdiçar a utilização do capital humano e a oportunidade de oferecer serviços com maior qualidade	Gestão de RH
24	Segurança no ambiente de trabalho	Garantir que o ambiente de trabalho seja seguro e atenda as normas de segurança	...	Ignorar que acidentes de trabalho ocorram e gerem penalidades para a usina	Engenharia e segurança do trabalho
25	Gestão e padronização para conter acidentes de trabalho	Adotar metodologia de gestão/sinalização/informação para evitar acidentes de trabalho	...	Negligenciar os riscos com procedimentos susceptíveis a acidentes de trabalho	Engenharia e segurança do trabalho

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
26	unidades geradoras estejam operativas com vertimento	Garantir que quando houver vertimento, as unidades geradoras estejam operativas para aproveitar o período favorável à geração	...	Deixar de acompanhar os períodos de alto índice pluviométrico e perder água pelo vertedouro	Disponibilidade de Geração
27	processos de desgaste do concreto	Assegurar as inspeções para identificar processos de desgaste do concreto	...	Ignorar o processo de degradação do concreto e incorrer em riscos de estrutura civil	Gestão e Estratégia Civil
28	Qualificação de equipe	Manter a equipe técnica qualificada tecnicamente	...	Cometer equívocos na operação e manutenção da usina, acidentes de trabalho, indisponibilidade e sinistros	Gestão de RH
29	Qualificação em segurança do trabalho	Disponibilizar cursos de segurança do trabalho para os colaboradores	...	Expor o profissionais a atividades de riscos sem o devido conhecimento técnicos	Engenharia e Segurança do Trabalho
30	Condicionantes de licenciamento ambiental	Garantir o monitoramento de dados de vazão afluente e defluentes	...	Ignorar o envio dos dado para que sejam avaliado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e correr o risco de perder a licença	Gestão Ambiental
31	Requisitos da Licença de Operação (LO 03249/2016-DL)	Atender aos requisitos e condicionantes da Licença de Operação (LO 03249/2016-DL)	...	Ignorar os requisito dispostos pela FEPAM e incorrer em multas do órgão ambiental	Gestão Ambiental
32	Disponibilidade do corpo técnico na Usina	Garantir anualmente que 100% dos profissionais necessários à manutenção estejam disponíveis na usina	...	Ter redução do corpo técnico, provocando acidentes e o não atendimento dos prazos	Gestão de RH
33	Integração e espírito de equipe	Disponibilizar cursos de integração de equipes e resolução de conflitos anualmente	...	Expor os profissionais ao desgaste em um ambiente fechado e limitado	Gestão de RH

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
34	Riscos de ordem ambiental	Manter os funcionários informados e treinados quanto ao riscos aos riscos associados ao vazamento de óleo	...	Transgredir a legislação vigente e gerar impactos às espécies locais e endêmicas	Gestão Ambiental
35	Contenção de vazamento de lubrificantes	Conter o recolhimento dos volumes de água e de óleo na ocasião de um vazamento de óleo lubrificante na usina	...	Ter fuga de óleo para o rio, dano ambiental e sanções de ordem ambiental	Gestão Ambiental
36	horas anuais para a manutenção corretiva (HDF) vinculada à unidade geradora UG-02	Garantir que o número de horas anuais destinadas à manutenção corretiva (HDF) para a unidade geradora UG-02 contemple o menor nº de horas possíveis	...	Exceder aos prazos de execução das manutenções preventivas e incorrer em panes com longo período de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
37	horas anuais de manutenção corretiva (HDF) para a unidade geradora UG-01	Garantir que o número total de horas anuais destinadas à manutenção corretiva (HDF) para a unidade geradora UG-01 contemple o menor nº de horas possíveis	...	Exceder aos prazos de execução das manutenções preventivas e incorrer em panes com longo período de indisponibilidade	Disponibilidade de Geração
38	Ensaios de proteção da Unidade geradora 02	Garantir ensaio de proteção do gerador contra transitórios de sobrecorrente	...	Deixar de fazer ensaios e simulações e provocar danos ao estator do gerador da UG-02	Gestão e Estratégia Elétrica
39	Ensaios de proteção da Unidade geradora 01	Garantir ensaio de proteção do gerador contra transitórios de sobrecorrente	...	Deixar de fazer ensaios e simulações e provocar danos ao estator do gerador da UG-01	Gestão e Estratégia Elétrica
40	Respeitar nível de importância de intervenção dos PSPs na UG-02	Garantir que o nº de Pedido de Serviços Programados (PSP) da UG-02 com nível de importância 1 seja cumprido durante o ano	...	Ter atrasos na execução das manutenções e incorrer em panes graves.	Disponibilidade de Geração
41	Transitórios energéticos na linha de transmissão de conexão com a usina	Proteger a usina do anti-ilhamento por pane na linha	...	Permitir que a sobrexcitação no gerador sofra danos	Gestão e Estratégia Elétrica

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
42	Respeitar nível de importância de intervenção dos PSPs na UG-01	Garantir que o nº de Pedido de serviços Programados (PSP) da UG-01 com nível de importância 1 seja cumprido durante o ano	...	Ter atrasos na execução das manutenções e incorrer em panes graves	Disponibilidade de Geração
43	Fornecimento de energia ao rotor do gerador	Assegurar as inspeções das escovas do gerador 01	...	Provocar danos nos anéis por desgastes excessivos nas escovas do rotor da UG-01	Gestão e Estratégia Elétrica
44	Fornecimento de energia ao rotor do gerador	Assegurar as inspeções das escovas do gerador 02	...	Provocar danos nos anéis por desgastes excessivos nas escovas do rotor da UG-02	Gestão e Estratégia Elétrica
45	Lubrificante com pressão recomendada pelo fabricante ao mancal	Garantir que os mancais operem com óleo lubrificante em pressão padrão e sem a atuação da válvula de alívio	...	Ter dano severo por alta pressão do óleo por questões de entupimentos de filtro ou dutos	Gestão e Estratégia Mecânica
46	Avaliação dos marcos superficiais para Plano de Segurança de Barragens	Executar leituras mensais dos marcos superficiais referentes ao plano de segurança de barragens	...	Ter prejuízos e sanções criminais na eventualidade de danos à barragem	Gestão e Estratégia Civil
47	Avaliação dos piezômetros referentes ao Plano de Segurança de Barragens	Executar leituras mensais dos piezômetros referentes ao plano de segurança de barragens	...	Ter prejuízos com probabilidades de trinca do concreto na barragem	Gestão e Estratégia Civil
48	Operação do filtro de óleo lubrificante	Garantir que o filtro de óleo que lubrifica os mancais permitam a passagem do óleo sem perda de pressão significativa	...	Ter dano severo por alta pressão do óleo, carência de lubrificação e atuação do pressostato diferencial	Gestão e Estratégia Mecânica
49	Obsolescência operacional do gerador 01	Contratar testes anuais na fase A/B/C para identificar o grau de obsolescência de isolação do estator do gerador 01	...	Provocar curto-circuito nas bobinas do estator	Gestão e Estratégia Elétrica
50	Satisfação do corpo técnico	Avaliar a satisfação do pessoal interno da usina		Ter desgastes pessoais podendo-se influenciar em acidentes de trabalho	Gestão de RH

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
51	Ruído no interior da casa de força	Mensurar a emissão de ruído na casa de força	...	Ignorar a existência de ambientes desconfortáveis e gerar insuficiências de audição aos profissionais	Engenharia e segurança do Trabalho
52	Cronograma de contrato para contemplar as condicionantes ambientais	Garantir que as empresas contratadas para contemplar as condicionantes ambientais executem os cronograma disposto em contrato dentro do prazo	...	Ignorar os estudos exigidos como condicionantes ambientais	Gestão Ambiental
53	Segurança em ambientes elétricos e arriscados	Garantir que os profissionais da usina atuem de forma segura em ambientes que ofereçam riscos	...	Facilitar a ocorrência de acidentes de trabalho	Engenharia e segurança do Trabalho
54	Transposição de alevinos	Efetivar técnicas anuais de transposição dos alevinos para a preservação da estrutura genética dos peixes	...	Ignorar os planos de transposição de peixes e incorre em alterações do pescado	Gestão Ambiental
55	Estoque de EPI para atendimento à legislação trabalhista	Ter EPIs específicos, em quantidade e em condições	...	Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes do trabalho	Engenharia e segurança do Trabalho
56	Qualidade na estrutura em concreto	Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na casa de força	...	Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade	Gestão Estratégica Civil
57	Operação do Regulador de velocidade	Garantir o acionamento dos servomotores do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor	...	Ter limitações na posição do distribuidor e podendo gerar danos na turbina	Gestão e Estratégia Mecânica
58	Obsolescência operacional do gerador 02	Contratar testes anuais na fase A/B/C para identificar o grau de obsolescência de isolação do estator do gerador 02	...	Provocar curto-circuito nas bobinas do estator	Gestão e Estratégia Elétrica
59	Utilização de EPI em conformidade à legislação	Assegurar o uso de EPIs específicos e em condições	...	Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes do trabalho	Engenharia e segurança do Trabalho

(continuação)

Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
60	Oferta de treinamentos	Oferecer cursos na área manutenção mecânica para os colaboradores	...	Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade	Gestão de RH
61	Limpeza do Log-boom	Assegurar a desobstrução periódica semestral do log-boom	...	Ter Indisponibilidades por choque dos troncos de árvores com o distribuidor da unidade geradora	Gestão e Estratégia Civil
62	Precisão das medições de vibração dos mancais	Avaliar as medições dos sensores de proximidade para averiguar o comportamento dos parâmetros de vibração	...	Ter níveis de vibração excessivo com avarias em mancal	Gestão e Estratégia Mecânica
63	Vazão pelas grades do canal de adução	Assegurar que ocorra a desobstrução das grades do canal de adução da usina	...	Ter prejuízos no canal de adução com vazão reduzida e redução da geração	Gestão e Estratégia Civil
64	Treinamentos e simulações de resgate	Realizar anualmente simulações de resgate de profissional em condições de sinistro	...	Ter dificuldades em resgates por ausência de procedimentos, resultando em morte	Engenharia e segurança do Trabalho
65	Calibração de instrumentos de pressão	Garantir que haja a comutação automática da bomba reserva da UHLM todas as vezes que o alarme registrar queda de pressão do óleo	...	Ter danos nos mancais por ausência de lubrificante	Gestão e Estratégia Mecânica
66	Atividades em altura conforme a legislação vigente	Realizar o treinamento em NR 35 - Trabalho em altura	...	Ignorar desgastes de equipamentos de orçamento com riscos de fraturas e morte	Engenharia e segurança do Trabalho
67	Conformidade de instrumentos de medição	Realizar o monitoramento da vazão com sensores apropriados para mensurar a vazão turbinada	...	Ignorar o envio de dados à FEPAM e ignorar riscos do monitoramento ambiental	Gestão ambiental

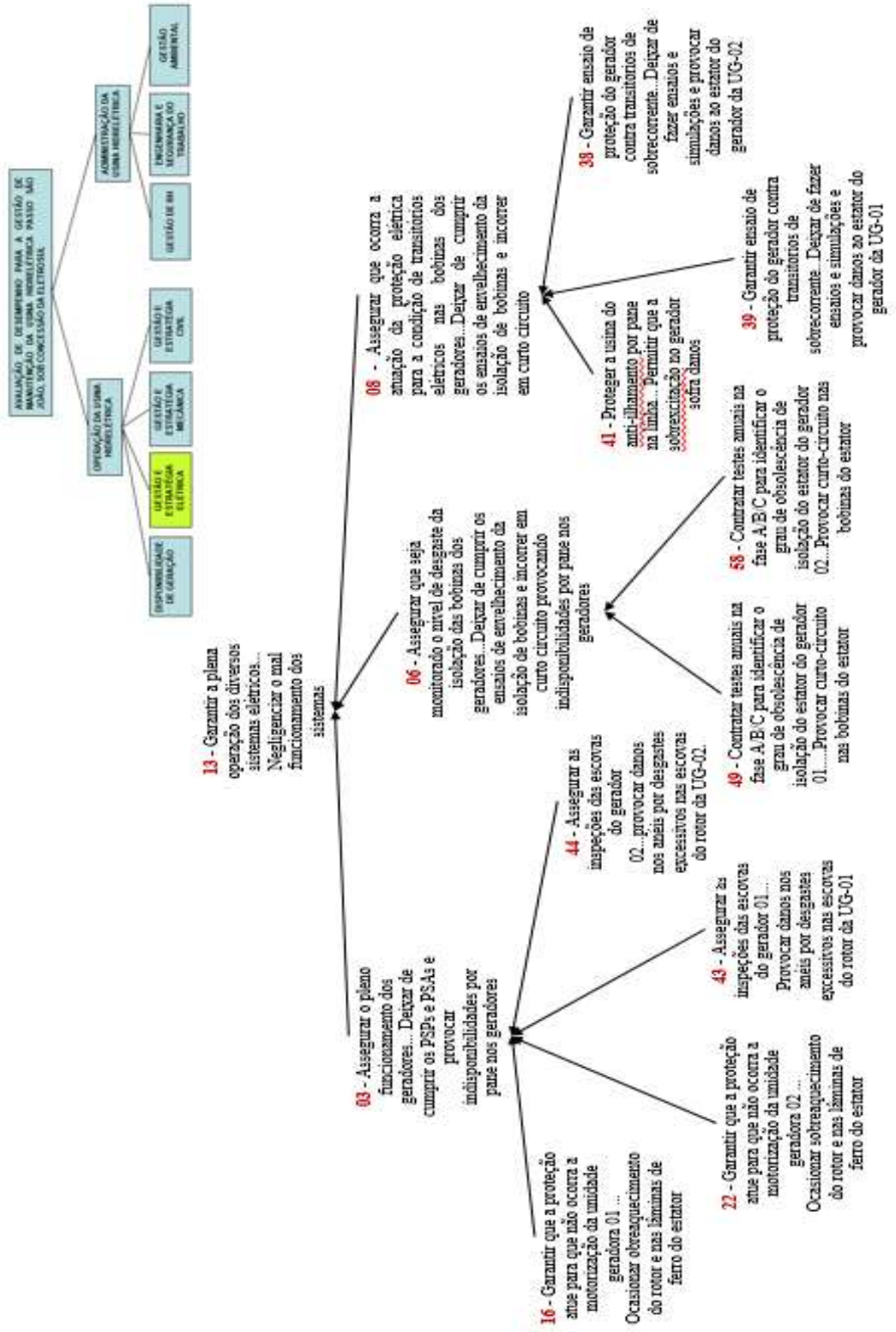
(continuação)

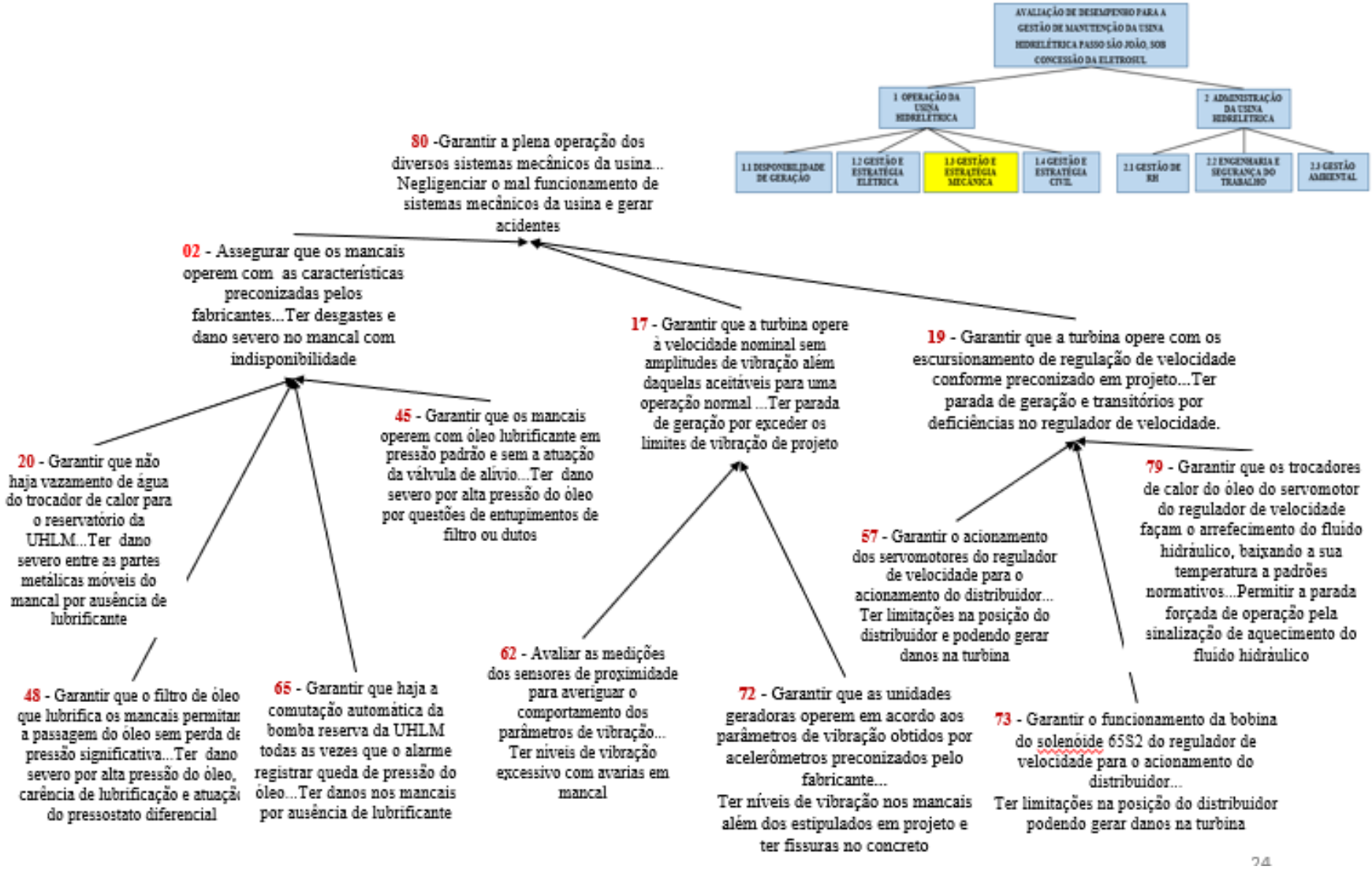
Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
68	Qualificação técnica elétrica	Oferecer cursos na área manutenção elétrica para os colaboradores	...	Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade	Gestão de RH
69	Qualificação para trabalhos em ambientes elétricos	Realizar treinamentos de reciclagem da NR 10- Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade	...	Expor o profissionais a atividades de riscos sem o devido conhecimento técnico	Engenharia e Segurança do trabalho
70	Telemetria como requisito ambiental	Realizar o resgate de peixes (condicionante ambiente) após o vertimento	...	Ignorar riscos ambientais	Gestão ambiental
71	Contenção de processos com movimentação de terra	Realizar o monitoramento contínuo dos processos erosivos	...	Deixar de tomar conhecimento e adotar as medidas cabíveis quanto aos processos erosivos	Gestão ambiental
72	Parâmetro de vibração das unidades geradoras conforme projeto	Garantir que as unidades geradoras operem em acordo aos parâmetros de vibração obtidos por acelerômetros preconizados pelo fabricante	...	Ter níveis de vibração nos mancais além dos estipulados em projeto e ter fissuras no concreto	Gestão e Estratégia Mecânica
73	Funcionamento do regulador de velocidade	Garantir o funcionamento da bobina do solenóide 65S2 do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor	...	Ter limitações na posição do distribuidor podendo gerar danos na turbina	Gestão e Estratégia Mecânica
74	Estoque de Primeiros socorros e medicamentos	Manter a gestão dos materiais para primeiros socorros e medicamentos básicos atualizada	...	Ter riscos de infecções nas lesões associadas aos acidentados	Engenharia e Segurança do trabalho
75	Seguir os preceitos dos estudos ambientais requisitados pela FEPAM	Garantir que não haja impacto ambiental do empreendimento na região onde atua	...	Ignorar a validade da licença ambiental e incorrer em dano ambiental e multas do órgãos responsáveis	Gestão ambiental
76	Qualificação técnica civil	Oferecer cursos na área manutenção civil para os colaboradores	...	Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade	Gestão de RH
77	Qualidade do concreto da barragem	Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na estrutura de concreto da barragem	...	Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade	Gestão e Estratégia Civil

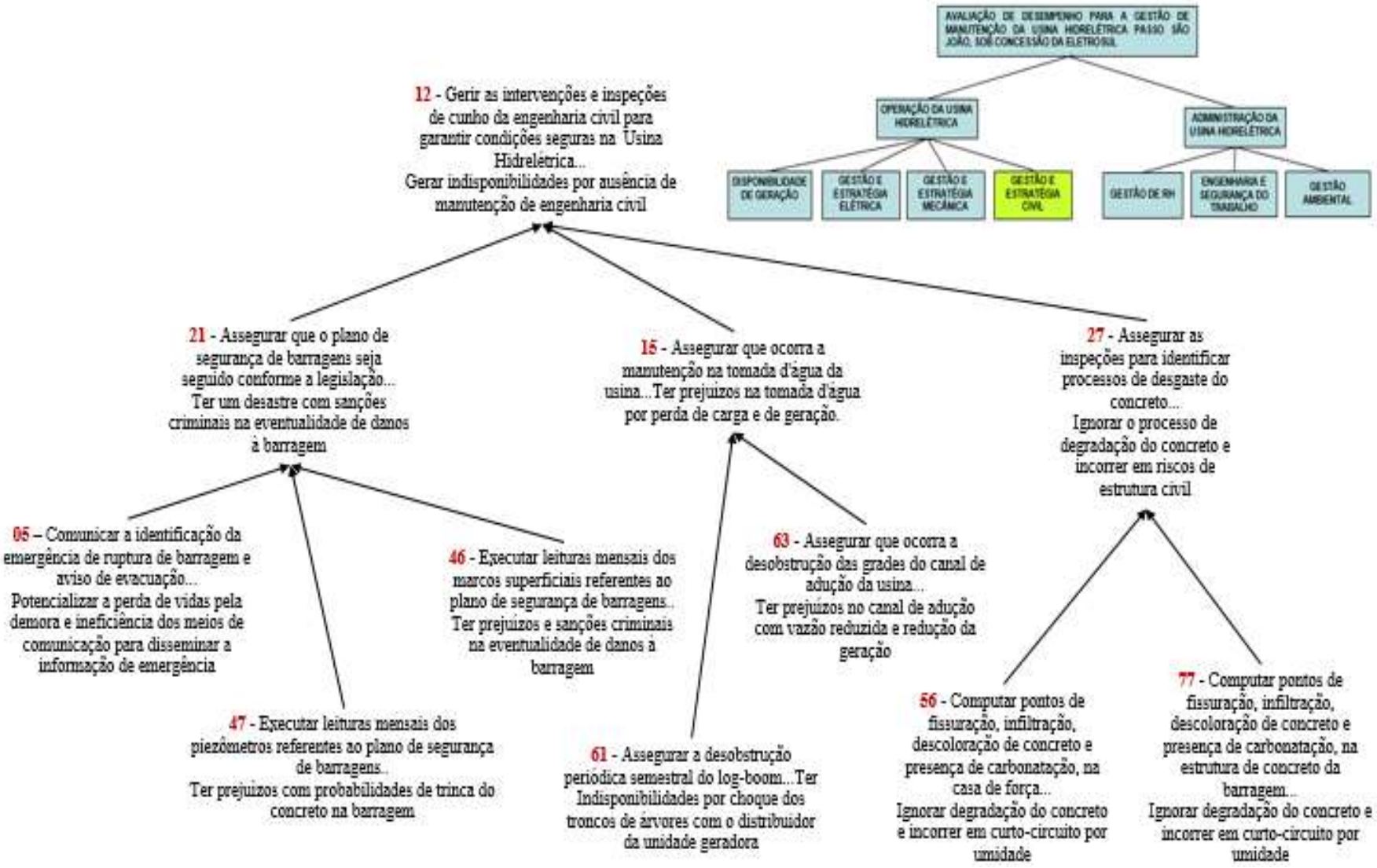
(conclusão)

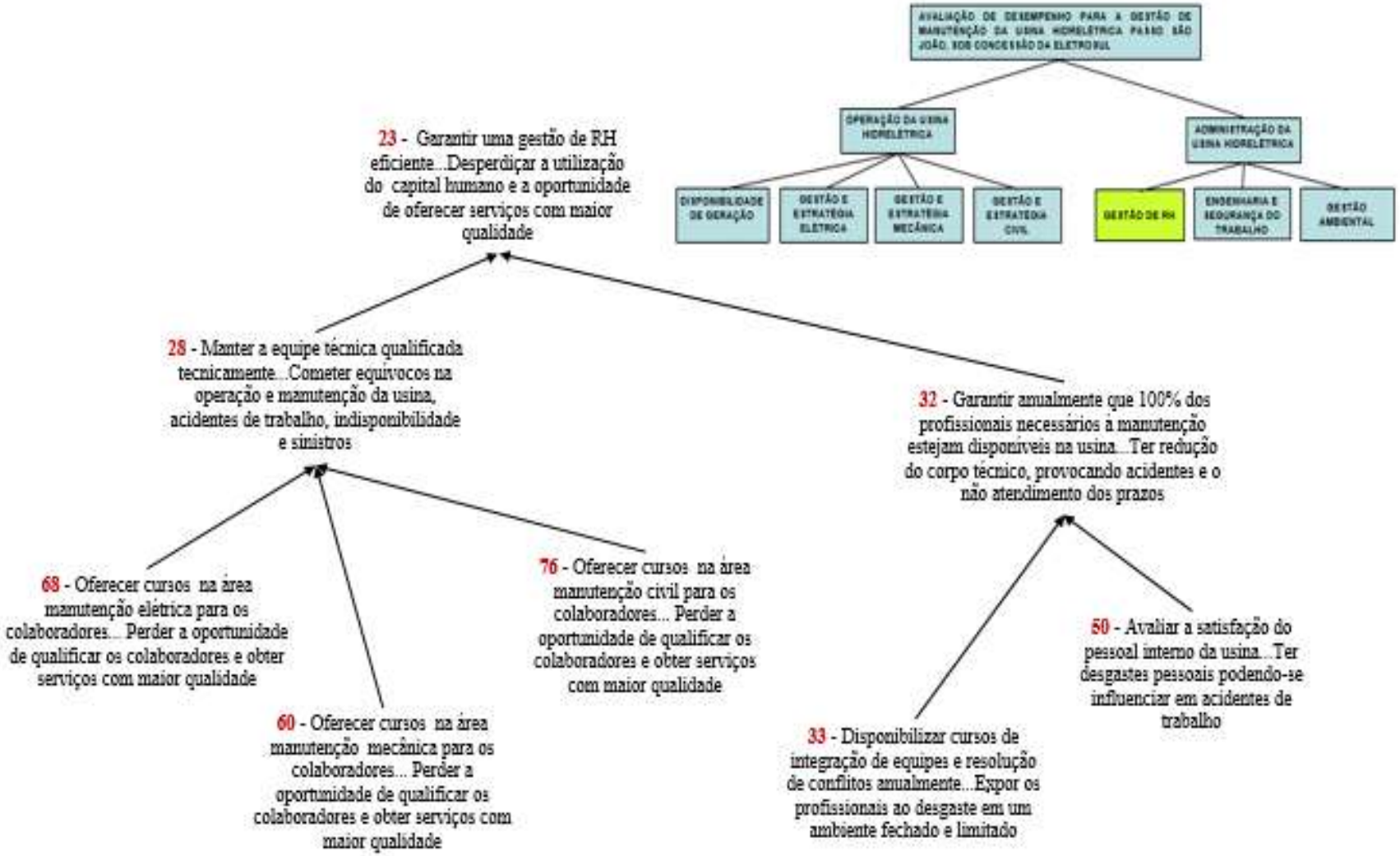
Nº	EPA	CONCEITO			AGRUPAMENTO
		POLO PRESENTE	...	POLO PSICOLÓGICO OPOSTO	
78	Atuação segura em espaço confinado da usina	Realizar treinamento da NR33 - Segurança em Espaço Confinado	...	Ignorar riscos aos técnicos por inalação de gases tóxicos quando da atuação em espaço confinado	Engenharia e segurança do trabalho
79	Arrefecimento de fluido lubrificante do regulador de velocidade	Garantir que os trocadores de calor do óleo do servomotor do regulador de velocidade façam o arrefecimento do fluído hidráulico, baixando a sua temperatura a padrões normativos	...	Permitir a parada forçada de operação pela sinalização de aquecimento do fluído hidráulico	Gestão e Estratégia Mecânica
80	operação dos diversos sistemas mecânicos da usina	Garantir a plena operação dos diversos sistemas mecânicos da usina	...	Negligenciar o mal funcionamento de sistemas mecânicos da usina e gerar acidentes	Gestão e Estratégia Mecânica

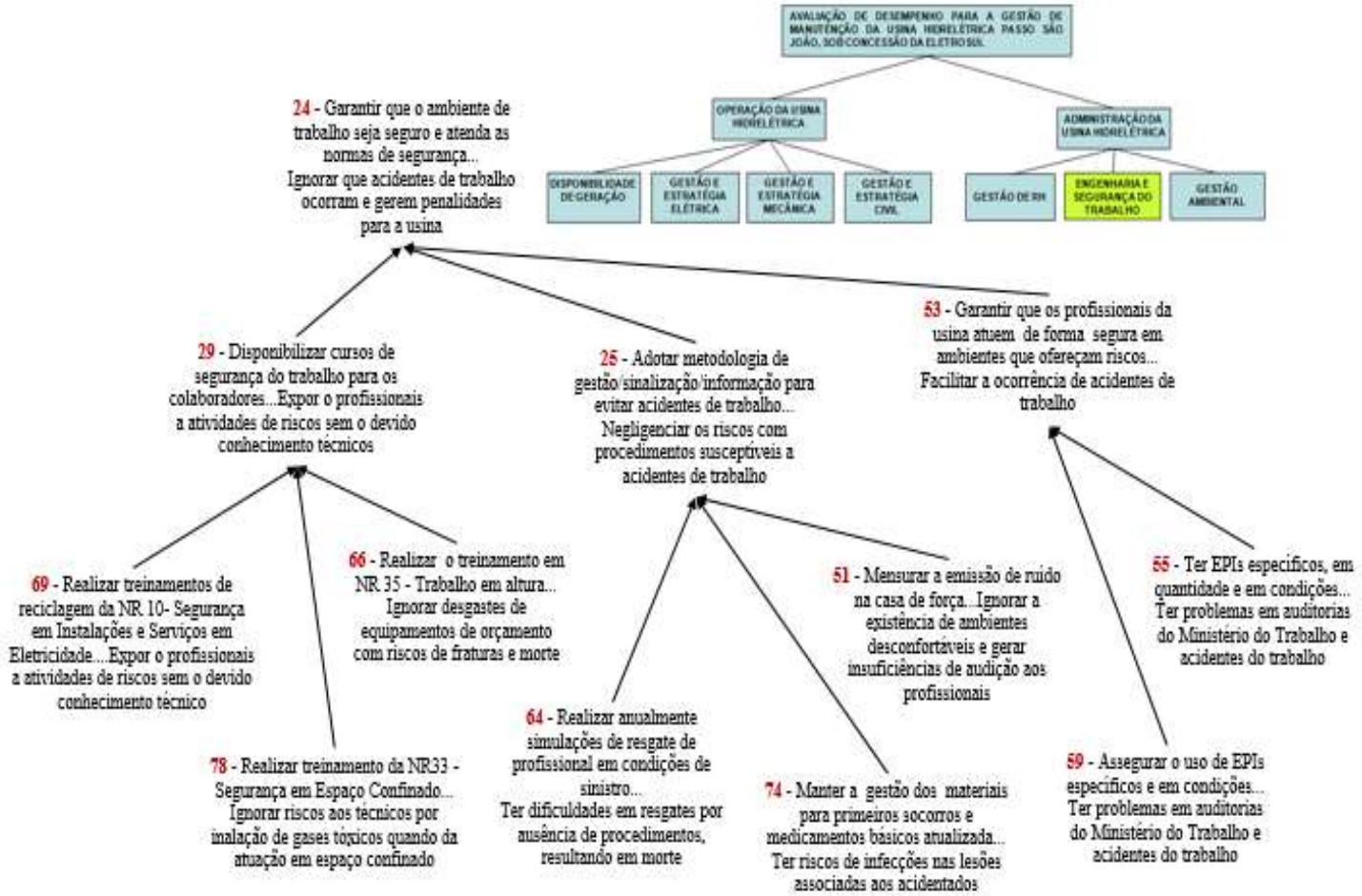
APÊNDICE B - MAPA COGNITIVO CONSTRUÍDO PARA OS DEMAIS PVFs

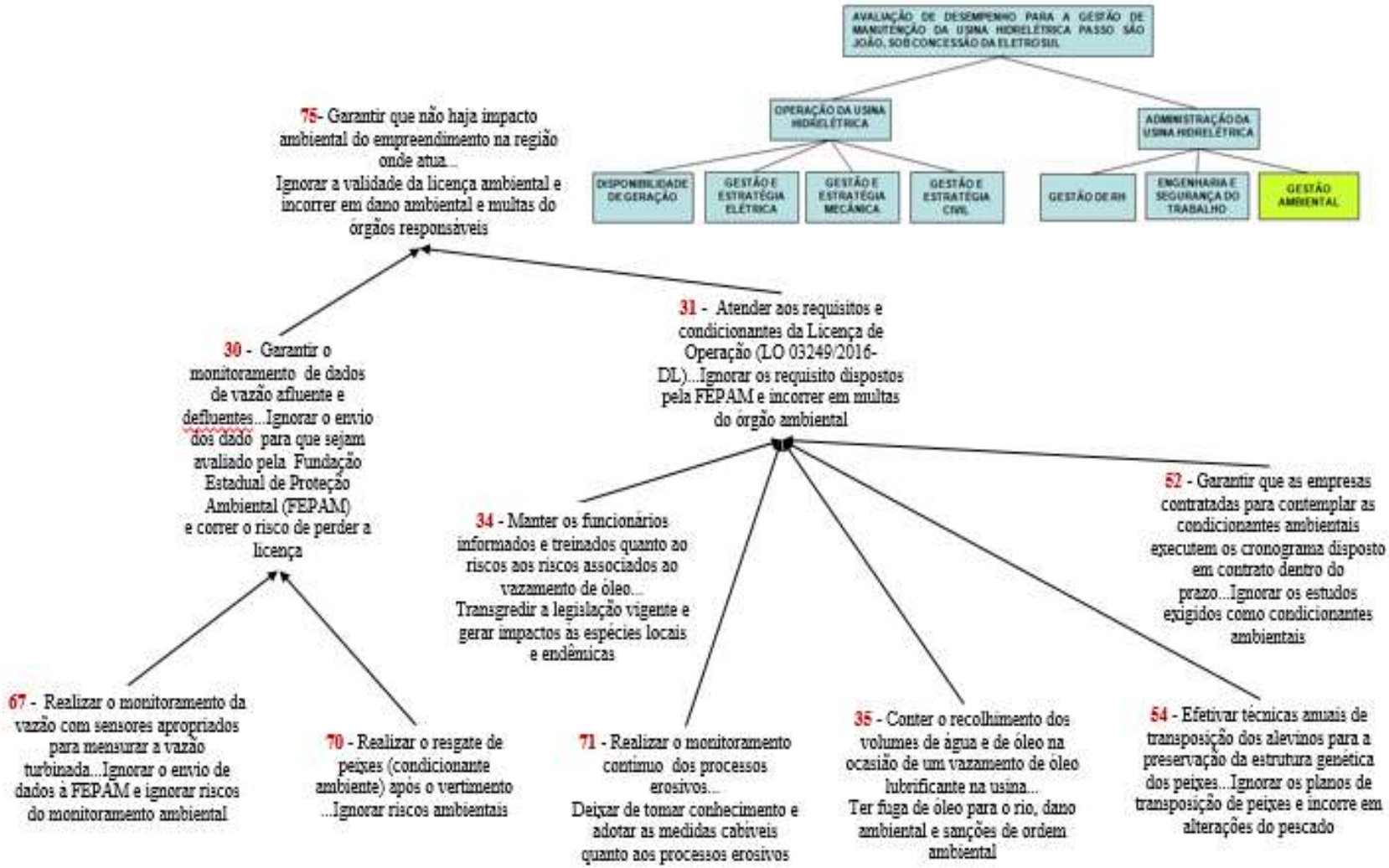



AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
1 OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
2 ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
1.1 DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
1.2 GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
1.3 GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
1.4 GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
2.1 GESTÃO DE RH
2.2 ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
2.3 GESTÃO AMBIENTAL
80 -Garantir a plena operação dos diversos sistemas mecânicos da usina... Negligenciar o mal funcionamento de sistemas mecânicos da usina e gerar acidentes
02 - Assegurar que os mancais operem com as características preconizadas pelos fabricantes...Ter desgastes e dano severo no mancal com indisponibilidade
17 - Garantir que a turbina opere à velocidade nominal sem amplitudes de vibração além daquelas aceitáveis para uma operação normal ...Ter parada de geração por exceder os limites de vibração de projeto
19 - Garantir que a turbina opere com os escursionamento de regulação de velocidade conforme preconizado em projeto...Ter parada de geração e transitórios por deficiências no regulador de velocidade.
20 - Garantir que não haja vazamento de água do trocador de calor para o reservatório da UHLM...Ter dano severo entre as partes metálicas móveis do mancal por ausência de lubrificante
45 - Garantir que os mancais operem com óleo lubrificante em pressão padrão e sem a atuação da válvula de alívio...Ter dano severo por alta pressão do óleo por questões de entupimentos de filtro ou dutos
48 - Garantir que o filtro de óleo que lubrifica os mancais permitan a passagem do óleo sem perda de pressão significativa...Ter dano severo por alta pressão do óleo, carência de lubrificação e atuação do pressostato diferencial
65 - Garantir que haja a comutação automática da bomba reserva da UHLM todas as vezes que o alarme registrar queda de pressão do óleo...Ter danos nos mancais por ausência de lubrificante
62 - Avaliar as medições dos sensores de proximidade para averiguar o comportamento dos parâmetros de vibração... Ter níveis de vibração excessivo com avarias em mancal
72 - Garantir que as unidades geradoras operem em acordo aos parâmetros de vibração obtidos por acelerômetros preconizados pelo fabricante... Ter níveis de vibração nos mancais além dos estipulados em projeto e ter fissuras no concreto
57 - Garantir o acionamento dos servomotores do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor... Ter limitações na posição do distribuidor e podendo gerar danos na turbina
79 - Garantir que os trocadores de calor do óleo do servomotor do regulador de velocidade façam o arrefecimento do fluido hidráulico, baixando a sua temperatura a padrões normativos...Permitir a parada forçada de operação pela sinalização de aquecimento do fluido hidráulico
73 - Garantir o funcionamento da bobina do solenóide 65S2 do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor... Ter limitações na posição do distribuidor podendo gerar danos na turbina

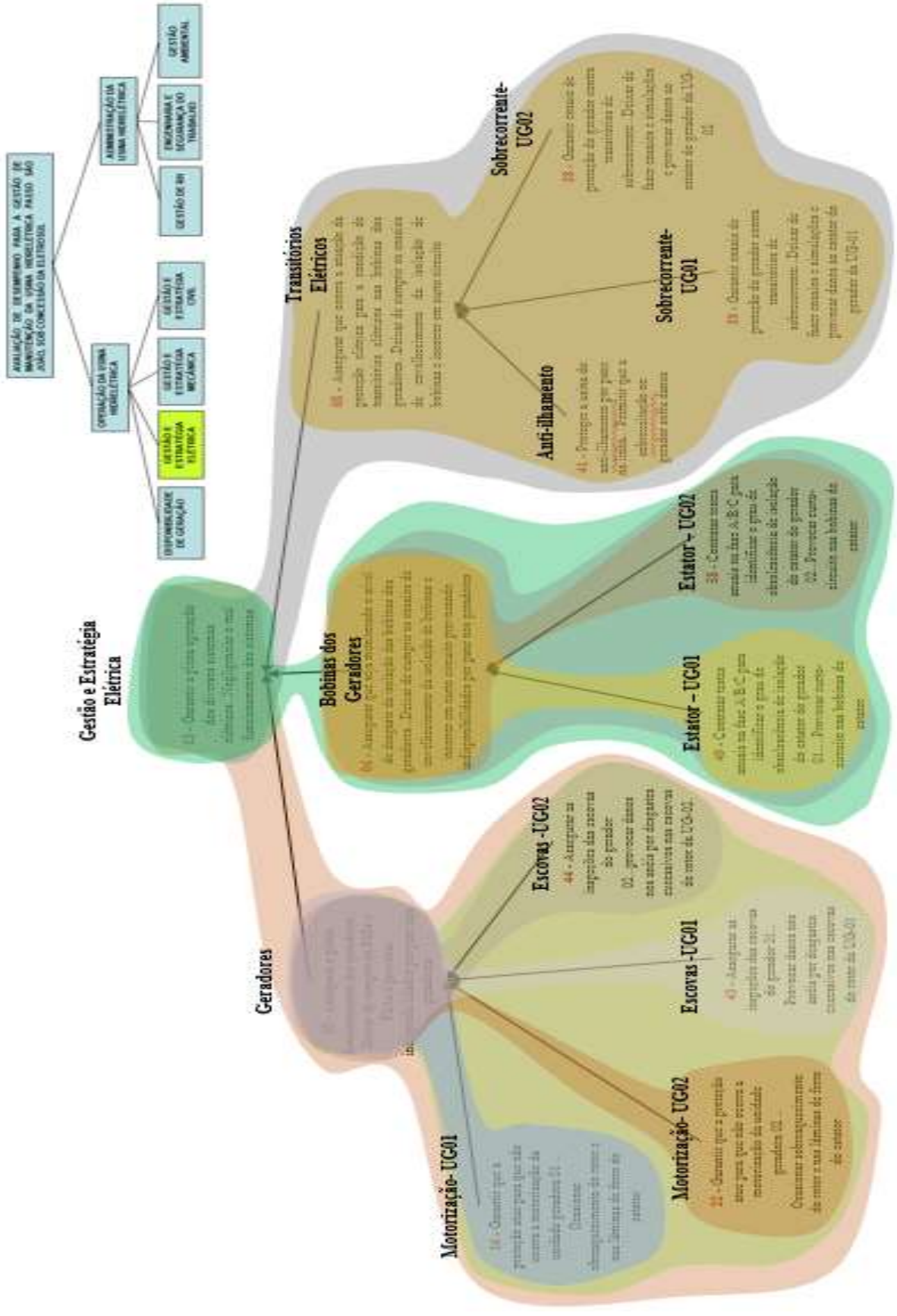

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
12 - Gerir as intervenções e inspeções de cunho da engenharia civil para garantir condições seguras na Usina Hidrelétrica... Gerar indisponibilidades por ausência de manutenção de engenharia civil
21 - Assegurar que o plano de segurança de barragens seja seguido conforme a legislação... Ter um desastre com sanções criminais na eventualidade de danos à barragem
15 - Assegurar que ocorra a manutenção na tomada d'água da usina...Ter prejuízos na tomada d'água por perda de carga e de geração.
27 - Assegurar as inspeções para identificar processos de desgaste do concreto... Ignorar o processo de degradação do concreto e incorrer em riscos de estrutura civil
05 – Comunicar a identificação da emergência de ruptura de barragem e aviso de evacuação... Potencializar a perda de vidas pela demora e ineficiência dos meios de comunicação para disseminar a informação de emergência
47 - Executar leituras mensais dos piezômetros referentes ao plano de segurança de barragens... Ter prejuízos com probabilidades de trinca do concreto na barragem
46 - Executar leituras mensais dos marcos superficiais referentes ao plano de segurança de barragens... Ter prejuízos e sanções criminais na eventualidade de danos à barragem
61 - Assegurar a desobstrução periódica semestral do log-boom...Ter Indisponibilidades por choque dos troncos de árvores com o distribuidor da unidade geradora
63 - Assegurar que ocorra a desobstrução das grades do canal de adução da usina... Ter prejuízos no canal de adução com vazão reduzida e redução da geração
56 - Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na casa de força... Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade
77 - Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na estrutura de concreto da barragem... Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade

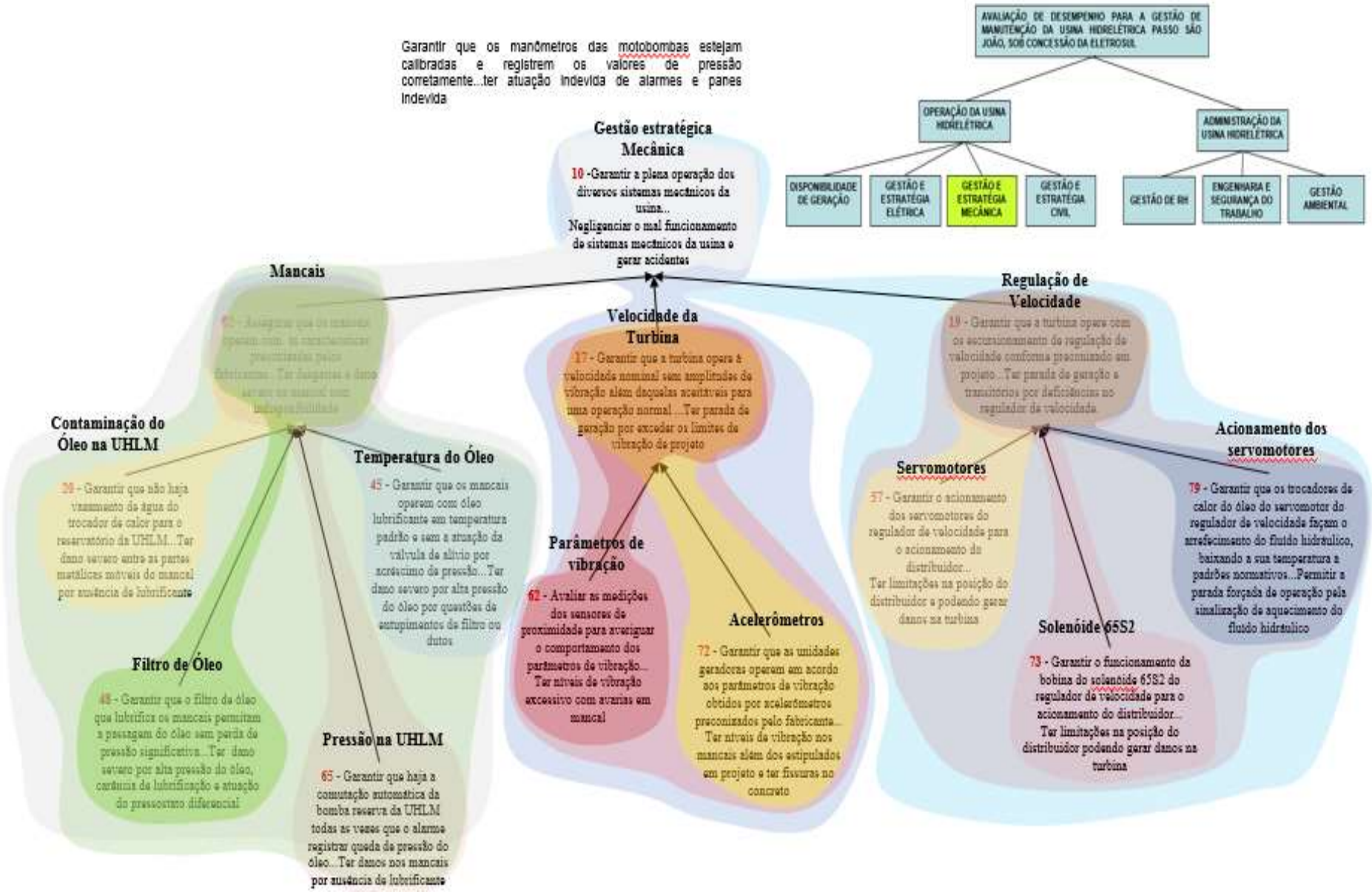

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
23 - Garantir uma gestão de RH eficiente...Desperdiçar a utilização do capital humano e a oportunidade de oferecer serviços com maior qualidade
28 - Manter a equipe técnica qualificada tecnicamente...Cometer equívocos na operação e manutenção da usina, acidentes de trabalho, indisponibilidade e sinistros
32 - Garantir anualmente que 100% dos profissionais necessários à manutenção estejam disponíveis na usina...Ter redução do corpo técnico, provocando acidentes e o não atendimento dos prazos
68 - Oferecer cursos na área manutenção elétrica para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
60 - Oferecer cursos na área manutenção mecânica para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
76 - Oferecer cursos na área manutenção civil para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
33 - Disponibilizar cursos de integração de equipes e resolução de conflitos anualmente...Expor os profissionais ao desgaste em um ambiente fechado e limitado
50 - Avaliar a satisfação do pessoal interno da usina...Ter desgastes pessoais podendo-se influenciar em acidentes de trabalho

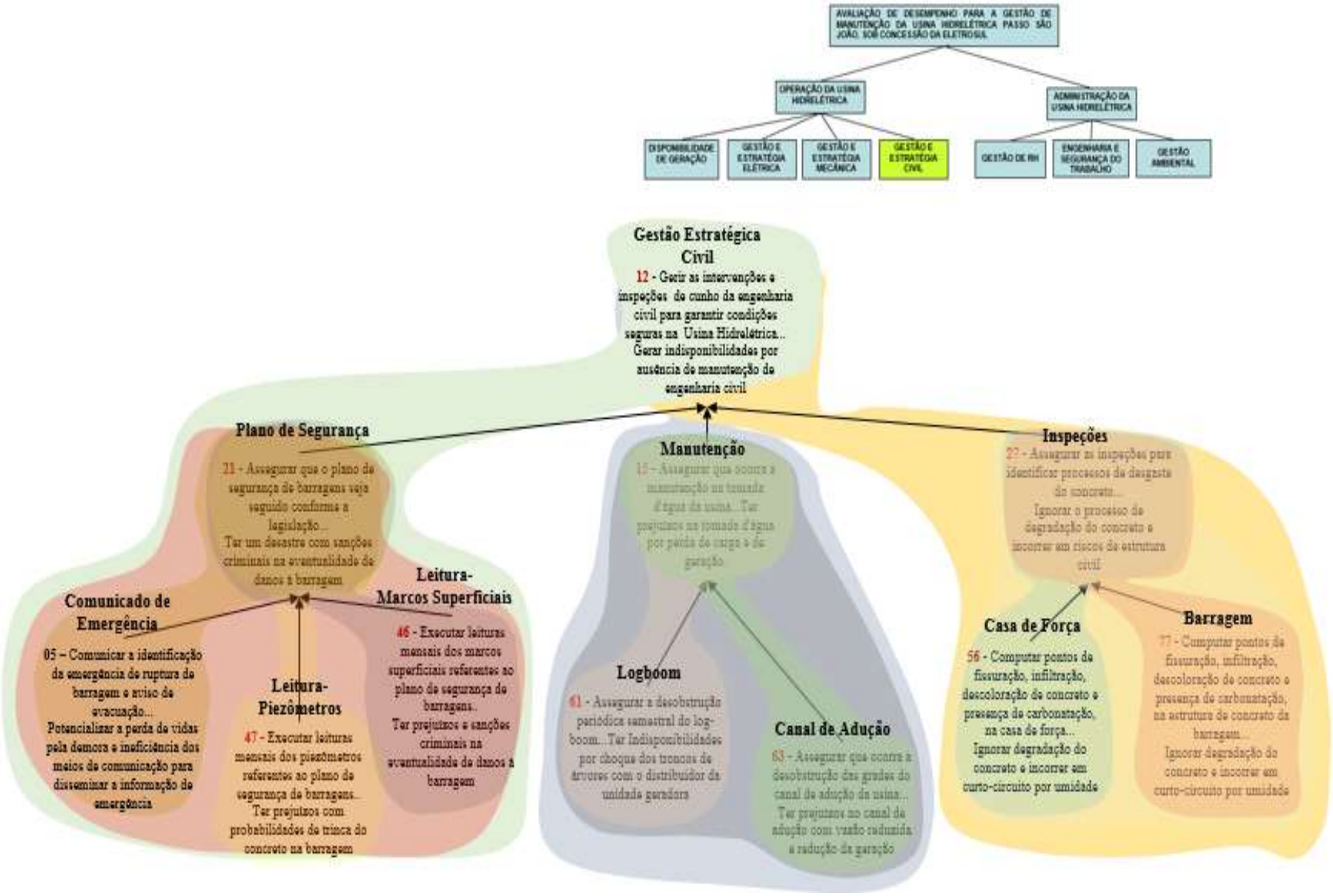

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
24 - Garantir que o ambiente de trabalho seja seguro e atenda as normas de segurança... Ignorar que acidentes de trabalho ocorram e gerem penalidades para a usina
29 - Disponibilizar cursos de segurança do trabalho para os colaboradores...Expor o profissionais a atividades de riscos sem o devido conhecimento técnicos
25 - Adotar metodologia de gestão/sinalização/informação para evitar acidentes de trabalho... Negligenciar os riscos com procedimentos susceptíveis a acidentes de trabalho
53 - Garantir que os profissionais da usina atuem de forma segura em ambientes que ofereçam riscos... Facilitar a ocorrência de acidentes de trabalho
69 - Realizar treinamentos de reciclagem da NR 10- Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade...Expor o profissionais a atividades de riscos sem o devido conhecimento técnico
66 - Realizar o treinamento em NR 35 - Trabalho em altura... Ignorar desgastes de equipamentos de orçamento com riscos de fraturas e morte
78 - Realizar treinamento da NR33 - Segurança em Espaço Confinado... Ignorar riscos aos técnicos por inalação de gases tóxicos quando da atuação em espaço confinado
64 - Realizar anualmente simulações de resgate de profissional em condições de sinistro... Ter dificuldades em resgates por ausência de procedimentos, resultando em morte
74 - Manter a gestão dos materiais para primeiros socorros e medicamentos básicos atualizada... Ter riscos de infecções nas lesões associadas aos acidentados
51 - Mensurar a emissão de ruído na casa de força...Ignorar a existência de ambientes desconfortáveis e gerar insuficiências de audição aos profissionais
55 - Ter EPIs específicos, em quantidade e em condições... Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes do trabalho
59 - Assegurar o uso de EPIs específicos e em condições... Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes do trabalho

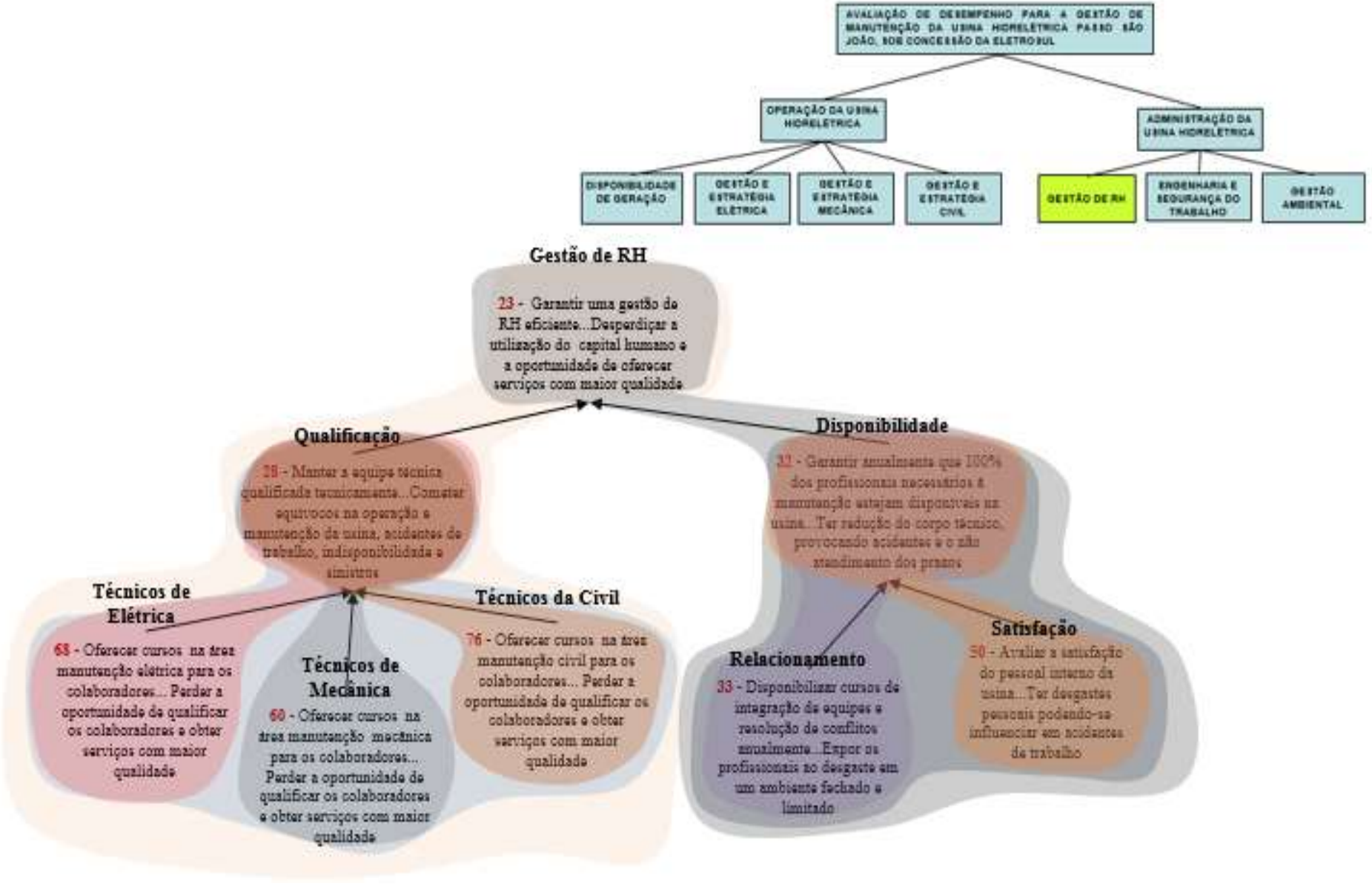

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
75- Garantir que não haja impacto ambiental do empreendimento na região onde atua... Ignorar a validade da licença ambiental e incorrer em dano ambiental e multas do órgãos responsáveis
30 - Garantir o monitoramento de dados de vazão afluente e defluentes...Ignorar o envio dos dado para que sejam avaliado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e correr o risco de perder a licença
31 - Atender aos requisitos e condicionantes da Licença de Operação (LO 03249/2016-DL)...Ignorar os requisito dispostos pela FEPAM e incorrer em multas do órgão ambiental
34 - Manter os funcionários informados e treinados quanto ao riscos aos riscos associados ao vazamento de óleo... Transgredir a legislação vigente e gerar impactos as espécies locais e endêmicas
52 - Garantir que as empresas contratadas para contemplar as condicionantes ambientais executem os cronograma disposto em contrato dentro do prazo...Ignorar os estudos exigidos como condicionantes ambientais
67 - Realizar o monitoramento da vazão com sensores apropriados para mensurar a vazão turbinada...Ignorar o envio de dados à FEPAM e ignorar riscos do monitoramento ambiental
70 - Realizar o resgate de peixes (condicionante ambiente) após o vertimento ...Ignorar riscos ambientais
71 - Realizar o monitoramento continuo dos processos erosivos... Deixar de tomar conhecimento e adotar as medidas cabíveis quanto aos processos erosivos
35 - Conter o recolhimento dos volumes de água e de óleo na ocasião de um vazamento de óleo lubrificante na usina... Ter fuga de óleo para o rio, dano ambiental e sanções de ordem ambiental
54 - Efetivar técnicas anuais de transposição dos alevinos para a preservação da estrutura genética dos peixes...Ignorar os planos de transposição de peixes e incorre em alterações do pescado

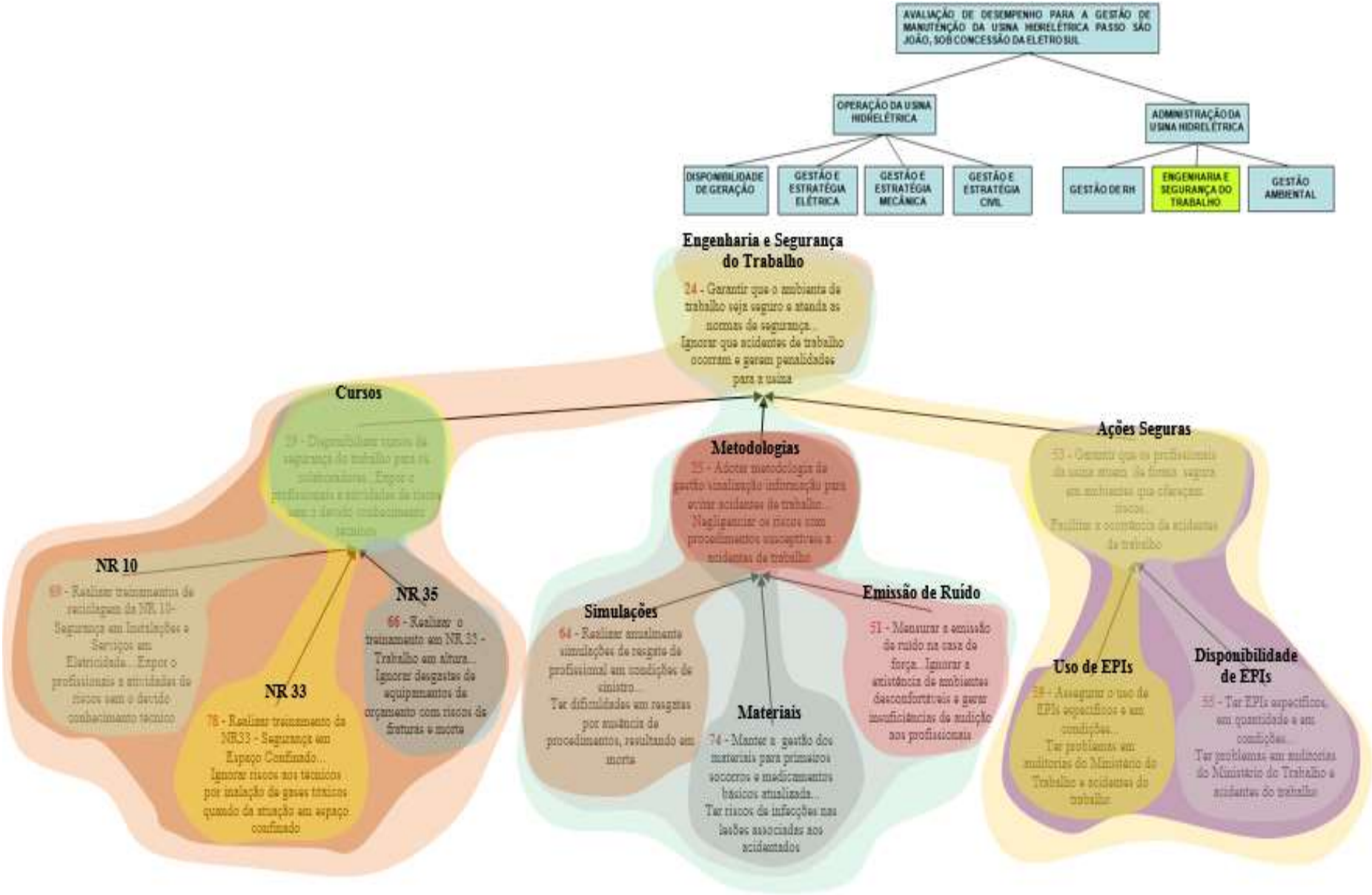
APÊNDICE C - APRESENTAÇÃO DOS CLUSTERS E SUBCLUSTERS DOS DEMAIS PVFs

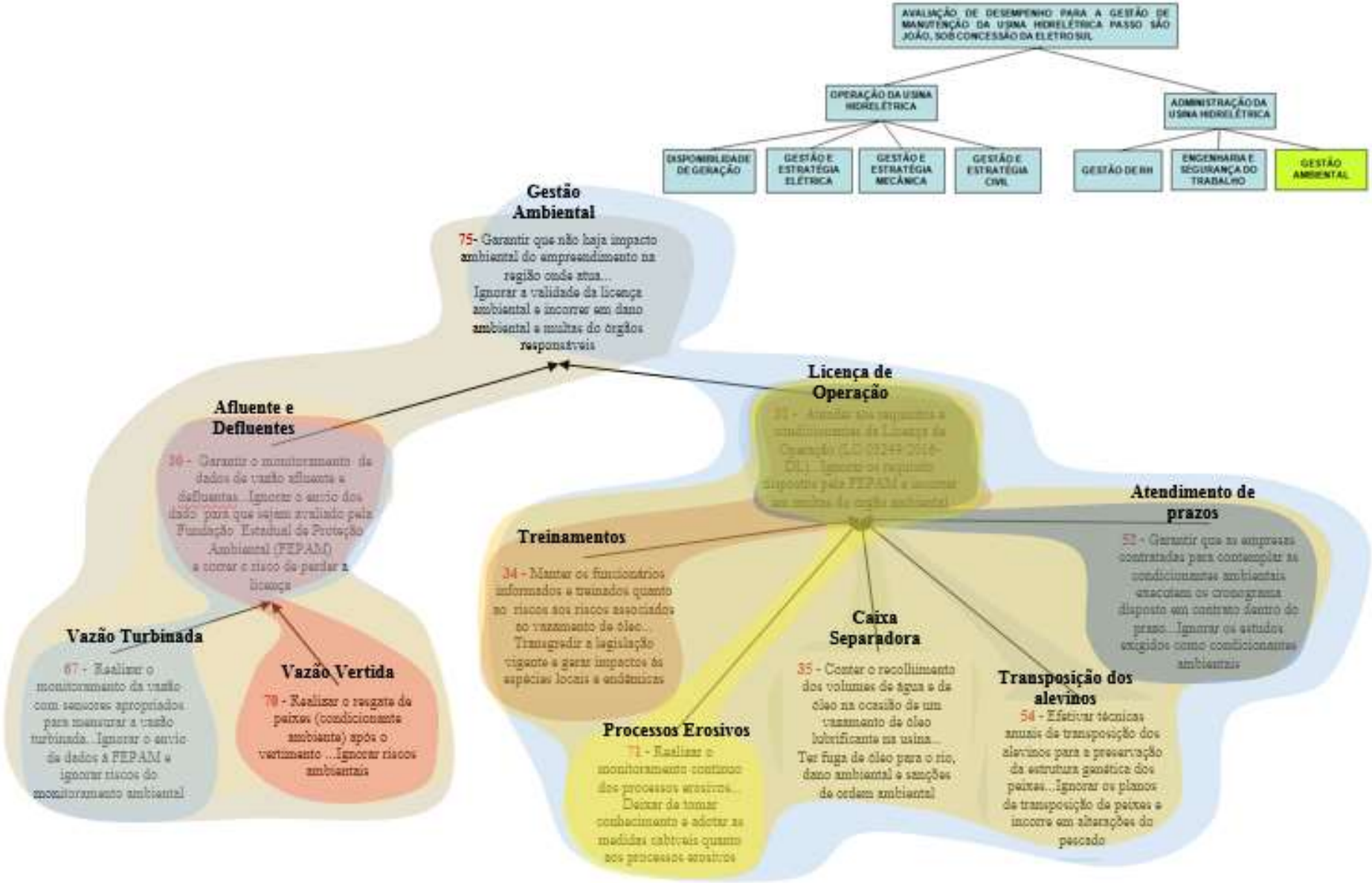



Garantir que os manômetros das motobombas estejam calibradas e registrem os valores de pressão corretamente...ter atuação indevida de alarmes e panes indevida
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
Gestão estratégica Mecânica
10 -Garantir a plena operação dos diversos sistemas mecânicos da usina...
Negligenciar o mal funcionamento de sistemas mecânicos da usina e gerar acidentes
Mancais
Velocidade da Turbina
Regulação de Velocidade
Contaminação do Óleo na UHLM
Temperatura do Óleo
Filtro de Óleo
Pressão na UHLM
Parâmetros de vibração
Acelerômetros
Servomotores
Solenóide 65S2
Acionamento dos servomotores
17 - Garantir que a turbina opera à velocidade nominal sem amplitudes de vibração além daquelas aceitáveis para uma operação normal ...Ter parada de geração por exceder os limites de vibração de projeto
19 - Garantir que a turbina opere com os acrescimento da regulação de velocidade conforme preconizado em projeto ..Ter parada de geração e transitórios por deficiências no regulador de velocidade
28 - Garantir que não haja vazamento de água do trocador de calor para o reservatório da UHLM...Ter dano severo entre as partes metálicas móveis do mancal por ausência de lubrificante
45 - Garantir que os mancais operem com óleo lubrificante em temperatura padrão e sem a atuação da válvula de alívio por acréscimo de pressão...Ter dano severo por alta pressão do óleo por questões de entupimentos de filtro ou dutos
48 - Garantir que o filtro de óleo que lubrifica os mancais permitam a passagem do óleo sem perda de pressão significativa...Ter dano severo por alta pressão do óleo, carência de lubrificação e atuação do pressostato diferencial
65 - Garantir que haja a comutação automática da bomba reserva da UHLM todas as vezes que o alarme registrar queda de pressão do óleo...Ter danos nos mancais por ausência de lubrificante
62 - Avaliar as medições dos sensores de proximidade para averiguar o comportamento dos parâmetros de vibração... Ter níveis de vibração excessivo com avarias em mancal
72 - Garantir que as unidades geradoras operem em acordo aos parâmetros de vibração obtidos por acelerômetros preconizados pelo fabricante... Ter níveis de vibração nos mancais além dos estipulados em projeto e ter fissuras no concreto
57 - Garantir o acionamento dos servomotores do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor... Ter limitações na posição do distribuidor e podendo gerar danos na turbina
73 - Garantir o funcionamento da bobina do solenóide 65S2 do regulador de velocidade para o acionamento do distribuidor... Ter limitações na posição do distribuidor podendo gerar danos na turbina
79 - Garantir que os trocadores de calor do óleo do servomotor do regulador de velocidade façam o arrefecimento do fluído hidráulico, baixando a sua temperatura a padrões normativos...Permitir a parada forçada de operação pela sinalização de aquecimento do fluído hidráulico

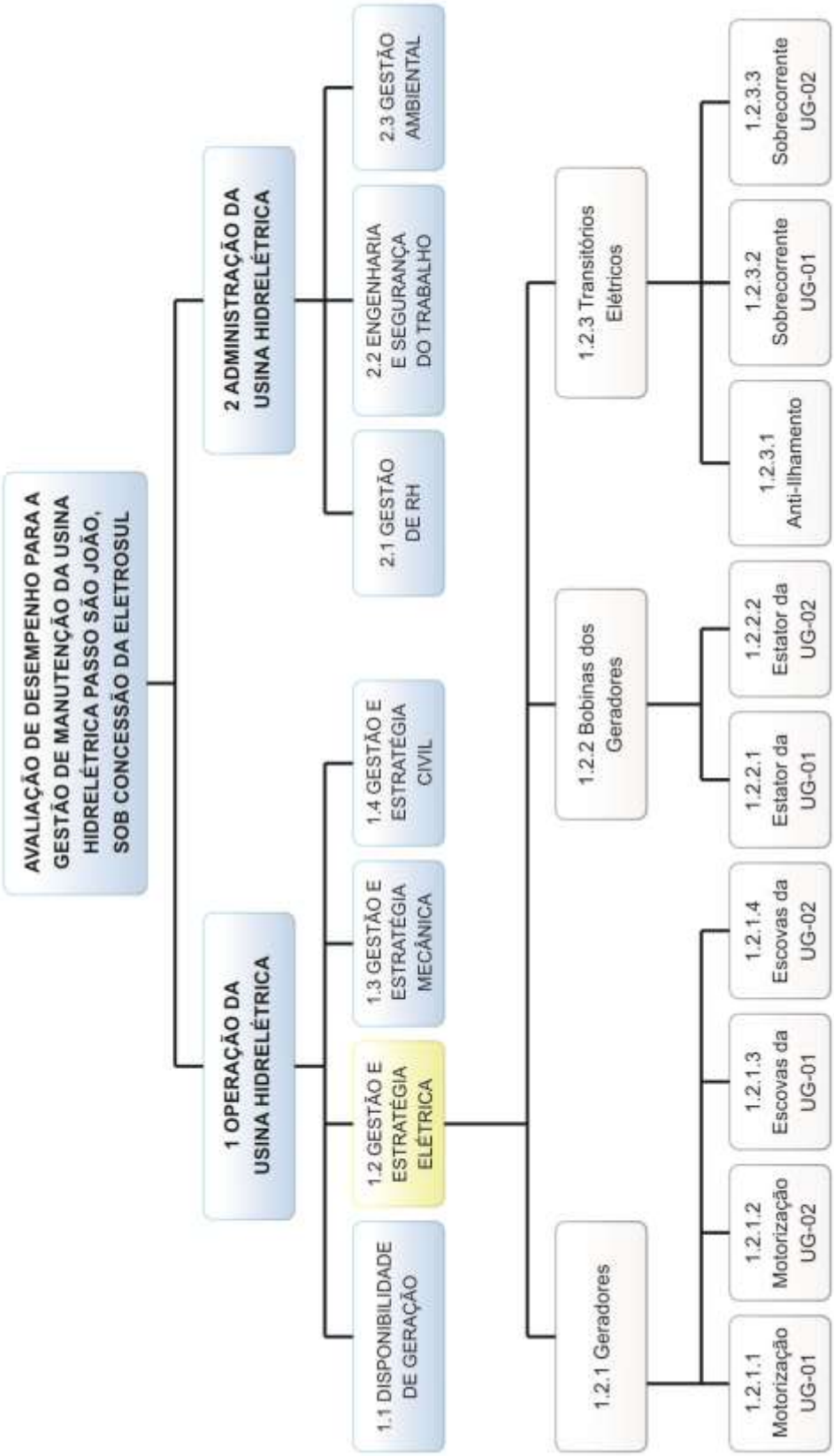

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
Gestão Estratégica Civil
12 - Gerir as intervenções e inspeções do cunho da engenharia civil para garantir condições seguras na Usina Hidrelétrica... Gerar indisponibilidades por ausência de manutenção de engenharia civil
Plano de Segurança
21 - Assegurar que o plano de segurança de barragens seja seguido conforme a legislação... Ter um desastre com sanções criminais na eventualidade de danos a barragem
Manutenção
15 - Assegurar que ocorra a manutenção na tomada d'agua da usina...Ter prejuizos na tomada d'agua por perda de carga e de geração
Inspeções
22 - Assegurar as inspeções para identificar processos de deagrata do concreto... Ignorar o processo de degradação do concreto e incorrer em riscos de estrutura civil
Comunicado de Emergência
05 – Comunicar a identificação da emergência de ruptura de barragem e aviso de evacuação... Potencializar a perda de vidas pela demora e ineficiência dos meios de comunicação para disseminar a informação de emergência
Leitura-Piezômetros
47 - Executar leituras mensais dos piezômetros referentes ao plano de segurança de barragens... Ter prejuizos com probabilidades de trinca do concreto na barragem
Leitura-Marcos Superficiais
46 - Executar leituras mensais dos marcos superficiais referentes ao plano de segurança de barragens... Ter prejuizos e sanções criminais na eventualidade de danos a barragem
Logboom
61 - Assegurar a desobstrução periódica semestral do log-boom...Ter Indisponibilidades por choque dos troncos de árvores com o distribuidor da unidade geradora
Canal de Adução
63 - Assegurar que ocorra a desobstrução das grades do canal de adução da usina... Ter prejuizos no canal de adução com vazão reduzida a redução da geração
Casa de Força
56 - Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na casa de força... Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade
Barragem
77 - Computar pontos de fissuração, infiltração, descoloração de concreto e presença de carbonatação, na estrutura de concreto da barragem... Ignorar degradação do concreto e incorrer em curto-circuito por umidade


AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
Gestão de RH
23 - Garantir uma gestão de RH eficiente...Desperdiçar a utilização do capital humano e a oportunidade de oferecer serviços com maior qualidade
Qualificação
28 - Manter a equipe técnica qualificada tecnicamente...Cometer equívocos na operação e manutenção da usina, acidentes de trabalho, indisponibilidade e sinistros
Disponibilidade
32 - Garantir anualmente que 100% dos profissionais necessários à manutenção estejam disponíveis na usina...Ter redução do corpo técnico, provocando acidentes e o não atendimento dos prazos
Técnicos de Elétrica
68 - Oferecer cursos na área manutenção elétrica para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
Técnicos de Mecânica
69 - Oferecer cursos na área manutenção mecânica para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
Técnicos da Civil
76 - Oferecer cursos na área manutenção civil para os colaboradores... Perder a oportunidade de qualificar os colaboradores e obter serviços com maior qualidade
Relacionamento
33 - Disponibilizar cursos de integração de equipes e resolução de conflitos anualmente...Expor os profissionais no desgaste em um ambiente fechado e limitado
Satisfação
50 - Avaliar a satisfação do pessoal interno da usina...Ter desgastes pessoais podendo-se influenciar em acidentes de trabalho

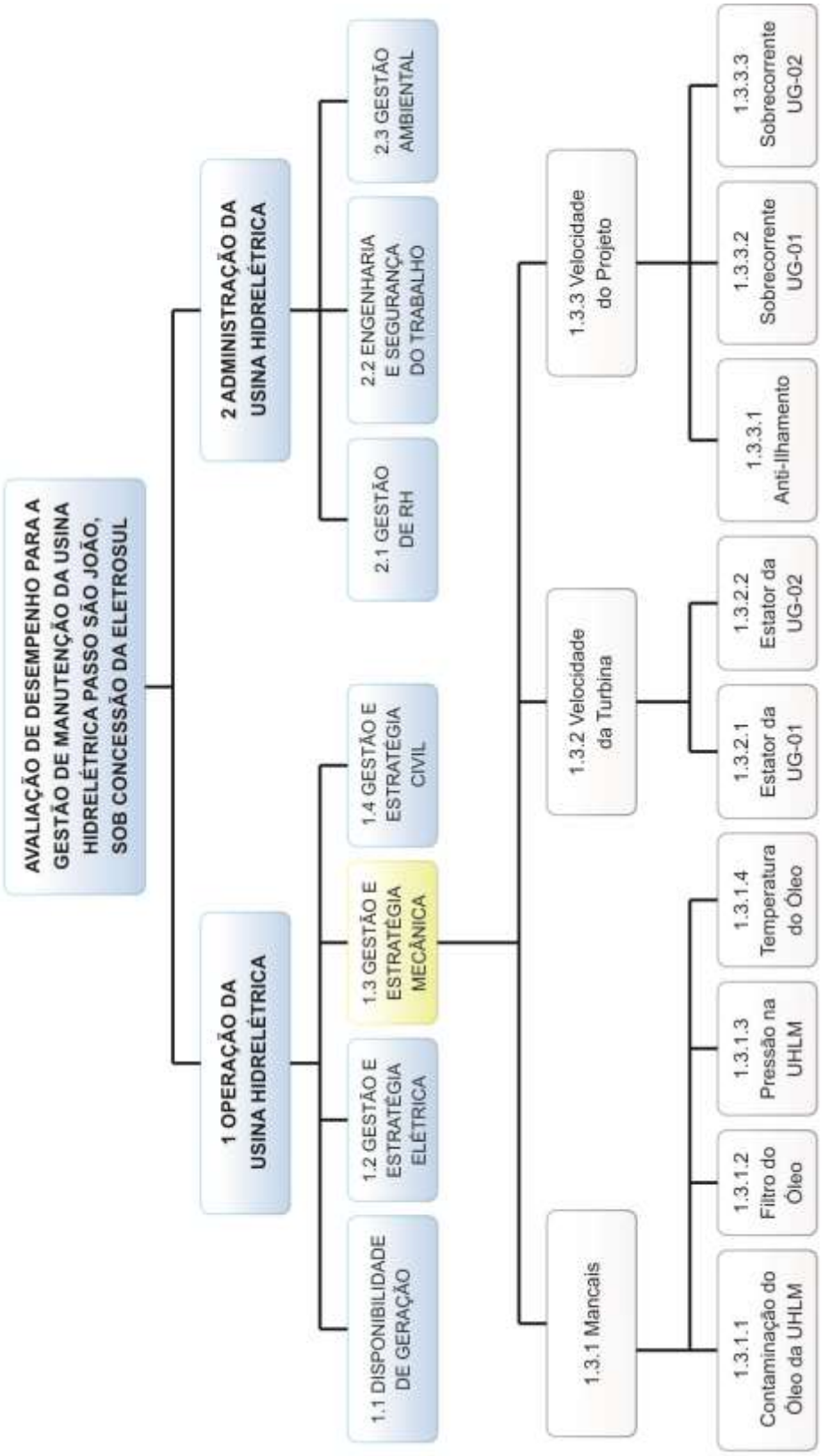

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
Engenharia e Segurança do Trabalho
24 - Garantir que o ambiente de trabalho seja seguro e atenda as normas de segurança... Ignorar que acidentes de trabalho ocorram e gerem penalidades para a usina
Cursos
29 - Disponibilizar cursos de segurança do trabalho para os colaboradores... Expor o profissionais a atividades de risco sem o devido conhecimento técnico
NR 10
69 - Realizar treinamentos de reciclagem da NR 10- Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade... Expor o profissionais a atividades de risco sem o devido conhecimento técnico
NR 33
78 - Realizar treinamento da NR33 - Segurança em Espaço Confinado... Ignorar riscos aos técnicos por inalação de gases tóxicos quando da atuação em espaço confinado
NR 35
66 - Realizar o treinamento em NR 35 - Trabalho em altura... Ignorar desgastes de equipamentos de orçamento com riscos de fraturas e morte
Metodologias
25 - Adotar metodologia de gestão visualização informação para evitar acidentes de trabalho... Negligenciar os riscos com procedimentos suscetíveis a acidentes de trabalho
Simulações
64 - Realizar anualmente simulações de resgate de profissional em condições de sinistro... Ter dificuldades em resgates por ausência de procedimentos, resultando em morte
Materiais
74 - Manter a gestão dos materiais para primeiros socorros e medicamentos básicos atualizada... Ter riscos de infecções nas lesões associadas aos acidentados
Emissão de Ruído
51 - Mensurar a emissão de ruído na casa de força. Ignorar a existência de ambientes desconfortáveis e gerar ineficiências de audição aos profissionais
Ações Seguras
53 - Garantir que os profissionais da usina atuem de forma segura em ambientes que ofereçam riscos... Facilitar a ocorrência de acidentes de trabalho
Uso de EPIs
58 - Assegurar o uso de EPIs específicos e em condições... Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes de trabalho
Disponibilidade de EPIs
55 - Ter EPIs específicos, em quantidade e em condições... Ter problemas em auditorias do Ministério do Trabalho e acidentes de trabalho


AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
GESTÃO E. ESTRATÉGIA ELÉTRICA
GESTÃO E. ESTRATÉGIA MECÂNICA
GESTÃO E. ESTRATÉGIA CIVIL
GESTÃO DE RH
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
GESTÃO AMBIENTAL
Gestão Ambiental
75- Garantir que não haja impacto ambiental do empreendimento na região onde atua... Ignorar a validade da licença ambiental e incorrer em dano ambiental e multas do órgãos responsáveis
Afluente e Defluentes
30 - Garantir o monitoramento de dados da vazão afluente e defluentes...Ignorar o envio dos dado para que sejam avaliado pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental (FEPAM) e correr o risco de perder a licença
Licença de Operação
Vazão Turbinada
67 - Realizar o monitoramento da vazão com sensores apropriados para mensurar a vazão turbinada...Ignorar o envio de dados à FEPAM e ignorar riscos do monitoramento ambiental
Vazão Vertida
70 - Realizar o resgate de peixes (condicionante ambiental) após o vertimento ...Ignorar riscos ambientais
Treinamentos
34 - Manter os funcionários informados e treinados quanto ao riscos aos riscos associados ao vazamento de óleo... Transgredir a legislação vigente e gerar impactos às espécies locais e endêmicas
Atendimento de prazos
52 - Garantir que as empresas contratadas para contemplar as condicionantes ambientais executem os cronograma disposto em contrato dentro do prazo...Ignorar os estudos exigidos como condicionantes ambientais
Caixa Separadora
35 - Contar o recolhimento dos volumes de água e de óleo na ocasião de um vazamento de óleo lubrificante na usina... Ter fuga de óleo para o rio, dano ambiental e sanções de ordem ambiental
Transposição dos alevinos
54 - Efetivar técnicas anuais de transposição dos alevinos para a preservação da estrutura genética dos peixes...Ignorar os planos de transposição de peixes e incorre em alterações do pescado
Processos Erosivos
71 - Realizar o monitoramento contínuo dos processos erosivos... Deixar de tomar conhecimento e adotar as medidas cabíveis quanto aos processos erosivos

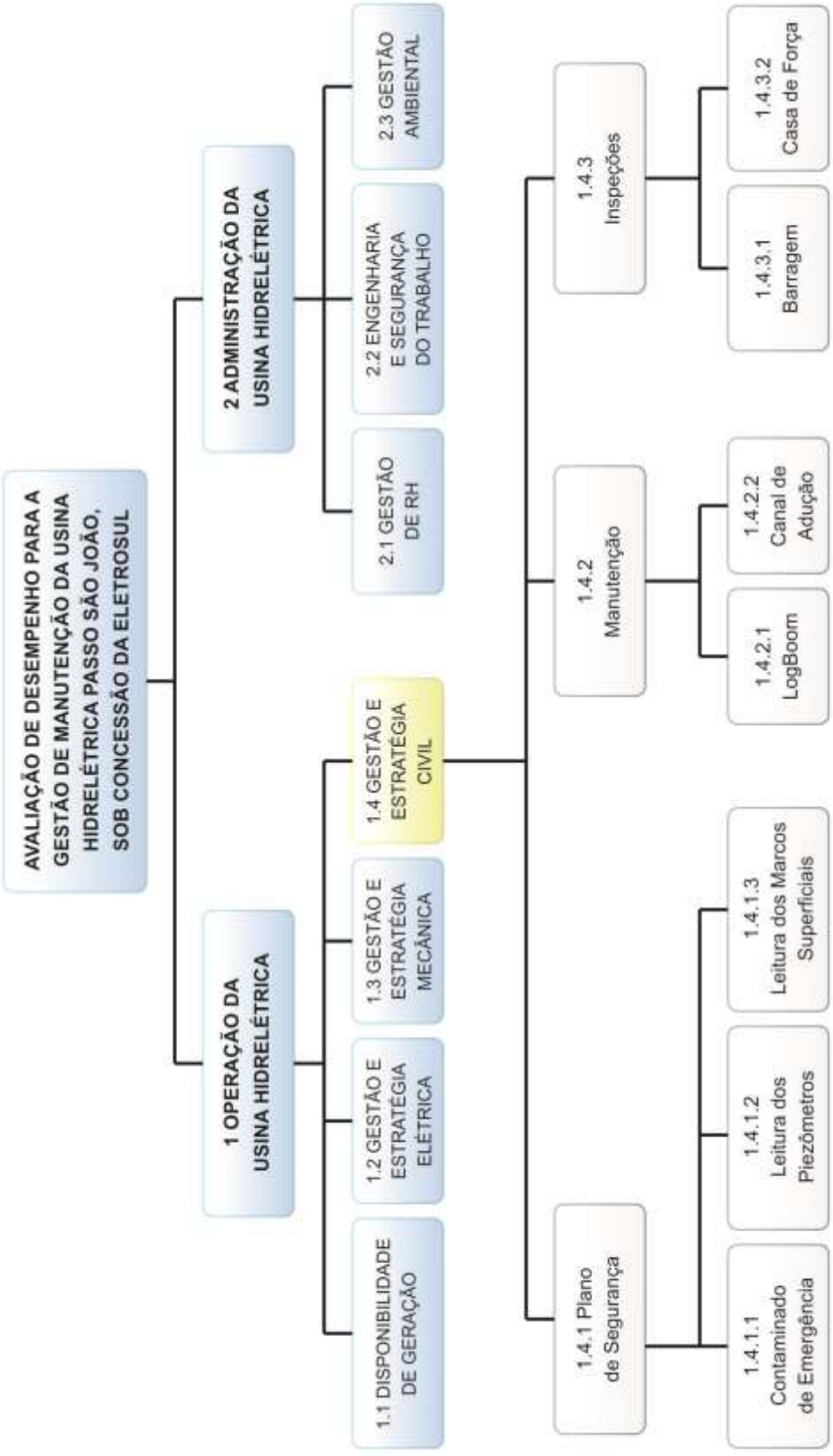
APÊNDICE D - ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE VALOR DOS DEMAIS PVFs



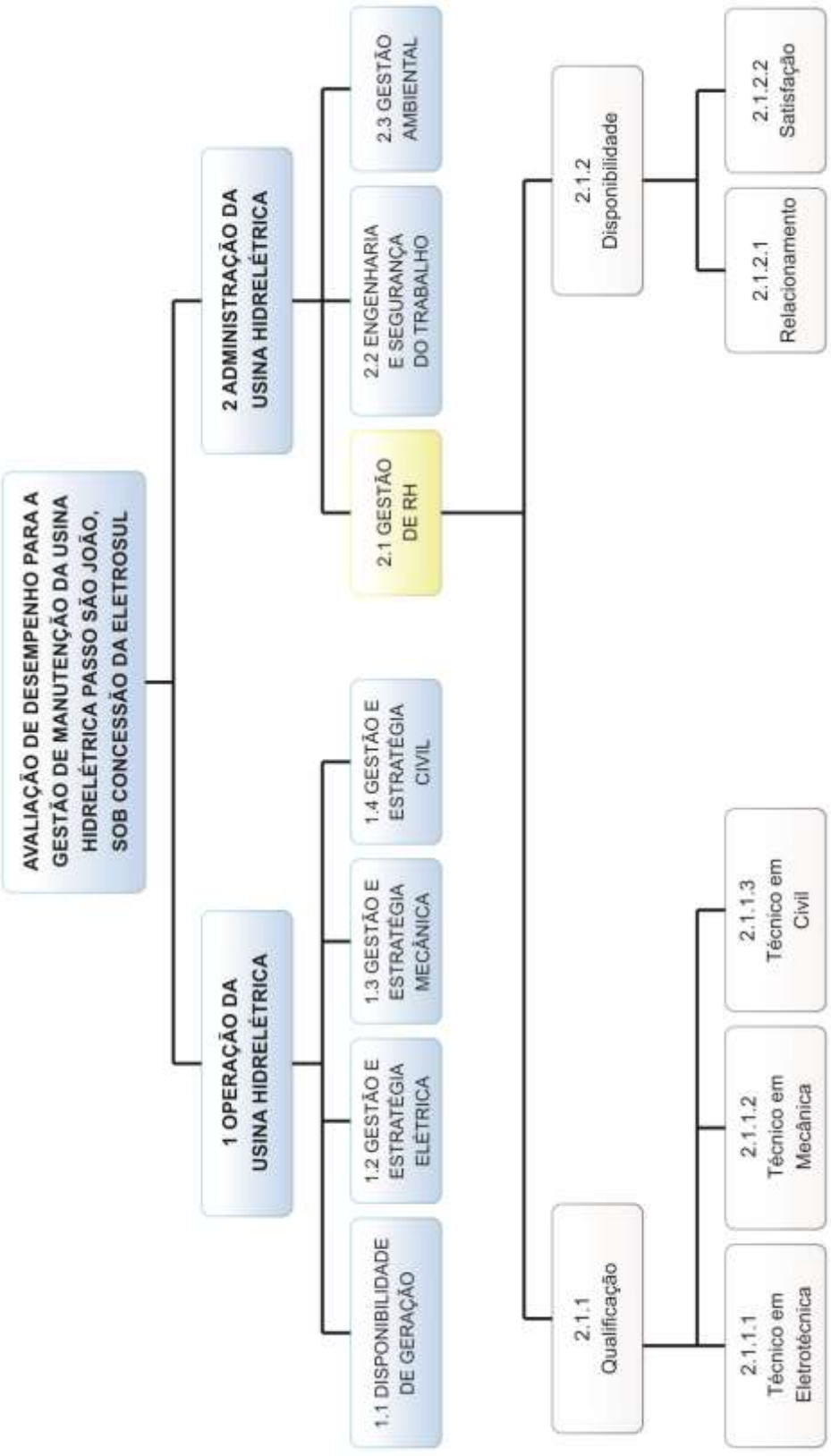
Fonte: Elaboração do autor, 2018



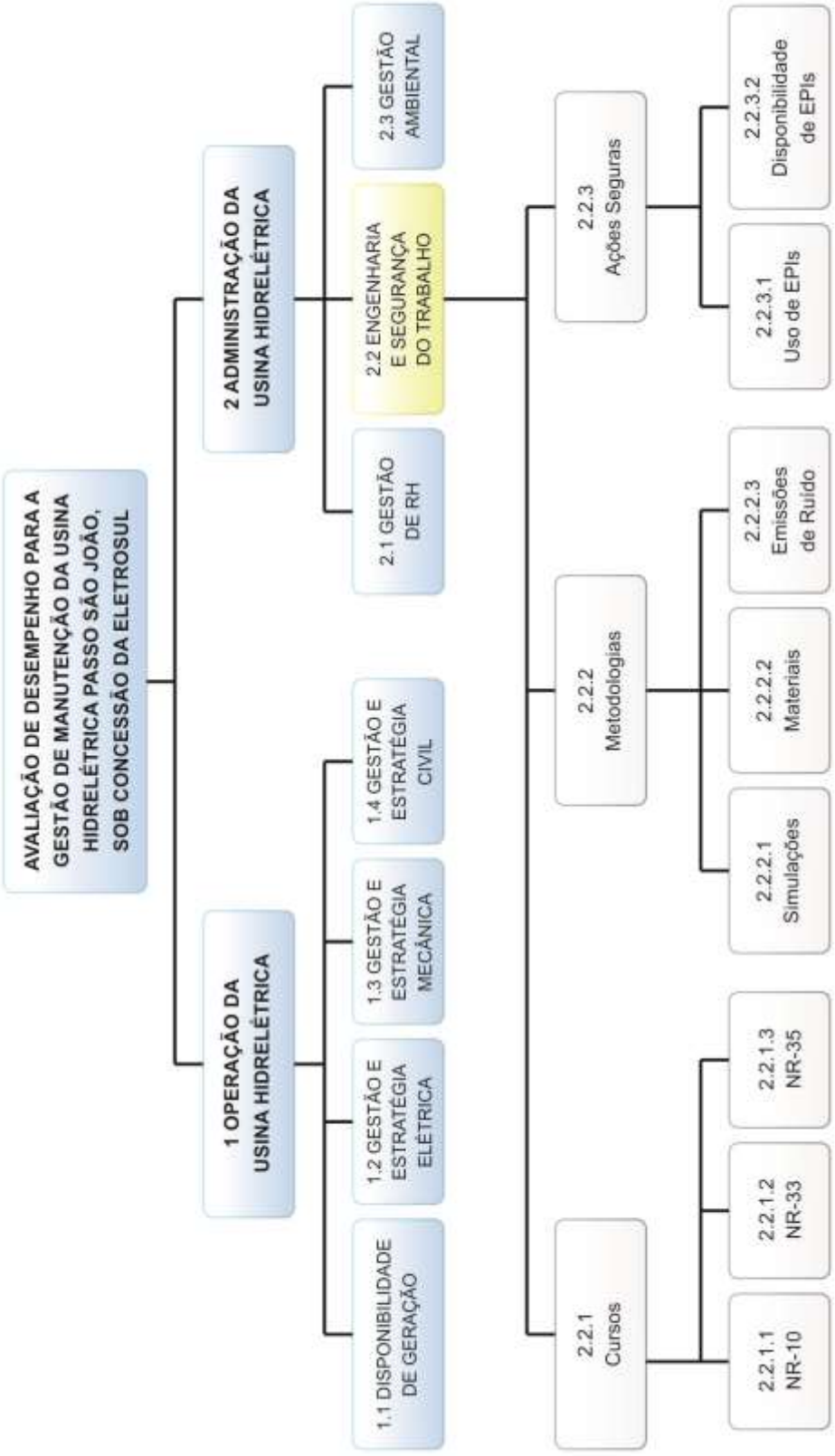
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



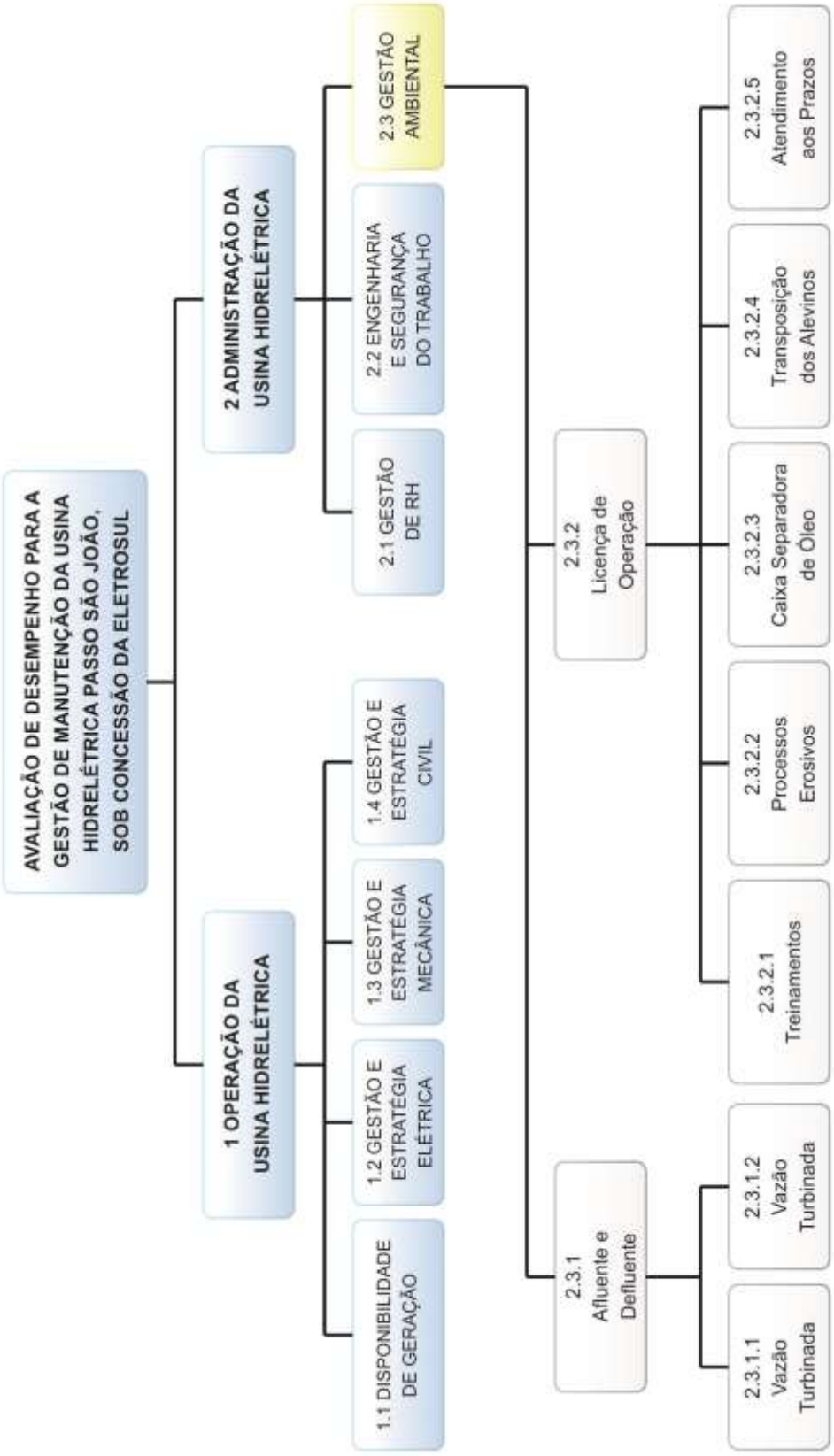
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

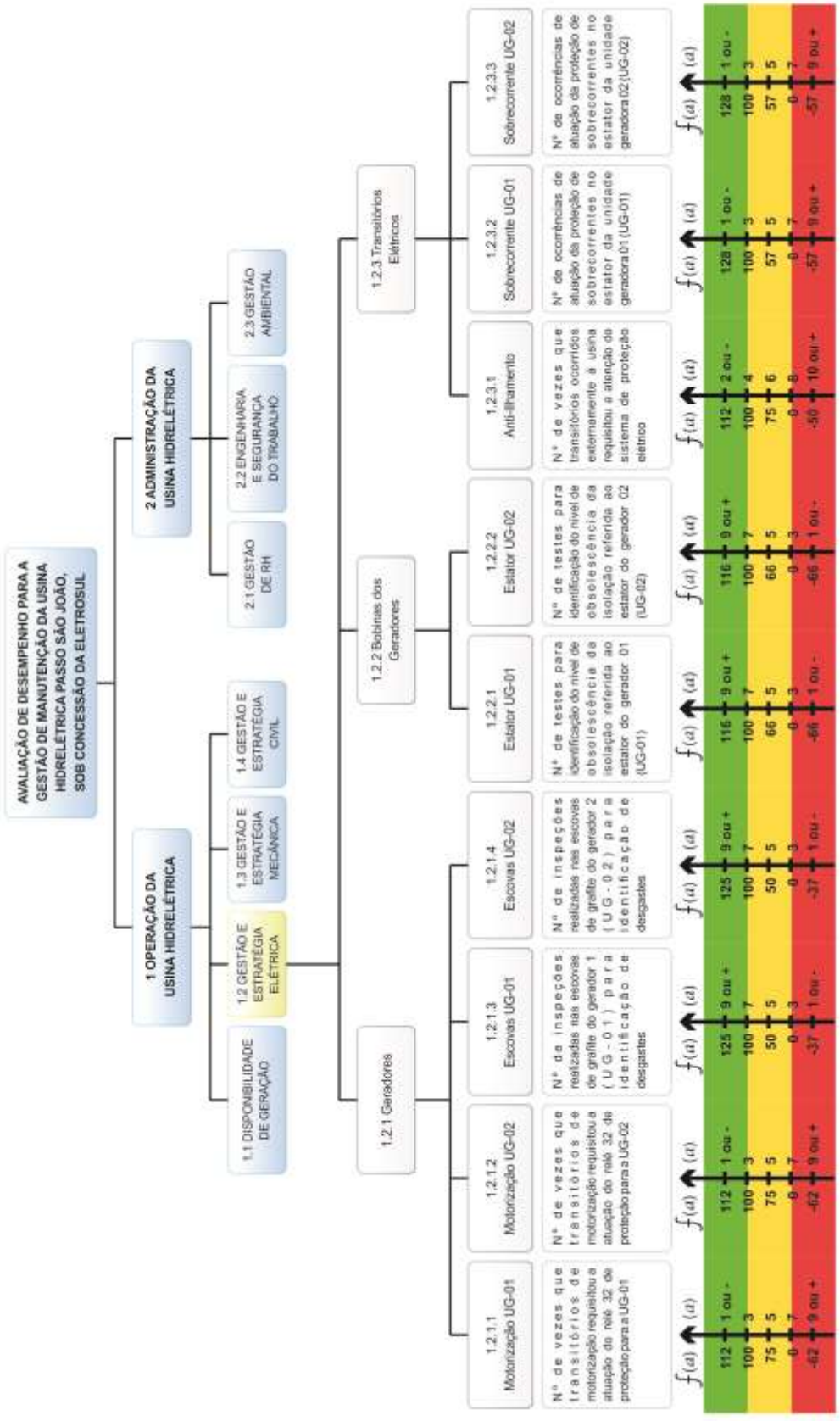


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

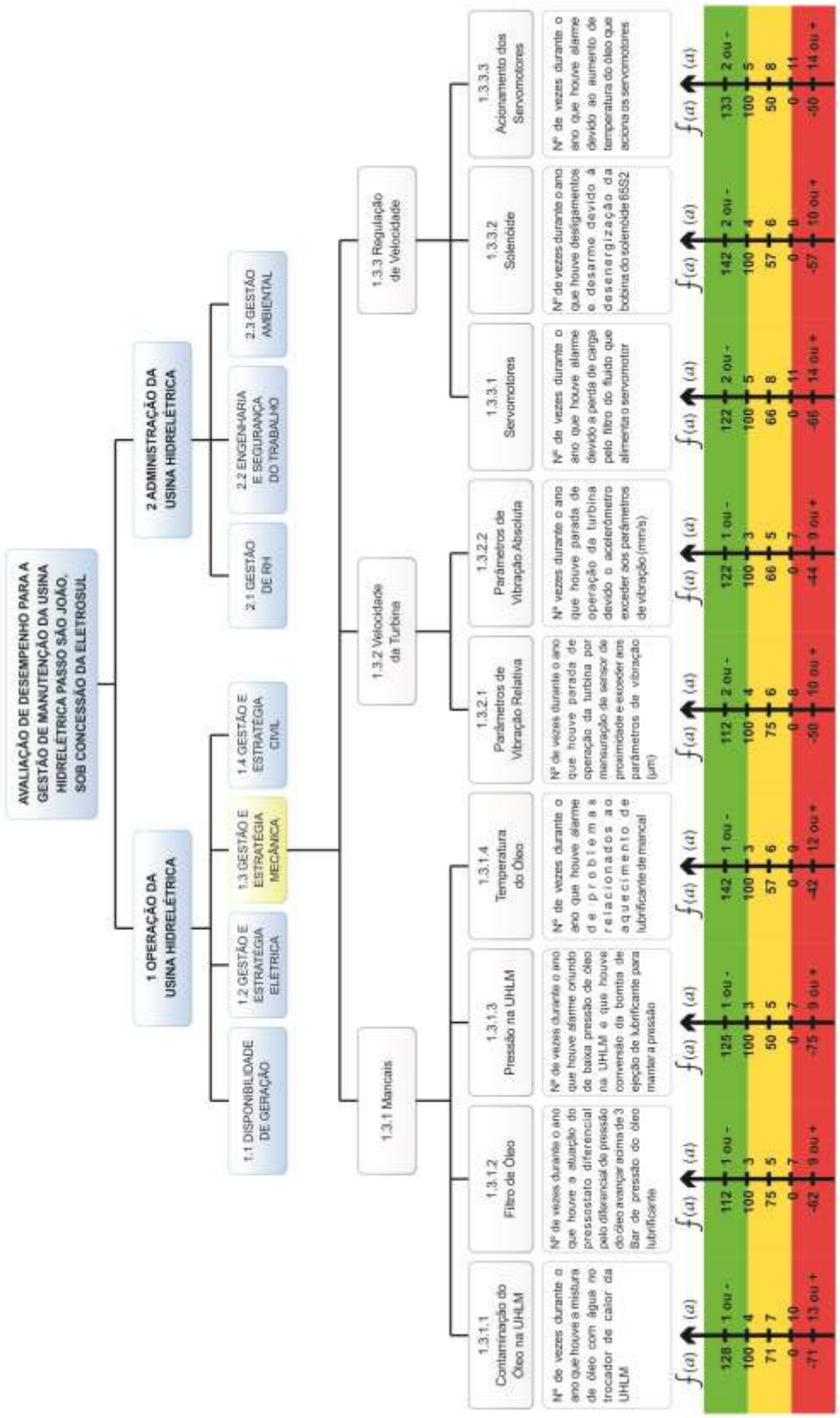


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

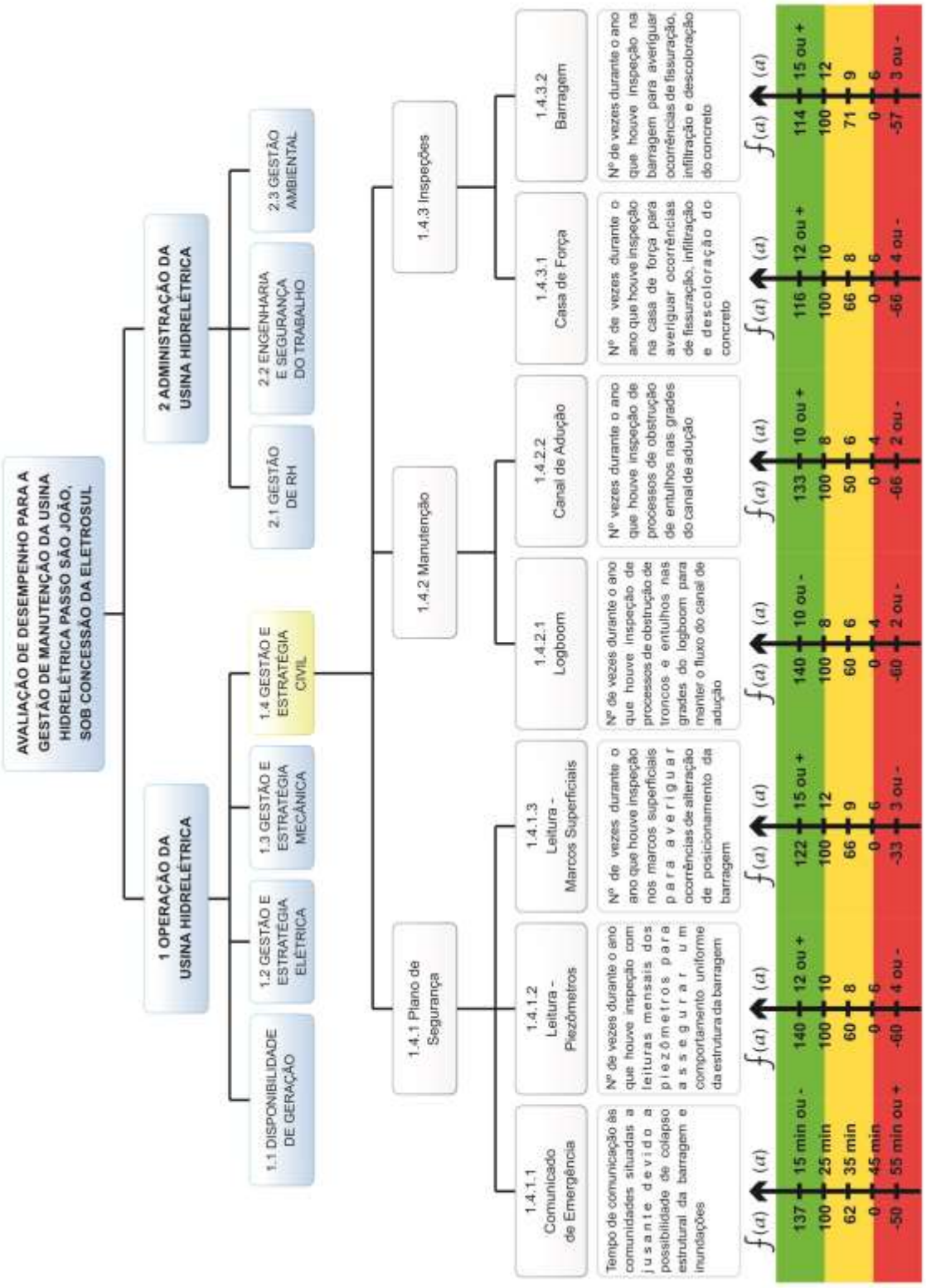
APÊNDICE E - APRESENTAÇÃO DOS DESCRITORES AOS DEMAIS PVFS



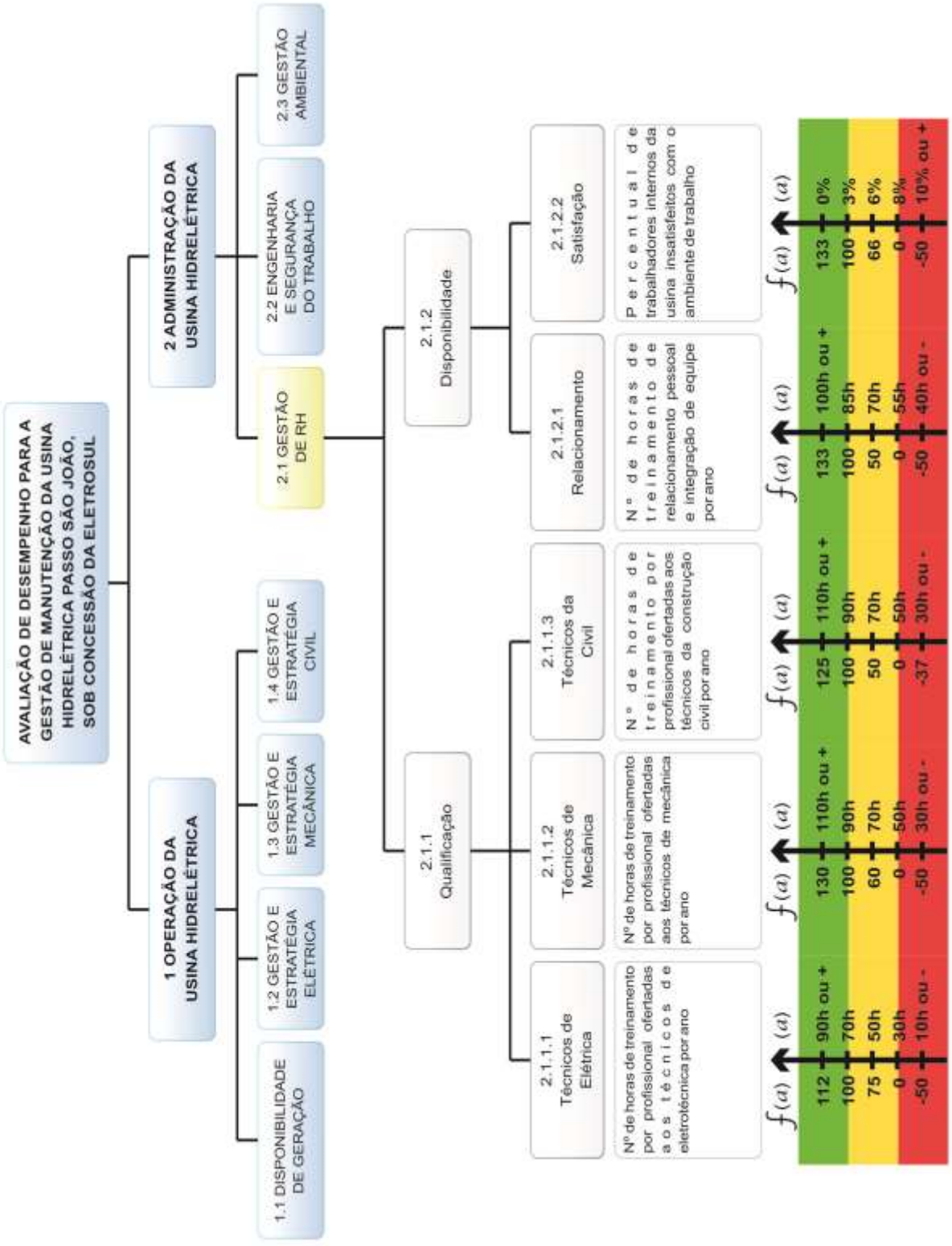
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



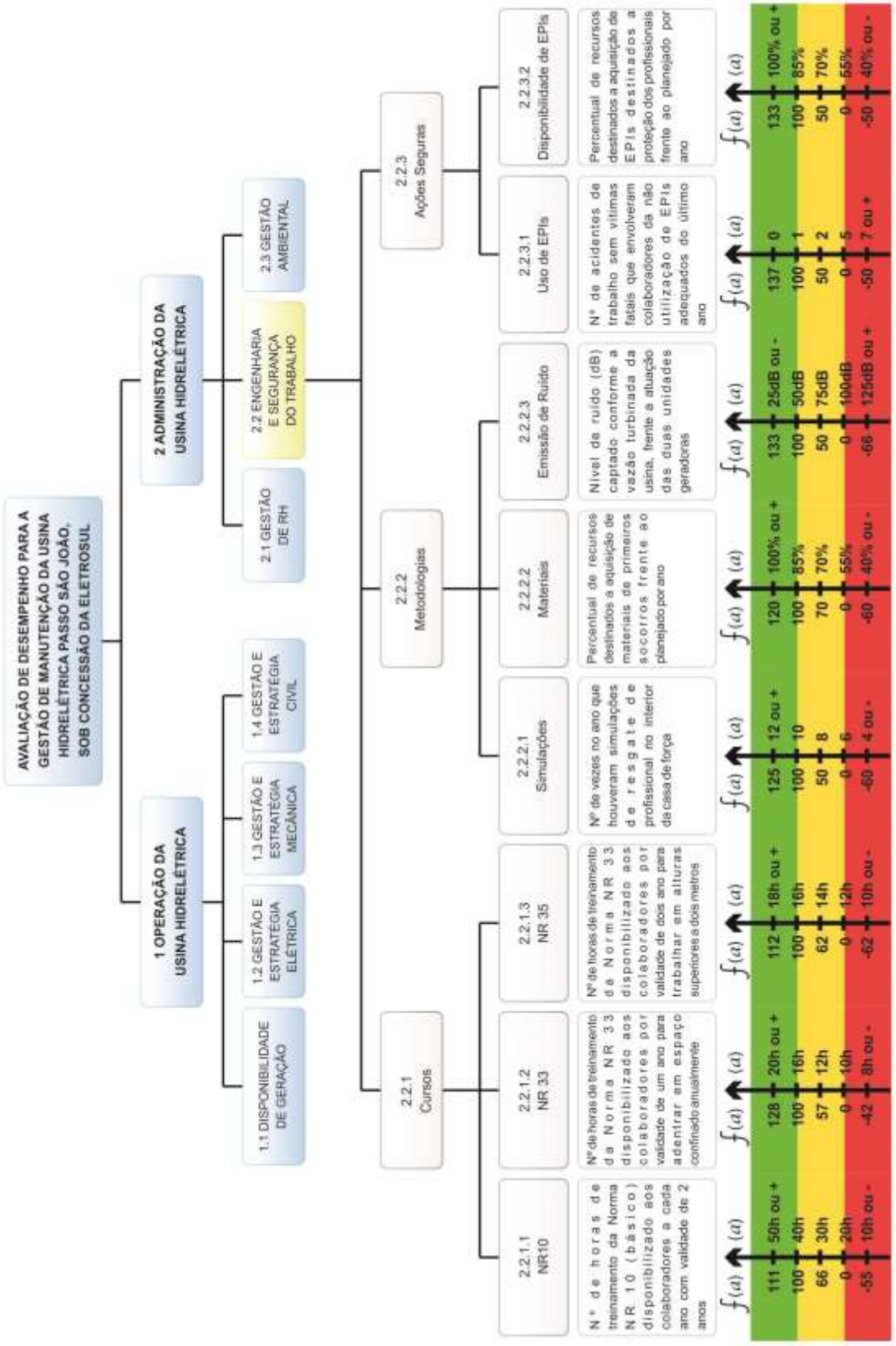
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



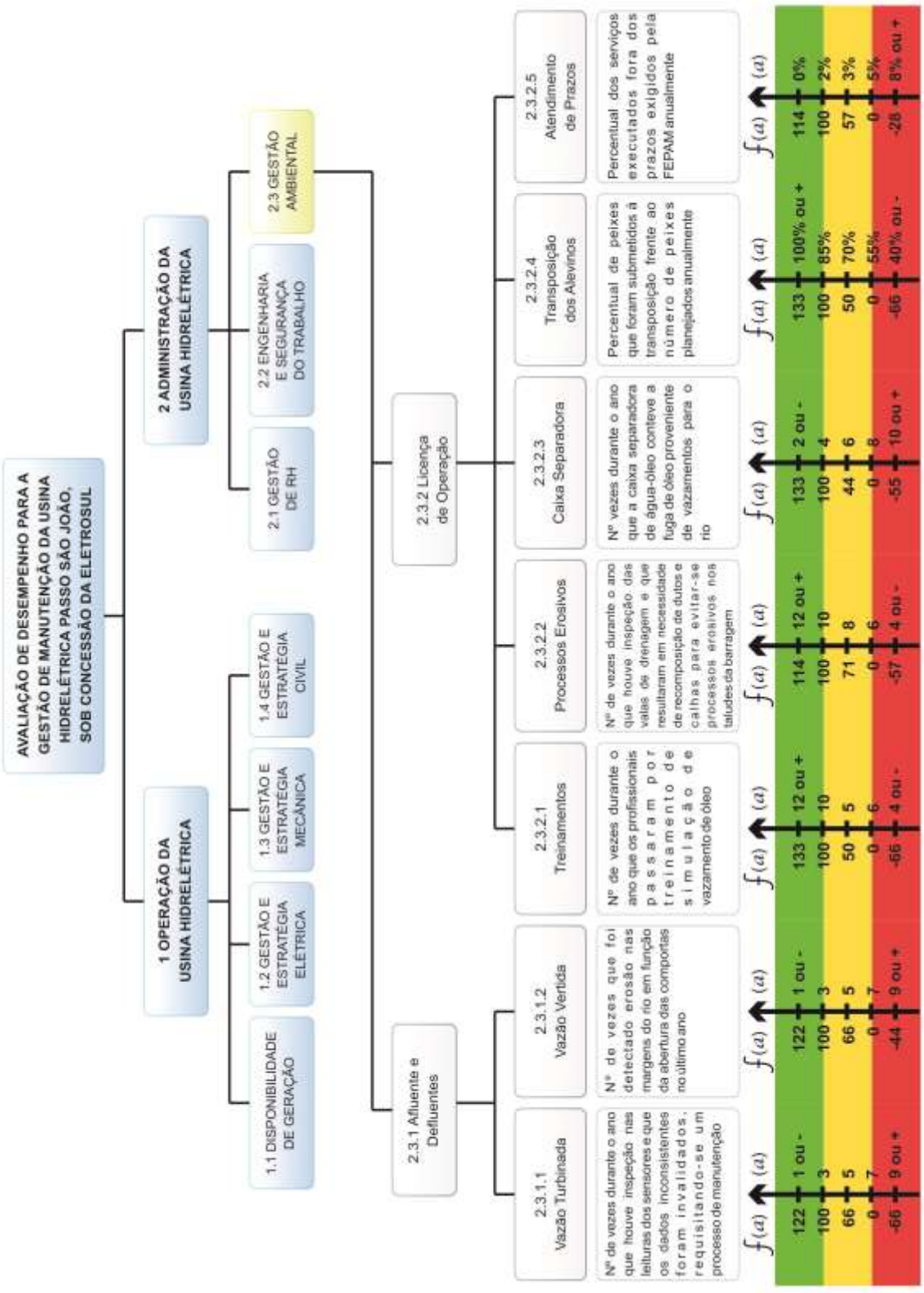
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



Fonte: Elaboração do autor, 2018.



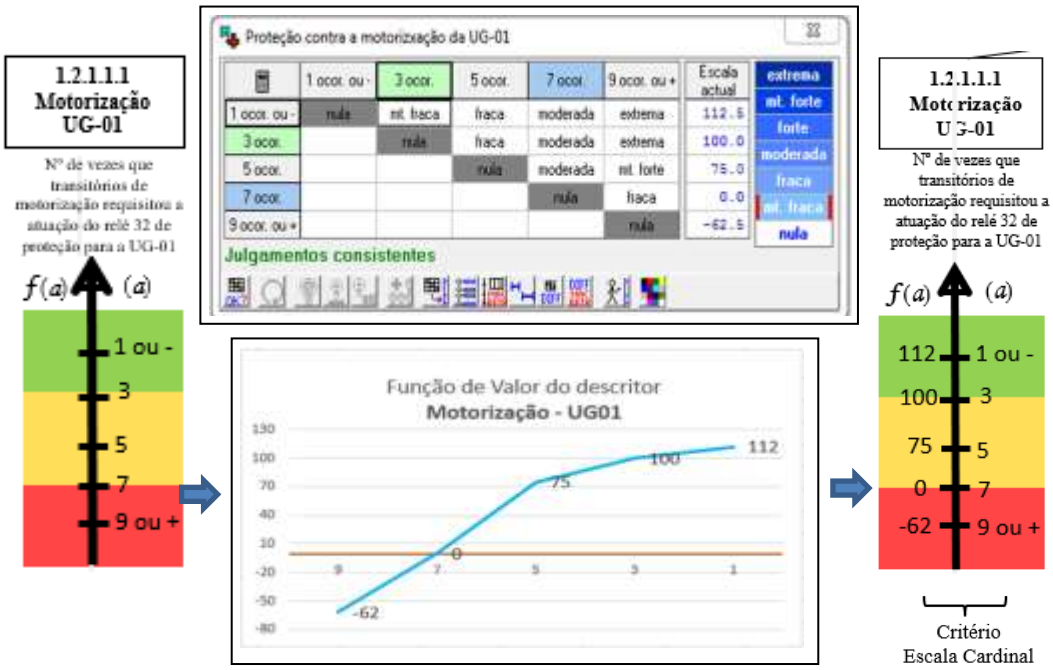
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



Fonte: Elaboração do autor, 2018

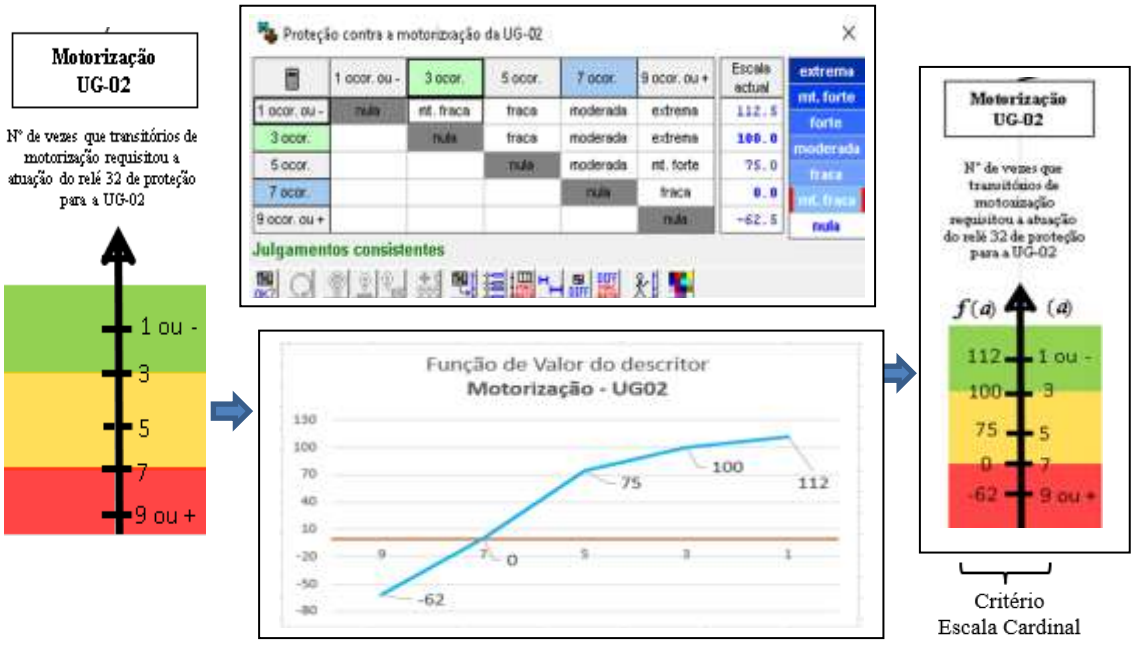
APÊNDICE F – MATRIZ JUÍZO DE VALOR PARA OS PVFS

Matriz juízo de valor para o PVF ‘ Motorização da UG-01



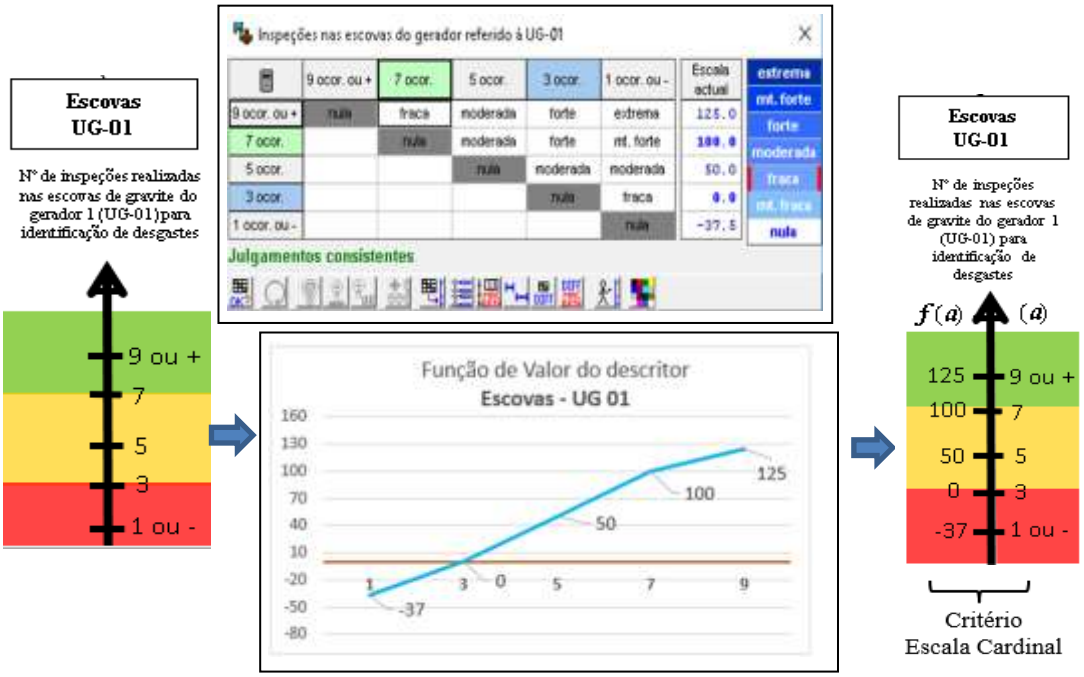
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Motorização



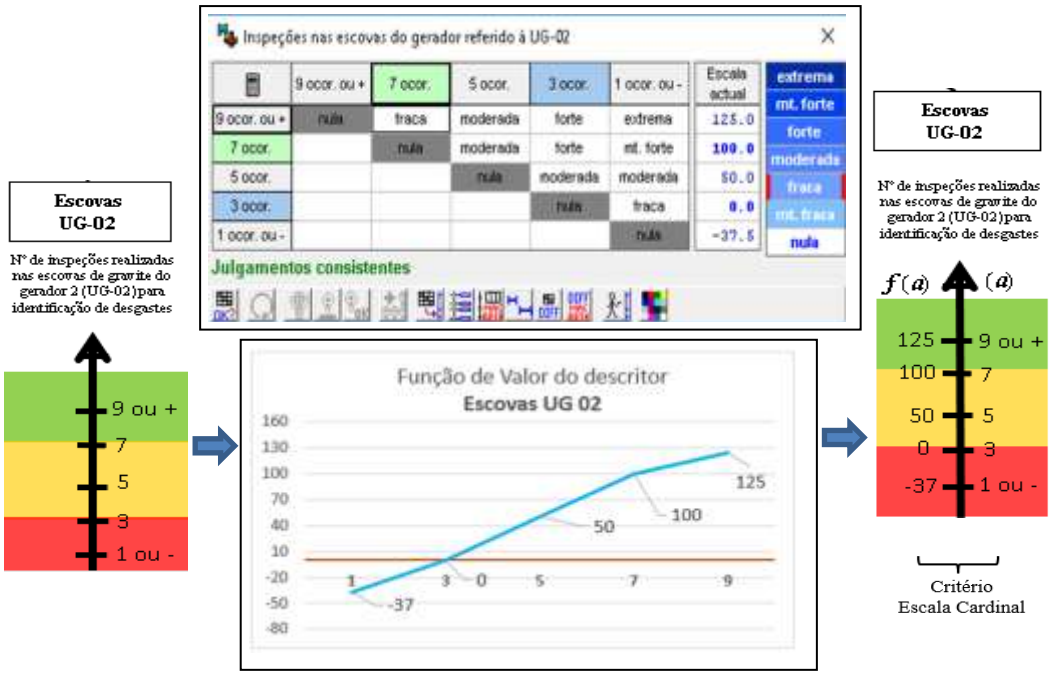
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Matriz juízo de valor para o PVF



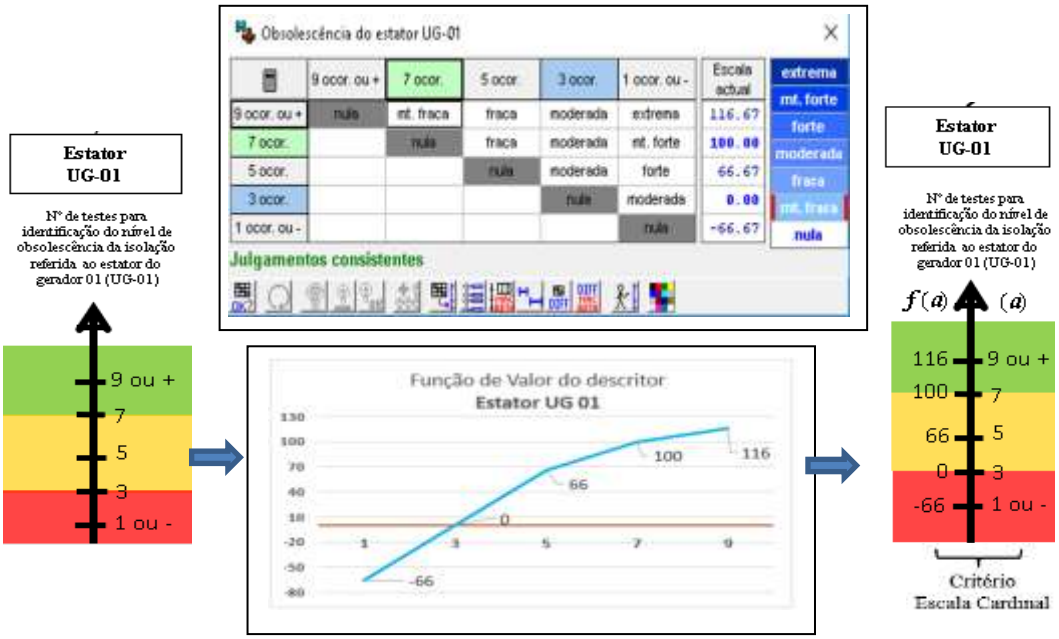
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Matriz juízo de valor para o PVF Geradores‘



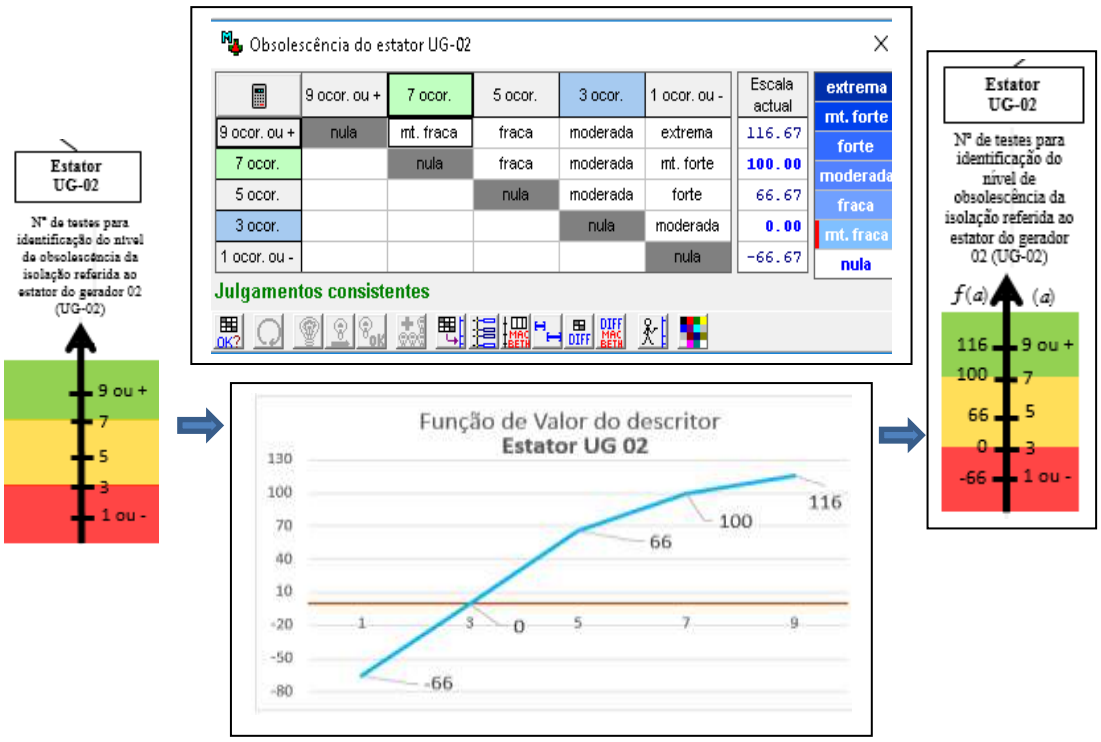
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Obsolescência do Estator UG-01



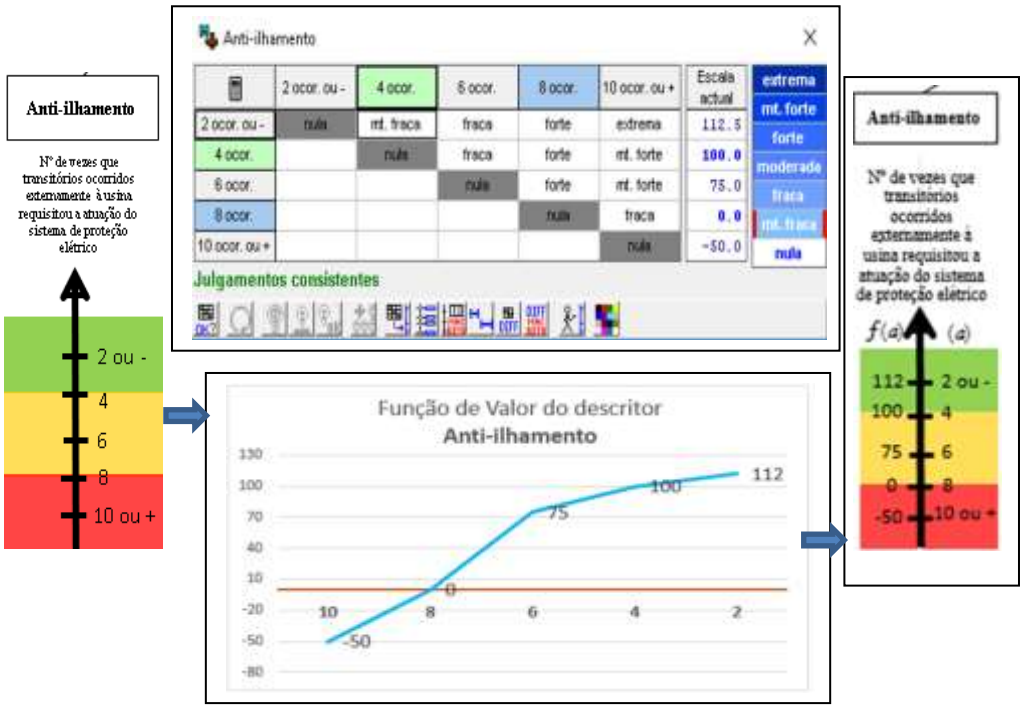
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Obsolescência do Estator UG-02



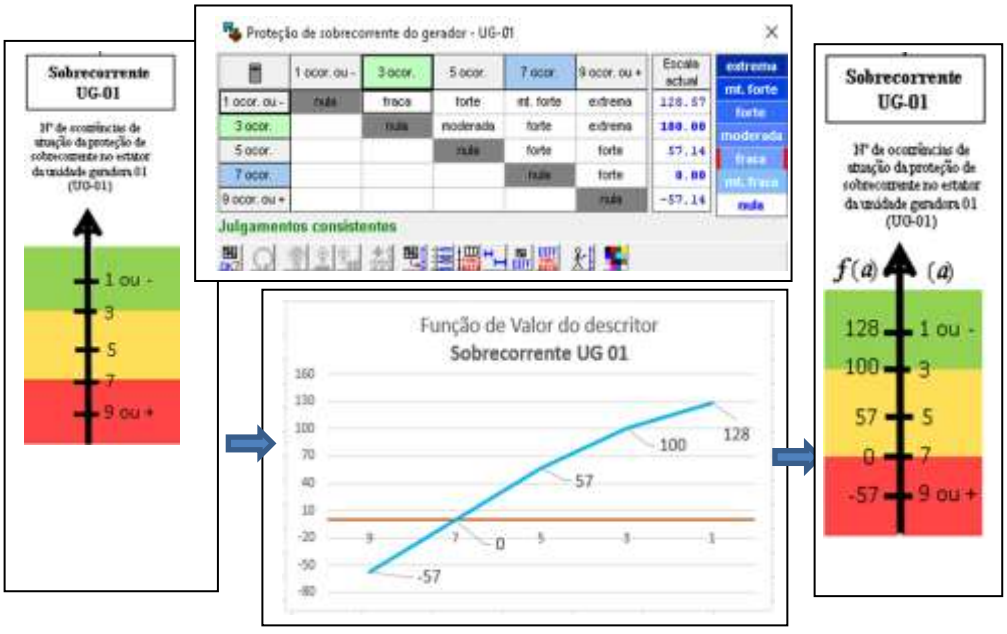
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘conter Obsolescência do Estator UG-01



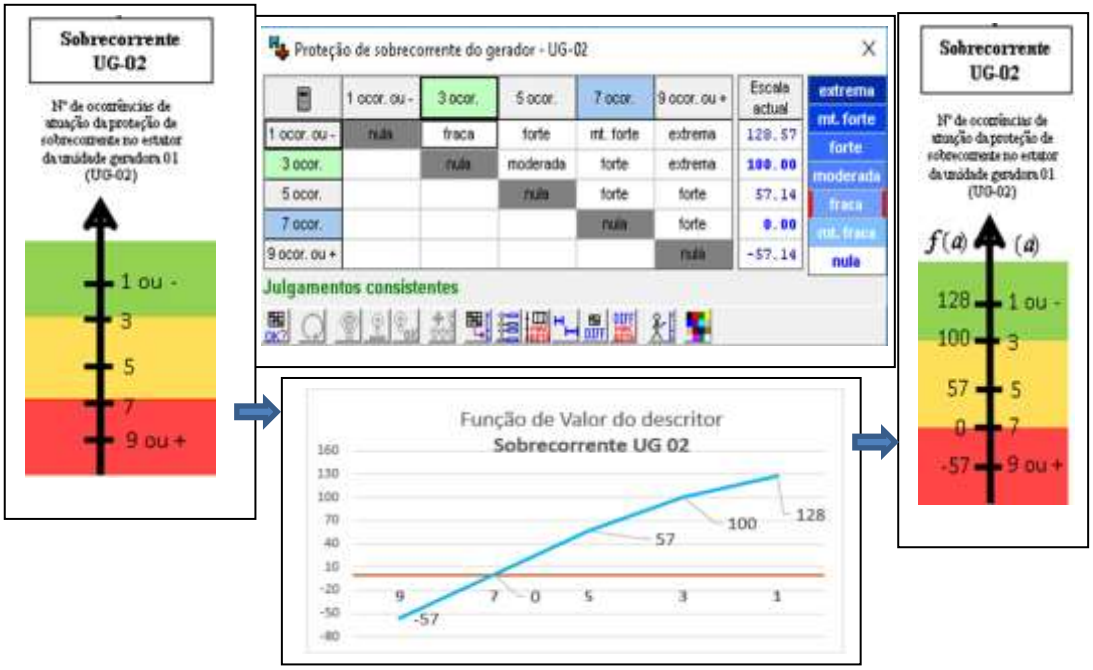
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Proteção UG-01



Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Proteção UG-02



Fonte: Elaboração do autor, 2018

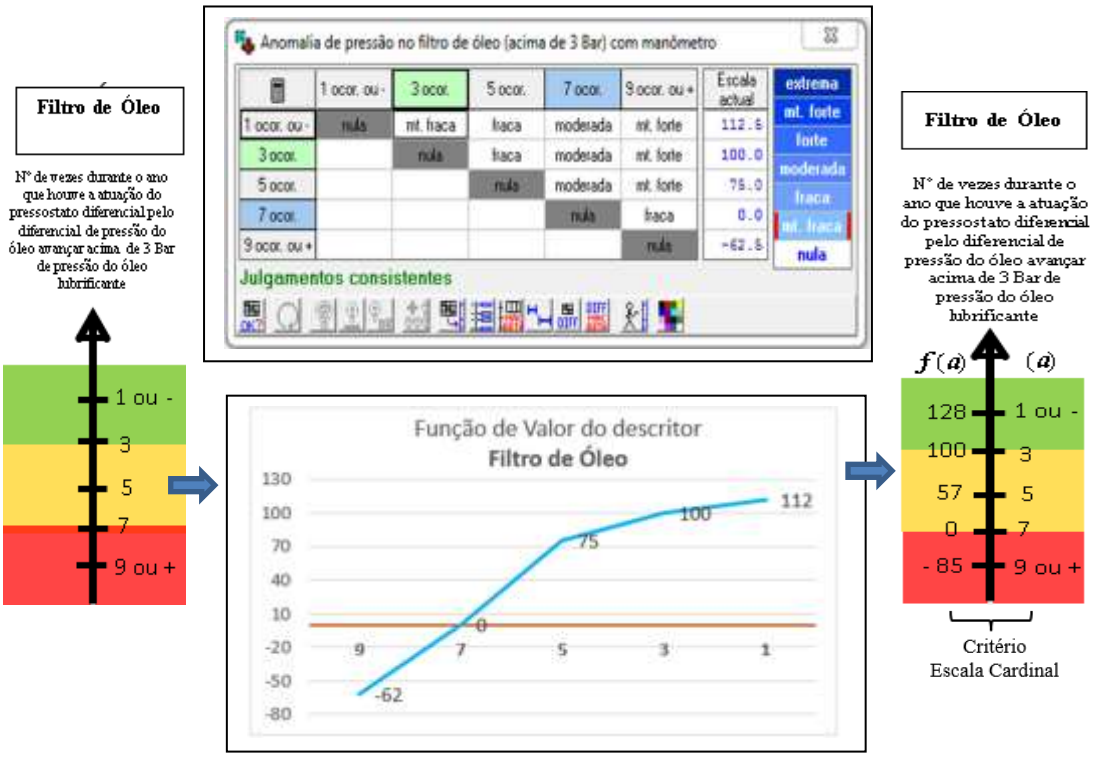
GESTÃO ESTRATÉGICA MECÂNICA

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Contaminalção do Óleo



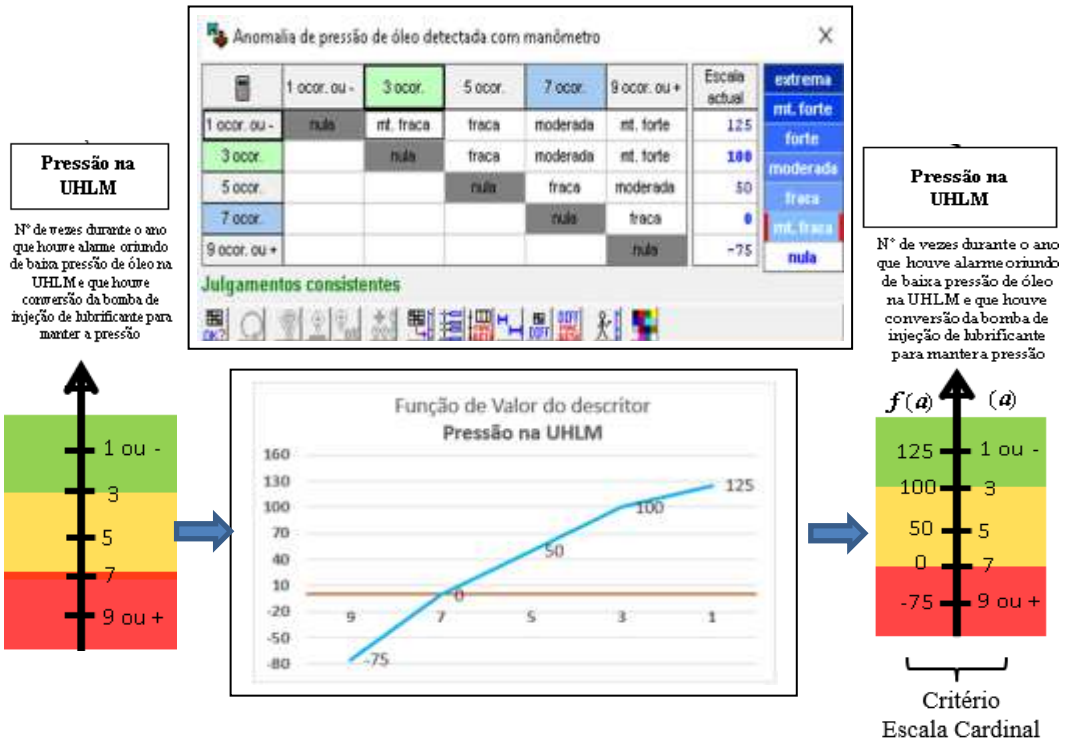
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Filtro do óleo na UG-01



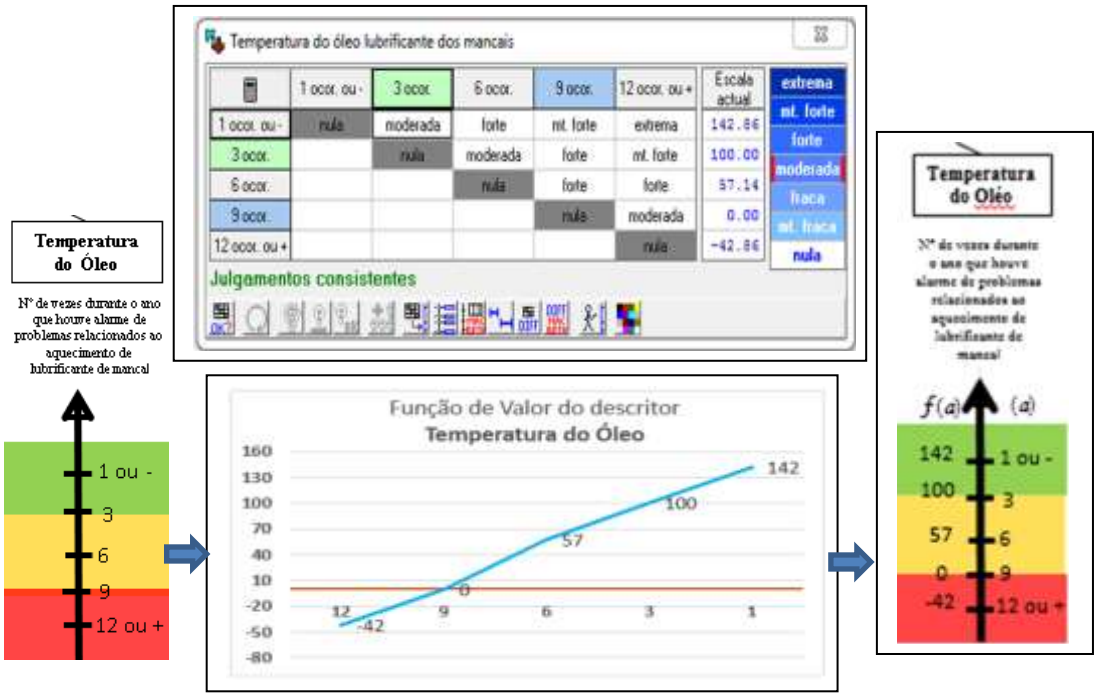
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Proteção UG-01



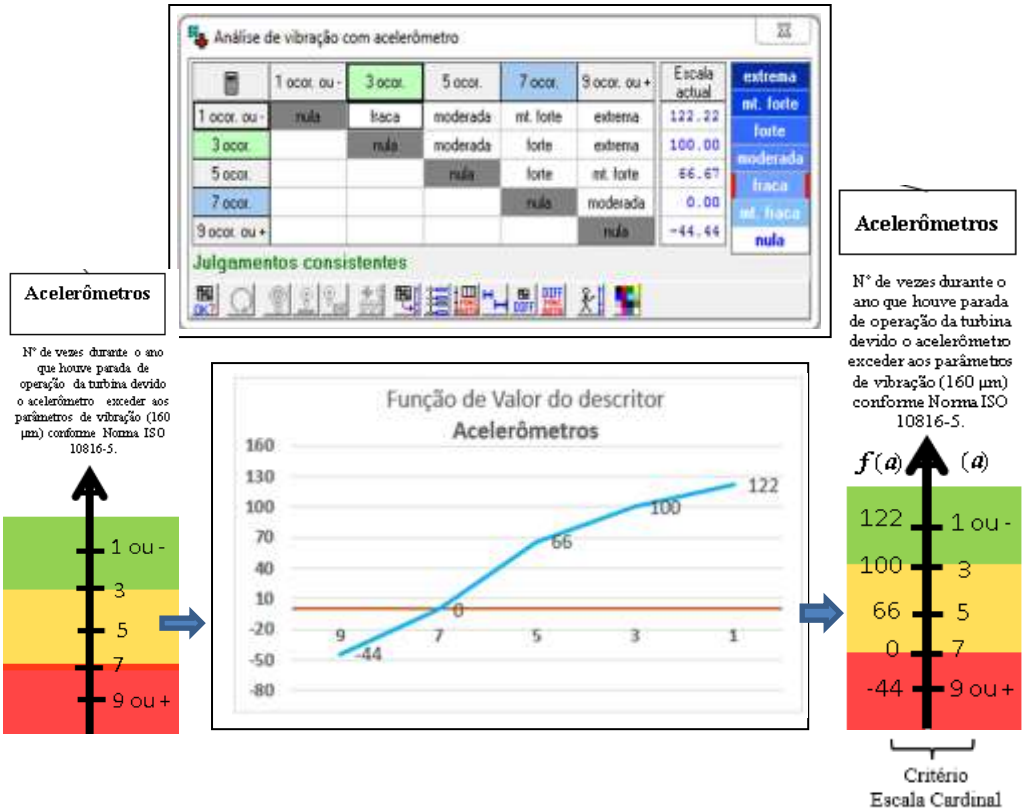
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Temperatura dos óleos lubrificante



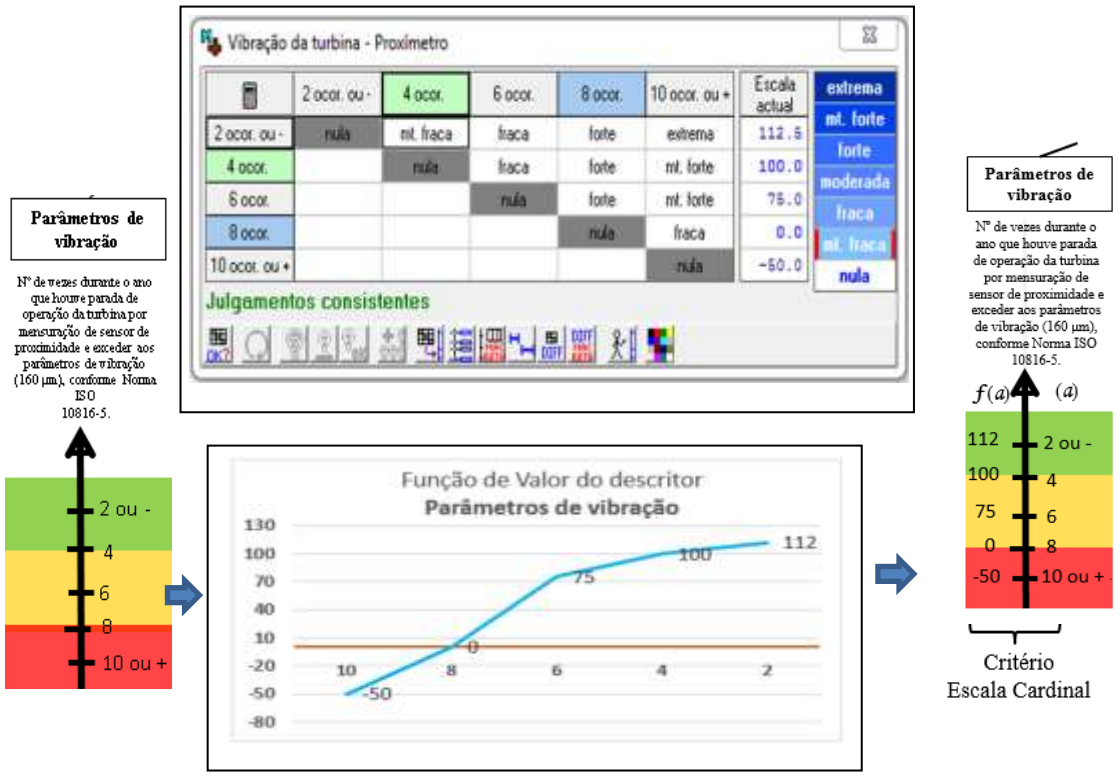
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Parametro de bibração negativa



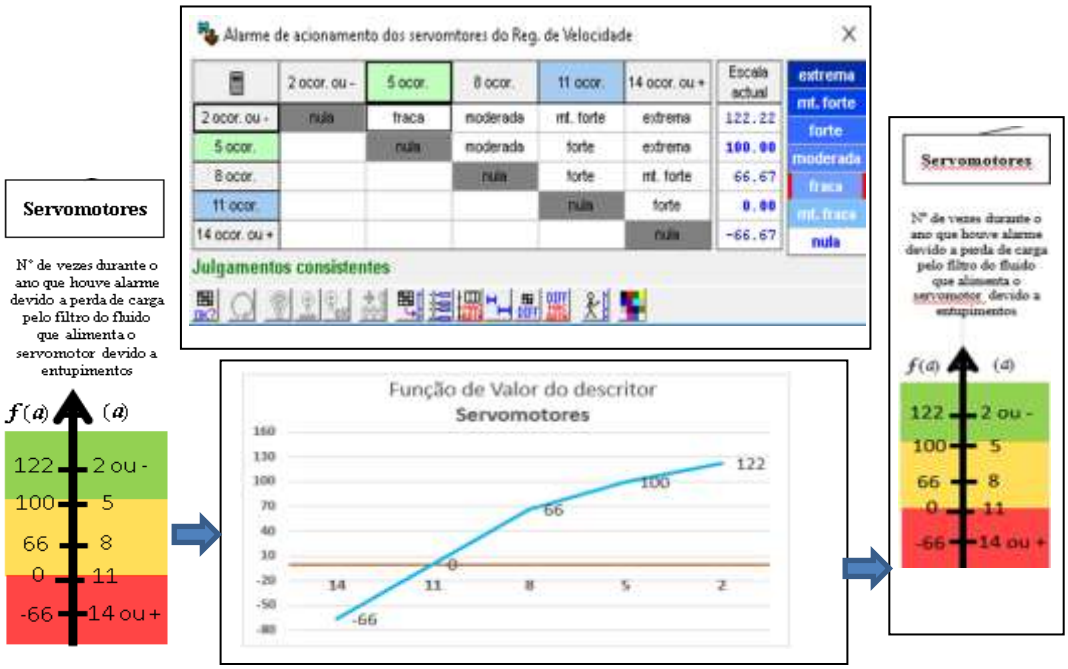
Fonte:
Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Parâmetro de Vibrção Relativa



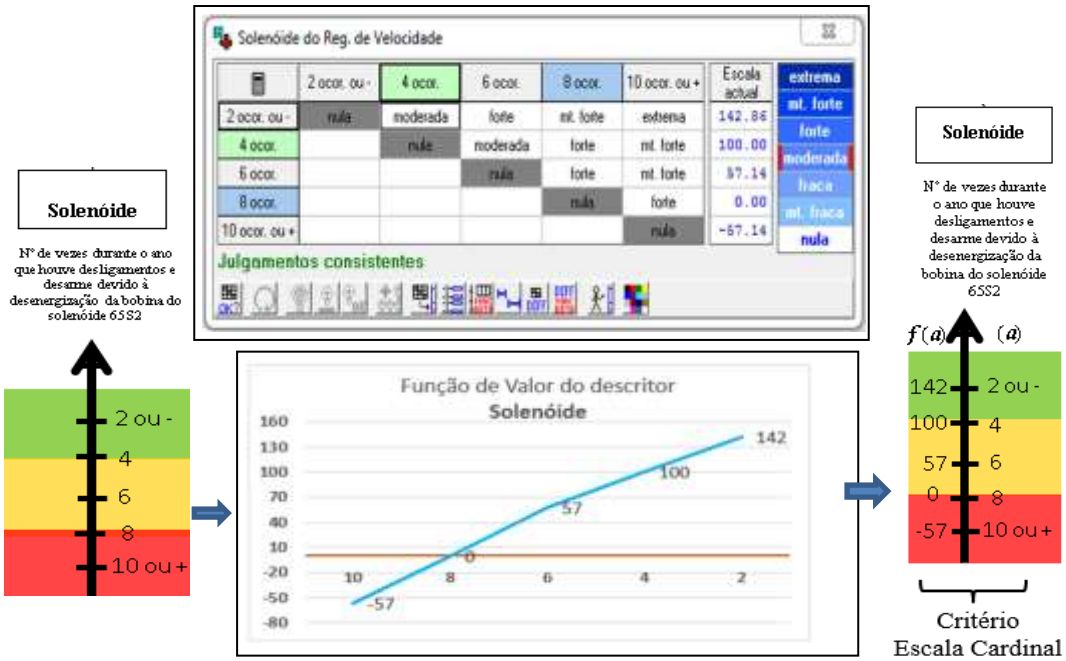
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF Acionamento dos servmotores



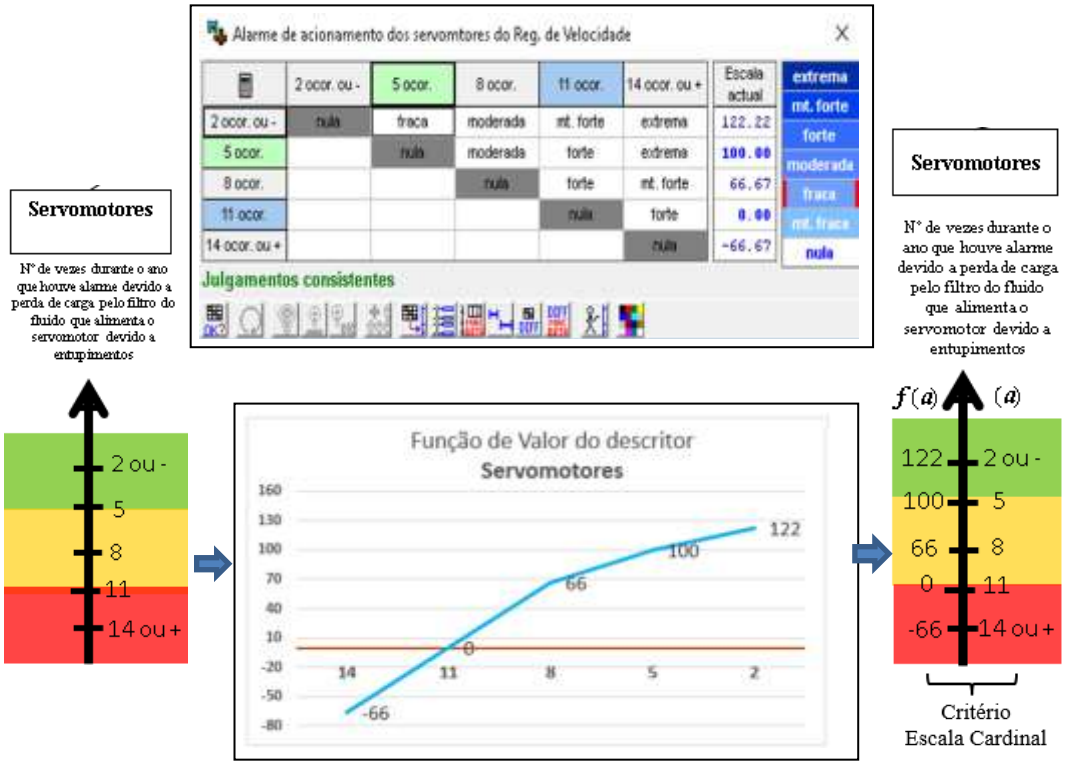
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Solenóide - Regulação de velocidade



Fonte: Elaboração do autor, 2018

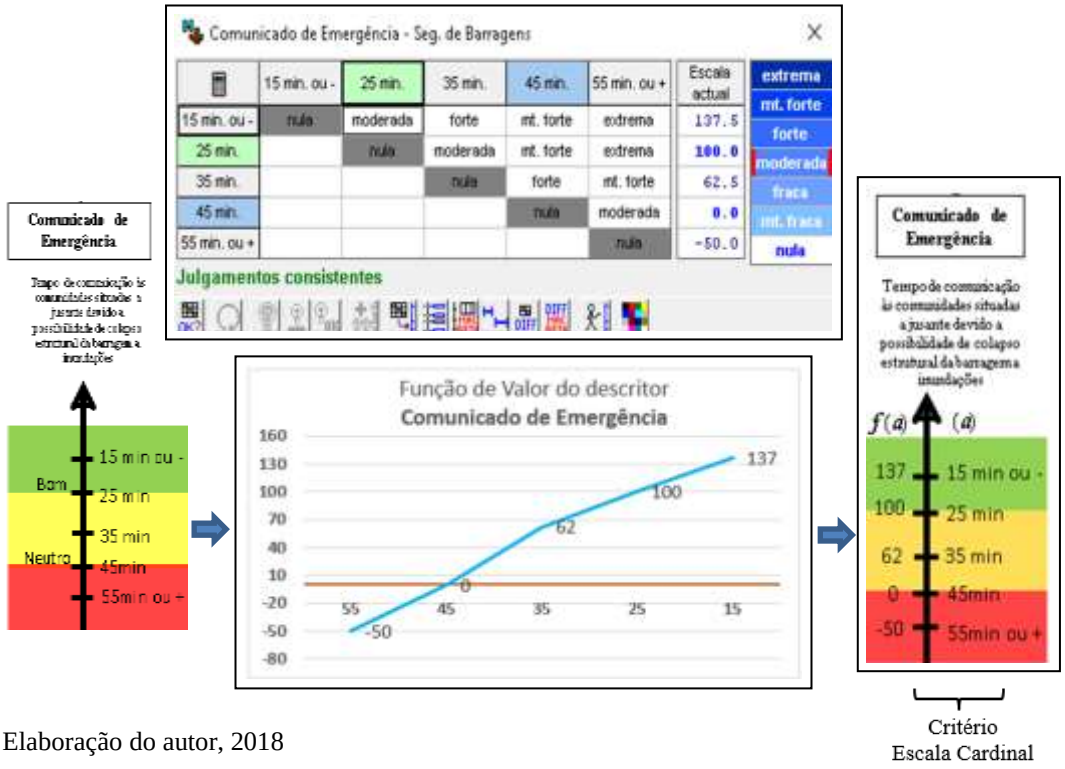
Matriz juízo de valor para o PVF ‘Servomotores



Fonte: Elaboração do autor, 2018

GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL

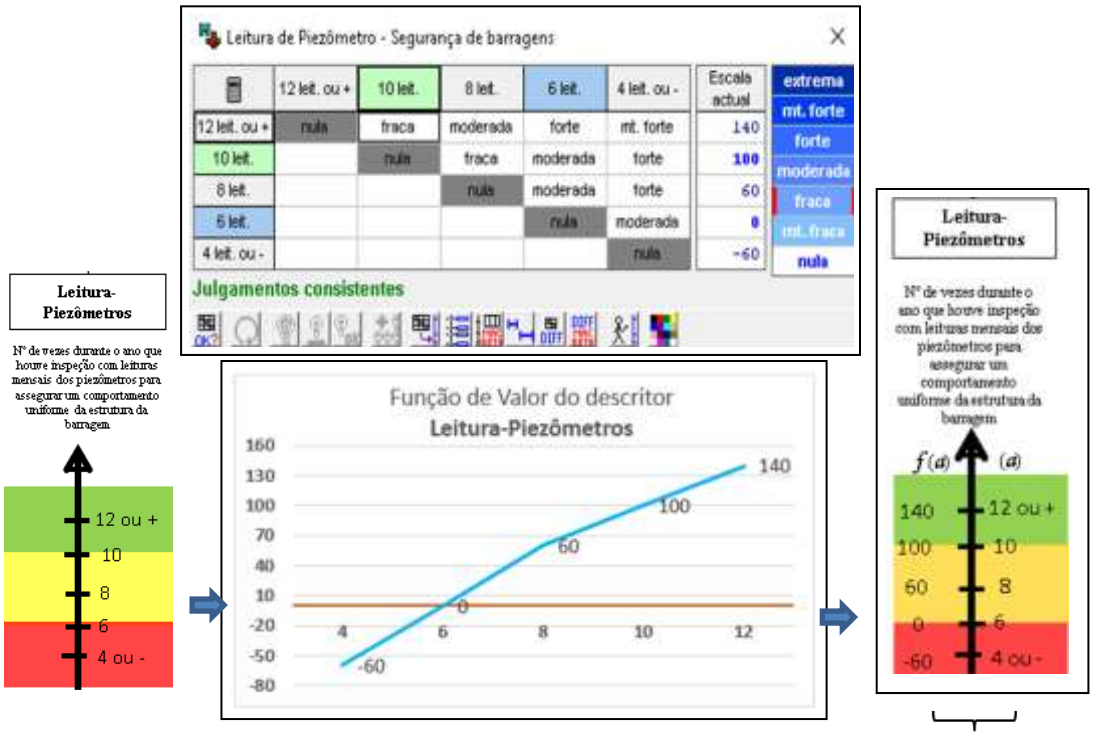
Matriz juízo de valor para o PVF ‘Comunicado de Emergência’



Fonte: Elaboração do autor, 2018

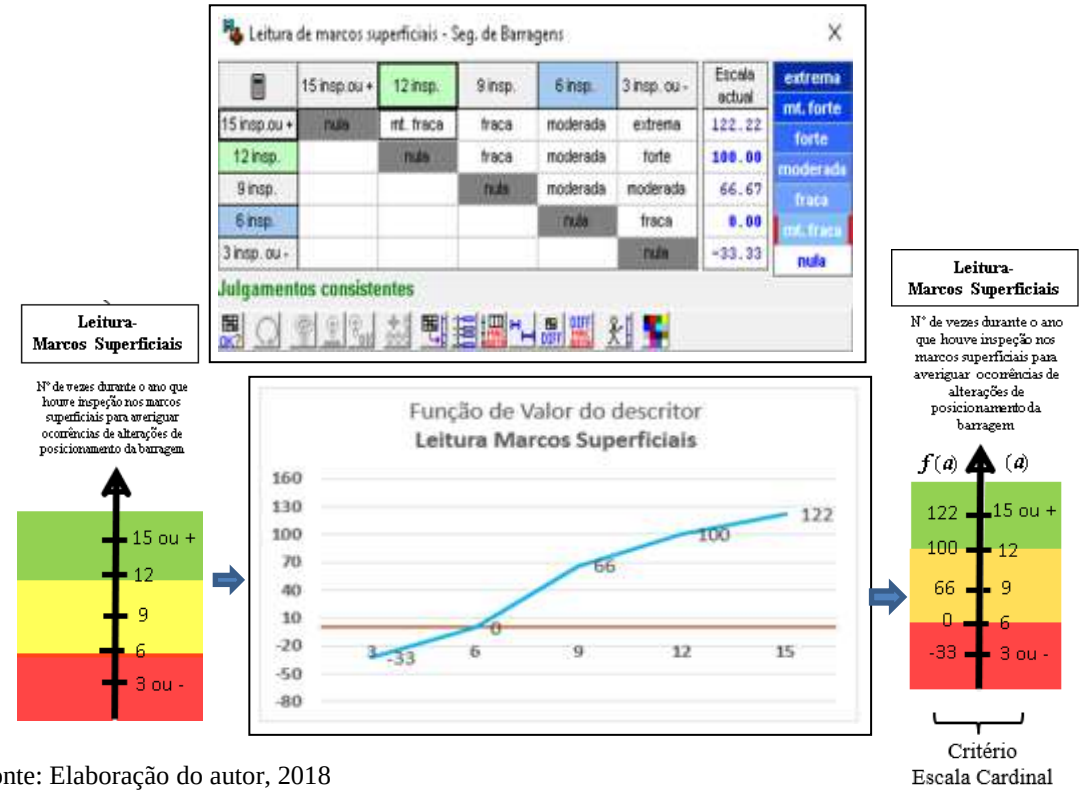
Critério
Escala Cardinal

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Leitura de Marcos superficiais



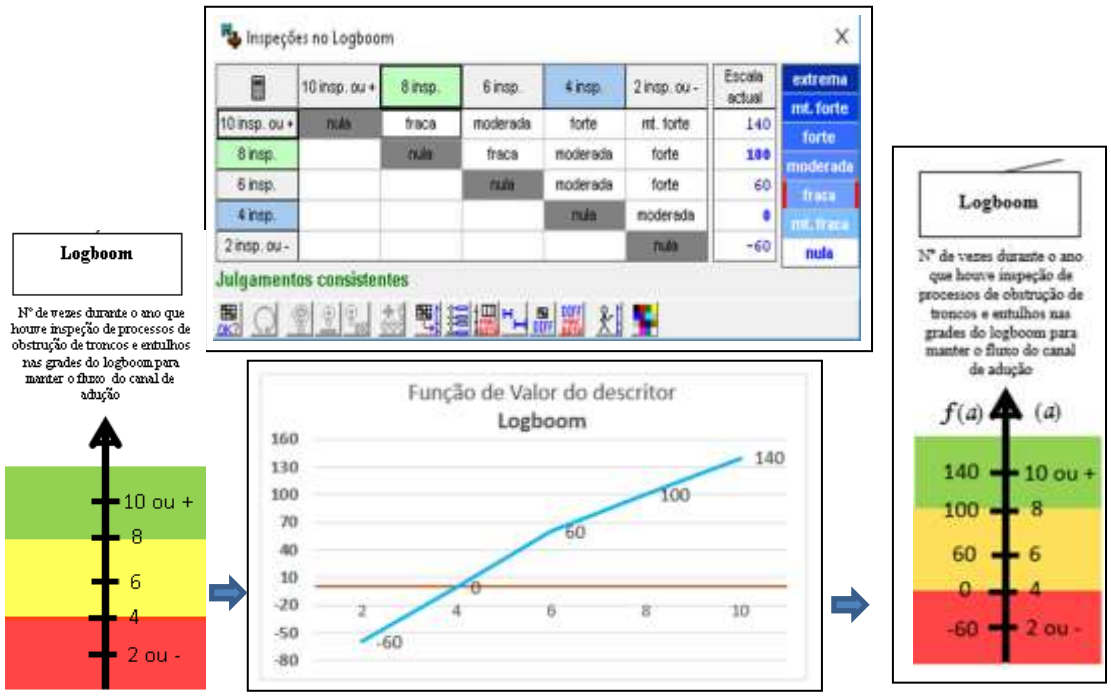
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Critério
Escala Cardinal

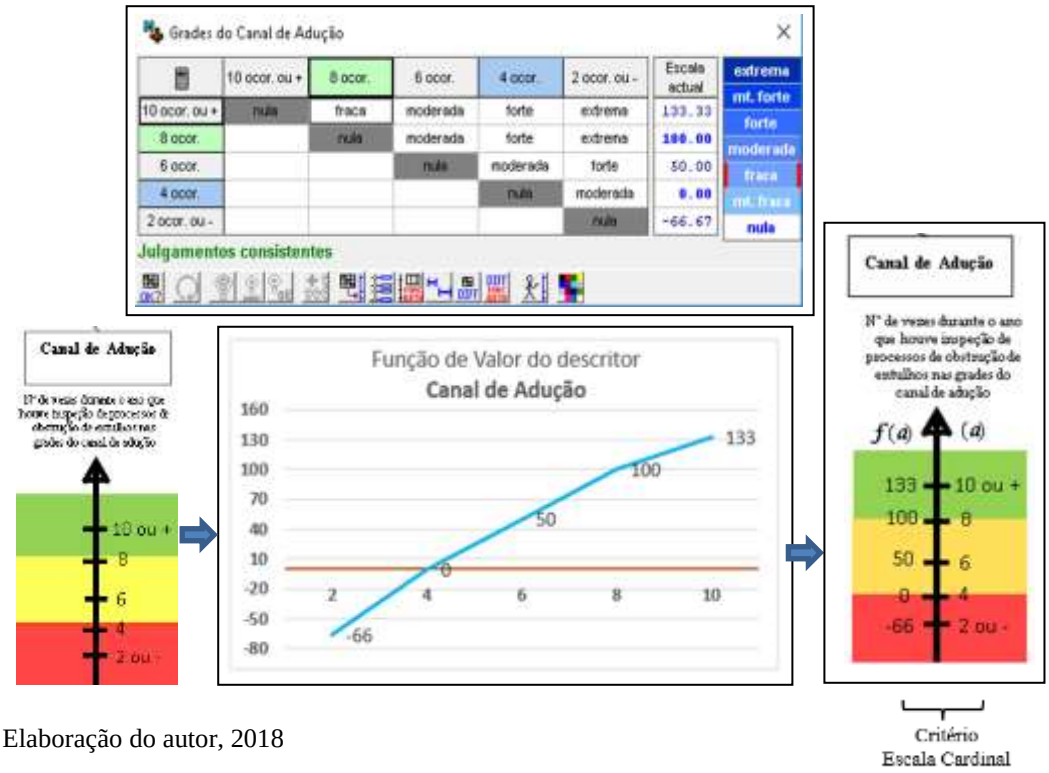


Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Logboom UG-01

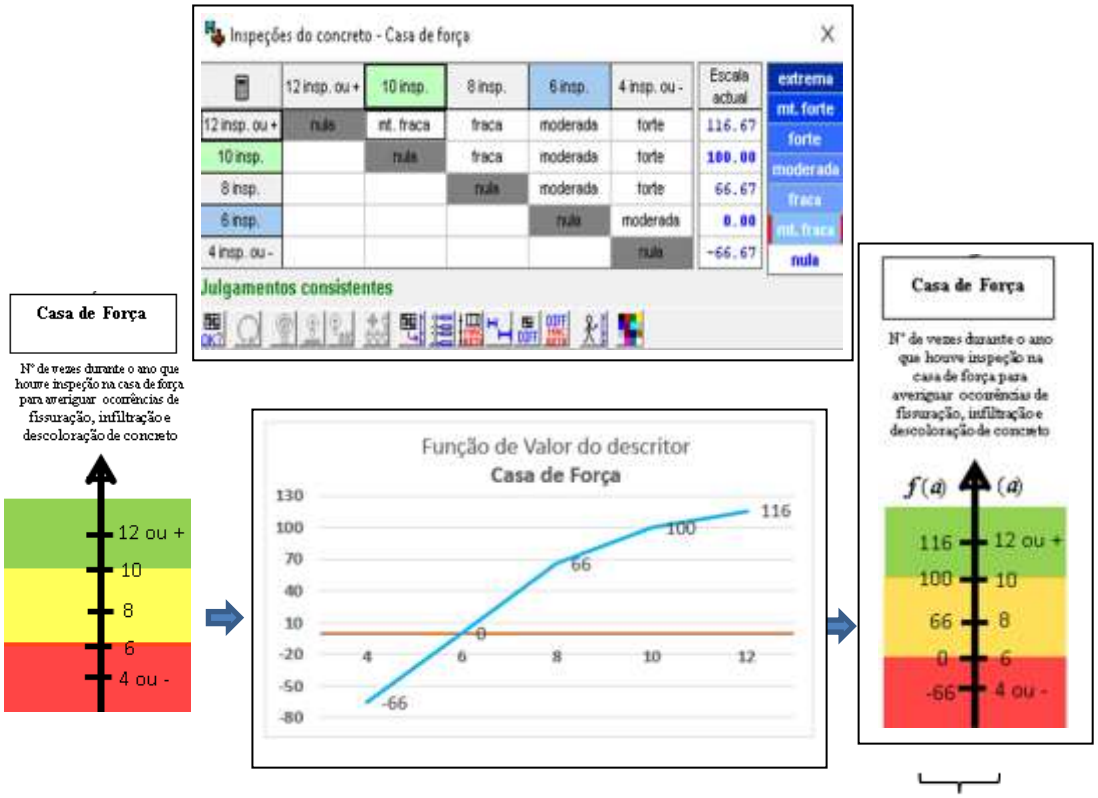


Fonte: Elaboração do autor, 2018



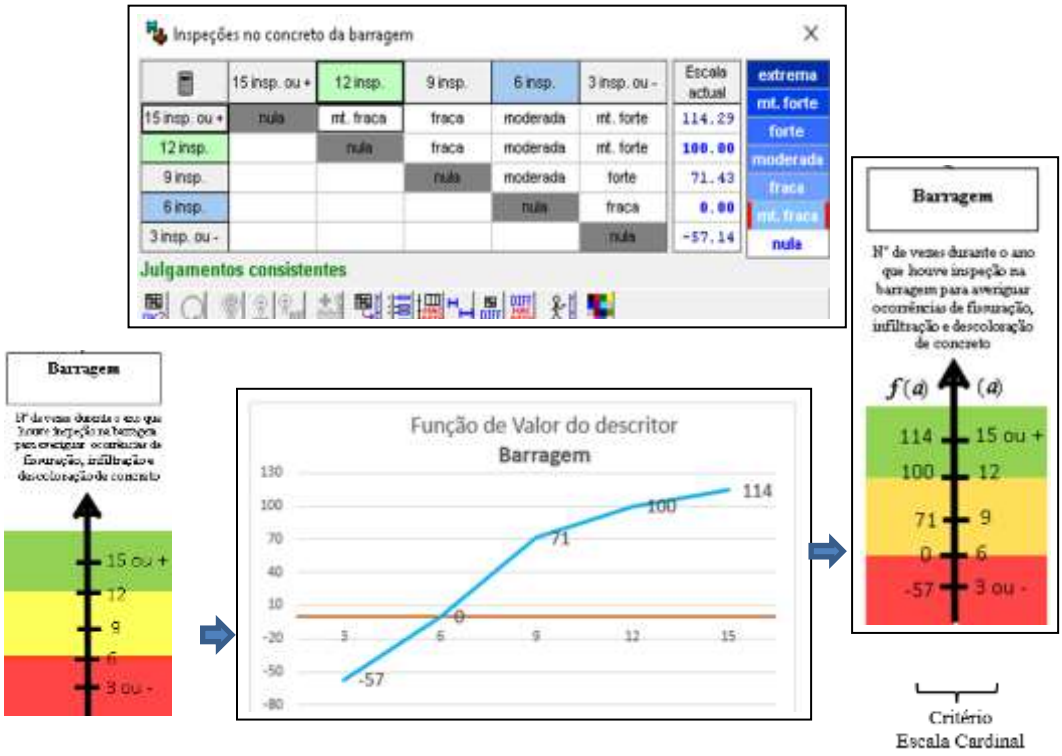
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Critério
Escala Cardinal



Fonte: Elaboração do autor, 2018

Critério
Escala Cardinal



Fonte: Elaboração do autor, 2018

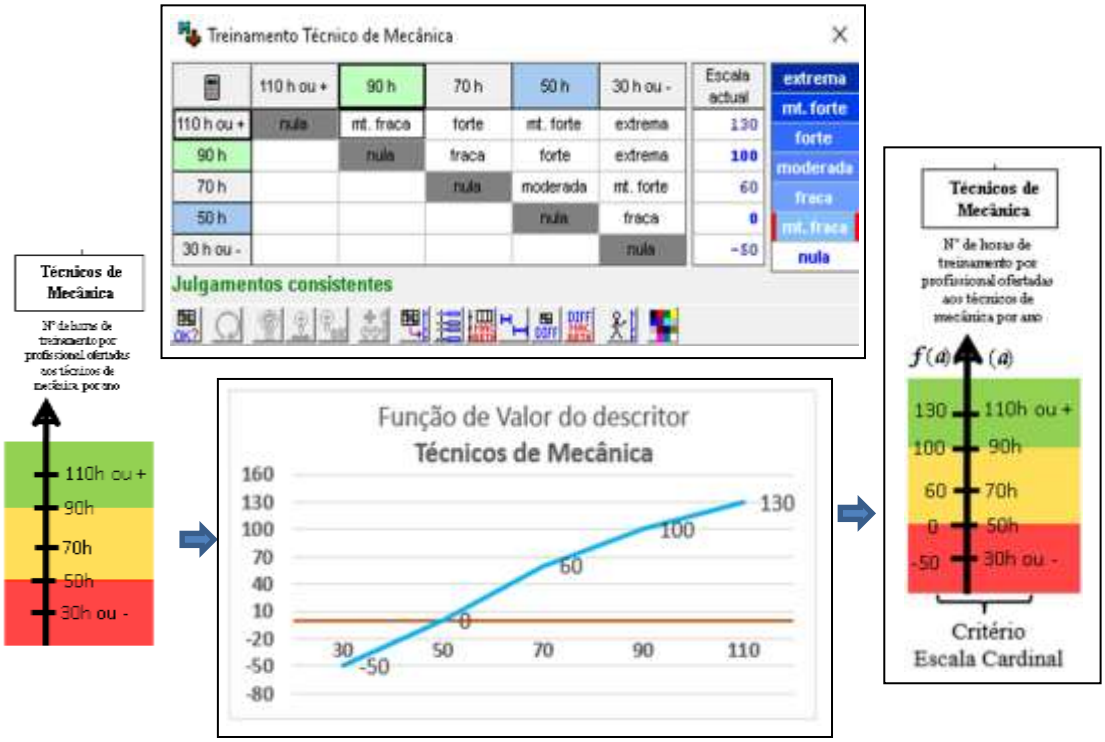
GESTÃO DE RH

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Treinamento técnivo em eletrotécnica



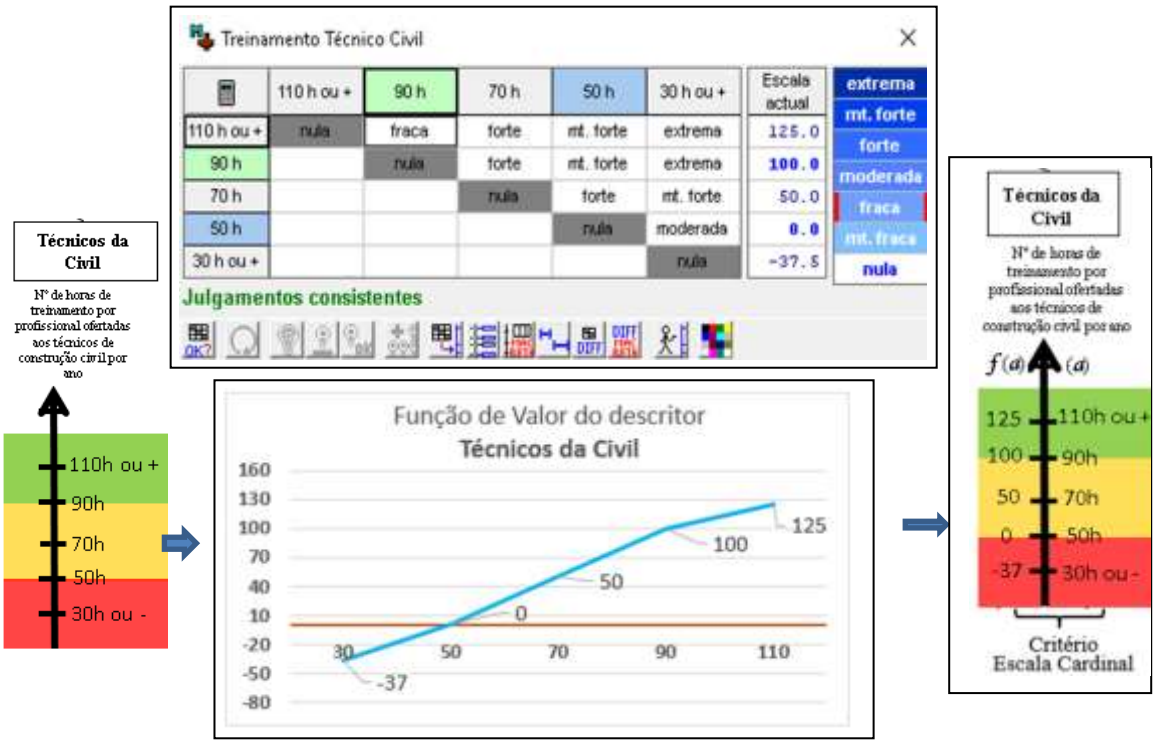
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Técnicos de mecânica



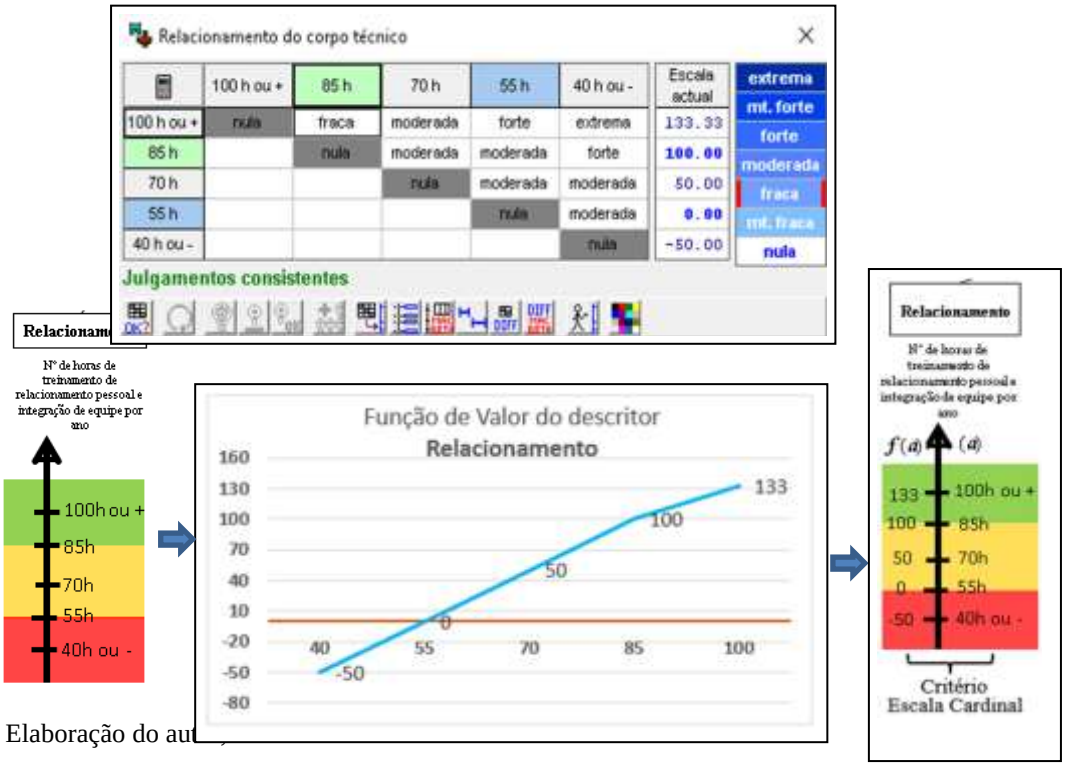
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Técnico da Civil



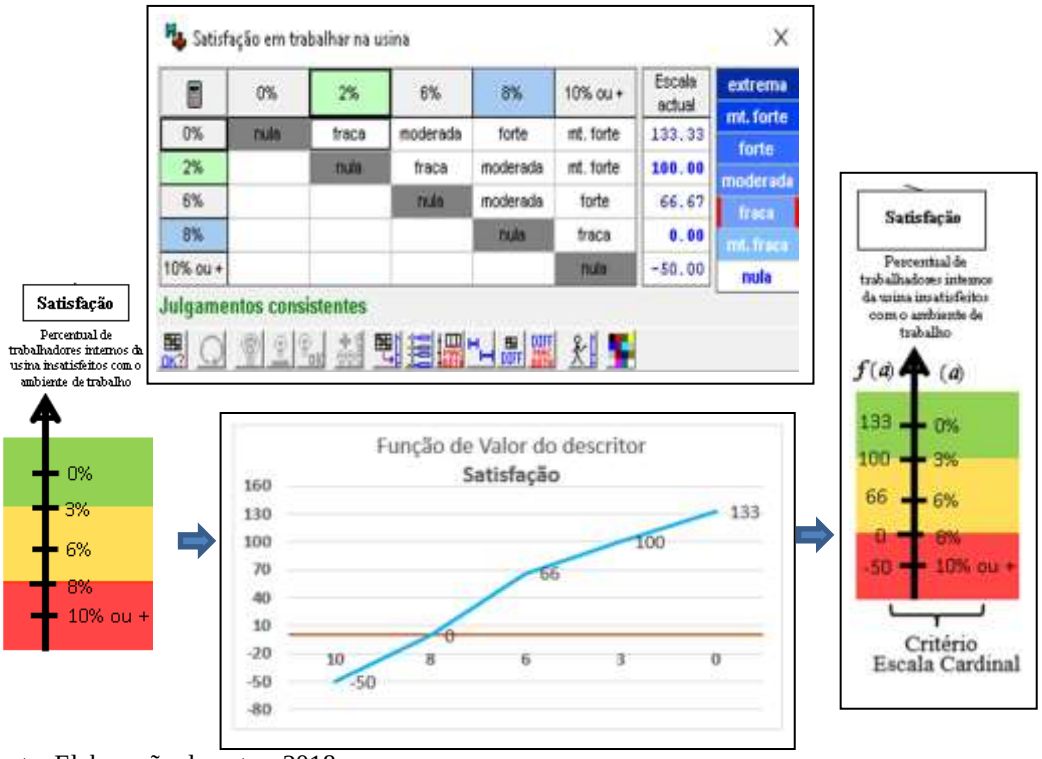
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Relacionamento



Fonte: Elaboração do au

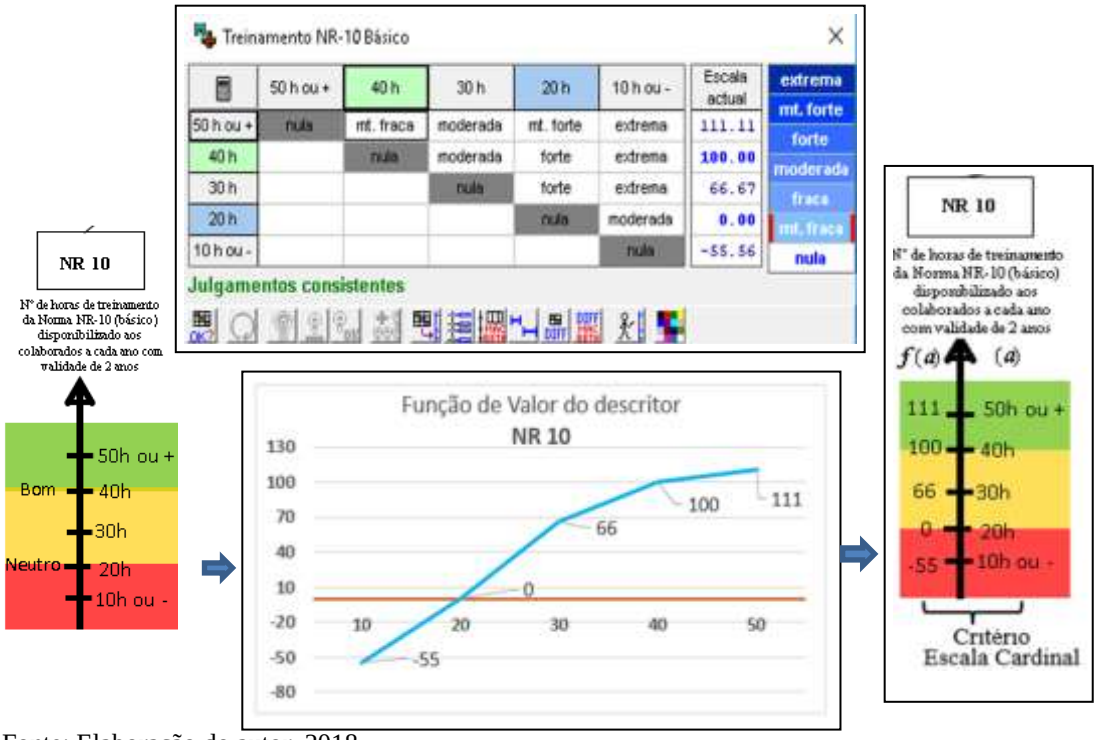
Matriz juízo de valor para o PVF ‘Satisfação



Fonte: Elaboração do autor, 2018

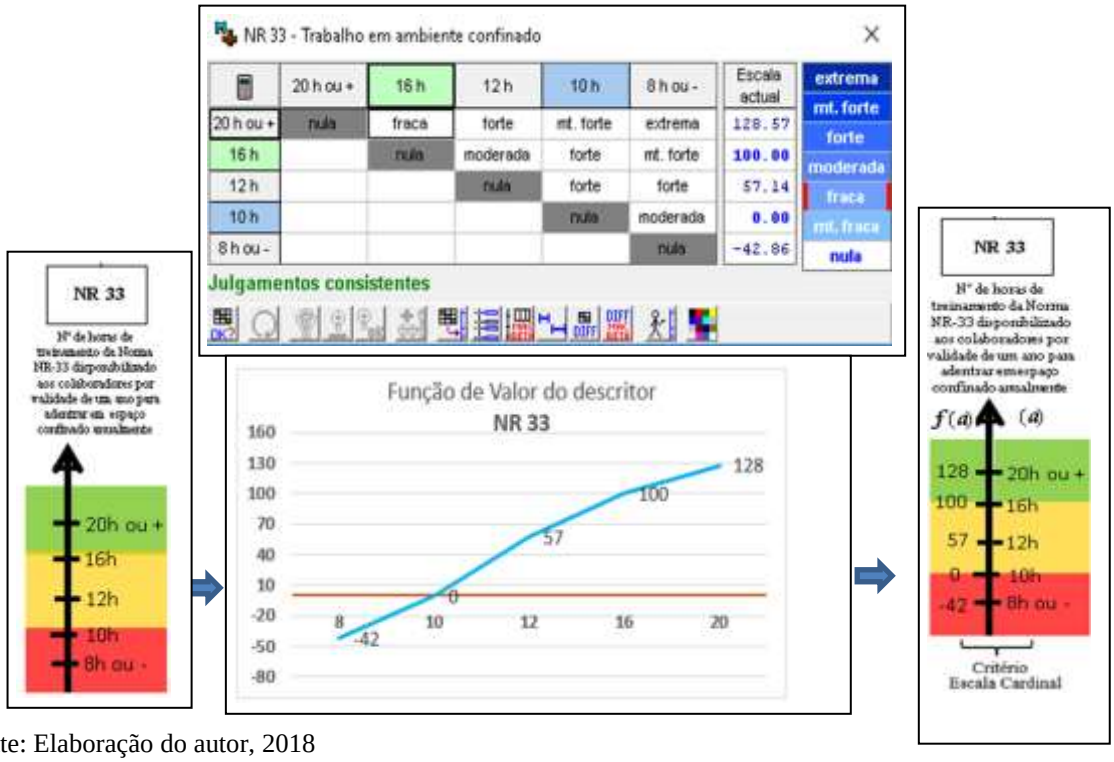
ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO

Matriz juízo de valor para o PVF ‘ NR10



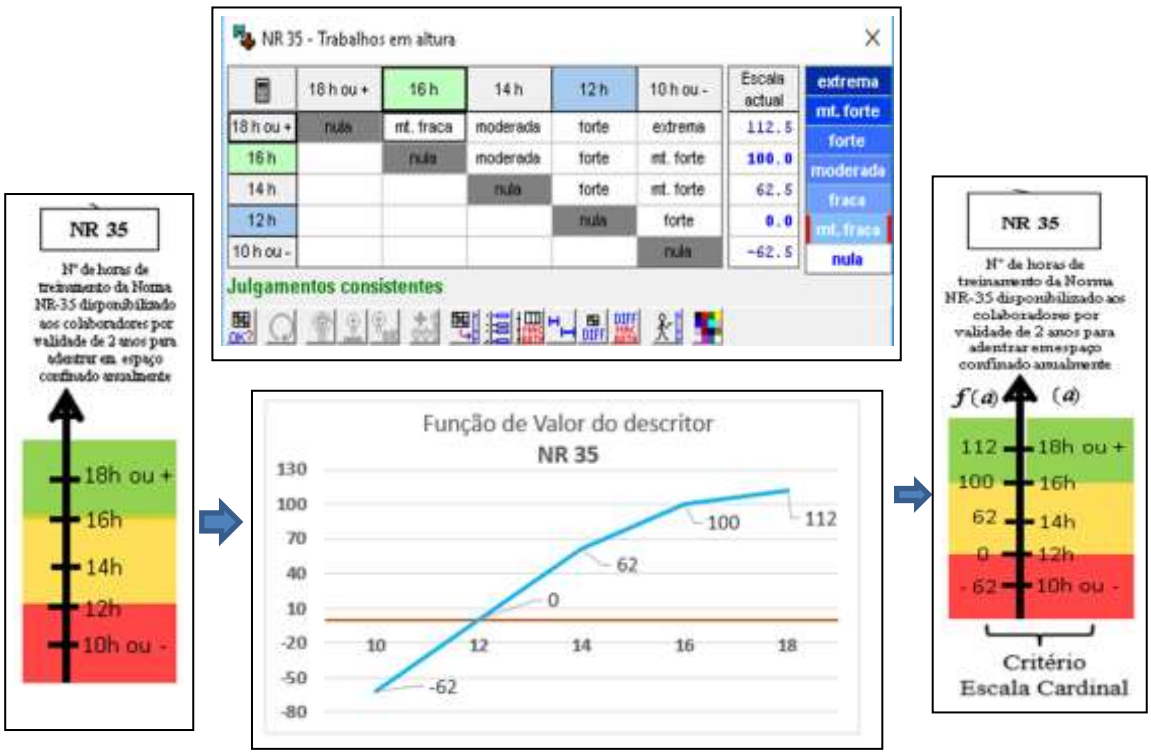
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘NR-33



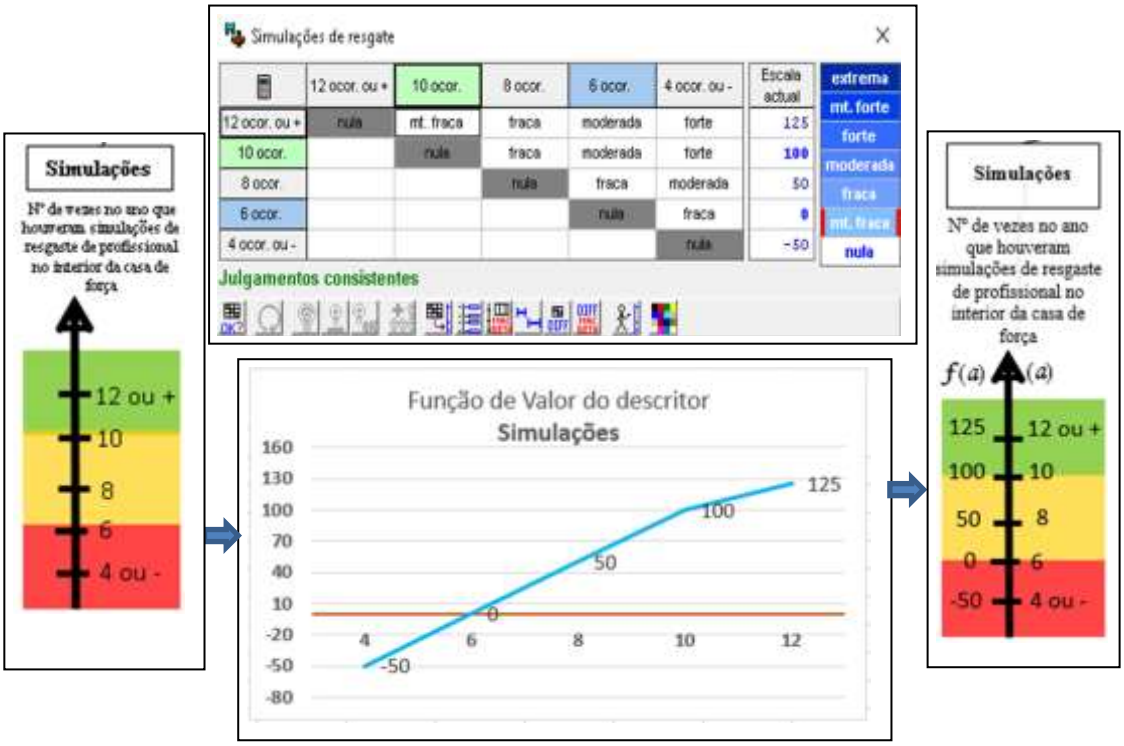
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘NR35’



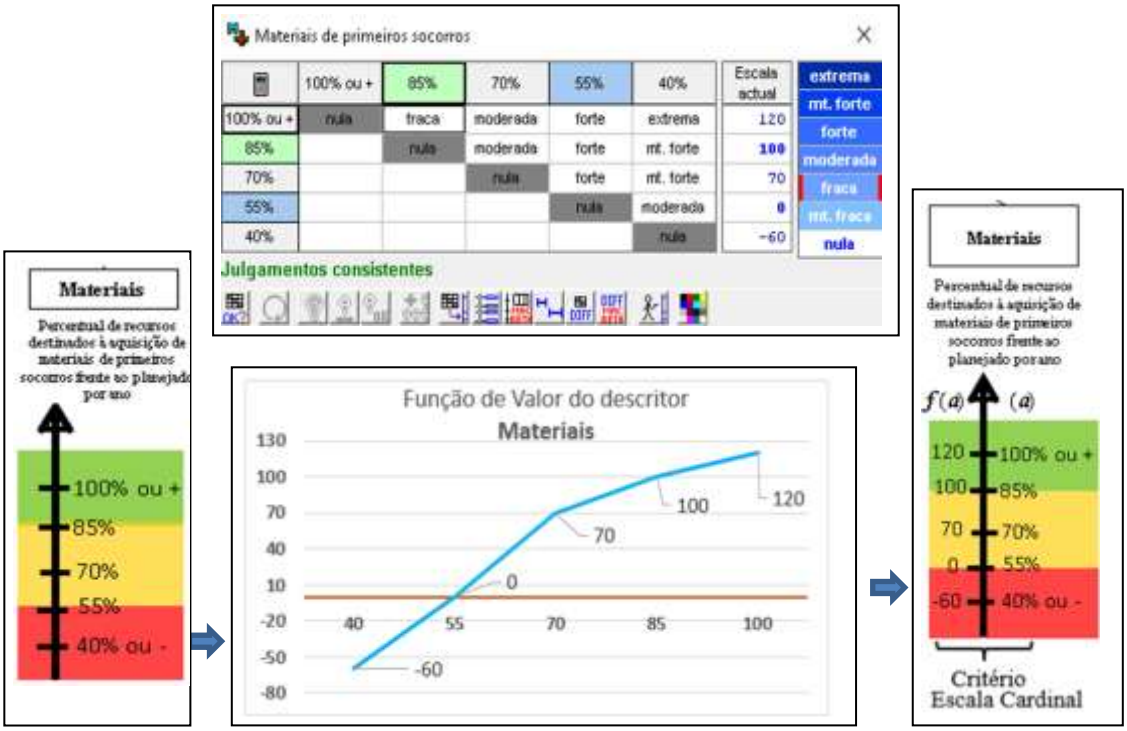
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘resgate’



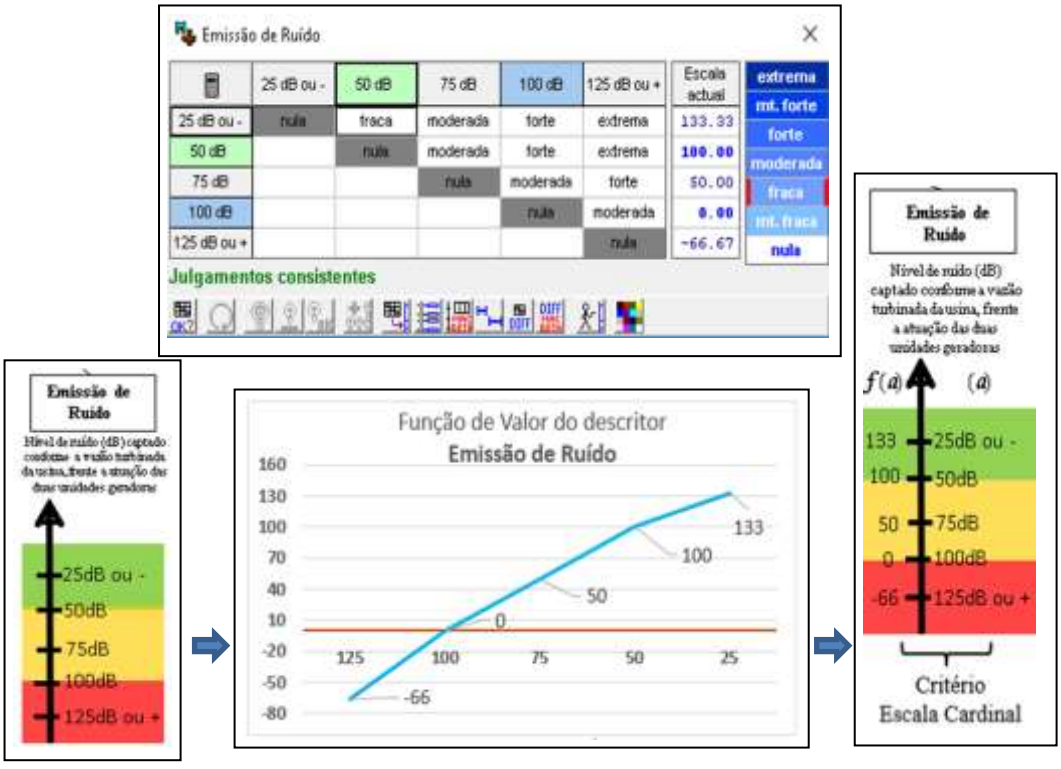
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Simulações



Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Emissão de ruído



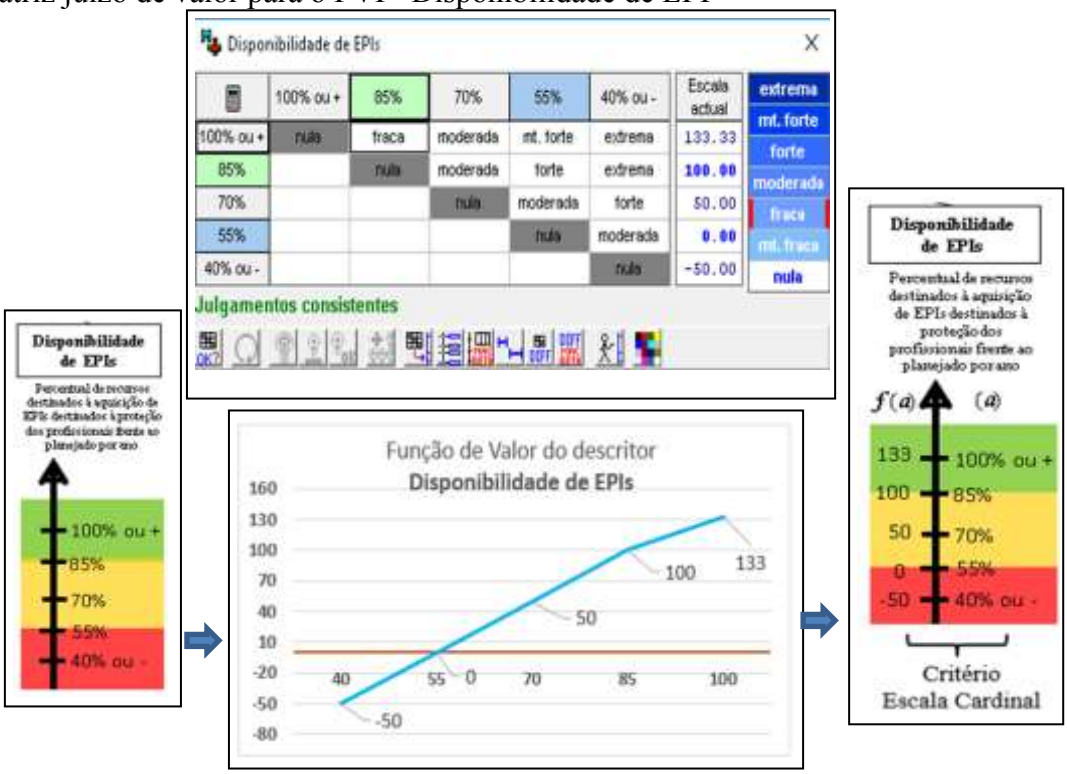
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Usp de EPIs



Fonte: Elaboração do autor, 2018

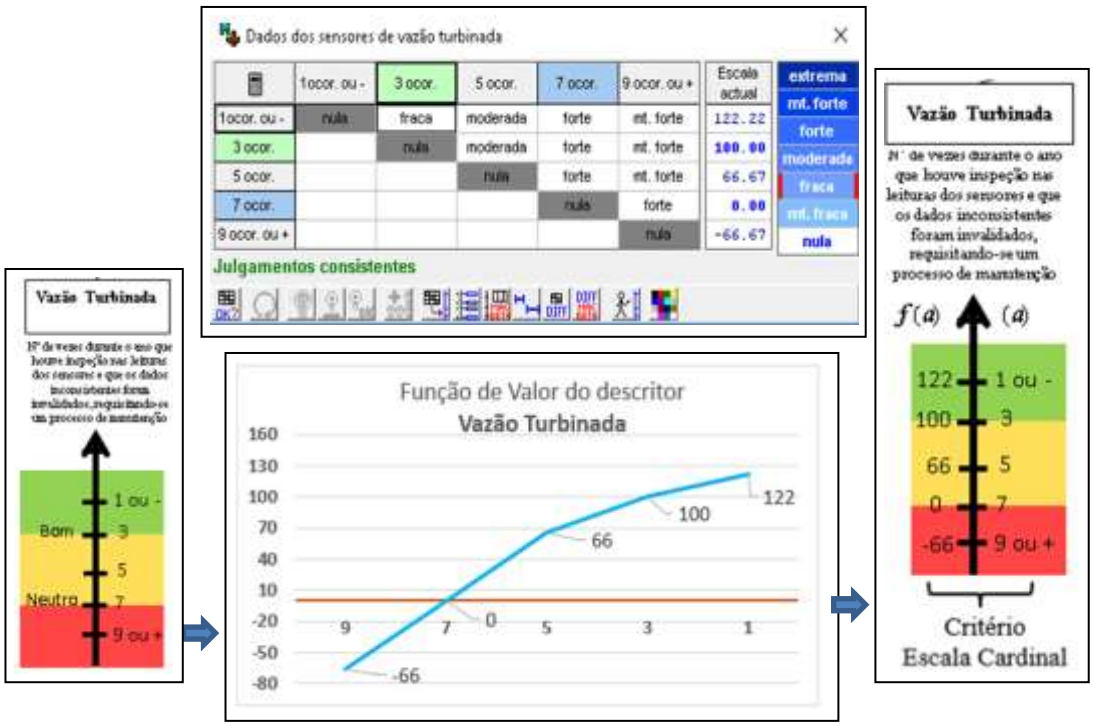
Matriz juízo de valor para o PVF ‘Disponibilidade de EPI



Fonte: Elaboração do autor, 2018

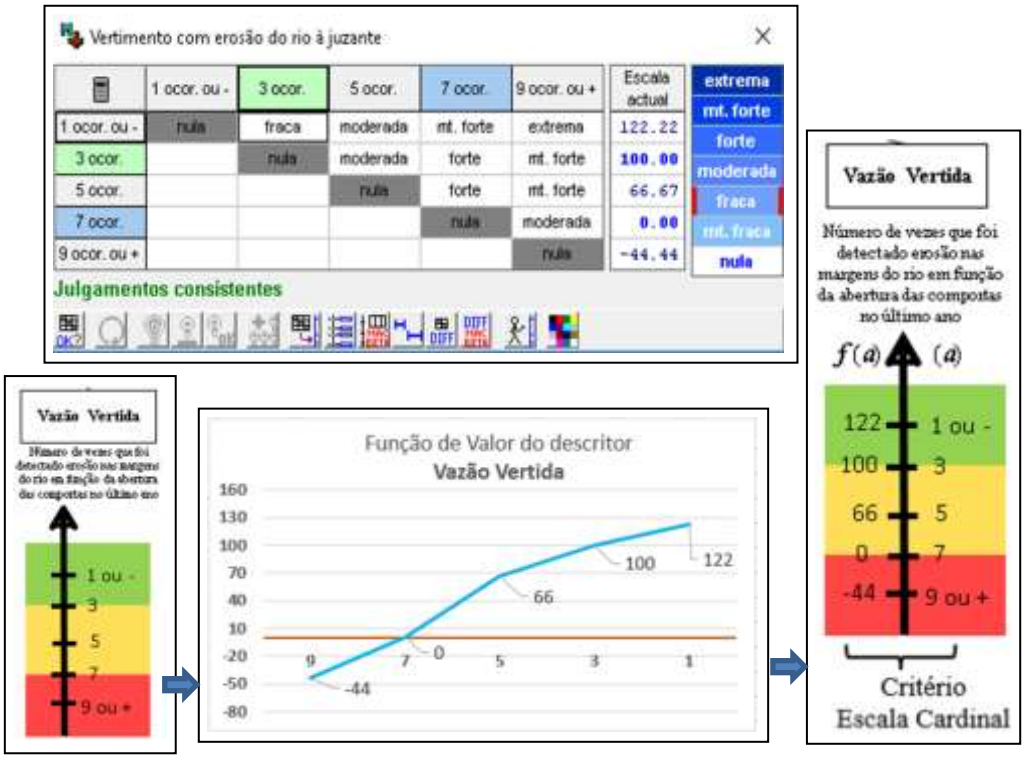
GESTÃO AMBIENTAL

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Vazão Turbinda



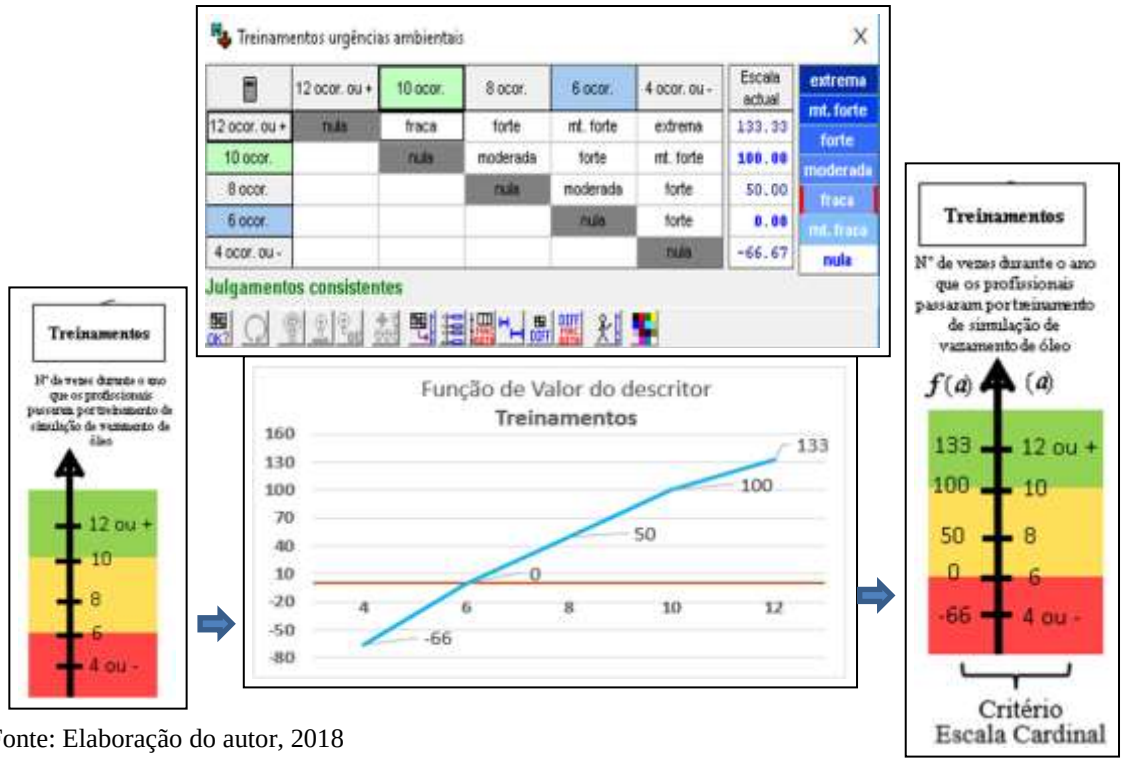
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Vazão TurbinadaTécnico da Civil



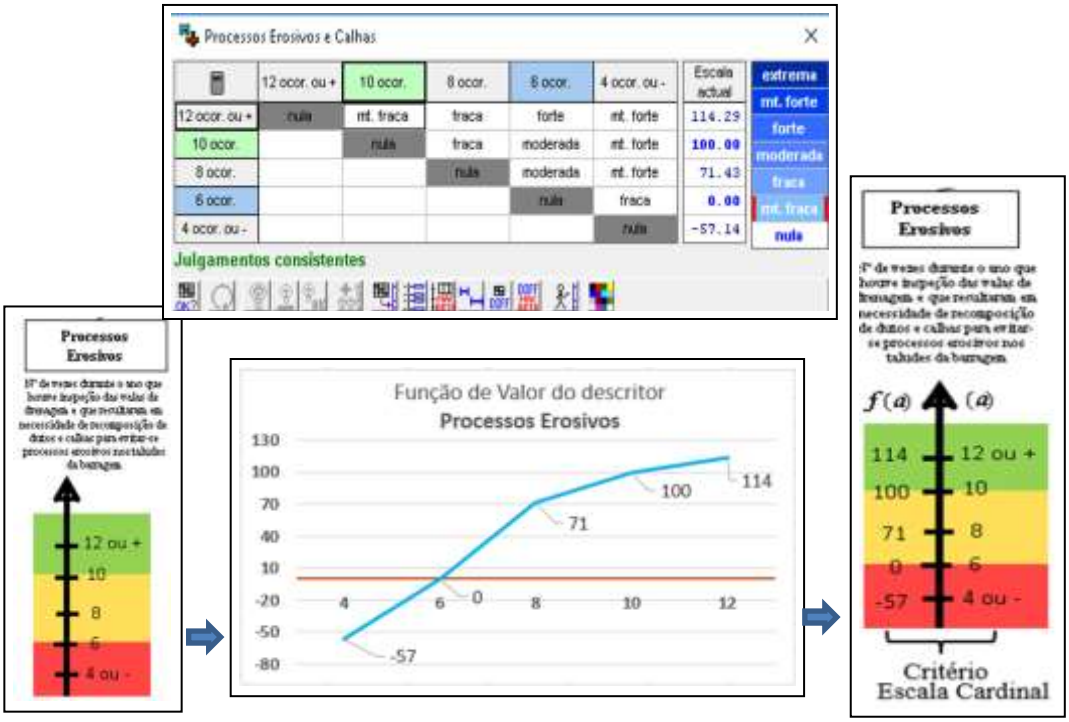
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Treinamentos



Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Processos Erosivos



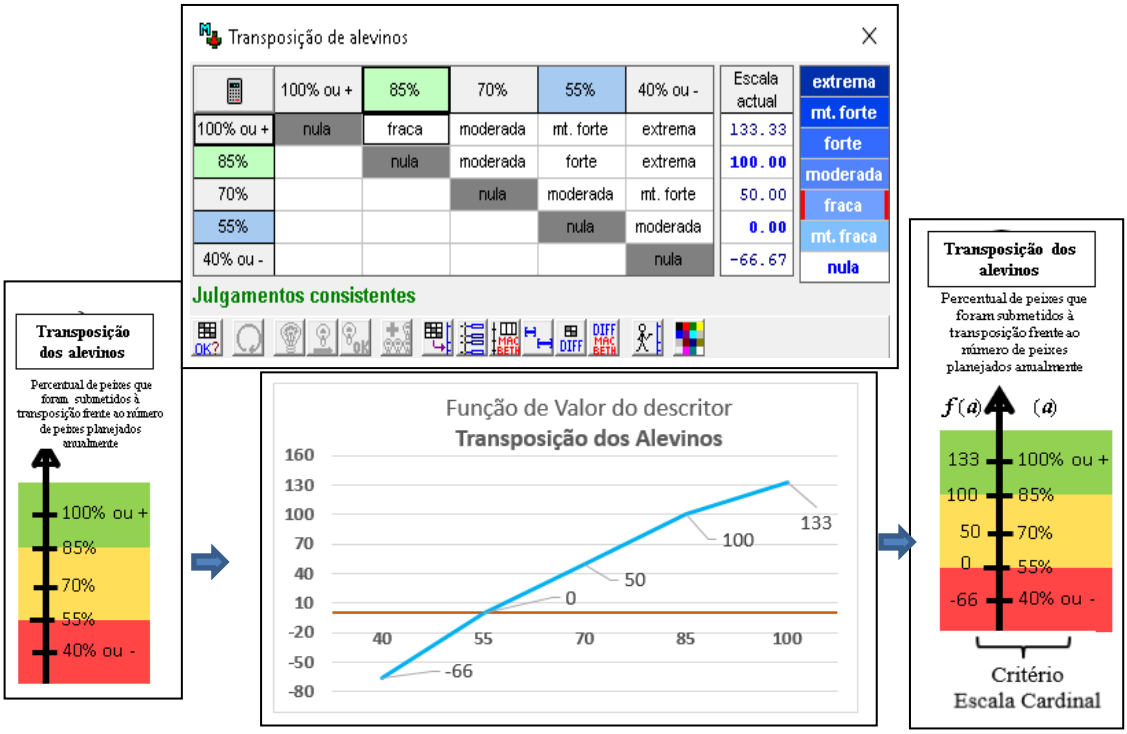
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Caixa separadora



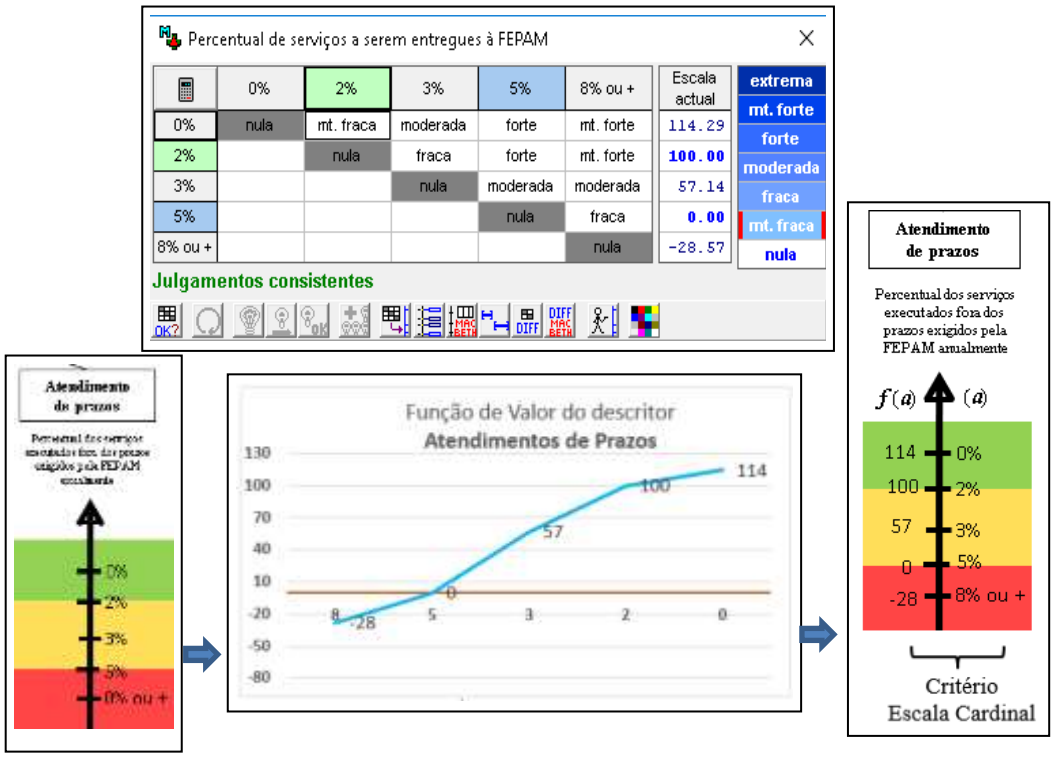
Fonte: Elaboração do autor, 2018

Matriz juízo de valor para o PVF ‘Transposição de alevinos



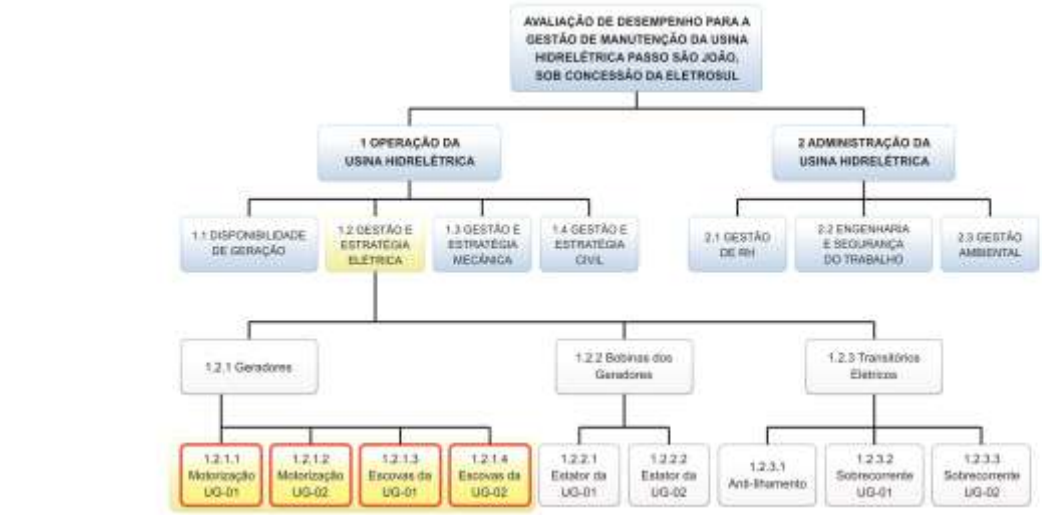
Fonte: Elaboração do autor, 2018

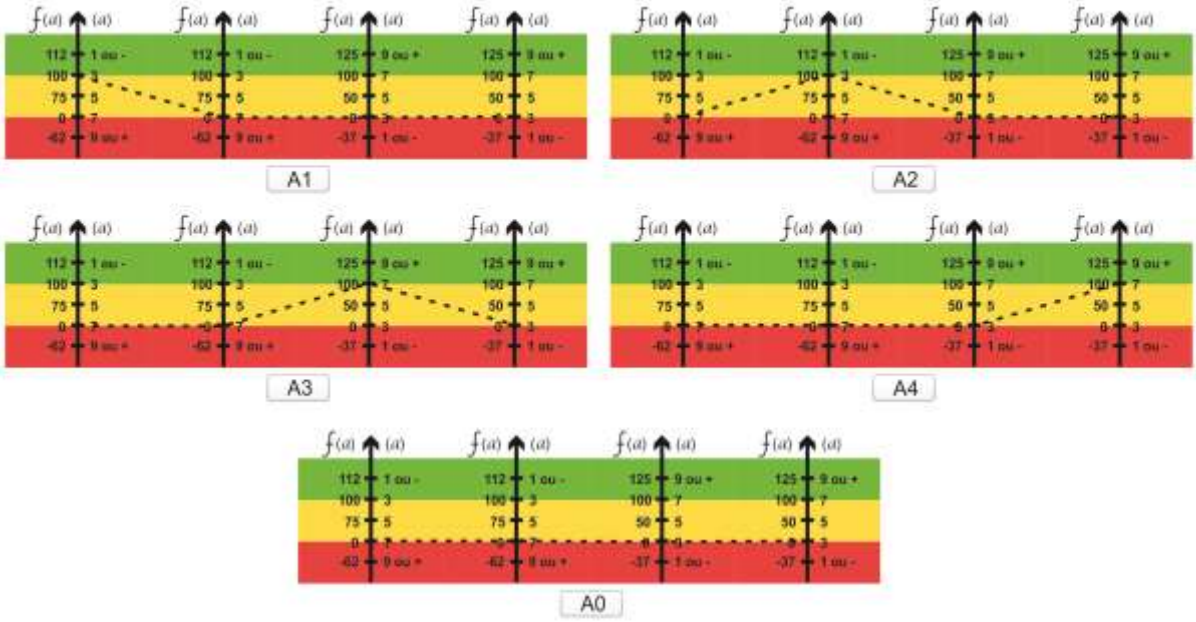
Matriz juízo de valor para o PVF ‘Técnico da Civil



Fonte: Elaboração do autor, 2018

APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA)



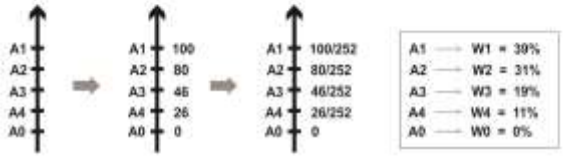


MATRIZ DE ROBERTS

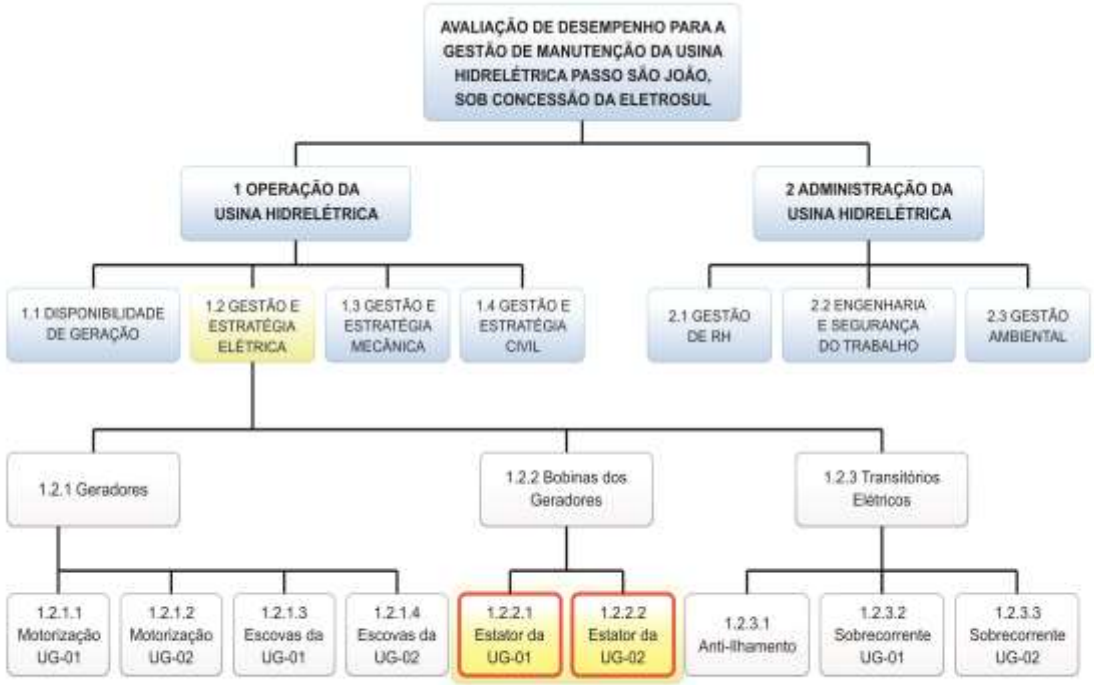
	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	4	1
A2	0	X	1	1	1	3	2
A3	0	0	X	1	1	2	3
A4	0	0	0	X	1	1	4
A0	0	0	0	0	X	0	5

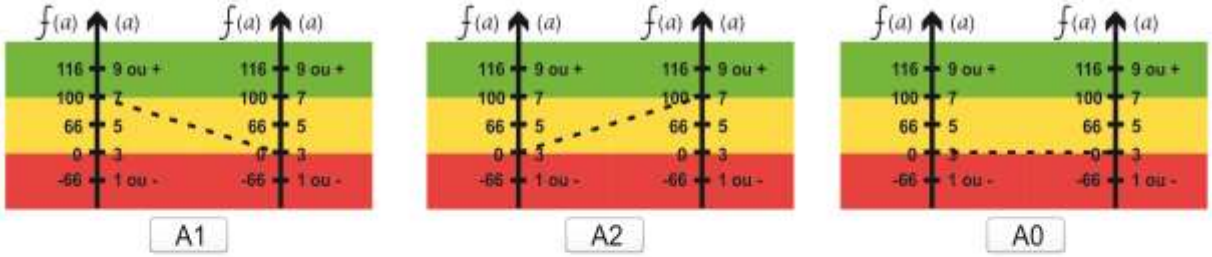
Geradores: Motorização X Escovas

	A1	A2	A3	A4	A0	Escala atual	
A1	nula	moderada	forte	forte	mt. forte	100	extrema
A2		nula	forte	forte	mt. forte	80	mt. forte
A3			nula	moderada	forte	46	forte
A4				nula	moderada	26	moderada
A0					nula	0	fraca
							mt. fraca
							nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018





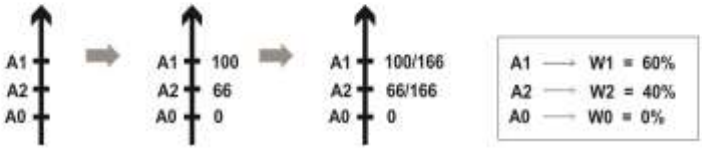
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

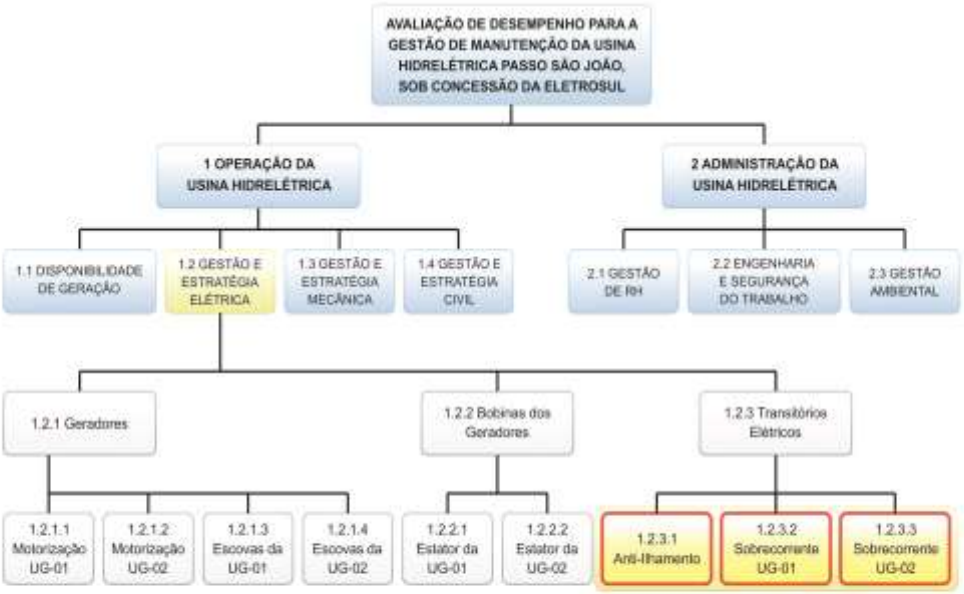
Obsolescência do Estator (UG-01 e UG-02)

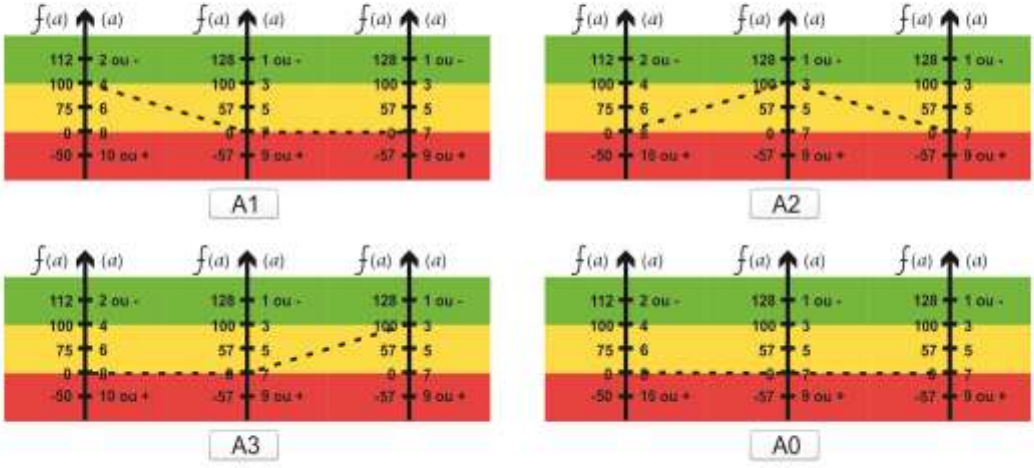
	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	forte	100
A2		nula	forte	66
A0			nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018





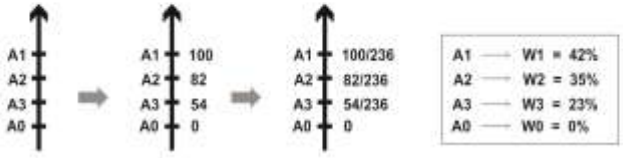
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

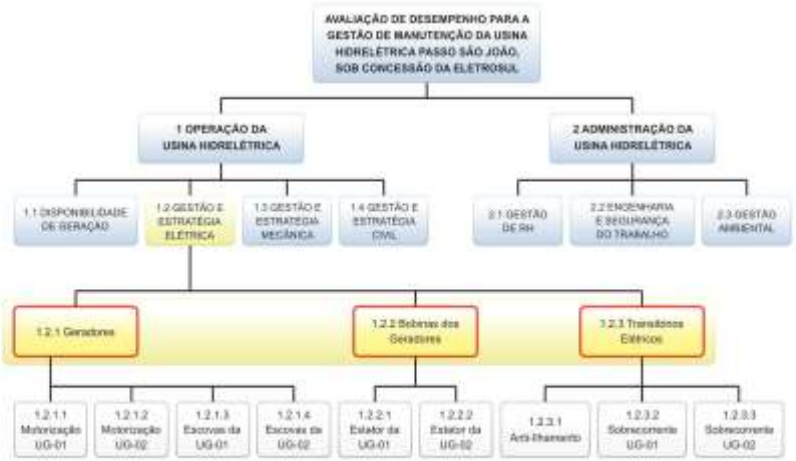
Transitórios Elétricos

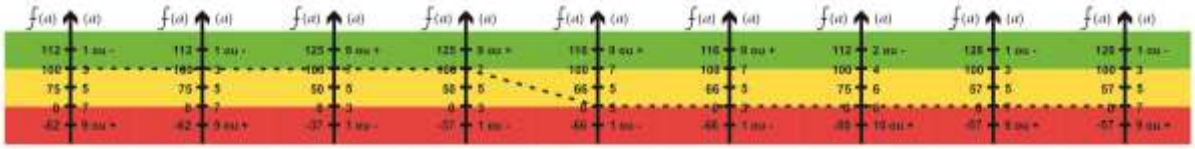
	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	moderada	mt. forte	100
A2		nula	moderada	forte	82
A3			nula	forte	54
A0				nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

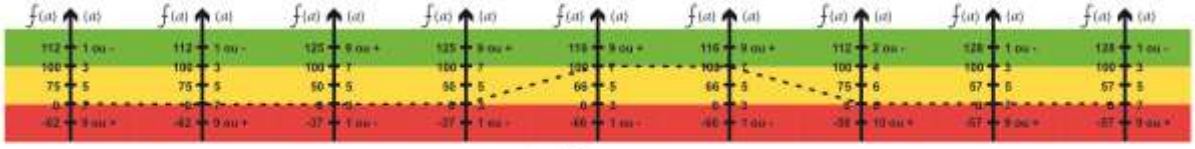


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

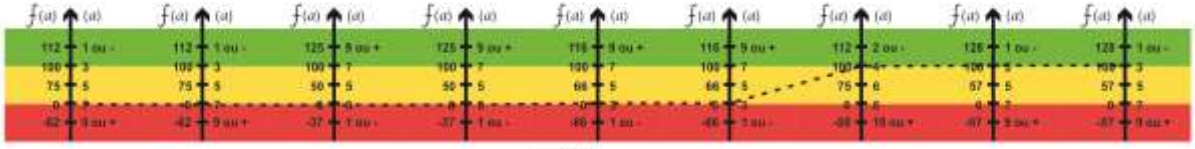




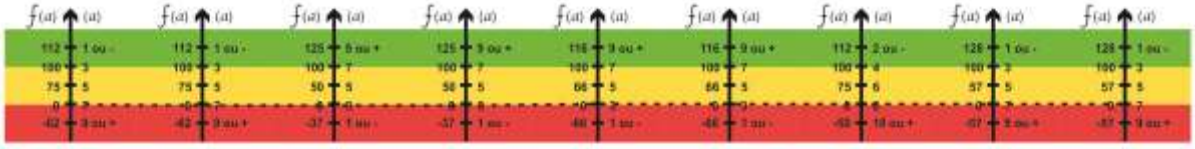
A1



A2



A3



A0

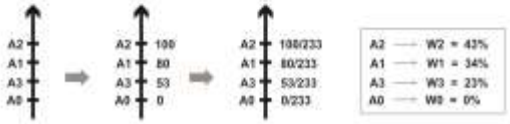
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2	2
A2	1	X	1	1	3	1
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

Gestão e Estratégia Elétrica

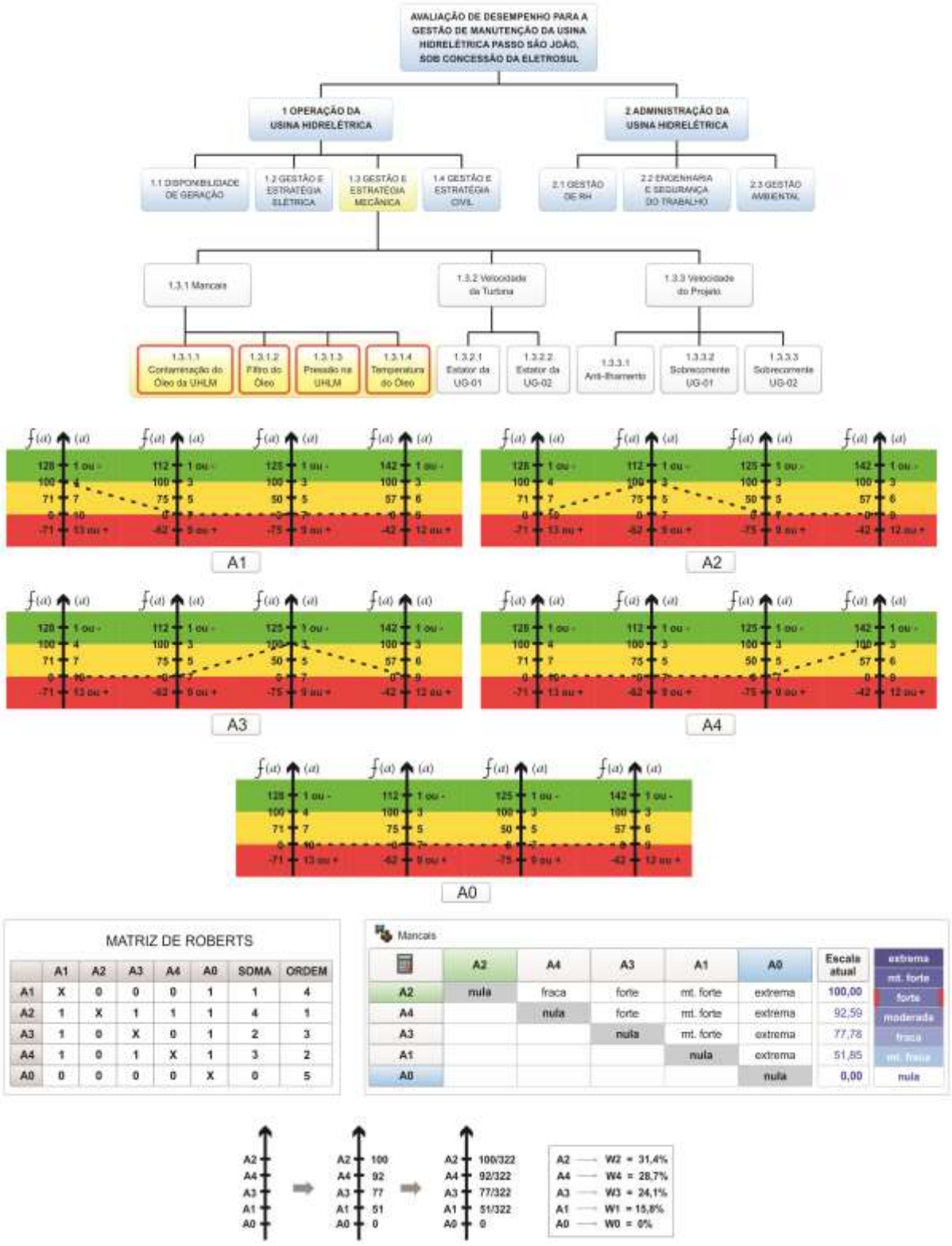
	A2	A1	A3	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	forte	mt. forte	80,00
A3			nula	mt. forte	53,33
A0				nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

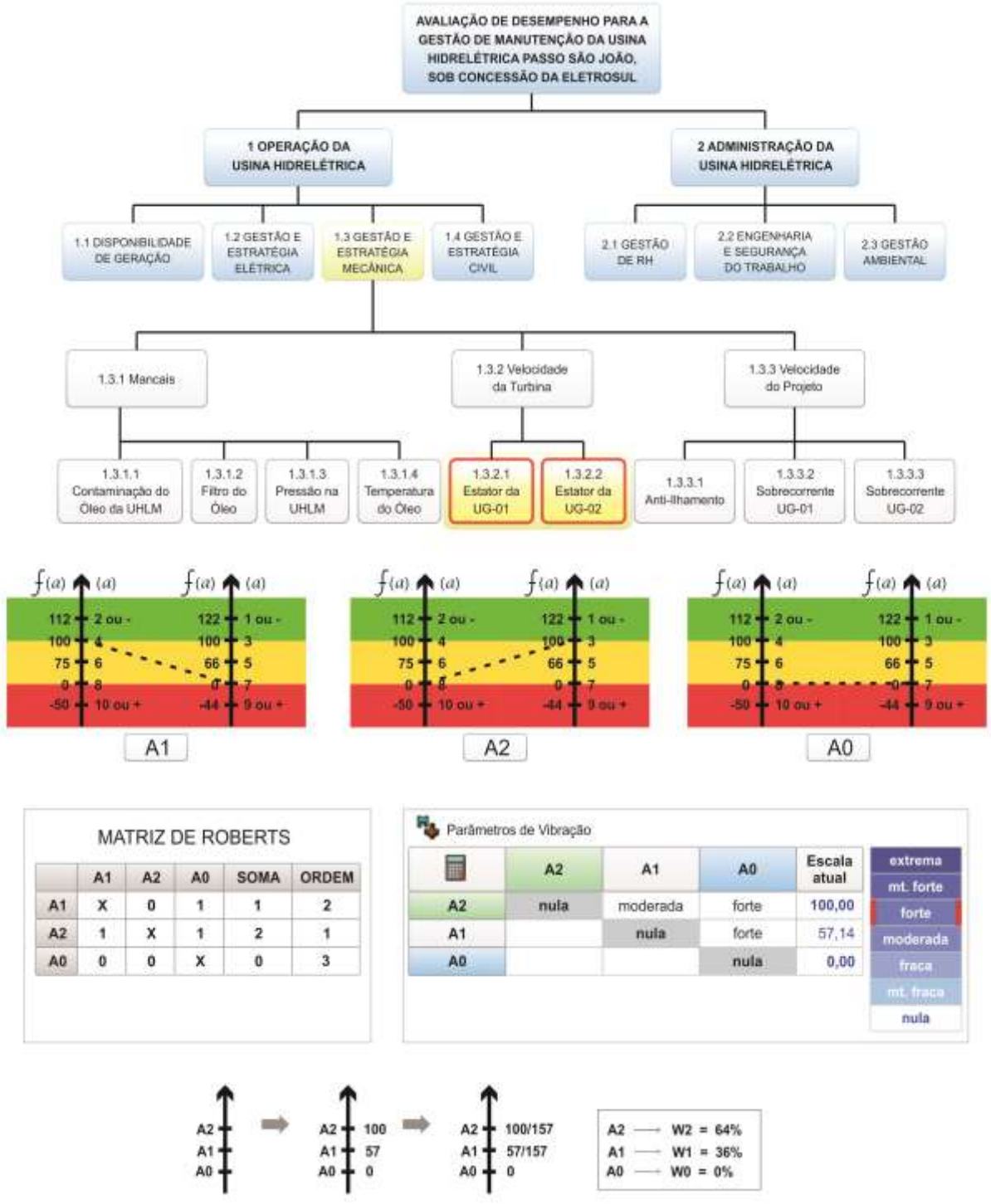
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA)



	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	0	1	1	4
A2	1	X	1	1	1	4	1
A3	1	0	X	0	1	2	3
A4	1	0	1	X	1	3	2
A0	0	0	0	0	X	0	5

	A2	A4	A3	A1	A0	Escala atual	
A2	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	100,00	extrema
A4		nula	forte	mt. forte	extrema	92,59	mt. forte
A3			nula	mt. forte	extrema	77,78	forte
A1				nula	extrema	51,85	moderada
A0					nula	0,00	fraca
							mt. fraca
							nula

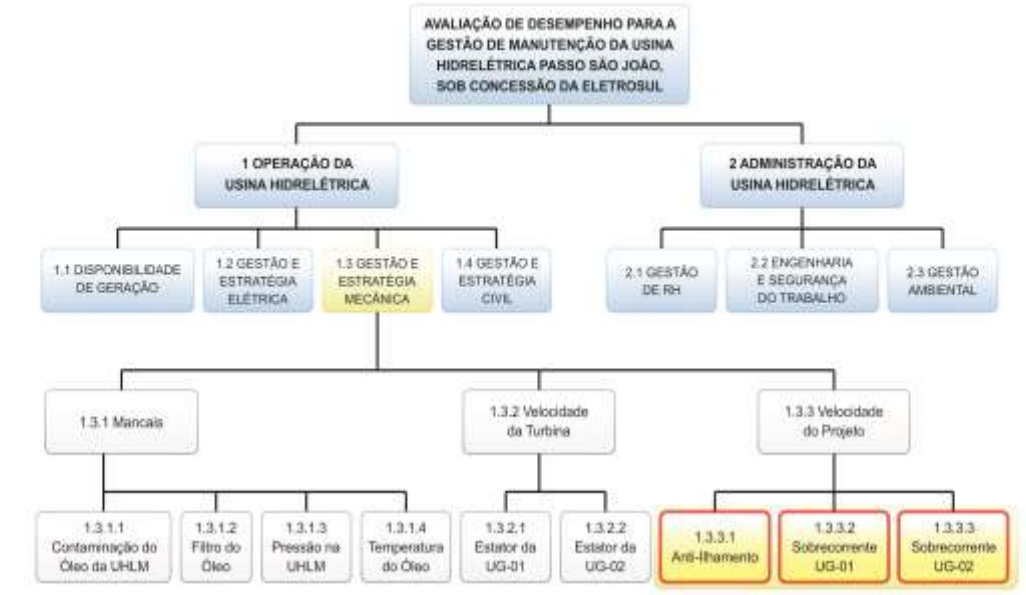
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

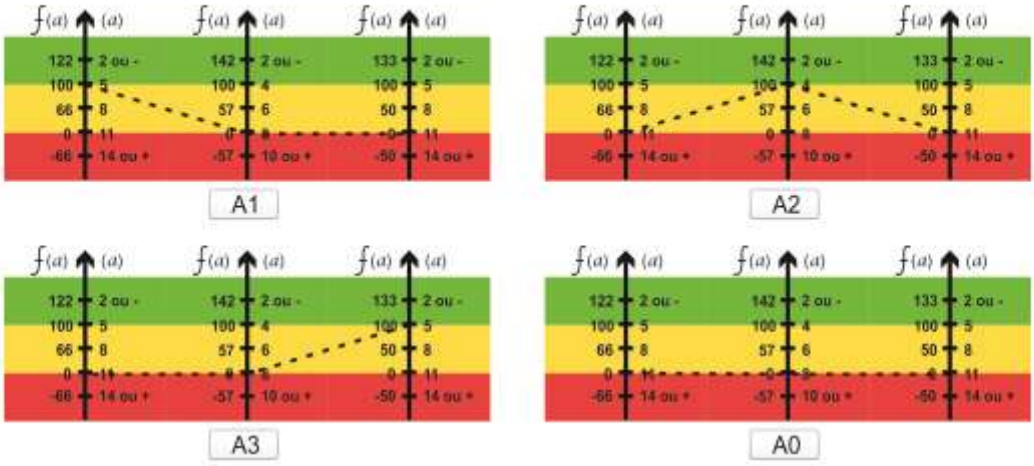


	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	100,00
A1		nula	forte	57,14
A0			nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.





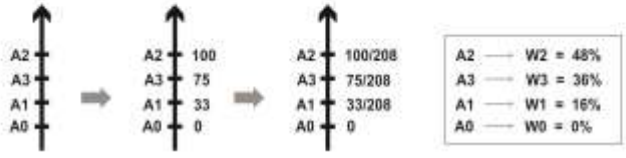
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	1	1	3
A2	1	X	1	1	3	1
A3	1	0	X	1	2	2
A0	0	0	0	X	0	4

Regulação de Velocidade

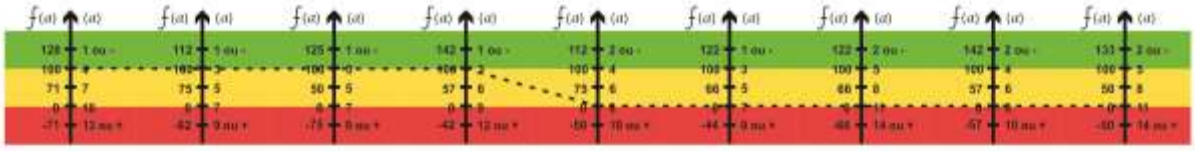
	A2	A3	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A3		nula	forte	mt. forte	75,00
A1			nula	moderada	33,33
A0				nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

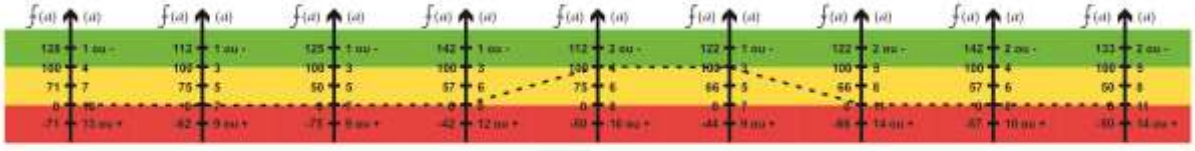


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

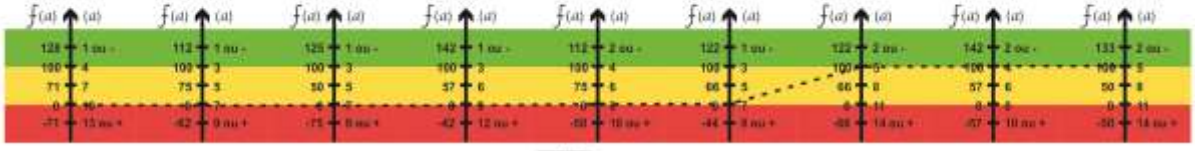




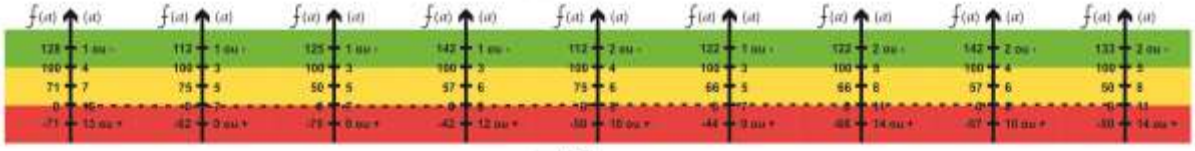
A1



A2



A3



A0

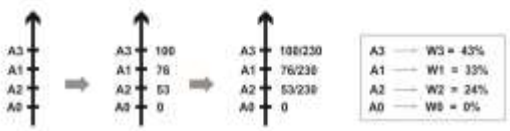
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	0	1	2	2
A2	0	X	0	1	1	3
A3	1	1	X	1	3	1
A0	0	0	0	X	0	4

Gestão e Estratégia Mecânica

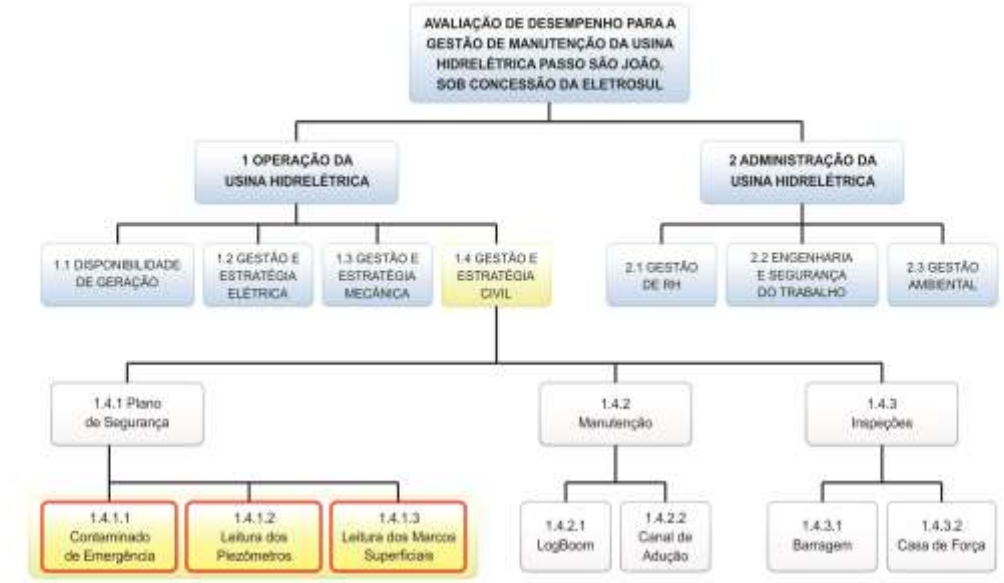
	A3	A1	A2	A0	Escala atual
A3	nula	moderada	moderada	forte	100,00
A1		nula	moderada	forte	76,92
A2			nula	forte	53,85
A0				nula	0,00

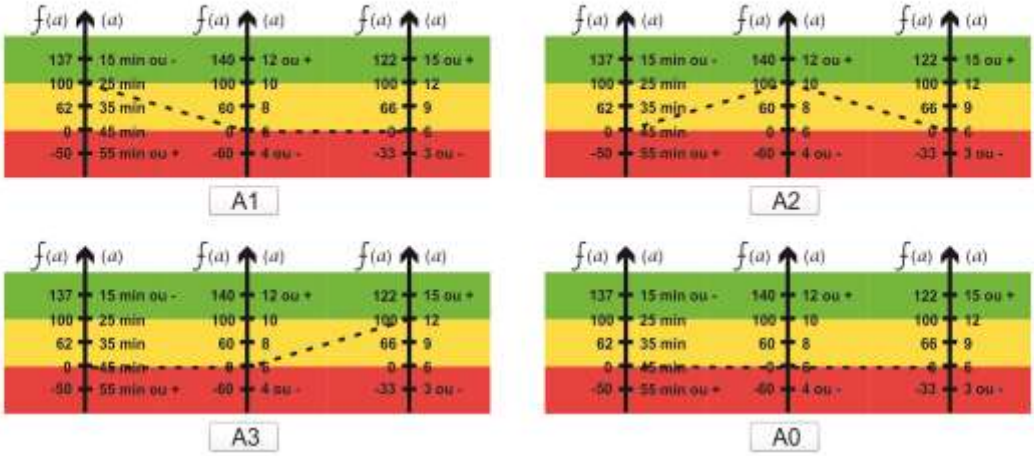
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL)





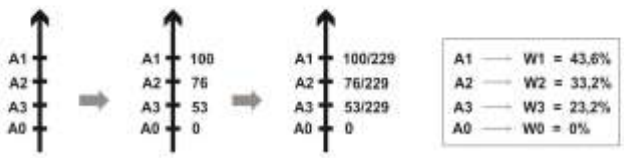
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

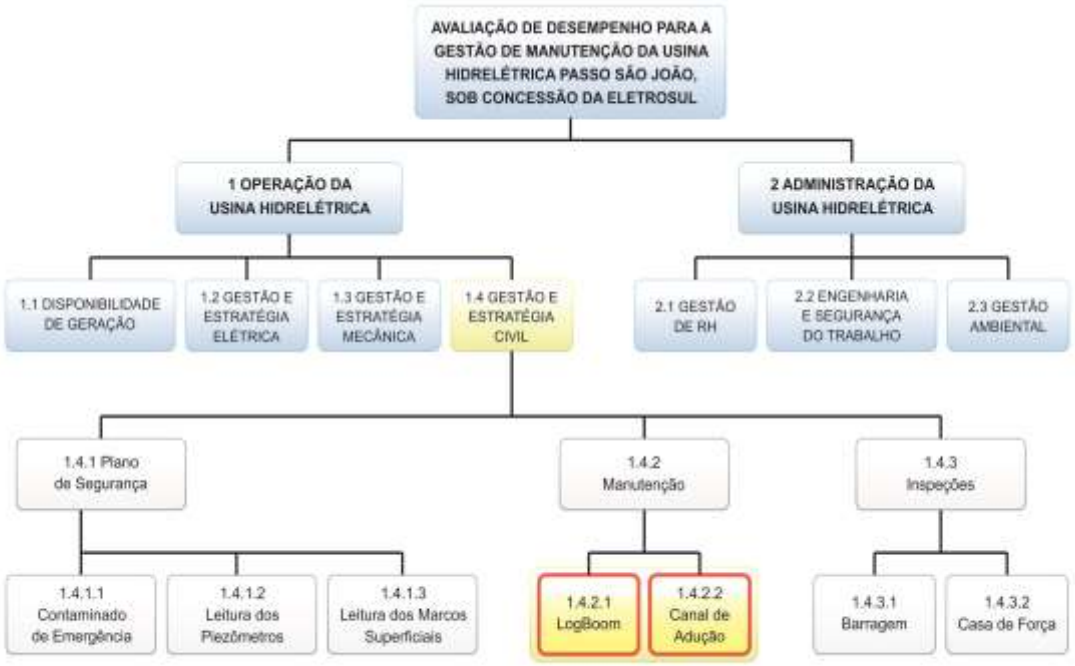
Plano da Segurança de Barragens

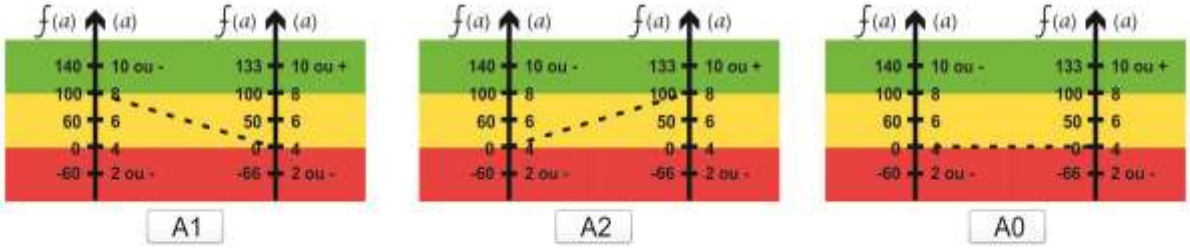
	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A2		nula	moderada	mt. forte	76,92
A3			nula	mt. forte	53,85
A0				nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.





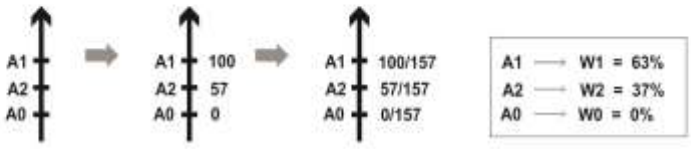
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

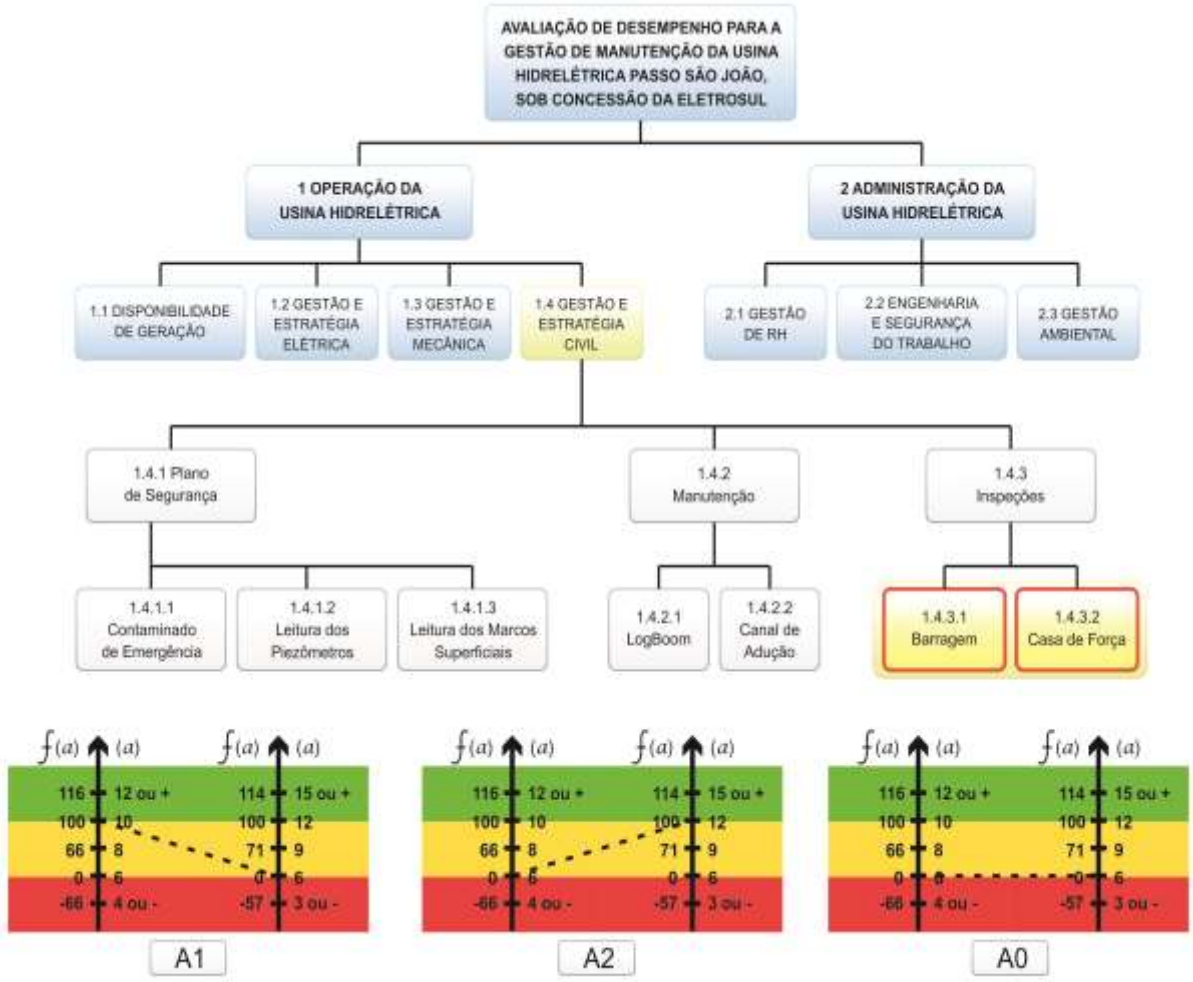
Manutenção da Tomada D'água

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	100,00
A2		nula	forte	57,14
A0			nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.



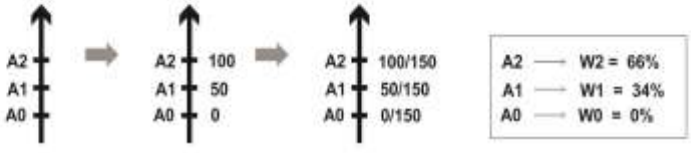
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

Inspeções Civis

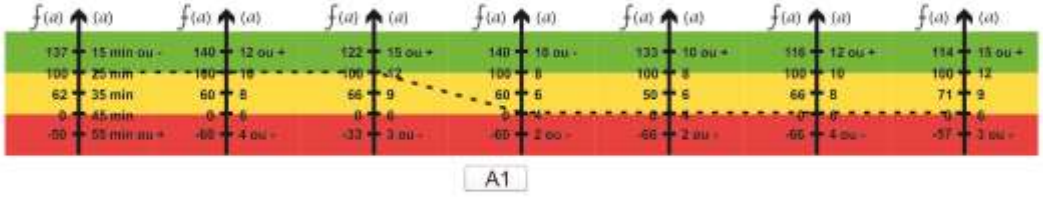
	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	100
A1		nula	moderada	50
A0			nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

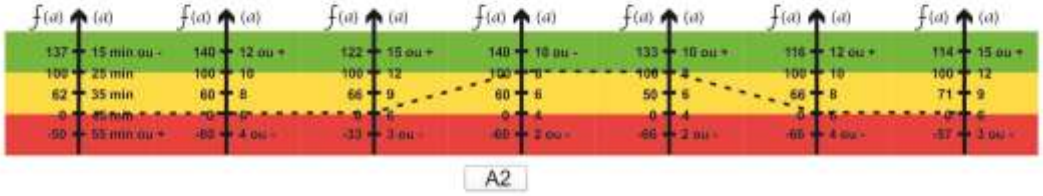


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

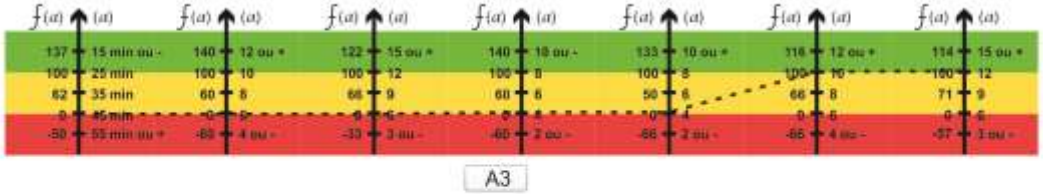




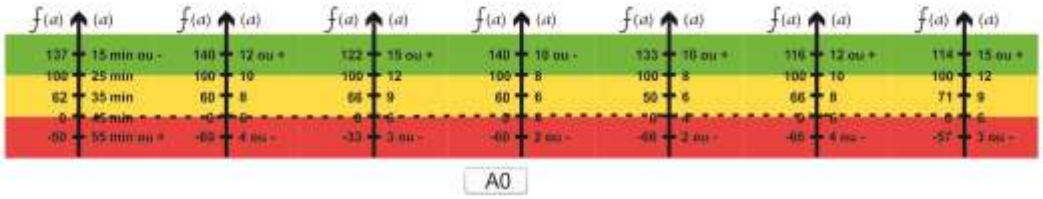
A1



A2



A3



A0

MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	0	1	1	3
A3	0	1	X	1	2	2
A0	0	0	0	X	0	4

Gestão Estratégica Civil

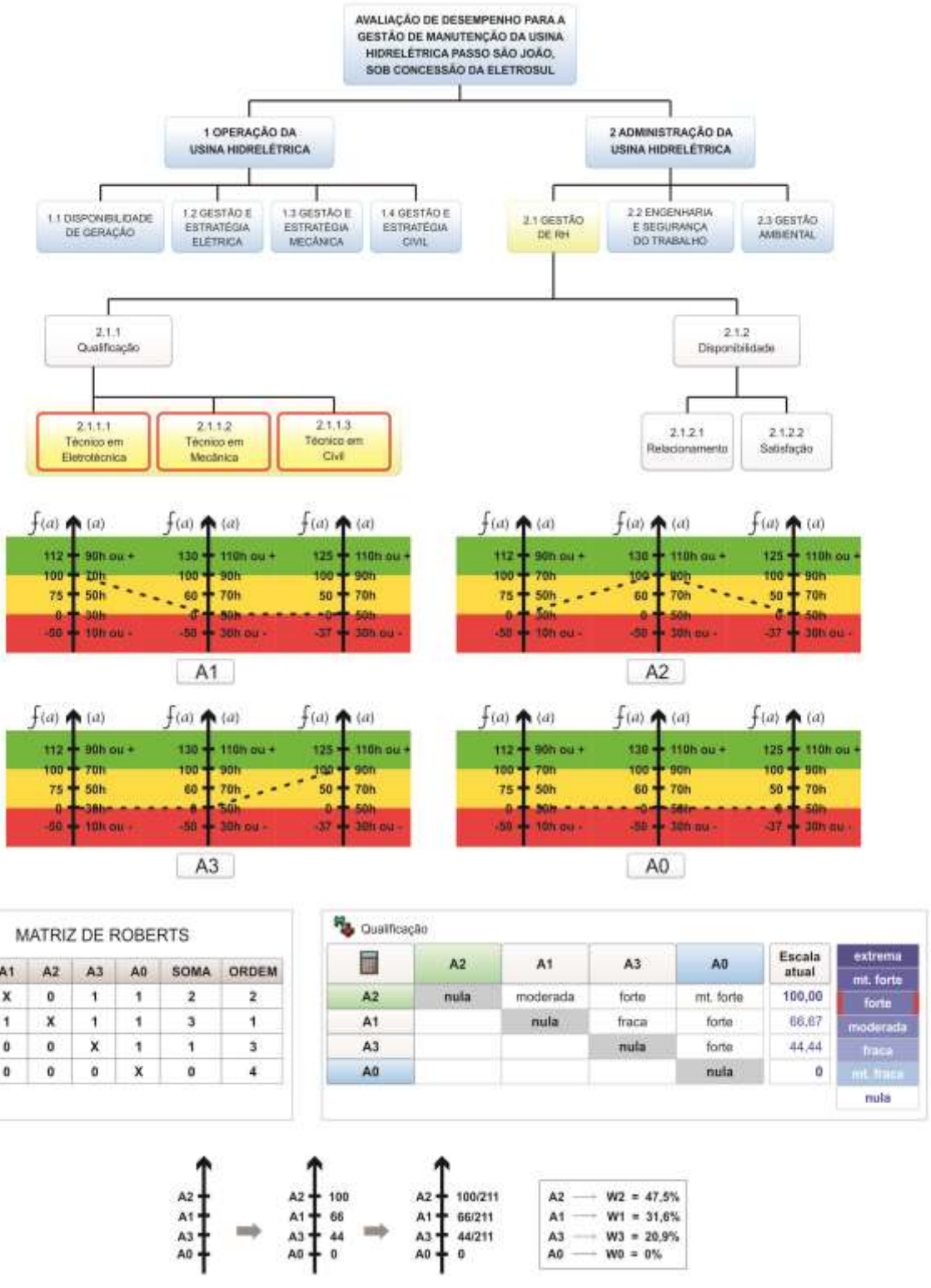
	A1	A3	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A3		nula	forte	mt. forte	72,73
A2			nula	mt. forte	54,55
A0				nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

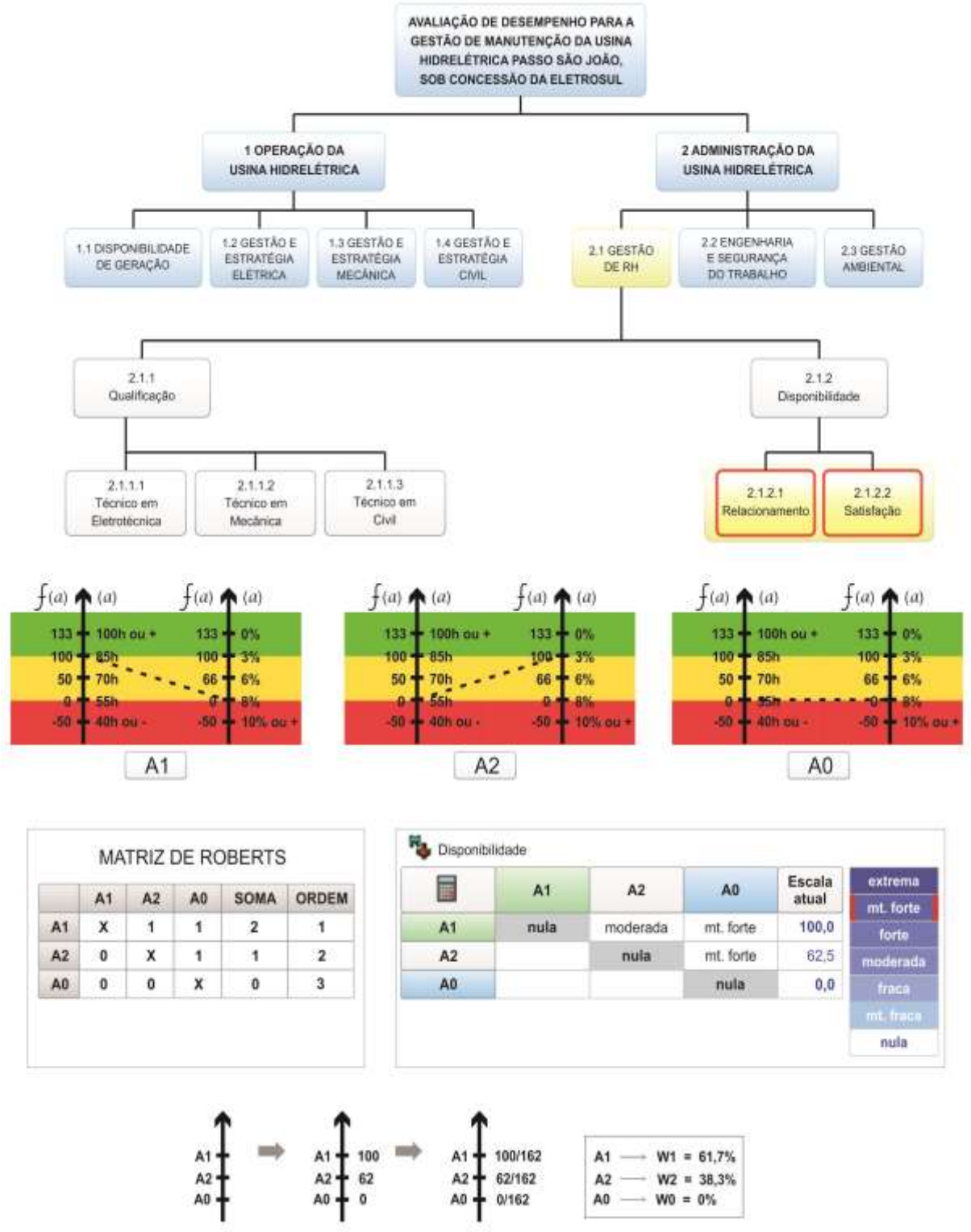
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO DE RH)



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2	2
A2	1	X	1	1	3	1
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A2	A1	A3	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	fraca	forte	66,67
A3			nula	forte	44,44
A0				nula	0

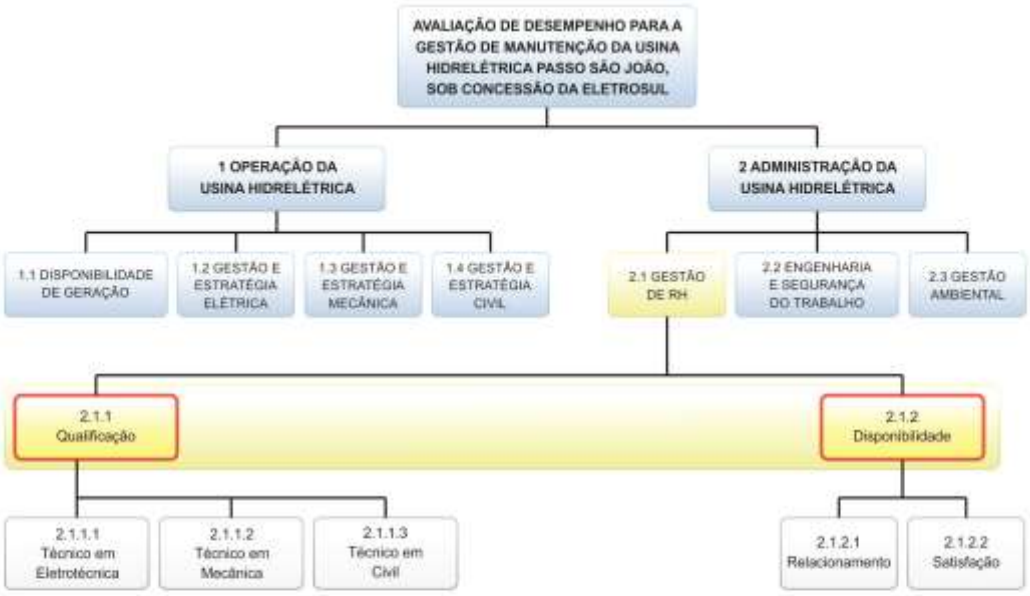
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

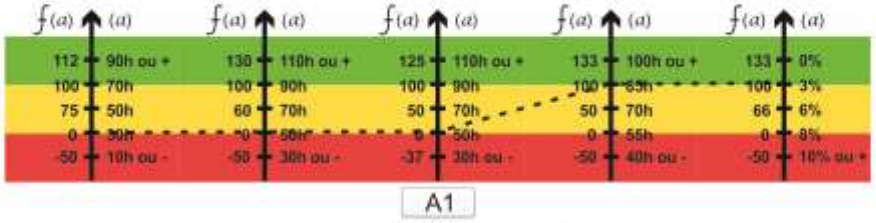


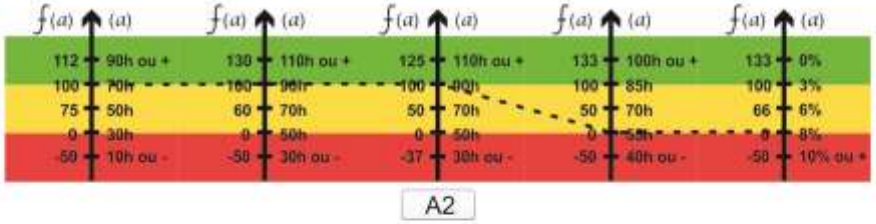
	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

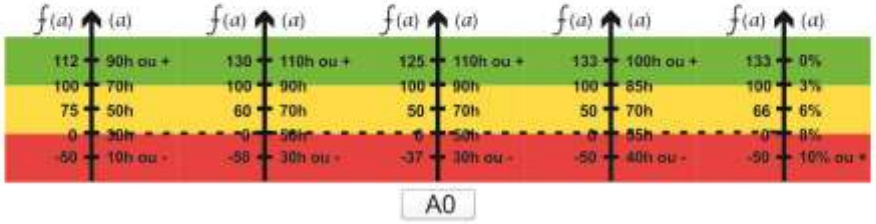
	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	mt. forte	100,0
A2		nula	mt. forte	62,5
A0			nula	0,0

Fonte: Elaboração do autor, 2018.









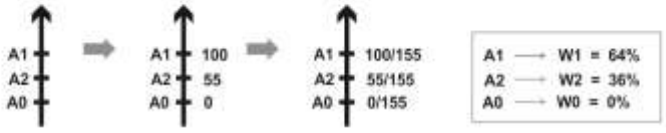
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

Gestão de RH

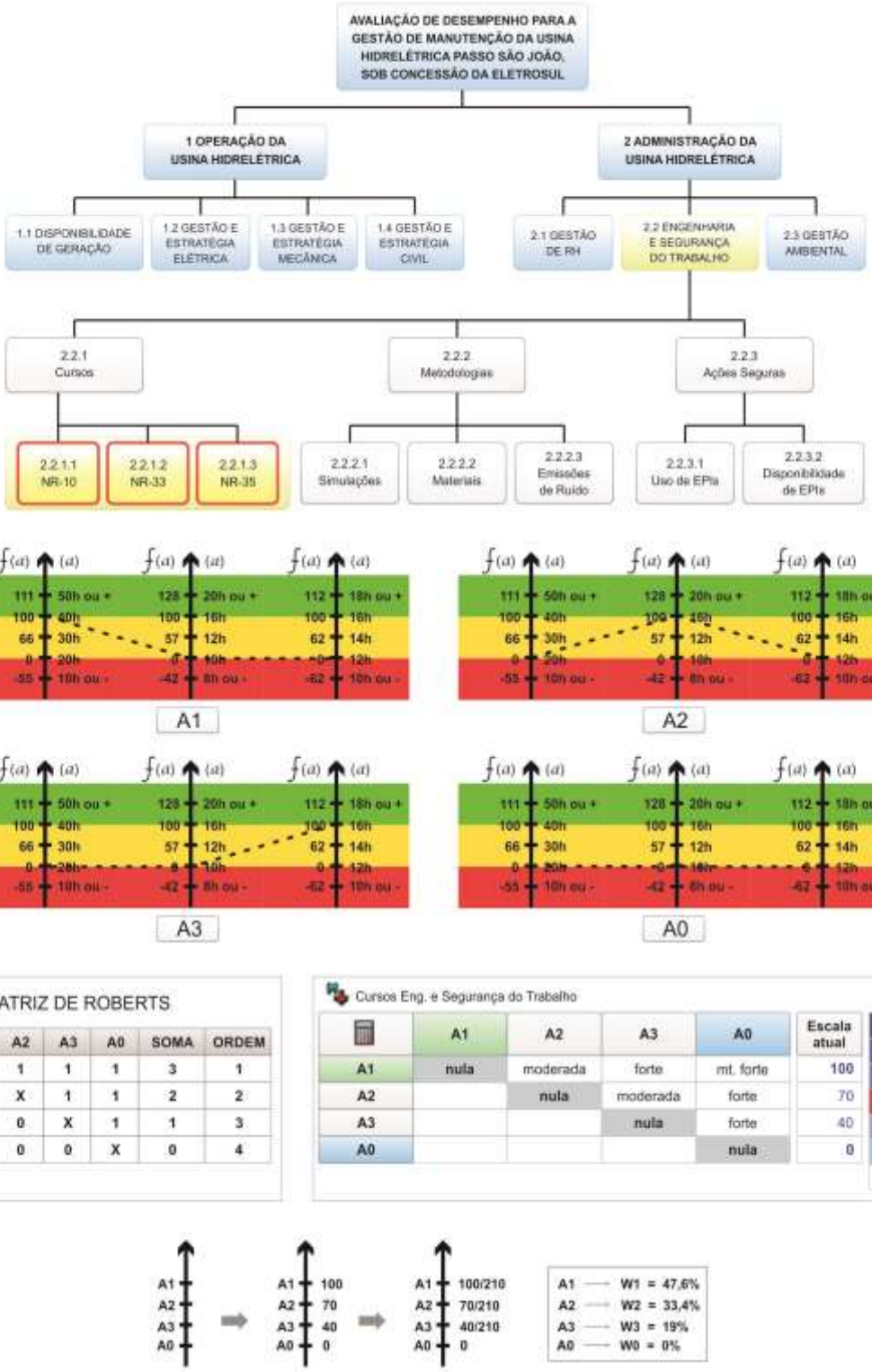
	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	forte	mt. forte	100,00
A2		nula	mt. forte	55,56
A0			nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

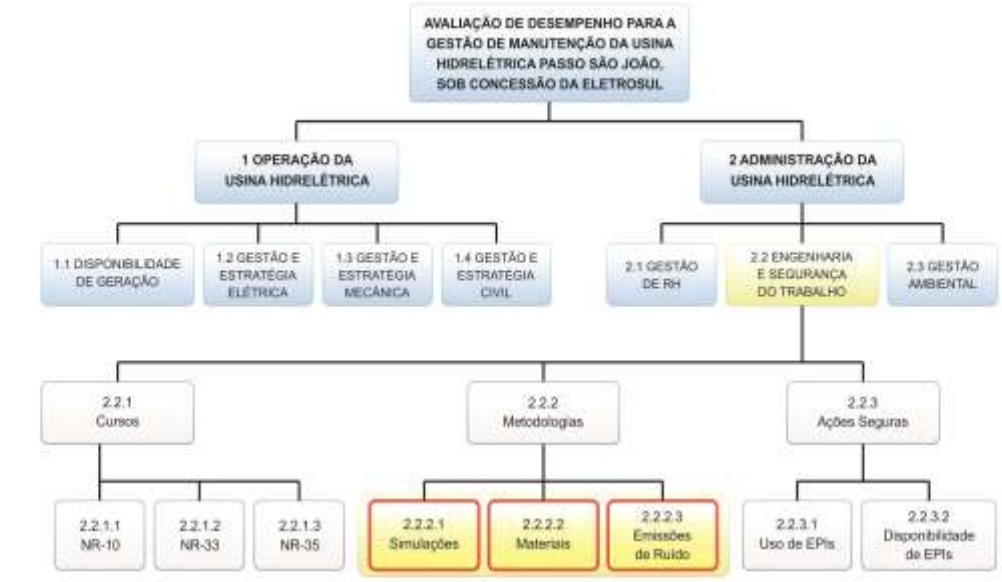
APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO)

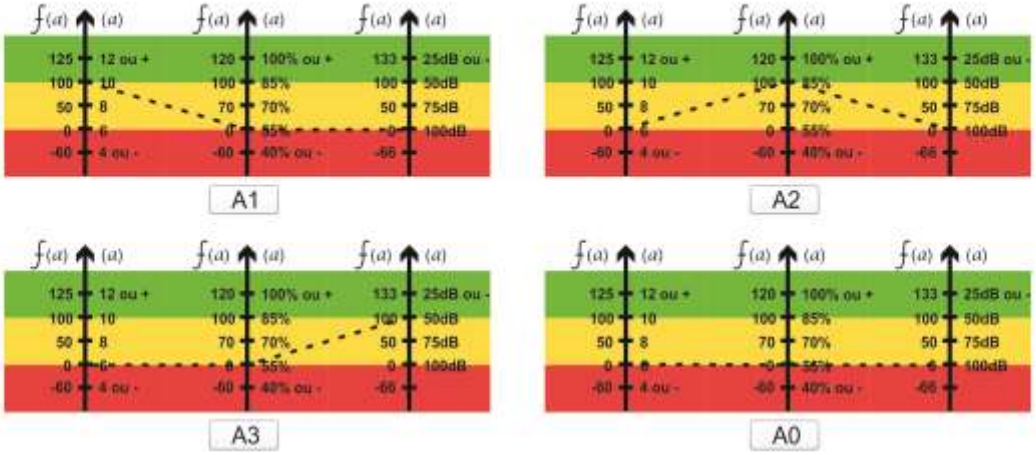


	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100
A2		nula	moderada	forte	70
A3			nula	forte	40
A0				nula	0

Fonte: Elaboração do autor, 2018.





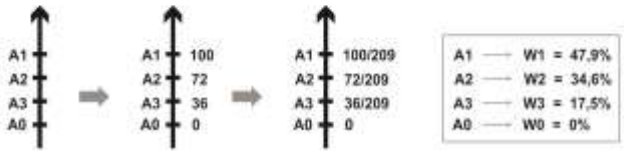
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

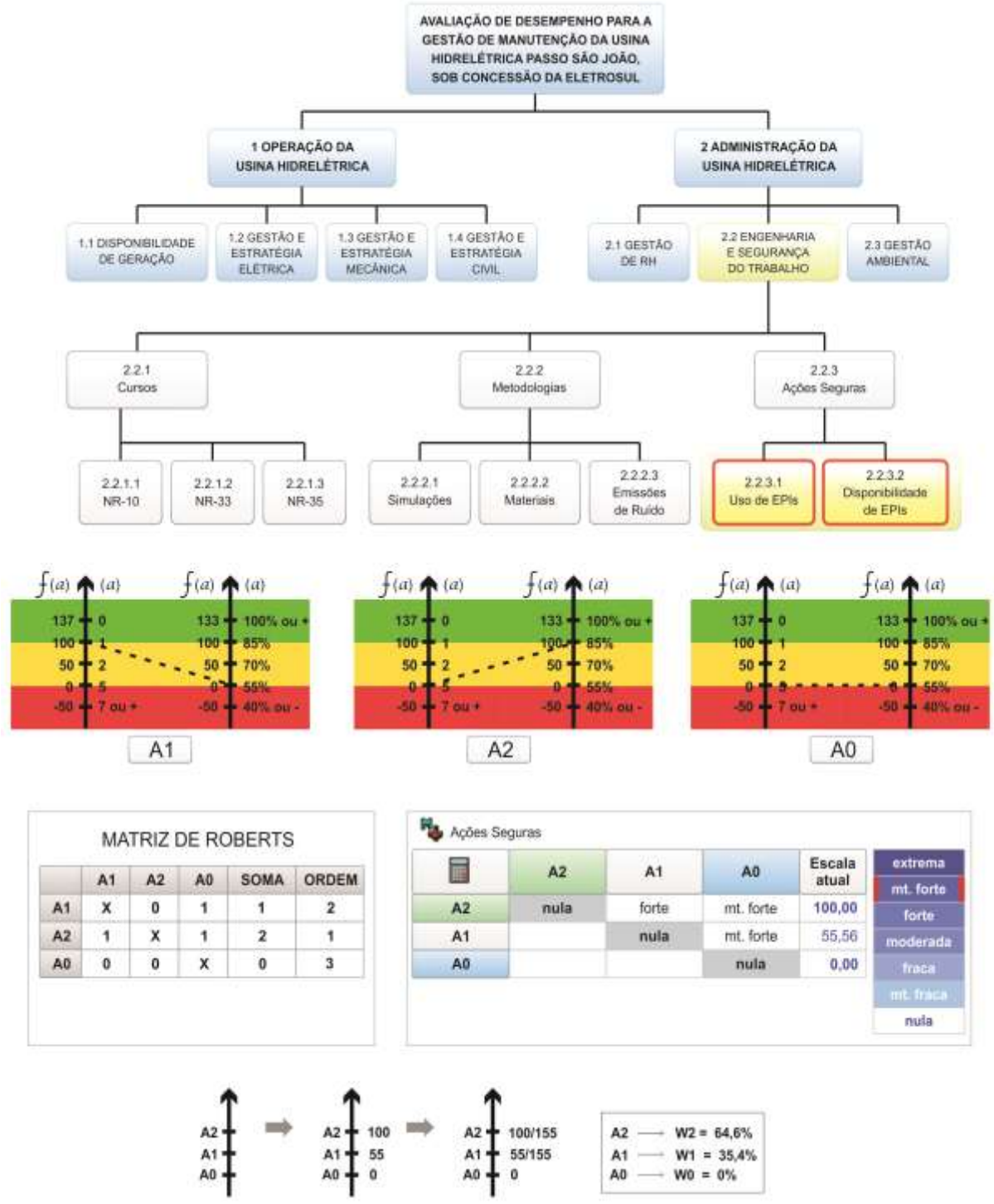
Metodologias

	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A2		nula	forte	mt. forte	72,73
A3			nula	forte	36,36
A0				nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.



MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

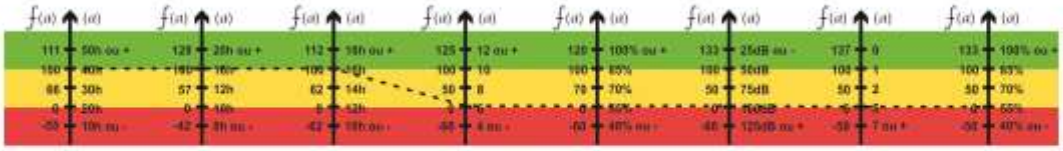
Ações Seguras

	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	mt. forte	55,56
A0			nula	0,00

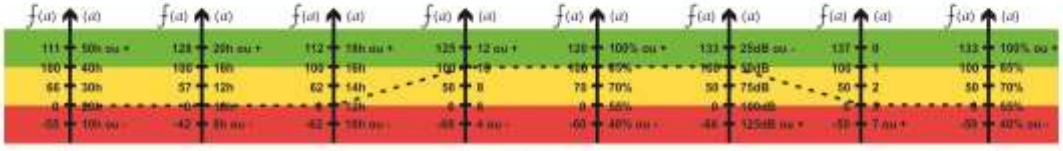
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

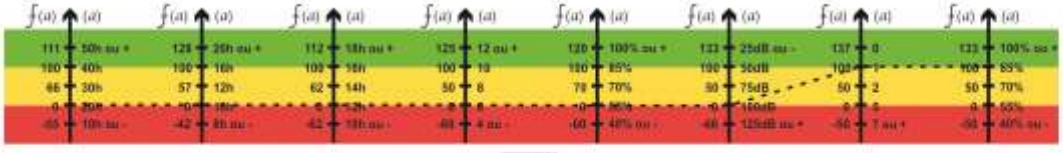




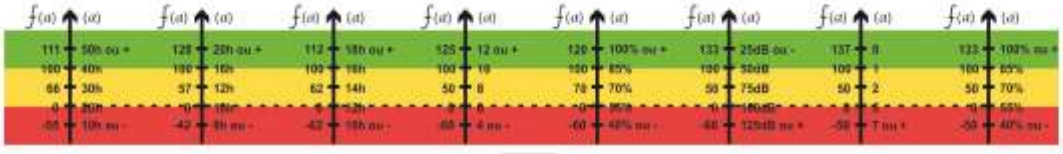
A1



A2



A3



A0

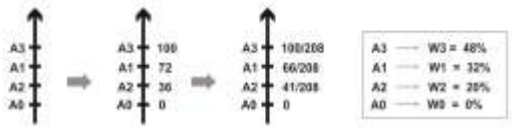
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	0	1	2	2
A2	0	X	0	1	1	3
A3	1	1	X	1	3	1
A0	0	0	0	X	0	4

Eng. e Segurança do Trabalho

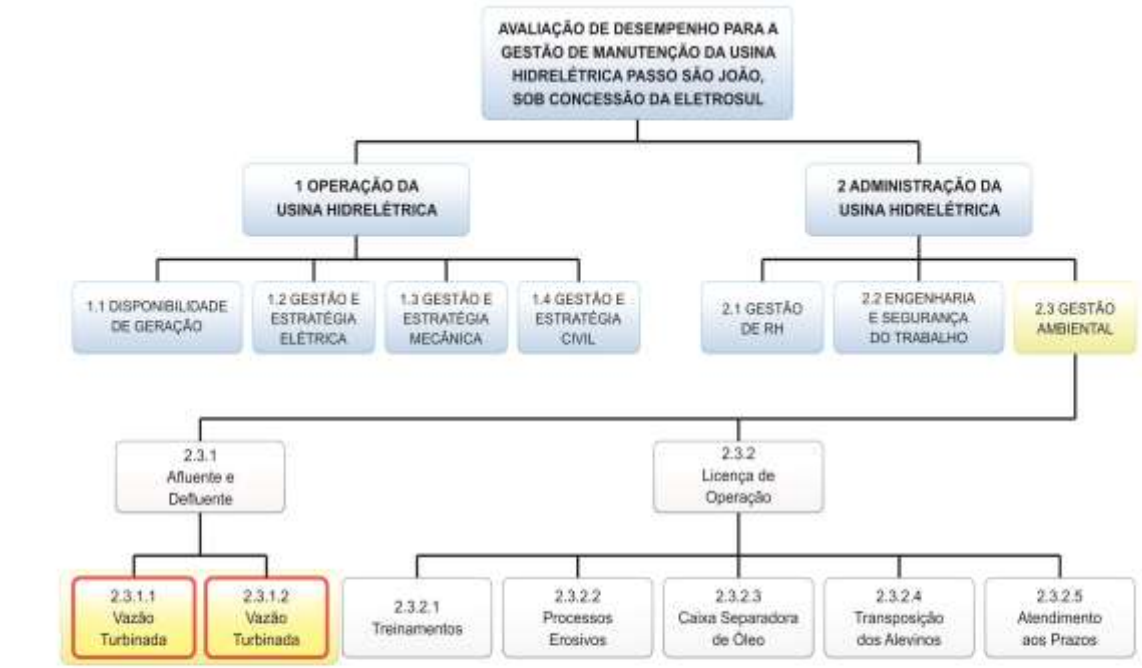
	A3	A1	A2	A0	Escala atual
A3	nula	forte	mt. forte	extrema	100,00
A1		nula	moderada	mt. forte	66,67
A2			nula	mt. forte	41,67
A0				nula	0,00

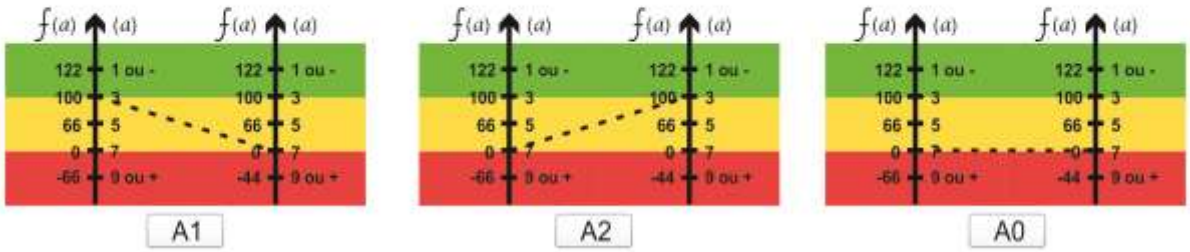
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

APÊNDICE G – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS LOCAIS (GESTÃO AMBIENTAL)





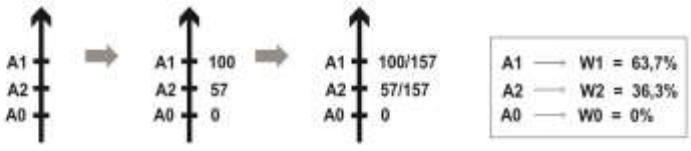
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

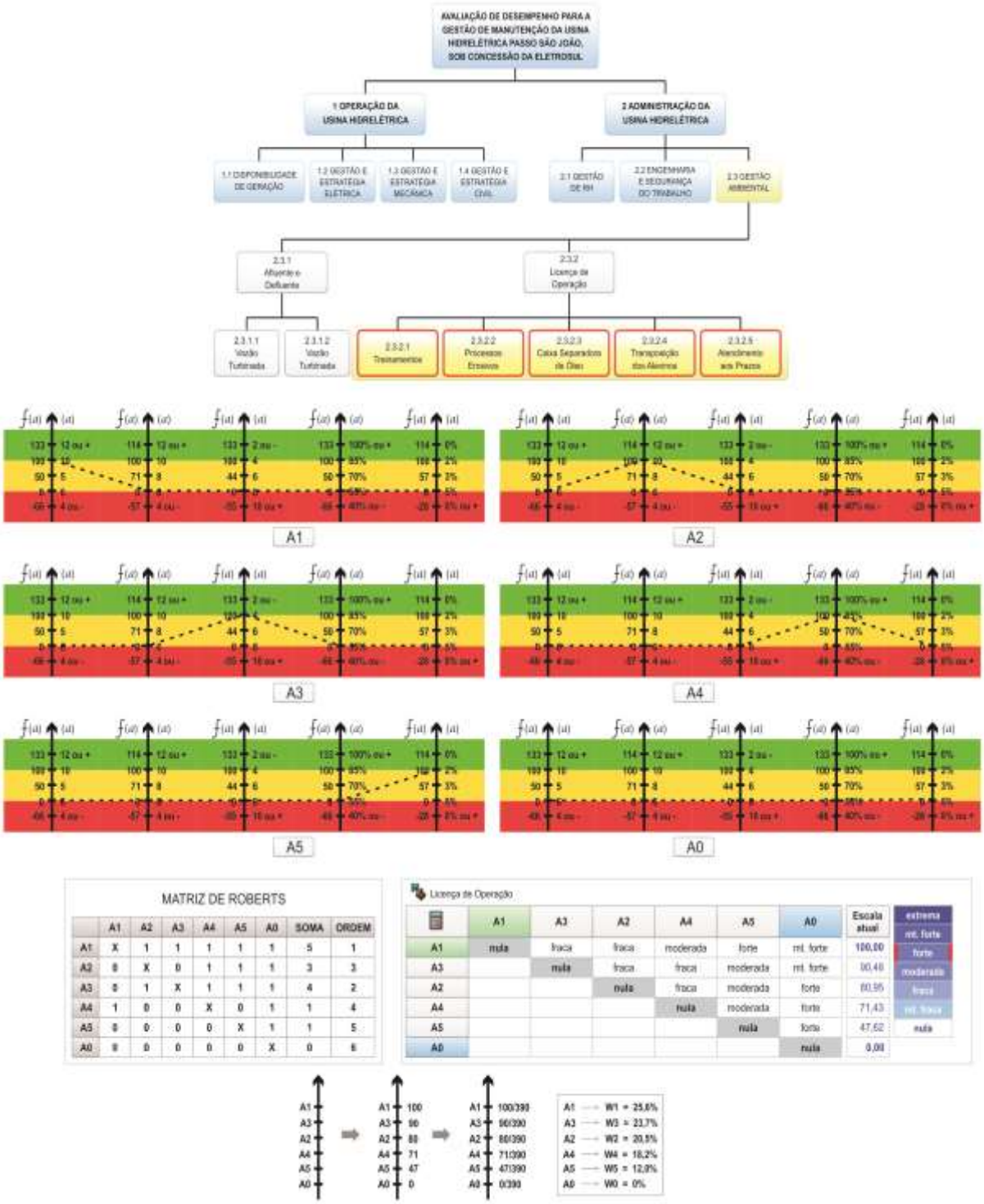
Afluente e Defluente

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	100,0
A2		nula	forte	57,14
A0			nula	0,0

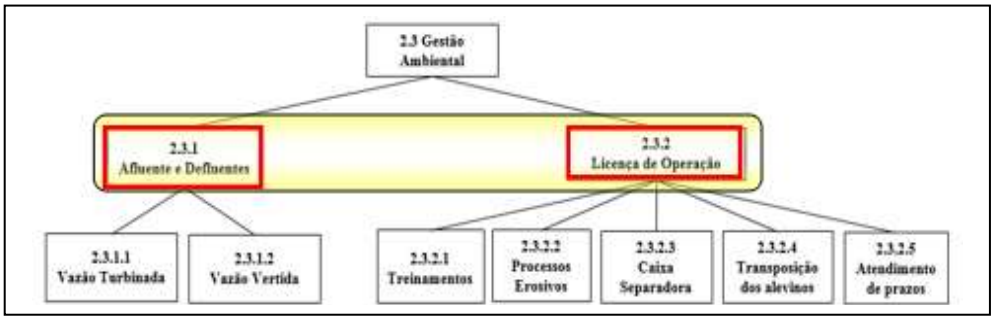
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

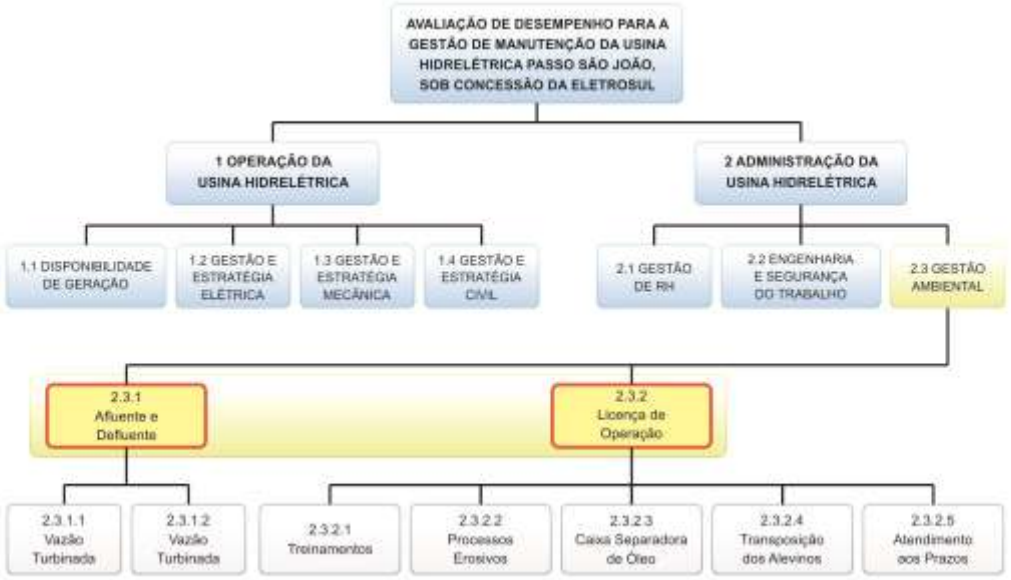


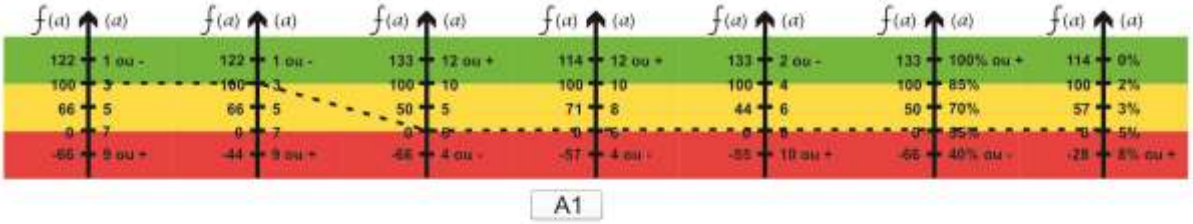
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



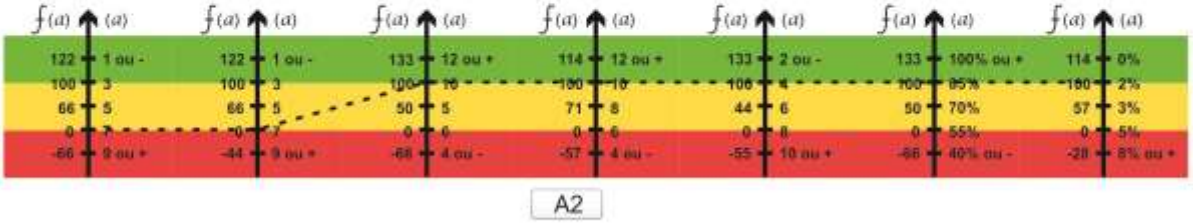
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



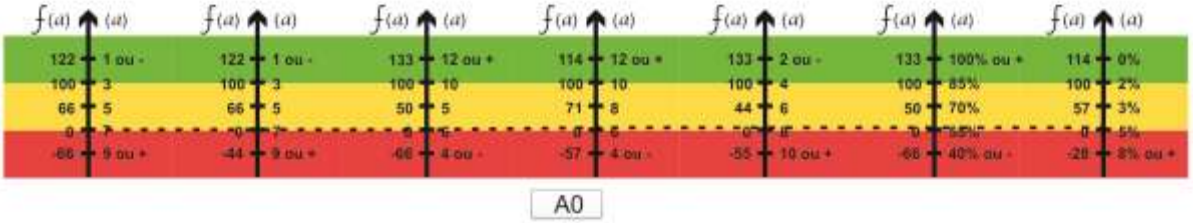




A1



A2



A0

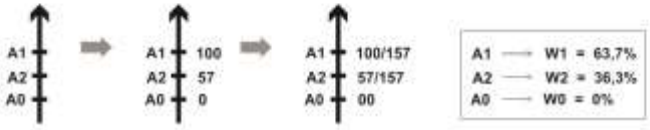
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

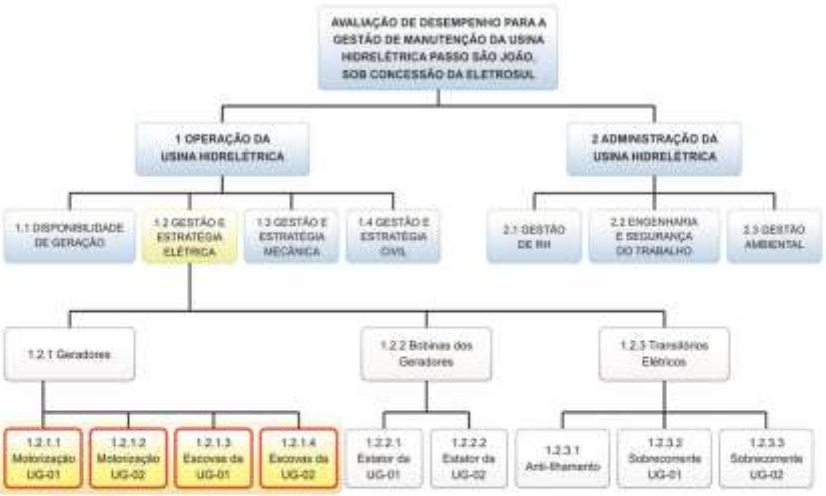
Gestão Ambiental

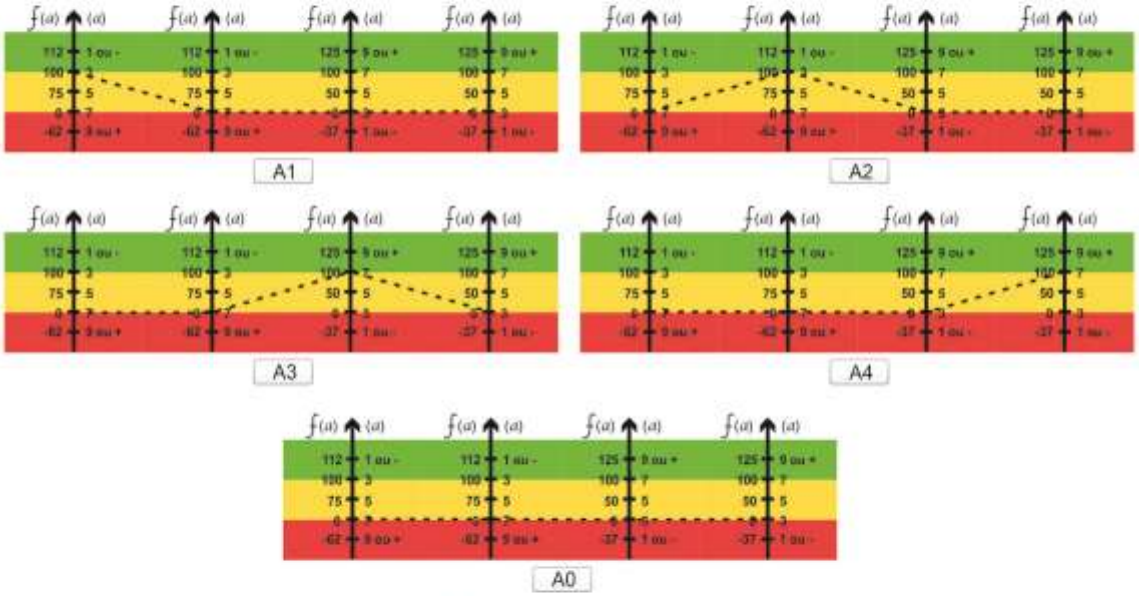
	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	100,00
A2		nula	forte	57,14
A0			nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.



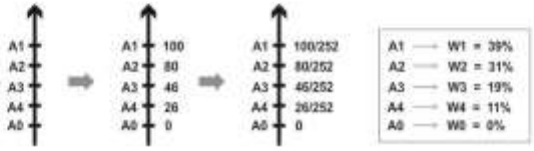


MATRIZ DE ROBERTS

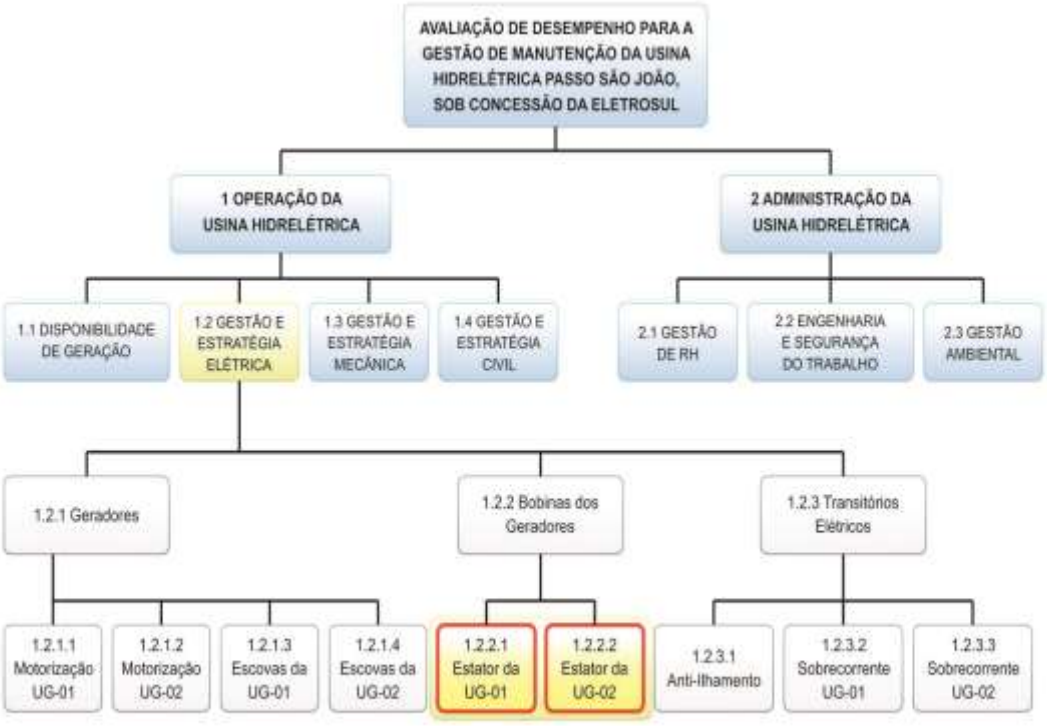
	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	4	1
A2	0	X	1	1	1	3	2
A3	0	0	X	1	1	2	3
A4	0	0	0	X	1	1	4
A0	0	0	0	0	X	0	5

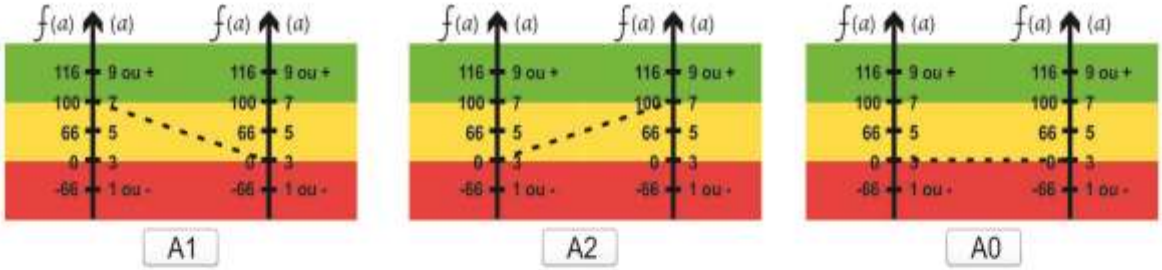
Geradores: Motorização X Escovas

	A1	A2	A3	A4	A0	Escala atual	
A1	nula	moderada	forte	forte	mt. forte	100	extrema
A2		nula	forte	forte	mt. forte	80	mt. forte
A3			nula	moderada	forte	46	forte
A4				nula	moderada	26	moderada
A0					nula	0	fraca
							mt. fraca
							nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.





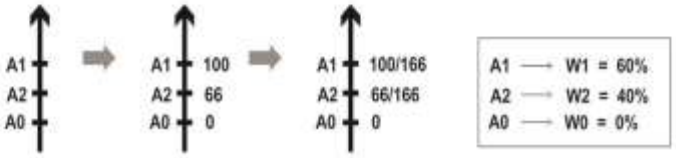
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

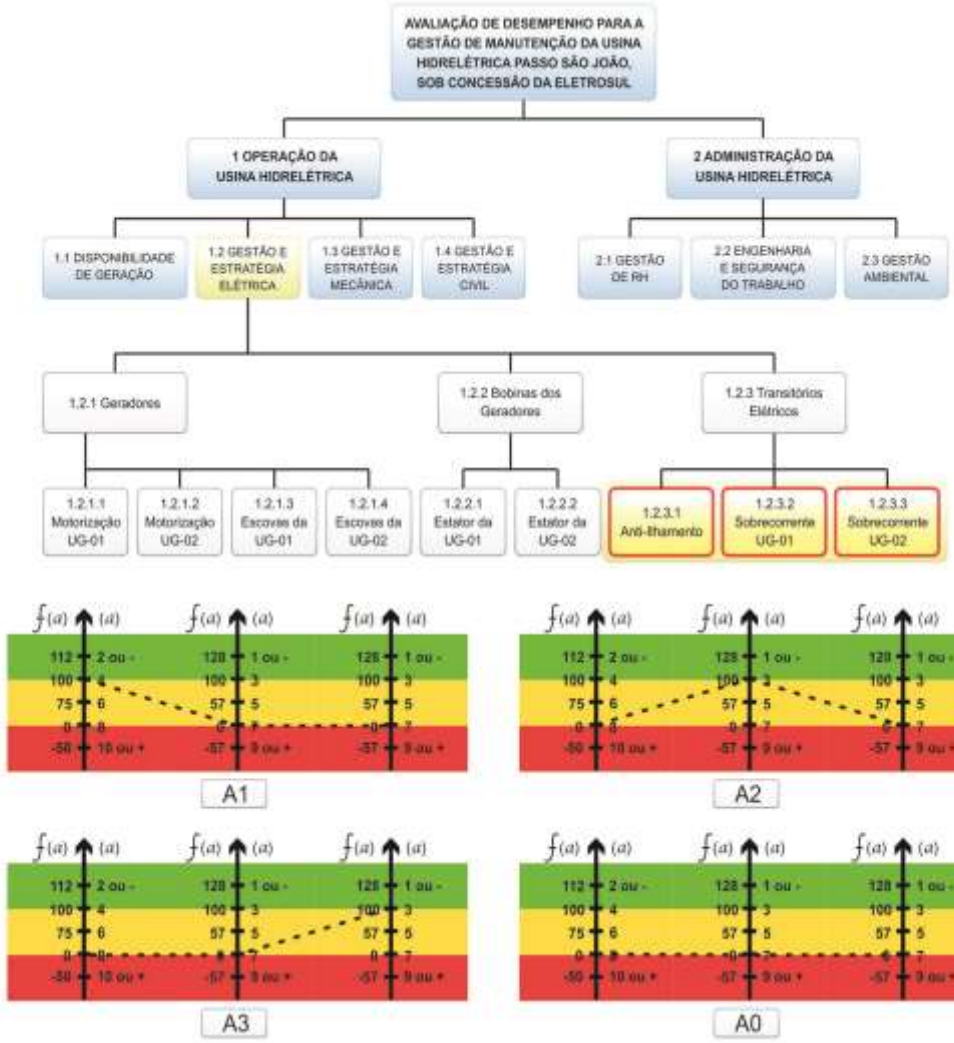
Obsolescência do Estator (UG-01 e UG-02)

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	forte	100
A2		nula	forte	66
A0			nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.



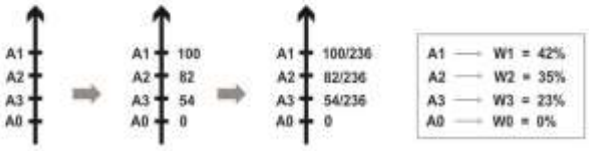
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

Transitórios Elétricos

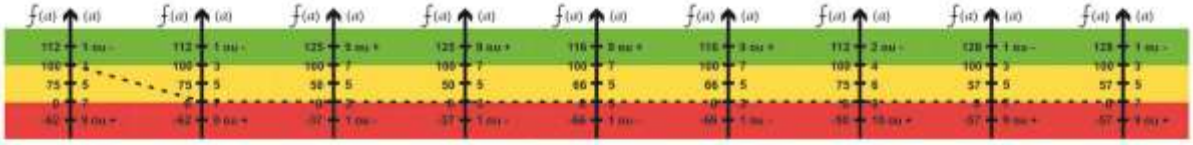
	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	moderada	mt. forte	100
A2		nula	moderada	forte	82
A3			nula	forte	54
A0				nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

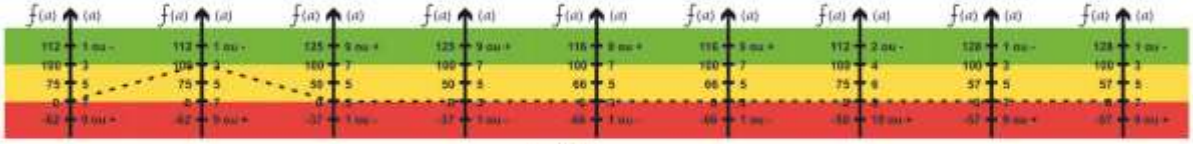


Fonte: Elaboração do autor, 2018.

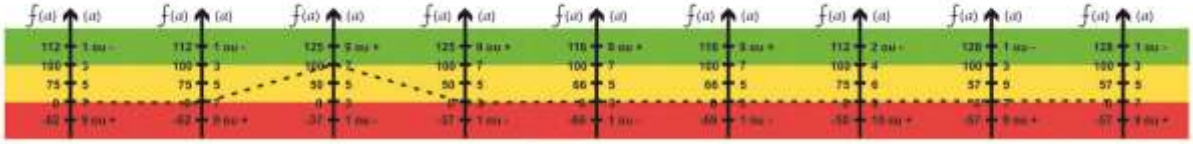




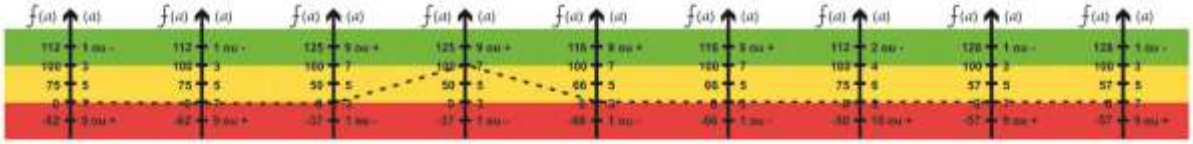
A1



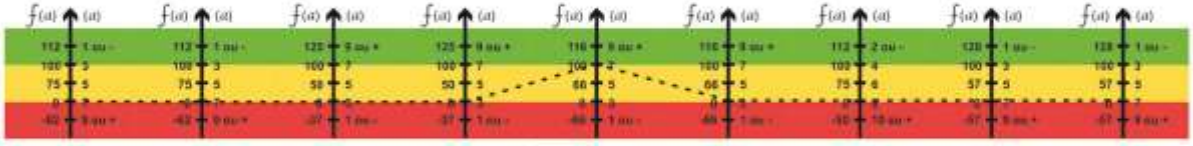
A2



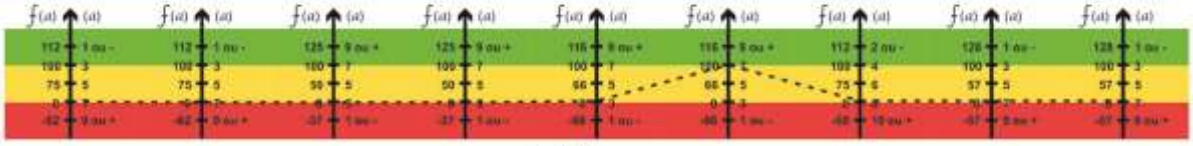
A3



A4



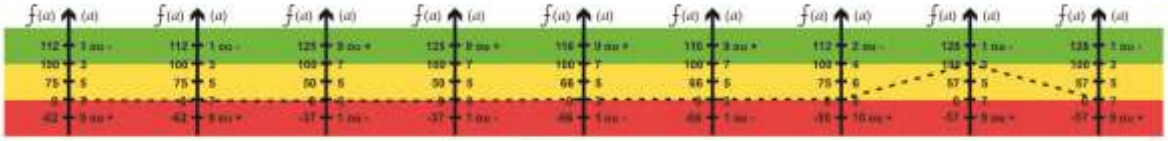
A5



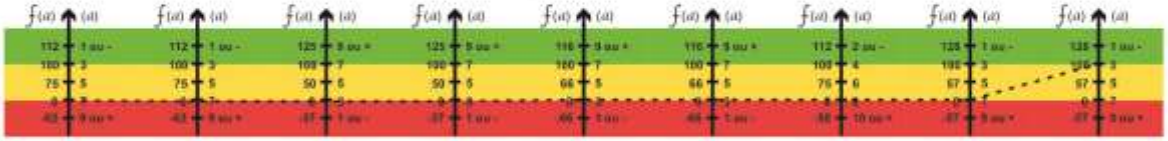
A6



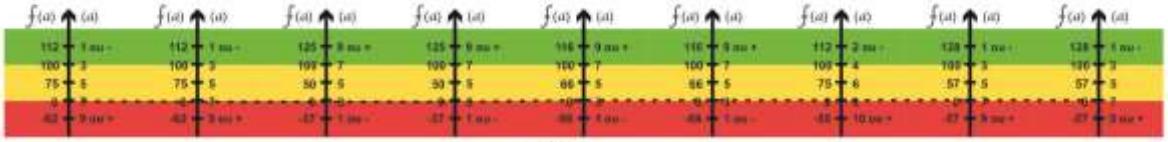
A7



A8



A9



A0

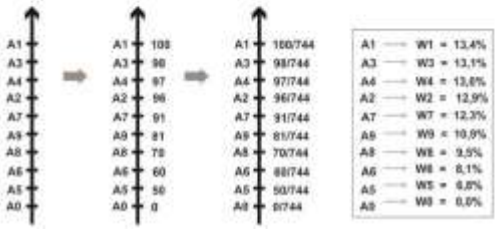
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1
A2	0	X	0	0	1	1	1	1	1	1	6	4
A3	0	1	X	1	1	1	1	1	1	1	8	2
A4	0	1	0	X	1	1	1	1	1	1	7	3
A5	0	0	0	0	X	0	0	0	0	1	1	9
A6	0	0	0	0	1	X	0	0	0	1	2	8
A7	0	0	0	0	1	1	X	1	1	1	5	5
A8	0	0	0	0	1	1	0	X	0	1	3	7
A9	0	0	0	0	1	1	0	1	X	1	4	6
A0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	10

Gestão e Estratégia Elétrica

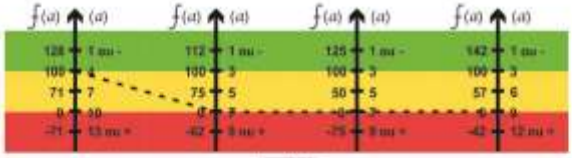
	A1	A3	A4	A2	A7	A9	A8	A6	A5	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	extrema	100,0
A3		nula	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	extrema	98,5
A4			nula	fraca	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	extrema	97,0
A2				nula	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	mt. forte	extrema	96,0
A7					nula	forte	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	91,0
A9						nula	forte	mt. forte	mt. forte	extrema	81,0
A8							nula	forte	forte	extrema	70,5
A6								nula	forte	extrema	60,0
A5									nula	extrema	50,5
A0										nula	0,0

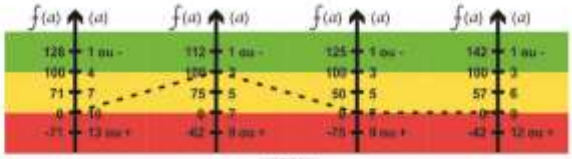
extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula

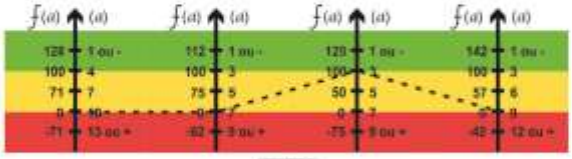


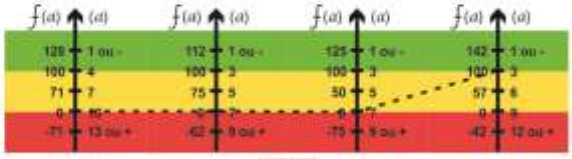
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

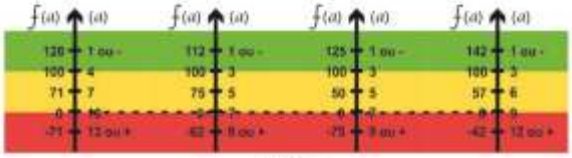










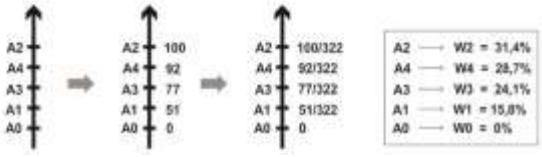


MATRIZ DE ROBERTS

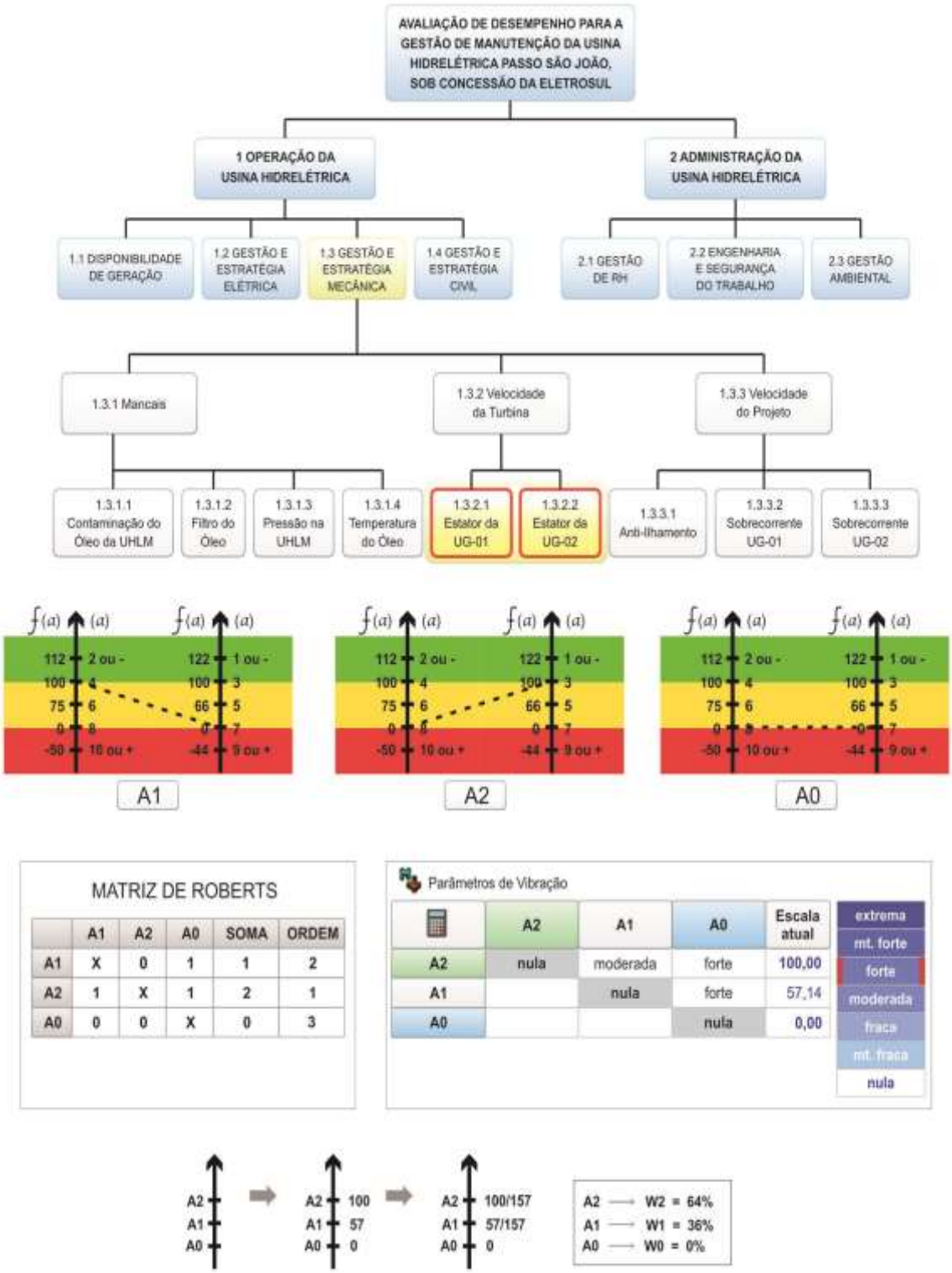
	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	0	1	1	4
A2	1	X	1	1	1	4	1
A3	1	0	X	0	1	2	3
A4	1	0	1	X	1	3	2
A0	0	0	0	0	X	0	5

Mancais

	A2	A4	A3	A1	A0	Escala atual	
A2	nula	fraca	forte	mt. forte	extrema	100,00	extrema
A4		nula	forte	mt. forte	extrema	92,59	mt. forte
A3			nula	mt. forte	extrema	77,78	forte
A1				nula	extrema	51,85	moderada
A0					nula	0,00	fraca
							mt. fraca
							nula



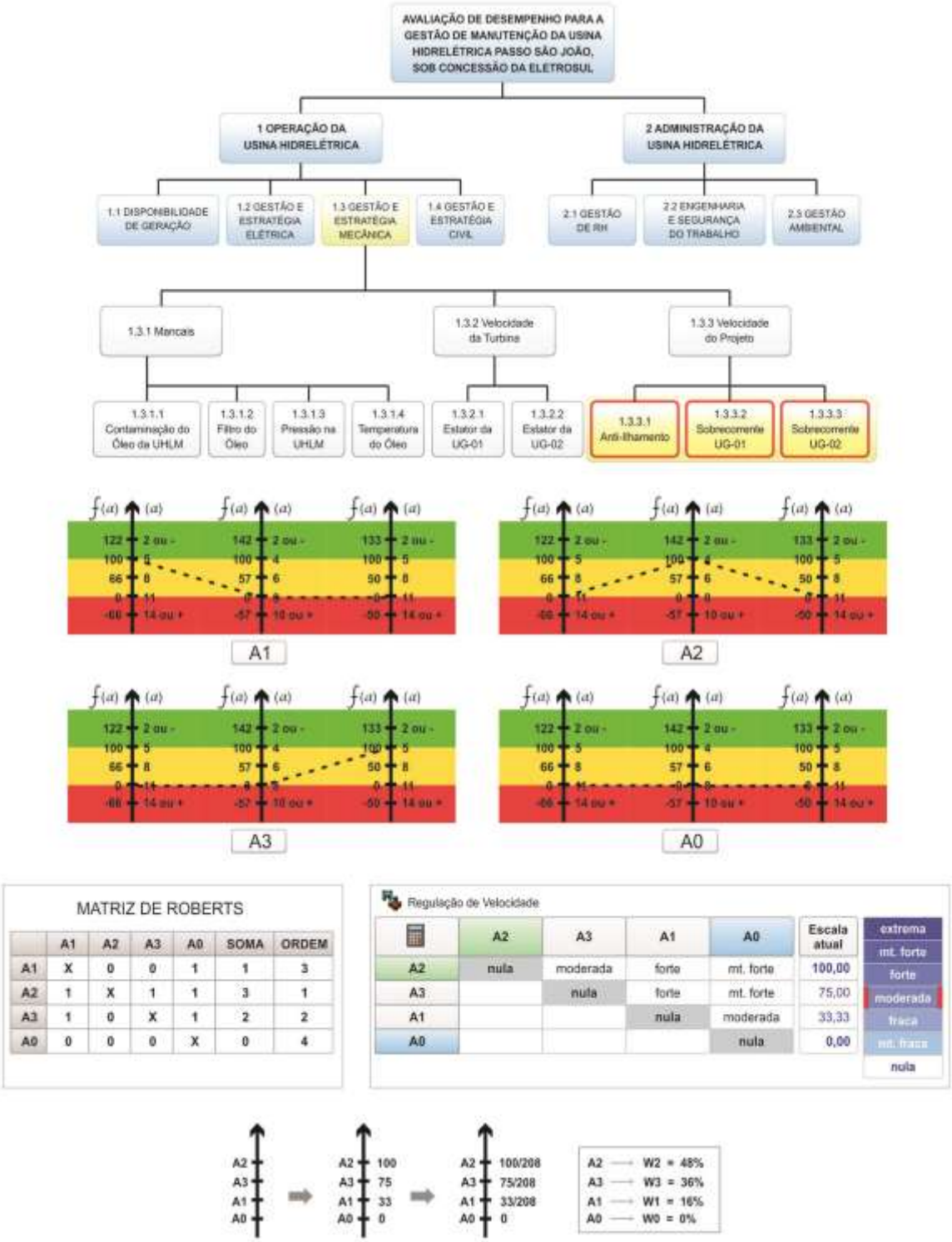
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	100,00
A1		nula	forte	57,14
A0			nula	0,00

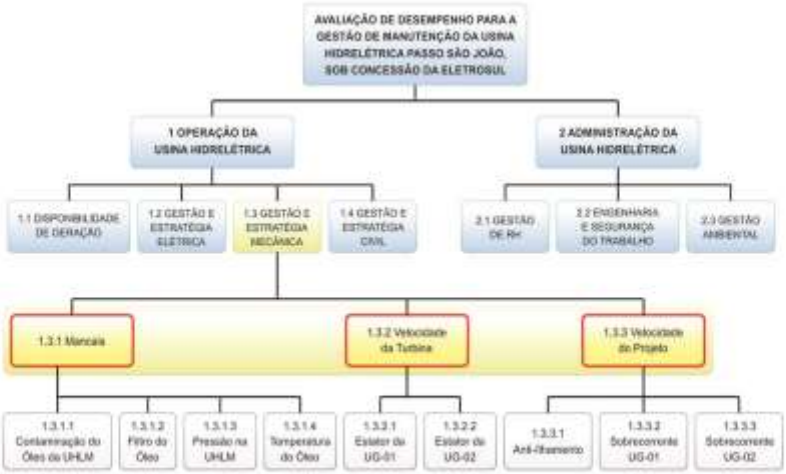
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

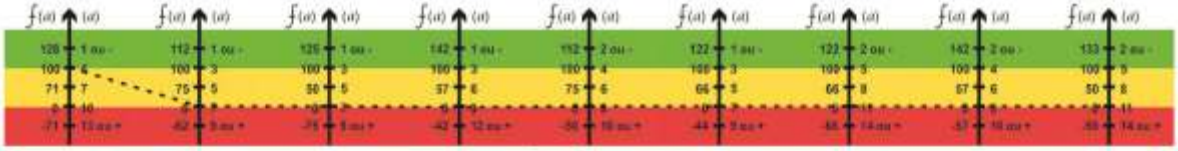


	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	1	1	3
A2	1	X	1	1	3	1
A3	1	0	X	1	2	2
A0	0	0	0	X	0	4

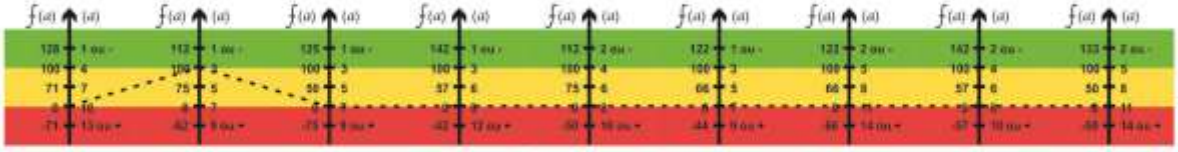
	A2	A3	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A3		nula	forte	mt. forte	75,00
A1			nula	moderada	33,33
A0				nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

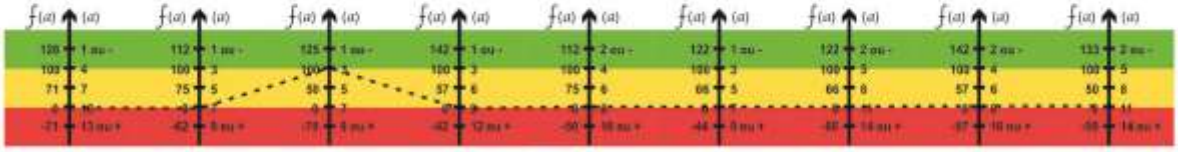




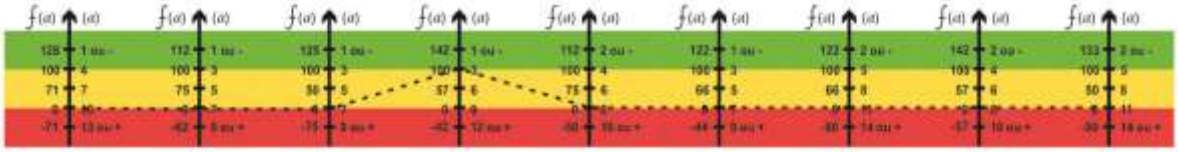
A1



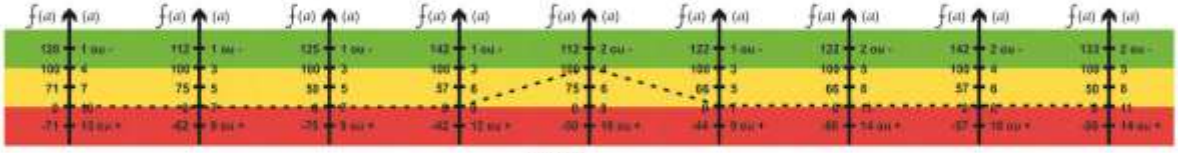
A2



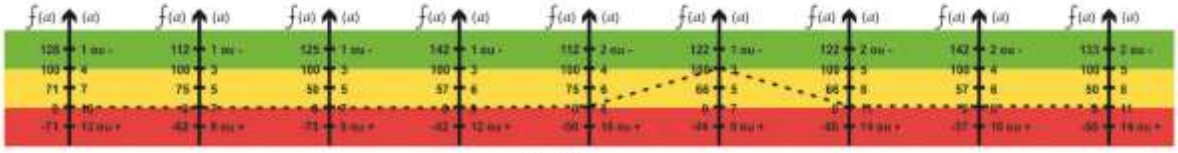
A3



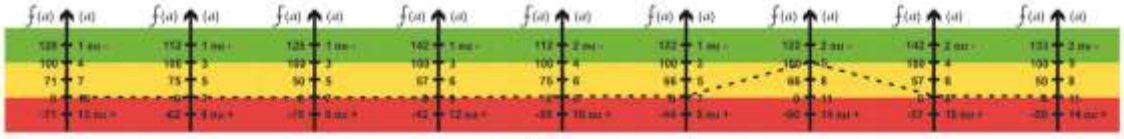
A4



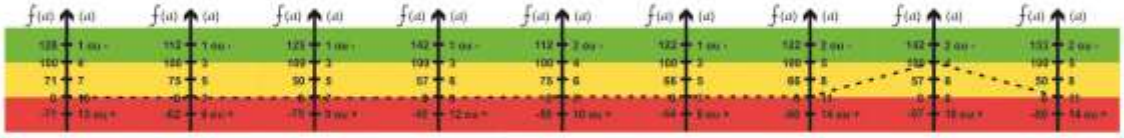
A5



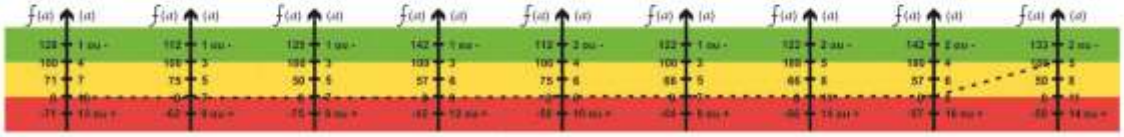
A6



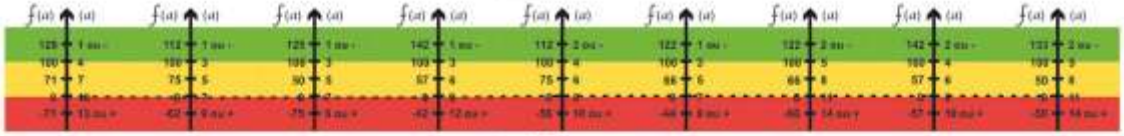
A7



A8



A9



A0

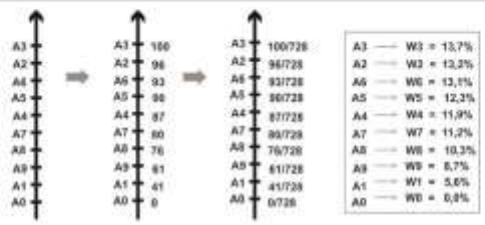
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	9
A2	1	X	0	1	1	1	1	0	1	1	7	2
A3	1	1	X	1	1	1	1	1	1	1	9	1
A4	1	0	0	X	0	0	1	1	1	1	5	5
A5	1	0	0	1	X	0	1	1	1	1	6	4
A6	1	0	0	1	1	X	1	1	1	1	7	3
A7	1	0	0	0	0	0	X	1	1	1	4	6
A8	1	1	0	0	0	0	0	X	0	1	3	7
A9	1	0	0	0	0	0	0	1	X	1	2	8
A0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	10

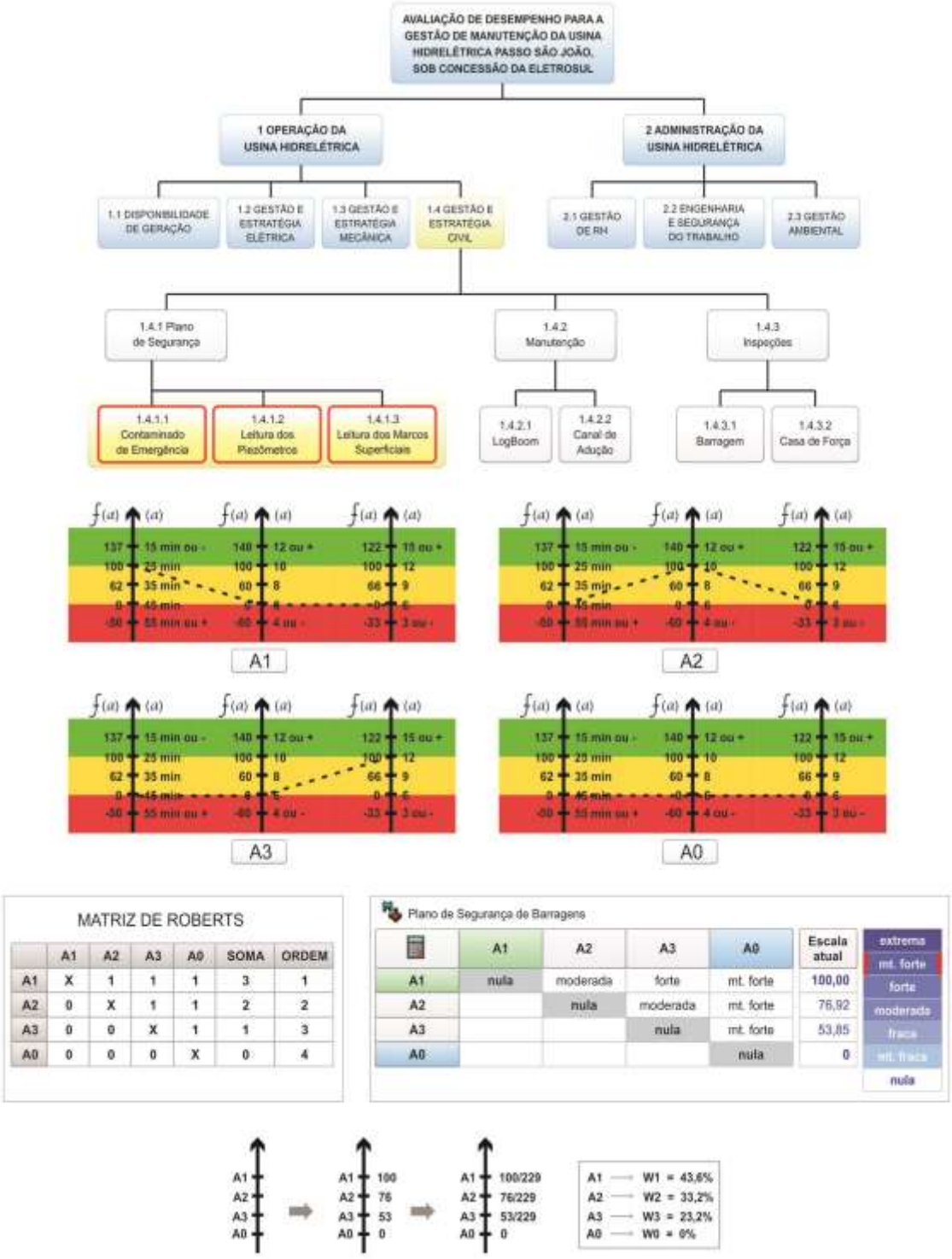
Gestão e Estratégia Mecânica

	A3	A2	A6	A5	A4	A7	A8	A9	A1	A0	Escala atual
A3	nula	fraca	fraca	fraca	fraca	moderada	forte	forte	mt. forte	extrema	100,0
A2		nula	fraca	fraca	fraca	moderada	forte	forte	mt. forte	extrema	96,83
A6			nula	fraca	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	extrema	93,65
A5				nula	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	extrema	90,48
A4					nula	fraca	fraca	forte	mt. forte	extrema	87,30
A7						nula	fraca	moderada	forte	extrema	80,95
A8							nula	moderada	forte	mt. forte	76,19
A9								nula	forte	mt. forte	61,90
A1									nula	mt. forte	41,27
A0										nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



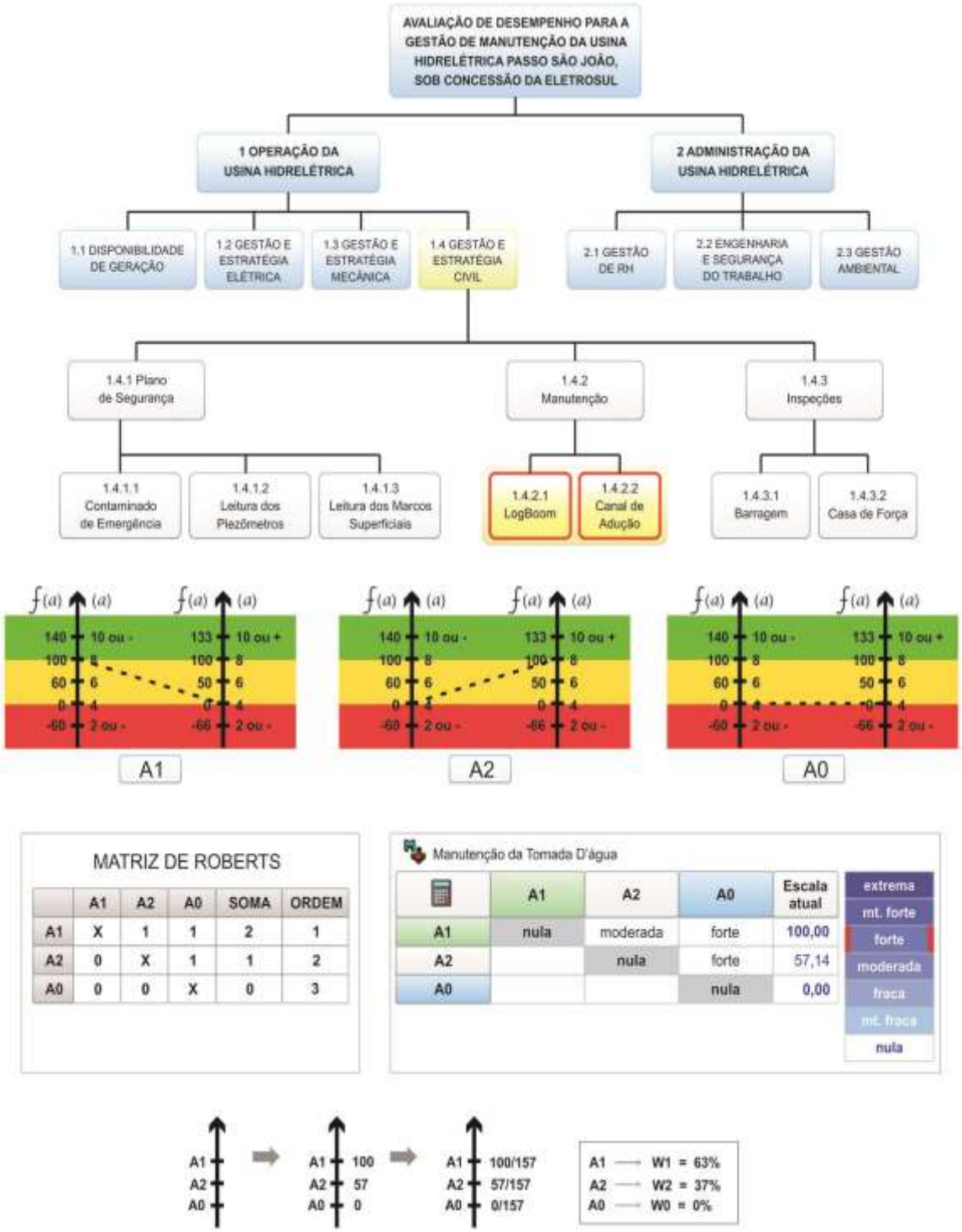
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A2		nula	moderada	mt. forte	76,92
A3			nula	mt. forte	53,85
A0				nula	0

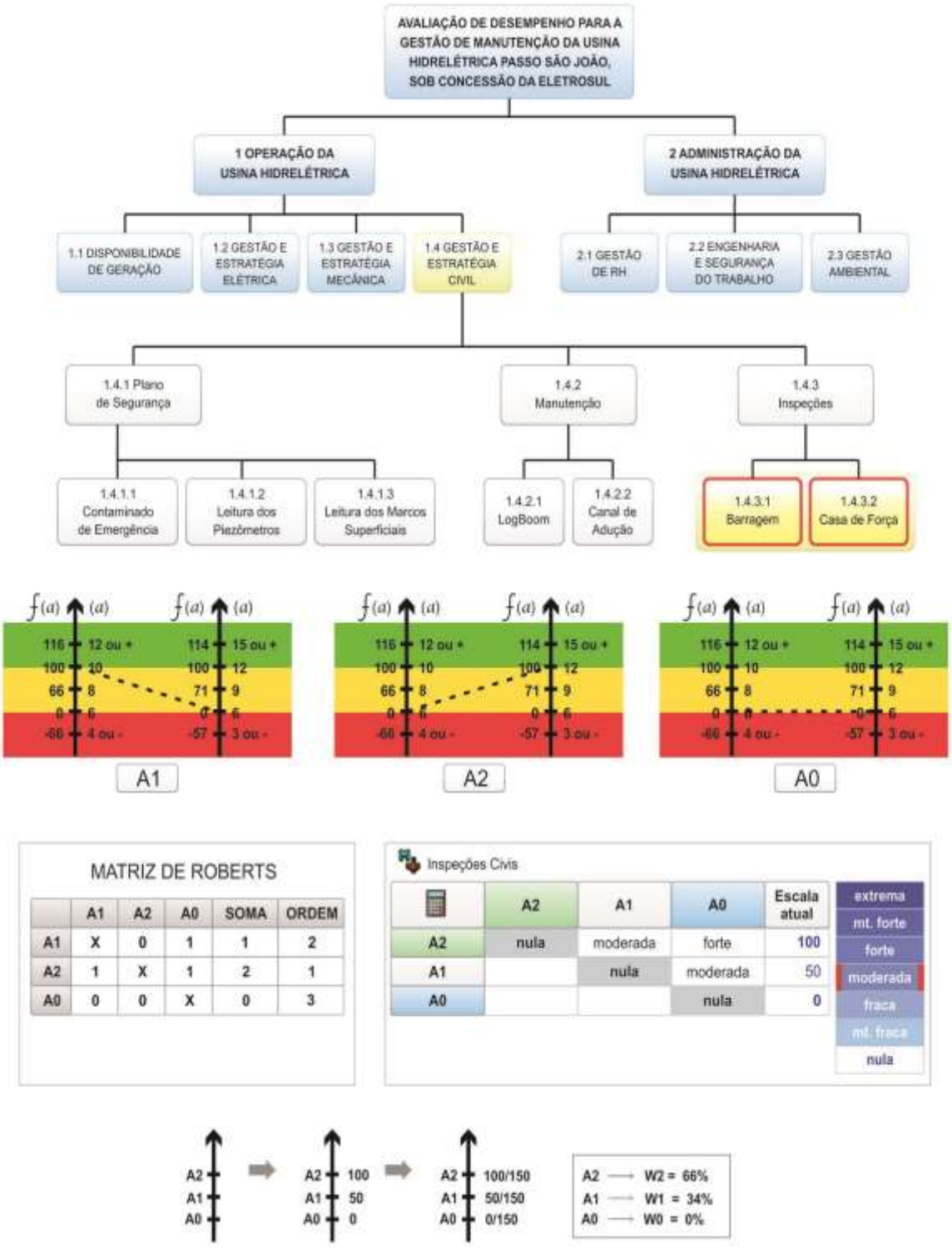
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	100,00
A2		nula	forte	57,14
A0			nula	0,00

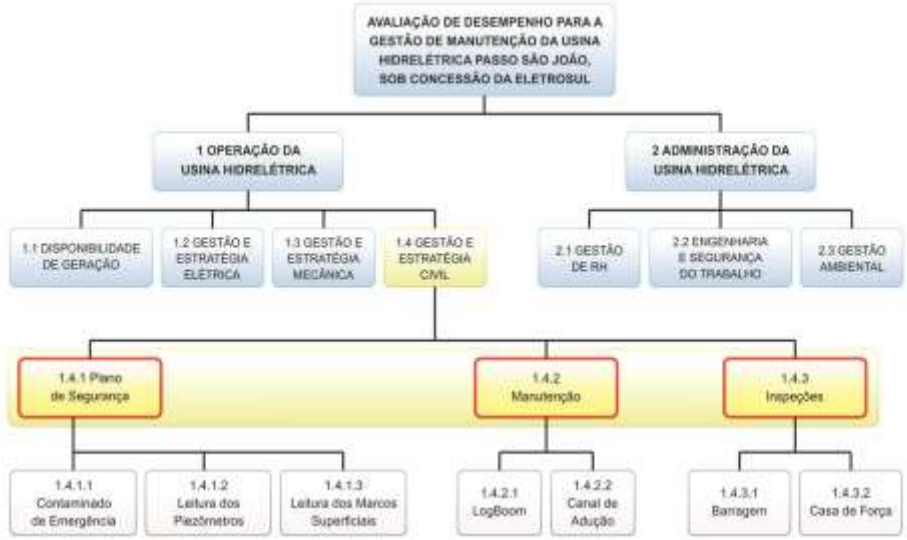
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

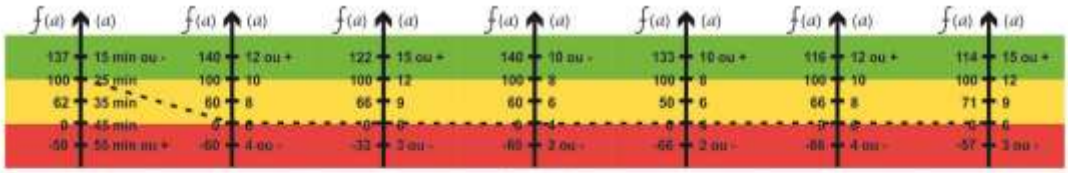


	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

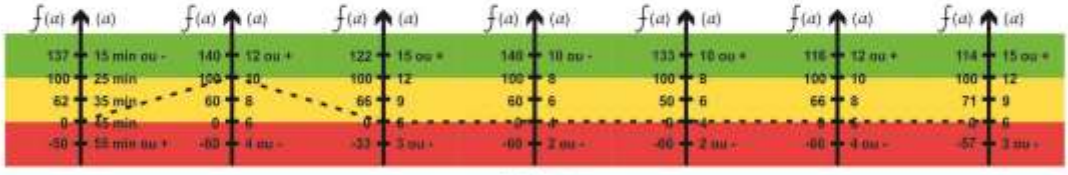
	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	100
A1		nula	moderada	50
A0			nula	0

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

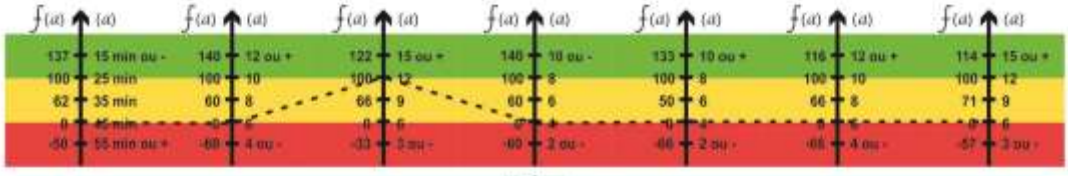

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
1 OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
2 ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
1.1 DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
1.2 GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
1.3 GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
1.4 GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
2.1 GESTÃO DE RH
2.2 ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
2.3 GESTÃO AMBIENTAL
1.4.1 Plano de Segurança
1.4.2 Manutenção
1.4.3 Inspeções
1.4.1.1 Contaminado de Emergência
1.4.1.2 Leitura dos Piezômetros
1.4.1.3 Leitura dos Marcos Superficiais
1.4.2.1 LogBoom
1.4.2.2 Canal de Adução
1.4.3.1 Barragem
1.4.3.2 Casa de Força



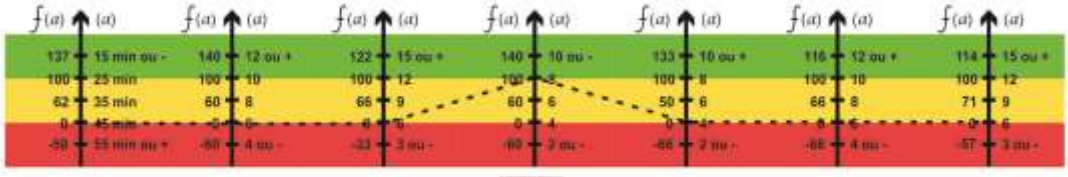
A1



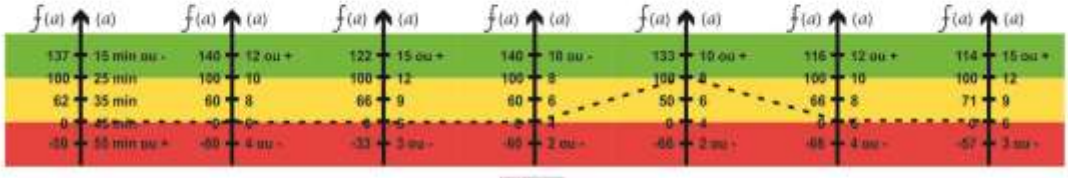
A2



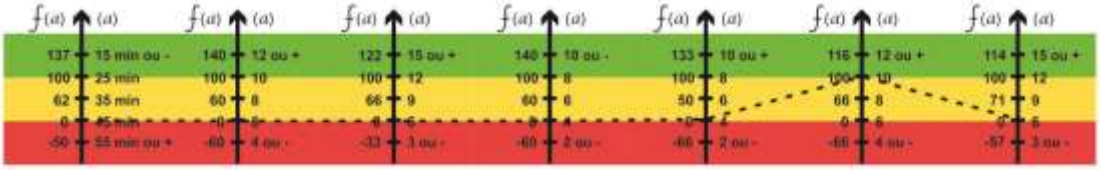
A3



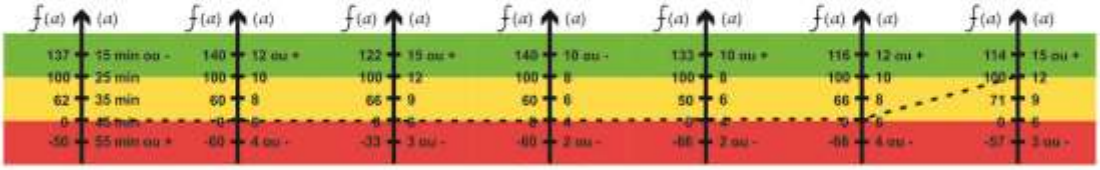
A4



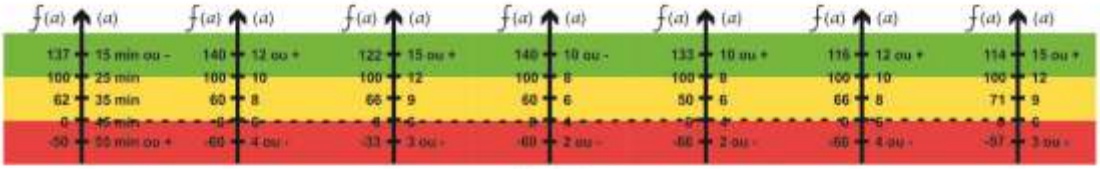
A5



A6



A7



A0

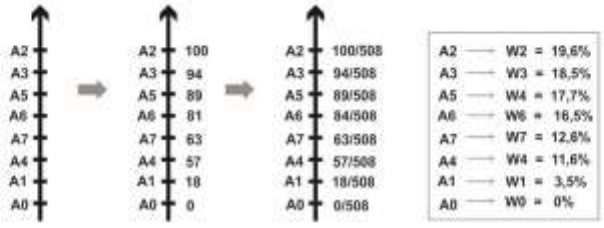
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	0	0	0	0	1	1	7
A2	1	X	1	1	1	1	1	0	6	1
A3	1	0	X	1	1	1	1	1	6	2
A4	1	0	0	X	0	0	0	1	2	6
A5	1	0	0	1	X	0	1	1	4	3
A6	1	0	0	1	1	X	0	1	4	4
A7	1	0	0	1	0	1	X	0	3	5
A0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	8

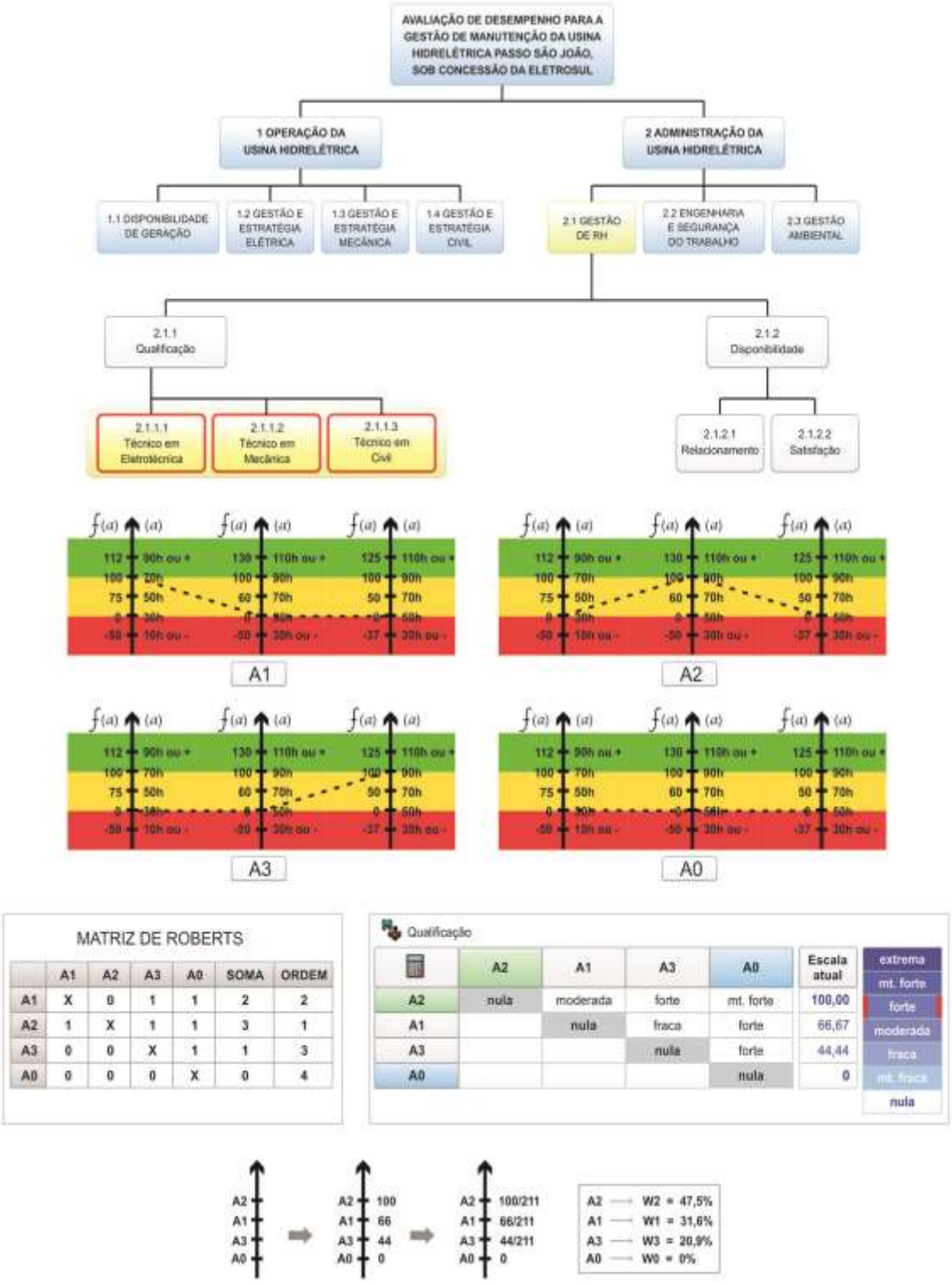
Gestão e Estratégia Civil

	A2	A3	A5	A6	A7	A4	A1	A0	Escala atual
A2	nula	fraca	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	mt. forte	100,0
A3		nula	fraca	fraca	moderada	moderada	mt. forte	mt. forte	94,74
A4			nula	fraca	moderada	moderada	mt. forte	mt. forte	89,47
A6				nula	moderada	moderada	mt. forte	mt. forte	84,21
A7					nula	fraca	forte	forte	63,16
A4						nula	forte	forte	57,89
A1							nula	moderada	18,42
A0								nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



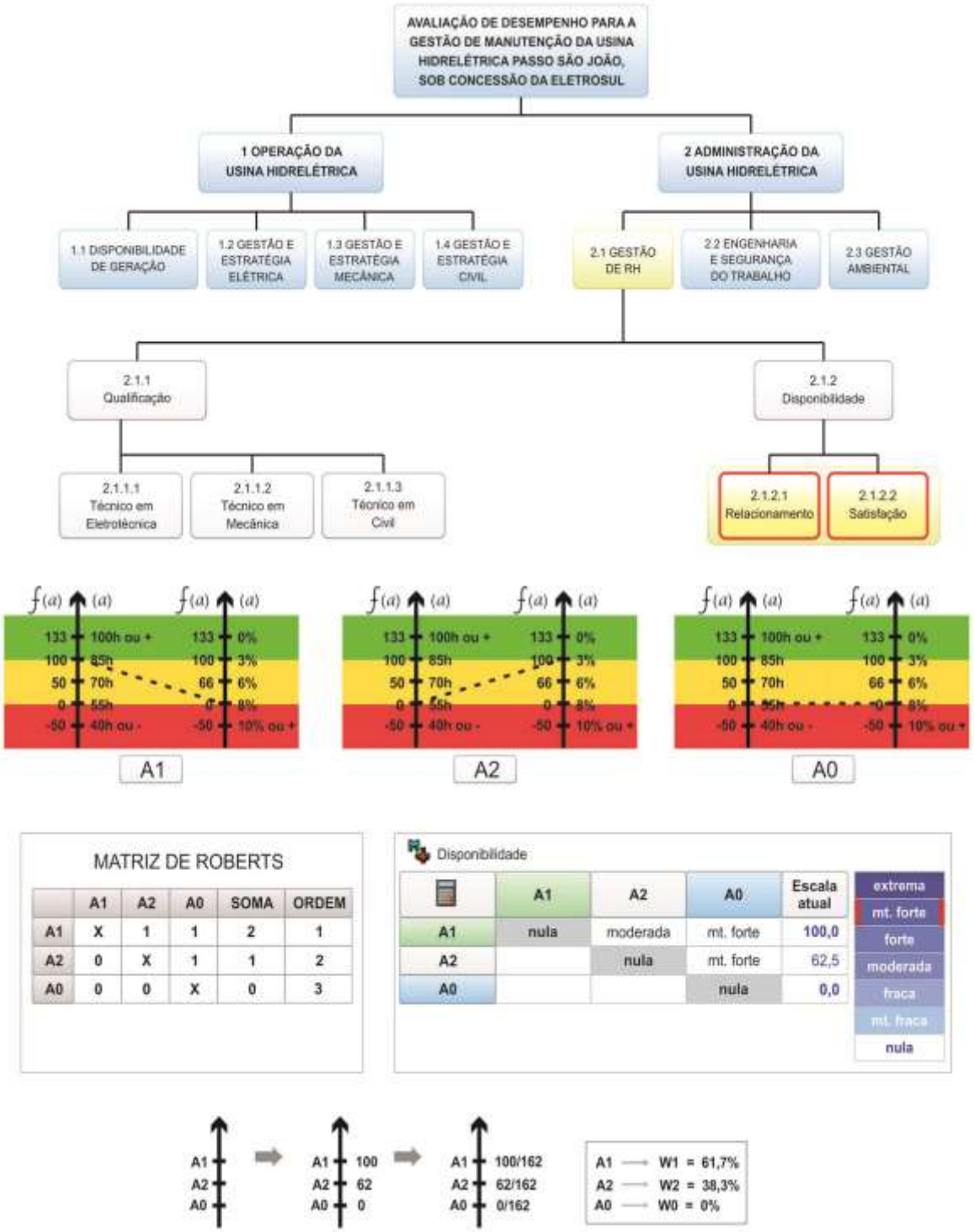
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2	2
A2	1	X	1	1	3	1
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A2	A1	A3	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	fraca	forte	66,67
A3			nula	forte	44,44
A0				nula	0

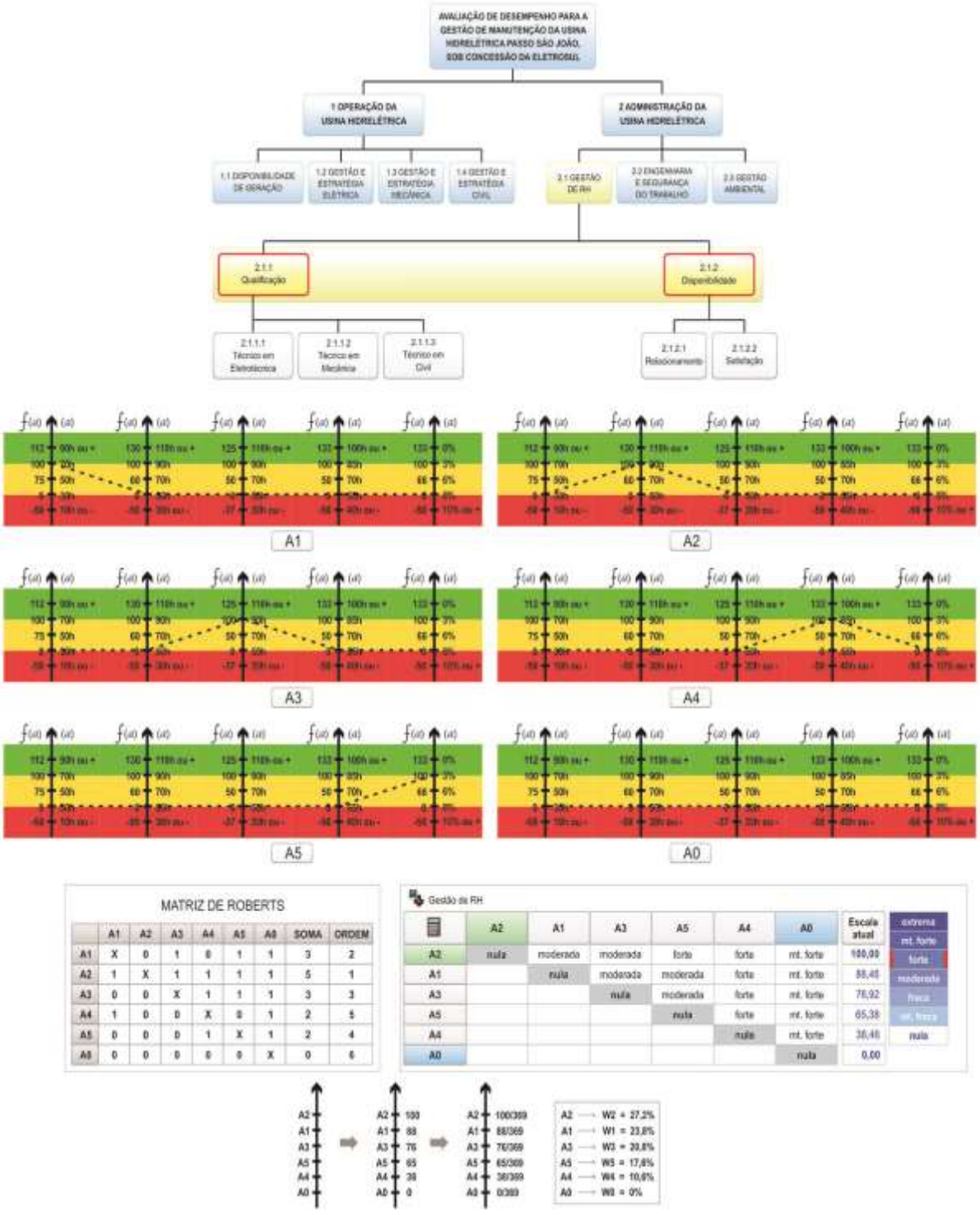
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



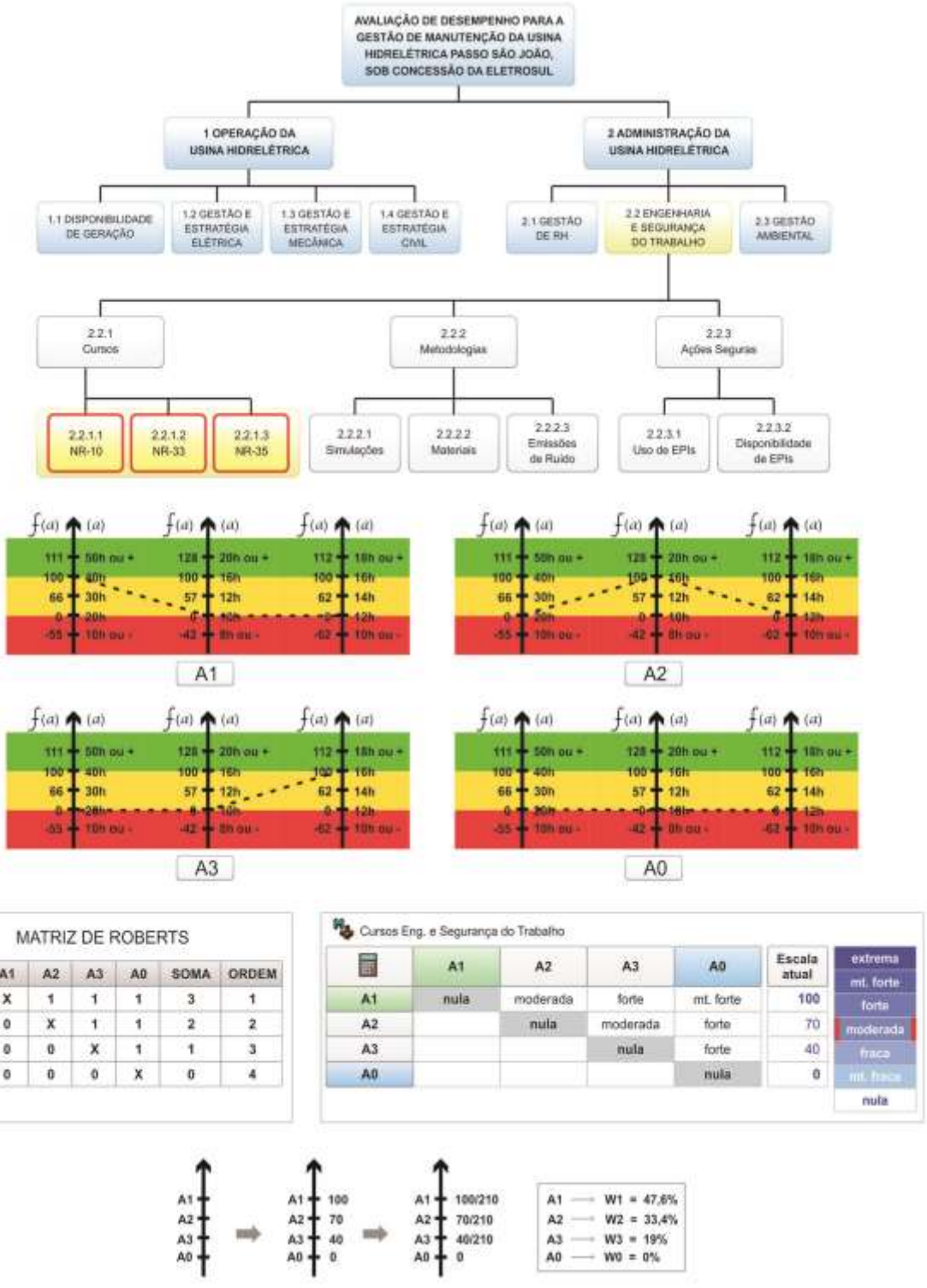
	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	mt. forte	100,0
A2		nula	mt. forte	62,5
A0			nula	0,0

Fonte: Elaboração do autor, 2018.



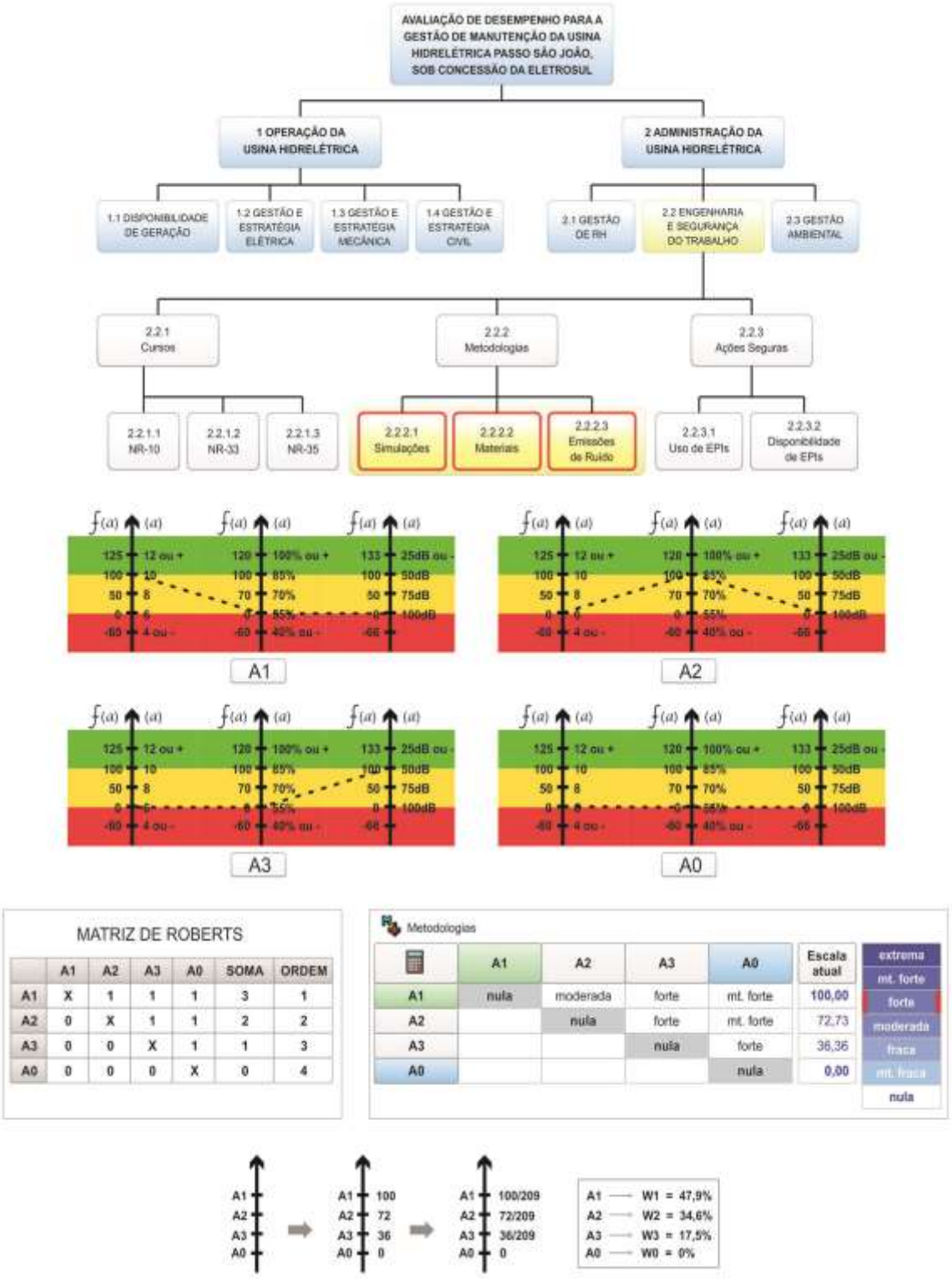
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100
A2		nula	moderada	forte	70
A3			nula	forte	40
A0				nula	0

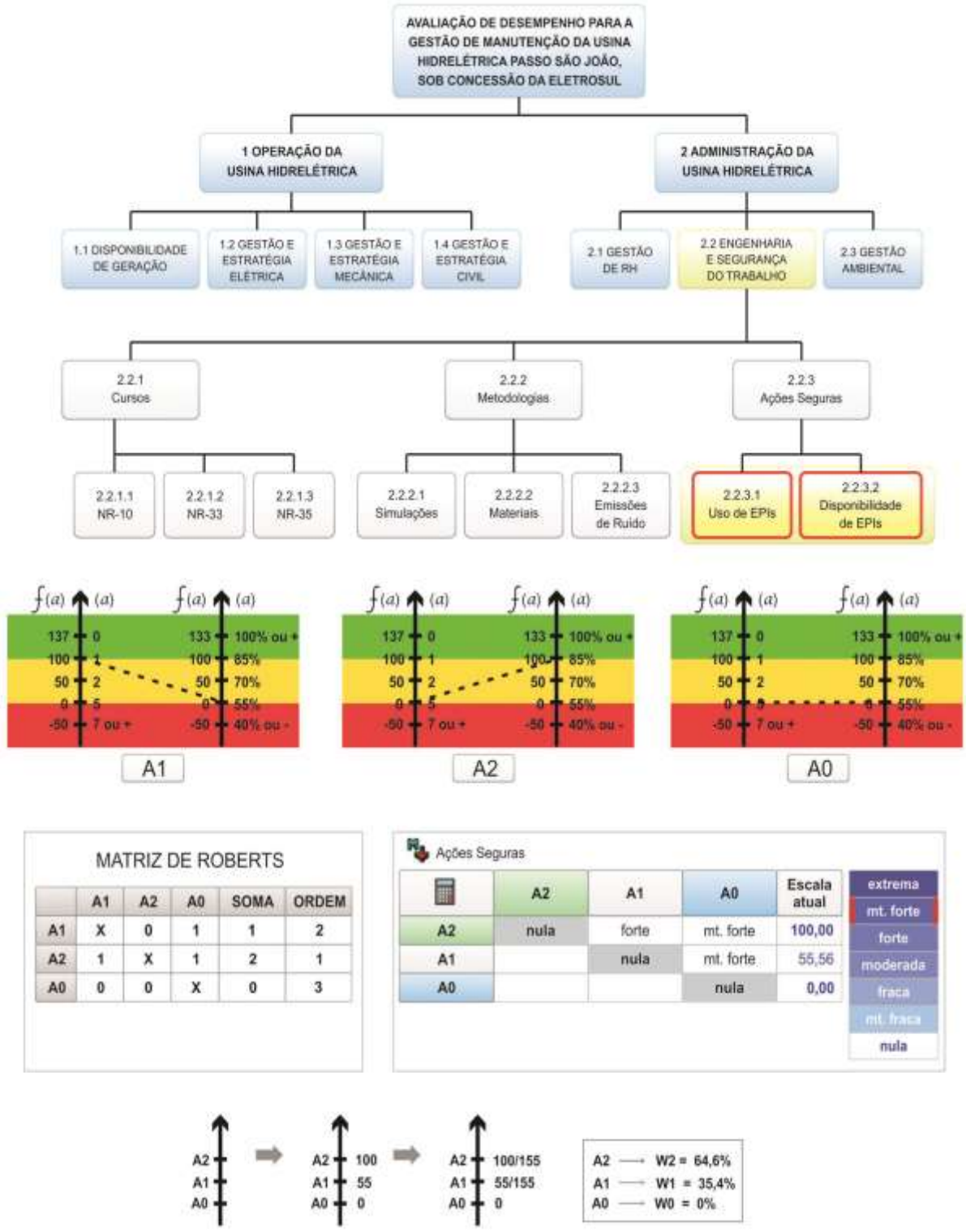
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	3	1
A2	0	X	1	1	2	2
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A1	A2	A3	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A2		nula	forte	mt. forte	72,73
A3			nula	forte	36,36
A0				nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

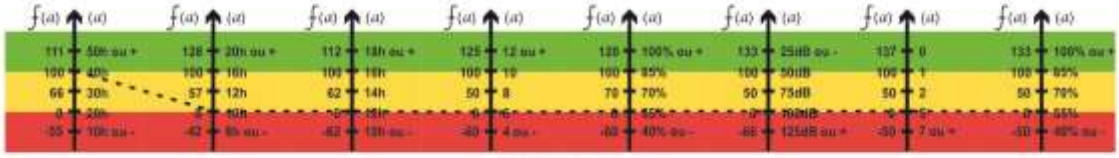


	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2
A2	1	X	1	2	1
A0	0	0	X	0	3

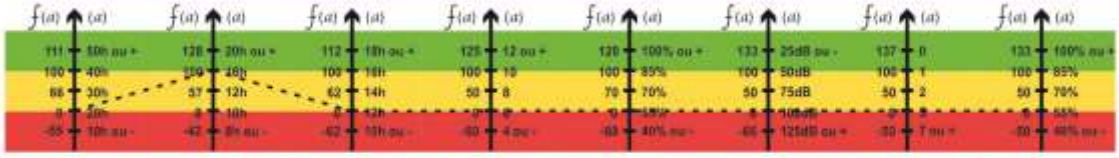
	A2	A1	A0	Escala atual
A2	nula	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	mt. forte	55,56
A0			nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

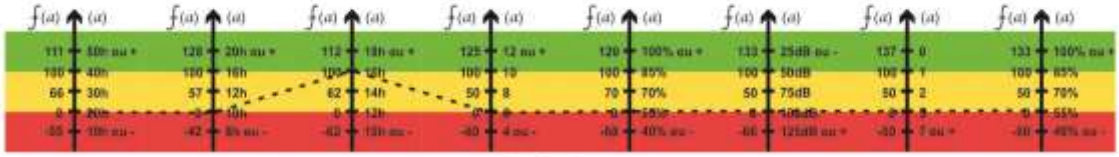




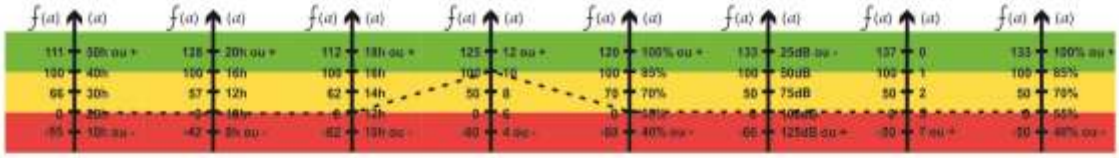
A1



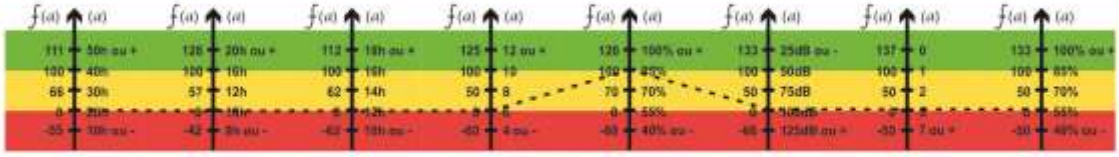
A2



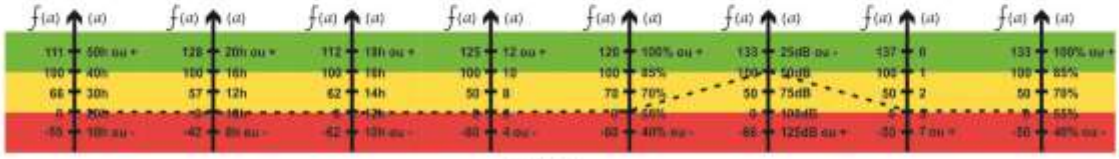
A3



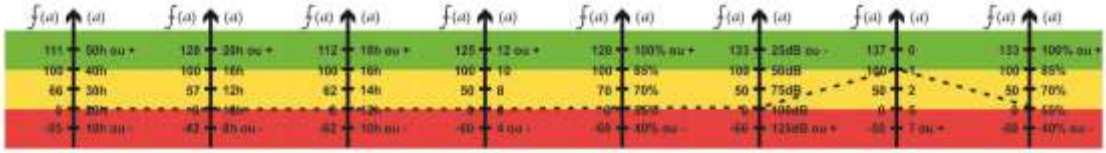
A4



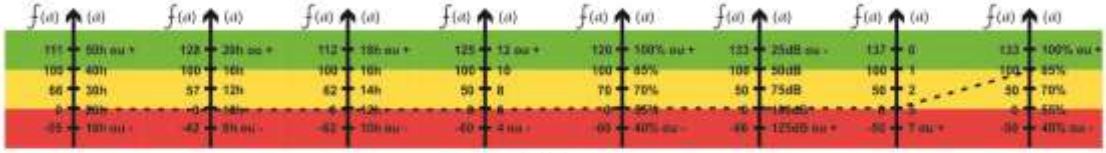
A5



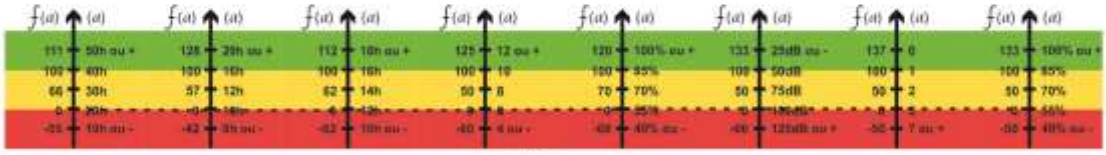
A6



A7



A8



A0

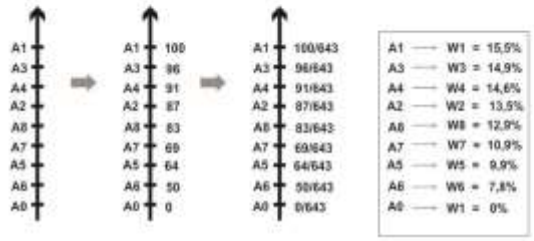
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1
A2	0	X	1	0	1	1	0	0	1	4	4
A3	0	0	X	1	1	1	1	0	1	5	2
A4	0	0	0	X	1	1	1	1	1	5	3
A5	0	0	0	0	X	1	1	0	1	3	7
A6	0	0	0	0	0	X	1	1	0	2	8
A7	0	1	0	0	0	0	X	1	1	3	6
A8	0	1	1	0	1	0	0	X	1	4	5
A0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	9

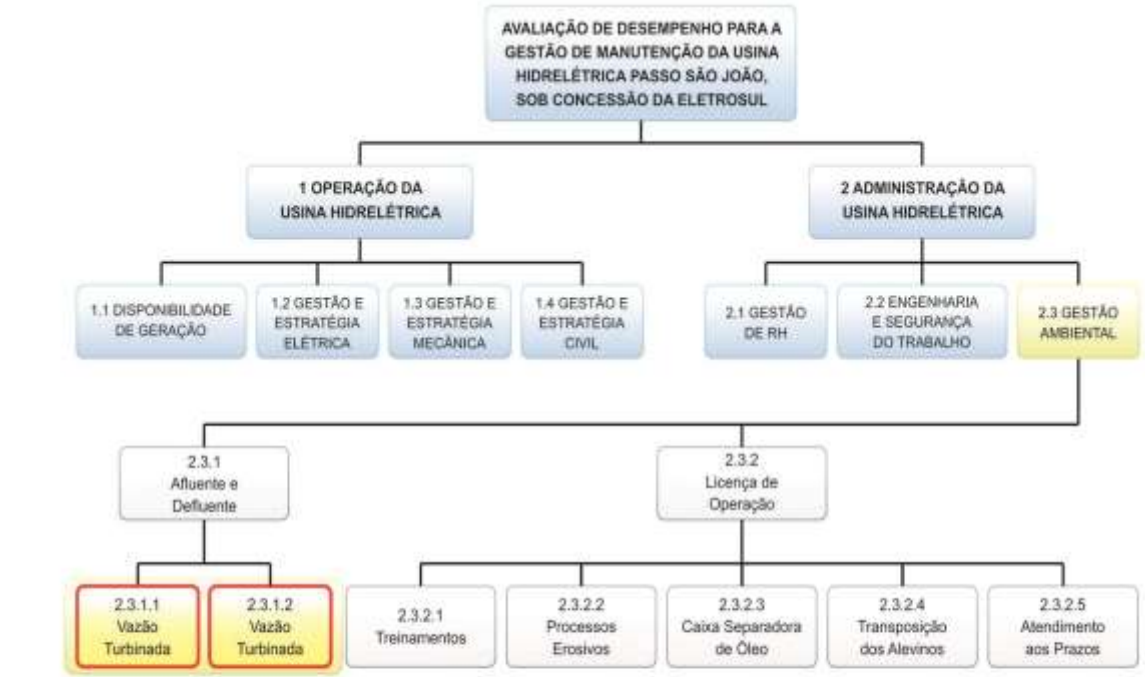
Segurança do Trabalho

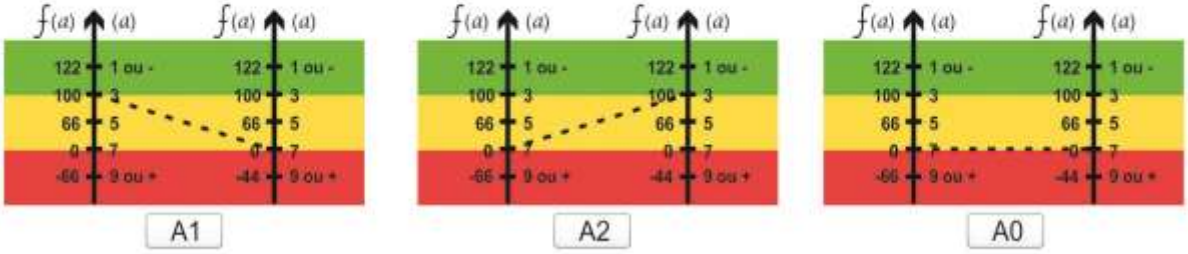
	A1	A3	A4	A2	A8	A7	A5	A6	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	moderada	moderada	forte	forte	forte	forte	mt. forte	100,0
A3		nula	moderada	moderada	moderada	forte	forte	forte	mt. forte	95,77
A4			nula	moderada	moderada	forte	forte	forte	mt. forte	91,55
A2				nula	moderada	forte	forte	forte	mt. forte	87,32
A8					nula	forte	forte	forte	mt. forte	83,10
A7						nula	moderada	forte	mt. forte	69,01
A5							nula	forte	mt. forte	64,79
A6								nula	mt. forte	50,70
A0									nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.





MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	2	1
A2	0	X	1	1	2
A0	0	0	X	0	3

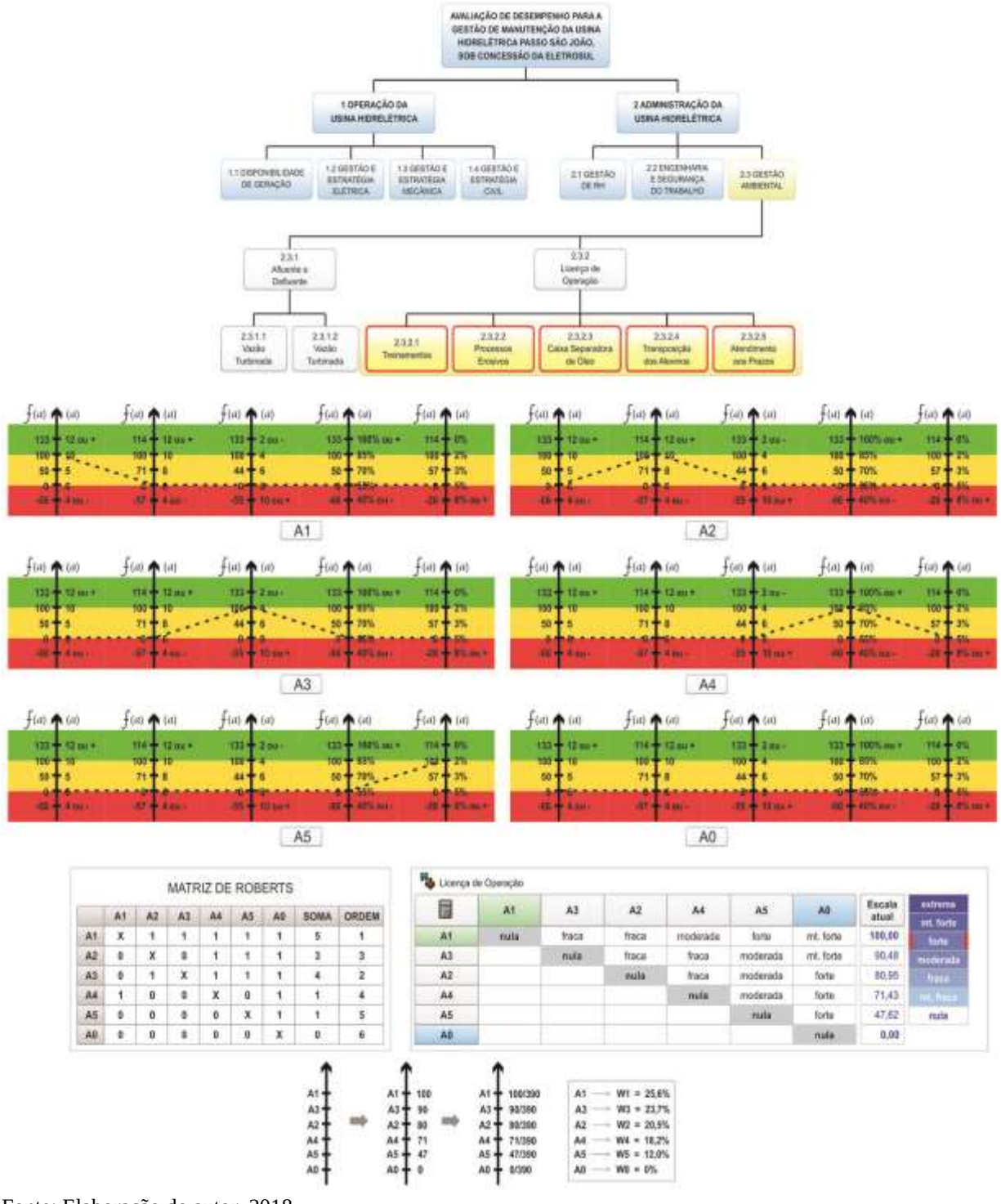
Afluente e Defluente

	A1	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	100,0
A2		nula	forte	57,14
A0			nula	0,0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



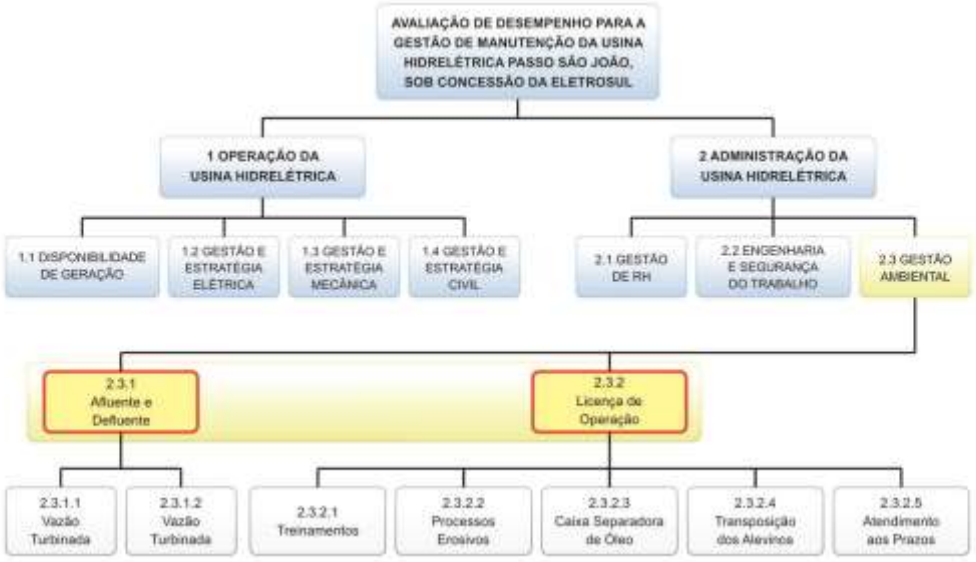
Fonte: Elaboração do autor, 2018.

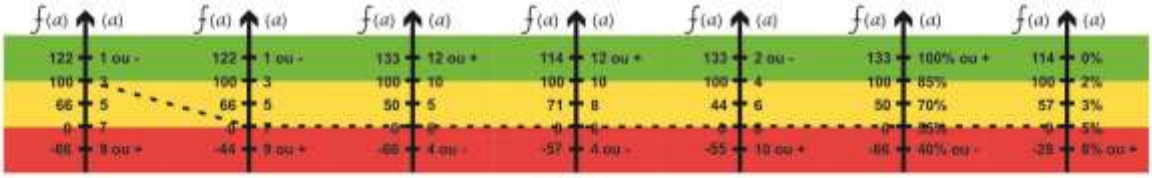


	A1	A2	A3	A4	A5	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	1	5	1
A2	0	X	0	1	1	1	3	3
A3	0	1	X	1	1	1	4	2
A4	1	0	0	X	0	1	1	4
A5	0	0	0	0	X	1	1	5
A0	0	0	0	0	0	X	0	6

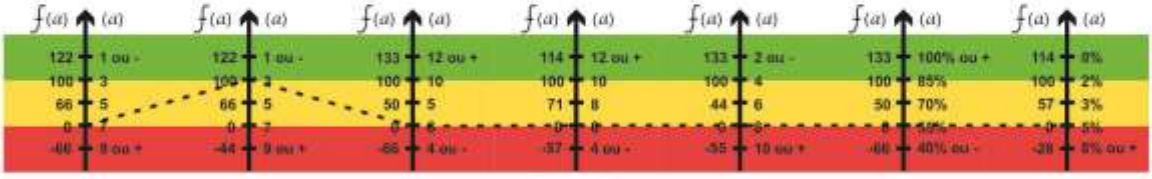
	A1	A3	A2	A4	A5	A0	Escala atual
A1	nula	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	100,00
A3		nula	fraca	fraca	moderada	mt. forte	90,48
A2			nula	fraca	moderada	forte	80,95
A4				nula	moderada	forte	71,43
A5					nula	forte	47,62
A0						nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.

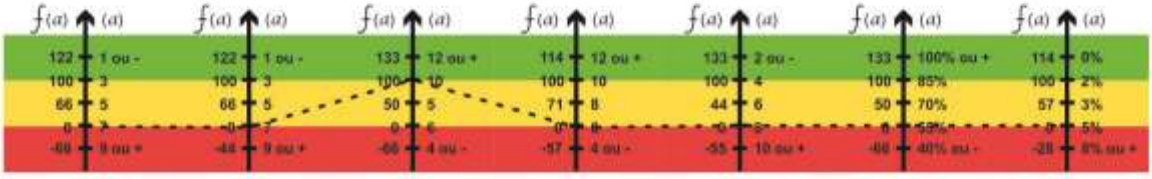

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA A GESTÃO DE MANUTENÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA PASSO SÃO JOÃO, SOB CONCESSÃO DA ELETROSUL
1 OPERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
2 ADMINISTRAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA
1.1 DISPONIBILIDADE DE GERAÇÃO
1.2 GESTÃO E ESTRATÉGIA ELÉTRICA
1.3 GESTÃO E ESTRATÉGIA MECÂNICA
1.4 GESTÃO E ESTRATÉGIA CIVIL
2.1 GESTÃO DE RH
2.2 ENGENHARIA E SEGURANÇA DO TRABALHO
2.3 GESTÃO AMBIENTAL
2.3.1 Afluente e Defluente
2.3.2 Licença de Operação
2.3.1.1 Vazão Turbinada
2.3.1.2 Vazão Turbinada
2.3.2.1 Treinamentos
2.3.2.2 Processos Erosivos
2.3.2.3 Caixa Separadora de Óleo
2.3.2.4 Transposição dos Alevinos
2.3.2.5 Atendimento aos Prazos


f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-66 9 ou +
f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-44 9 ou +
f(a) (a)
133 12 ou +
100 10
50 5
0 6
-66 4 ou -
f(a) (a)
114 12 ou +
100 10
71 8
0 6
-57 4 ou -
f(a) (a)
133 2 ou -
100 4
44 6
0 8
-55 10 ou +
f(a) (a)
133 100% ou +
100 85%
50 70%
0 50%
-66 40% ou -
f(a) (a)
114 0%
100 2%
57 3%
0 5%
-28 8% ou +

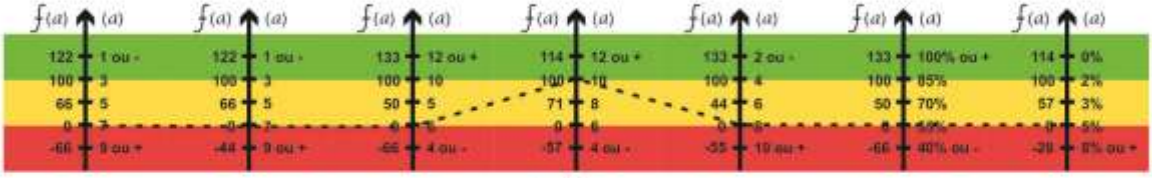
A1


f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-66 9 ou +
f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-44 9 ou +
f(a) (a)
133 12 ou +
100 10
50 5
0 6
-66 4 ou -
f(a) (a)
114 12 ou +
100 10
71 8
0 6
-57 4 ou -
f(a) (a)
133 2 ou -
100 4
44 6
0 8
-55 10 ou +
f(a) (a)
133 100% ou +
100 85%
50 70%
0 50%
-66 40% ou -
f(a) (a)
114 0%
100 2%
57 3%
0 5%
-28 8% ou +

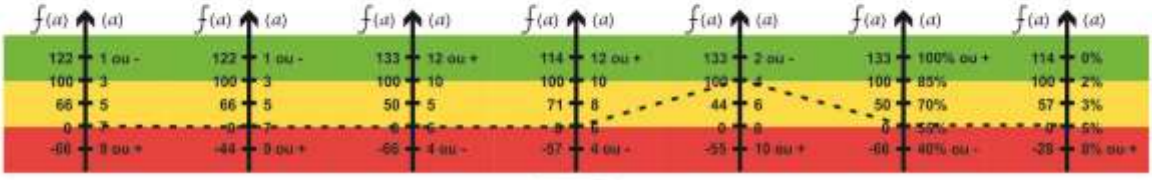
A2


f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-66 9 ou +
f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-44 9 ou +
f(a) (a)
133 12 ou +
100 10
50 5
0 6
-66 4 ou -
f(a) (a)
114 12 ou +
100 10
71 8
0 6
-57 4 ou -
f(a) (a)
133 2 ou -
100 4
44 6
0 8
-55 10 ou +
f(a) (a)
133 100% ou +
100 85%
50 70%
0 50%
-66 40% ou -
f(a) (a)
114 0%
100 2%
57 3%
0 5%
-28 8% ou +

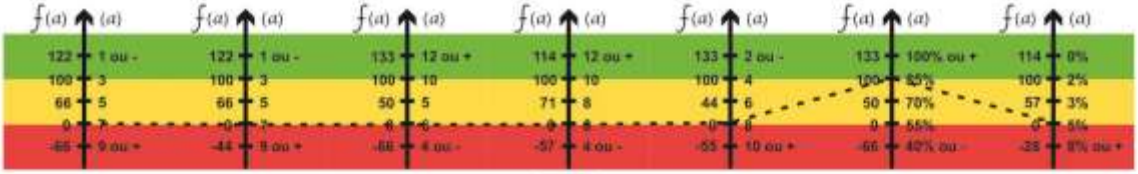
A3


f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-66 9 ou +
f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-44 9 ou +
f(a) (a)
133 12 ou +
100 10
50 5
0 6
-66 4 ou -
f(a) (a)
114 12 ou +
100 10
71 8
0 6
-57 4 ou -
f(a) (a)
133 2 ou -
100 4
44 6
0 8
-55 10 ou +
f(a) (a)
133 100% ou +
100 85%
50 70%
0 50%
-66 40% ou -
f(a) (a)
114 0%
100 2%
57 3%
0 5%
-28 8% ou +

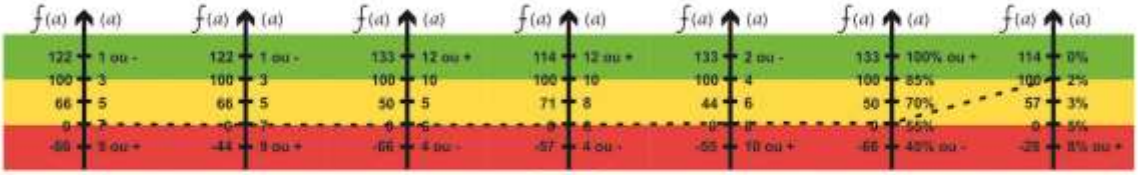
A4


f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-66 9 ou +
f(a) (a)
122 1 ou -
100 3
66 5
0 7
-44 9 ou +
f(a) (a)
133 12 ou +
100 10
50 5
0 6
-66 4 ou -
f(a) (a)
114 12 ou +
100 10
71 8
0 6
-57 4 ou -
f(a) (a)
133 2 ou -
100 4
44 6
0 8
-55 10 ou +
f(a) (a)
133 100% ou +
100 85%
50 70%
0 50%
-66 40% ou -
f(a) (a)
114 0%
100 2%
57 3%
0 5%
-28 8% ou +

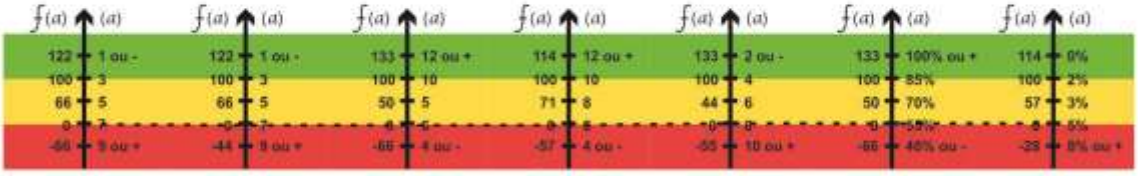
A5



A6



A7



A0

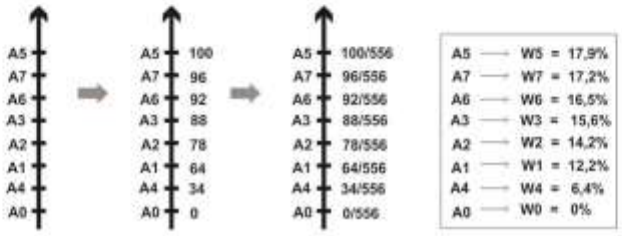
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	0	1	0	0	0	1	2	6
A2	1	X	0	1	0	0	0	1	3	5
A3	1	1	X	1	0	0	0	1	4	4
A4	0	0	0	X	0	0	0	1	1	7
A5	1	1	1	1	X	1	1	1	7	1
A6	1	1	1	1	0	X	0	1	5	3
A7	1	1	1	1	0	1	X	0	6	2
A0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	8

Gestão Ambiental

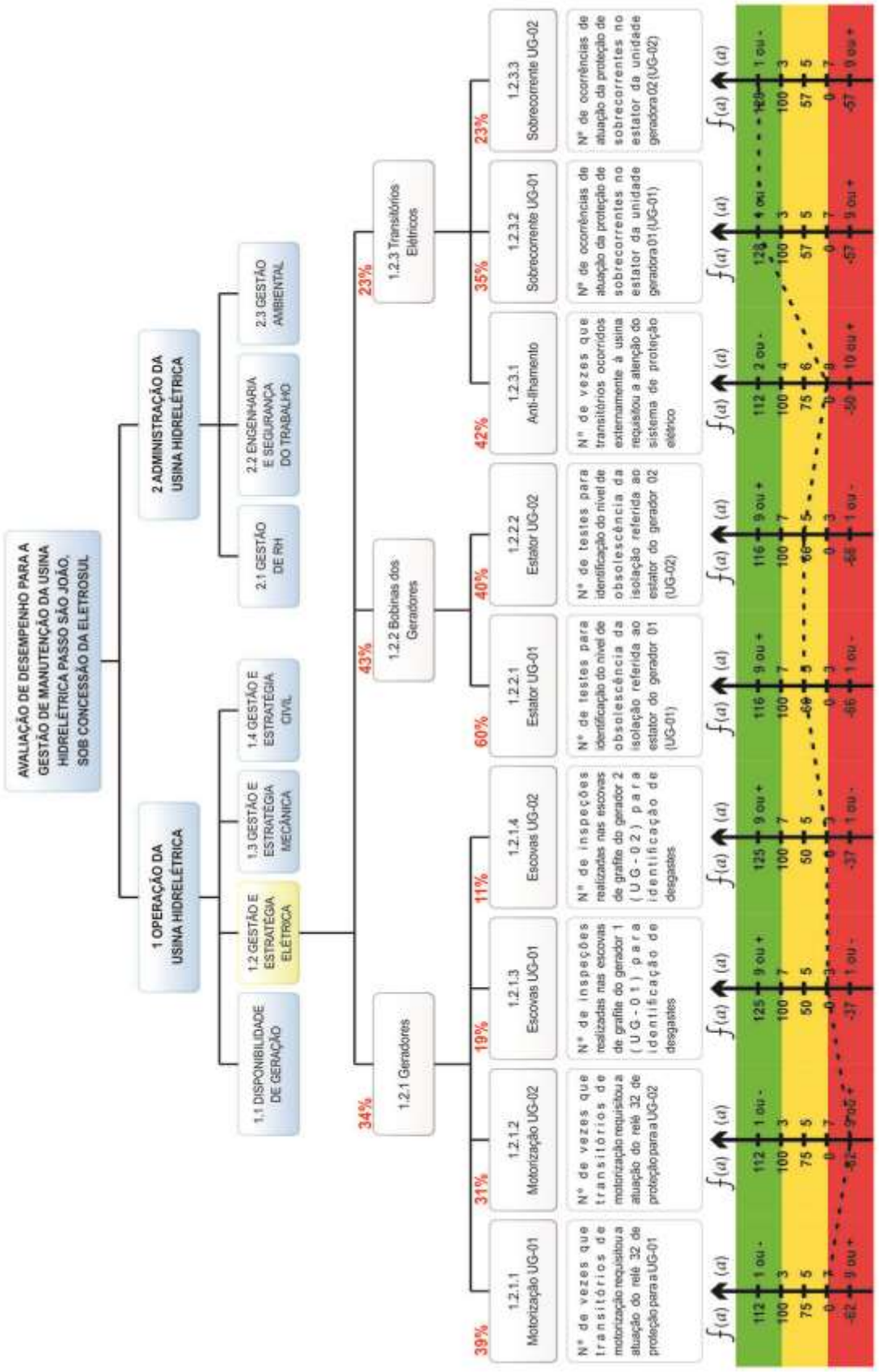
	A5	A7	A6	A3	A2	A1	A4	A0	Escala atual
A5	nula	fraca	fraca	moderada	moderada	moderada	forte	mt. forte	100
A7		nula	fraca	fraca	moderada	moderada	forte	mt. forte	96
A6			nula	fraca	moderada	moderada	forte	mt. forte	92
A3				nula	moderada	moderada	forte	mt. forte	88
A2					nula	moderada	forte	mt. forte	78
A1						nula	forte	mt. forte	68
A4							nula	forte	64
A0								nula	0

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

APÊNDICE H – TAXA DE SUBSTITUIÇÃO PARA REPRESENTAR AS PREFERÊNCIAS GLOBAIS



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

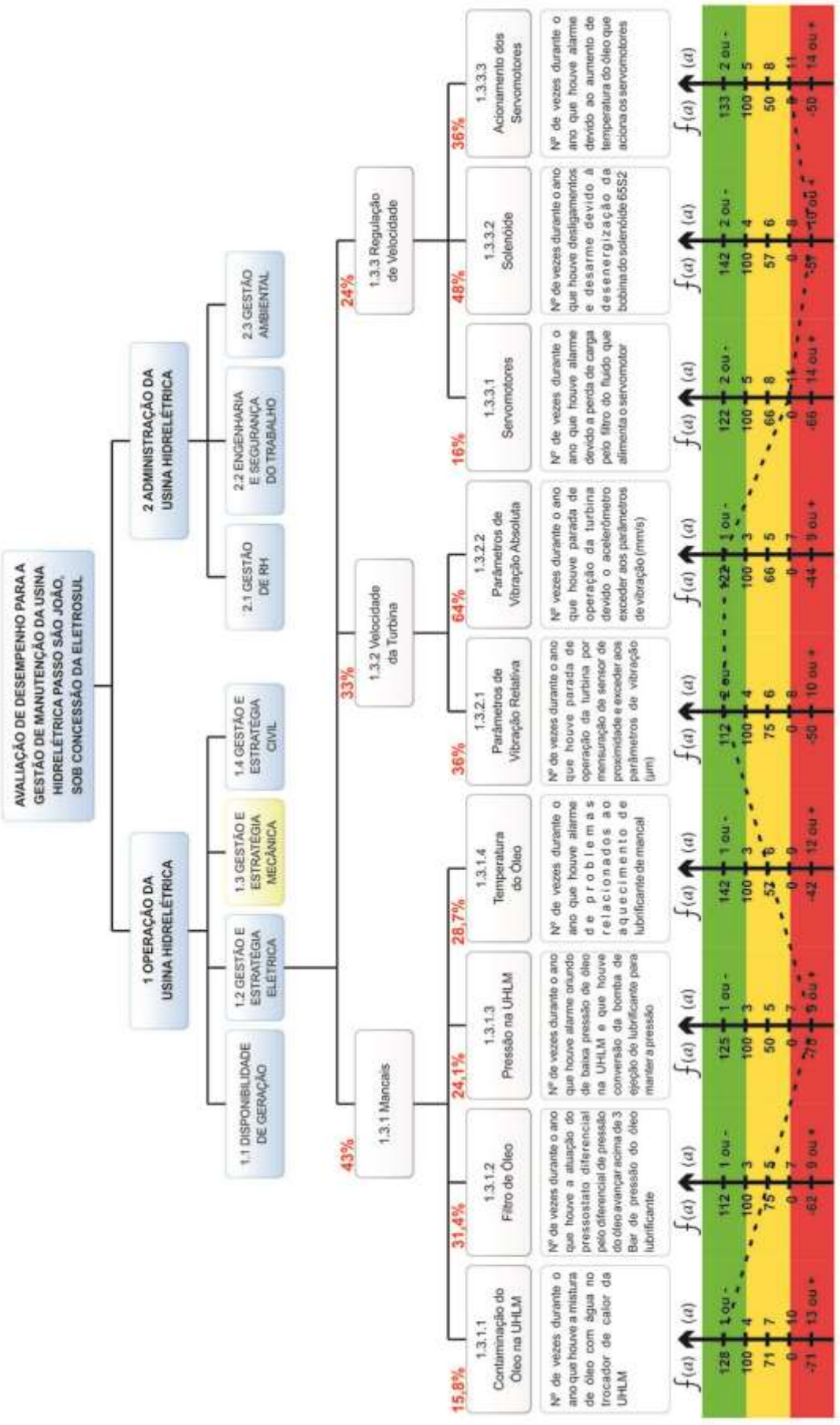
V1.2 Gestão e Estratégia Elétrica (SQ) = {0,34 Geradores [(0,39 Motorização UG-01(SQ)) + (0,31 Motorização UG-02(SQ)) + (0,19 Escovas UG-01(SQ)) + (0,11 Escovas UG-02(SQ))] } + { 0,43 Bobinas dos Geradores [(0,6 Estator UG-01(SQ)) + (0,4 Estator UG-02(SQ))] } + { 0,23 Transitórios Elétricos [(0,42 Anti-ilhamento(SQ)) + (0,35 Sobrecorrente UG-01 (SQ)) + (0,23 Sobrecorrente UG-02 (SQ))] }

V1.2 Gestão e Estratégia Elétrica (SQ) = {0,34 [(0,39 * 0) + (0,31 * (-62)) + (0,19 * 0) + (0,11 * 0)] } + { 0,43 [(0,6*66) + (0,4*66)] } + { 0,23 Transitório Elétricos [(0,42 * 0) + (0,35 * 128) + (0,23 * 128)] }

V1.2 Gestão e Estratégia Elétrica (SQ) = { 0,34 [(-19,22)] } + { 0,43 [(39,6) + (26,4)] } + { 0,23 [(44,8) + (29,44)] }

V1.2 Gestão e Estratégia Elétrica (SQ) = { [(6,53)] } **+** { [(28,38)] } + { [(17,07)] }

V1.2 Gestão e Estratégia Elétrica (SQ) = 51,98



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = { 0,43 Mancais [(0,158 Contaminação de óleo da UHLM (SQ)) + (0,314 Filtro do Óleo (SQ)) + (0,241 Pressão na UHLM (SQ)) + (0,287 Temperatura do Óleo (SQ))] } + { 0,33 Velocidade da Turbina [(0,36 Parâmetro de Vibração Relativa (SQ)) + (0,64 Parâmetro de Vibração Absoluta (SQ))] } + { 0,24 Regulação de Velocidade [(0,16 Servomotores (SQ)) + (0,48 Solenóide (SQ)) + (0,36 Acionamento dos Servomotores (SQ))] }

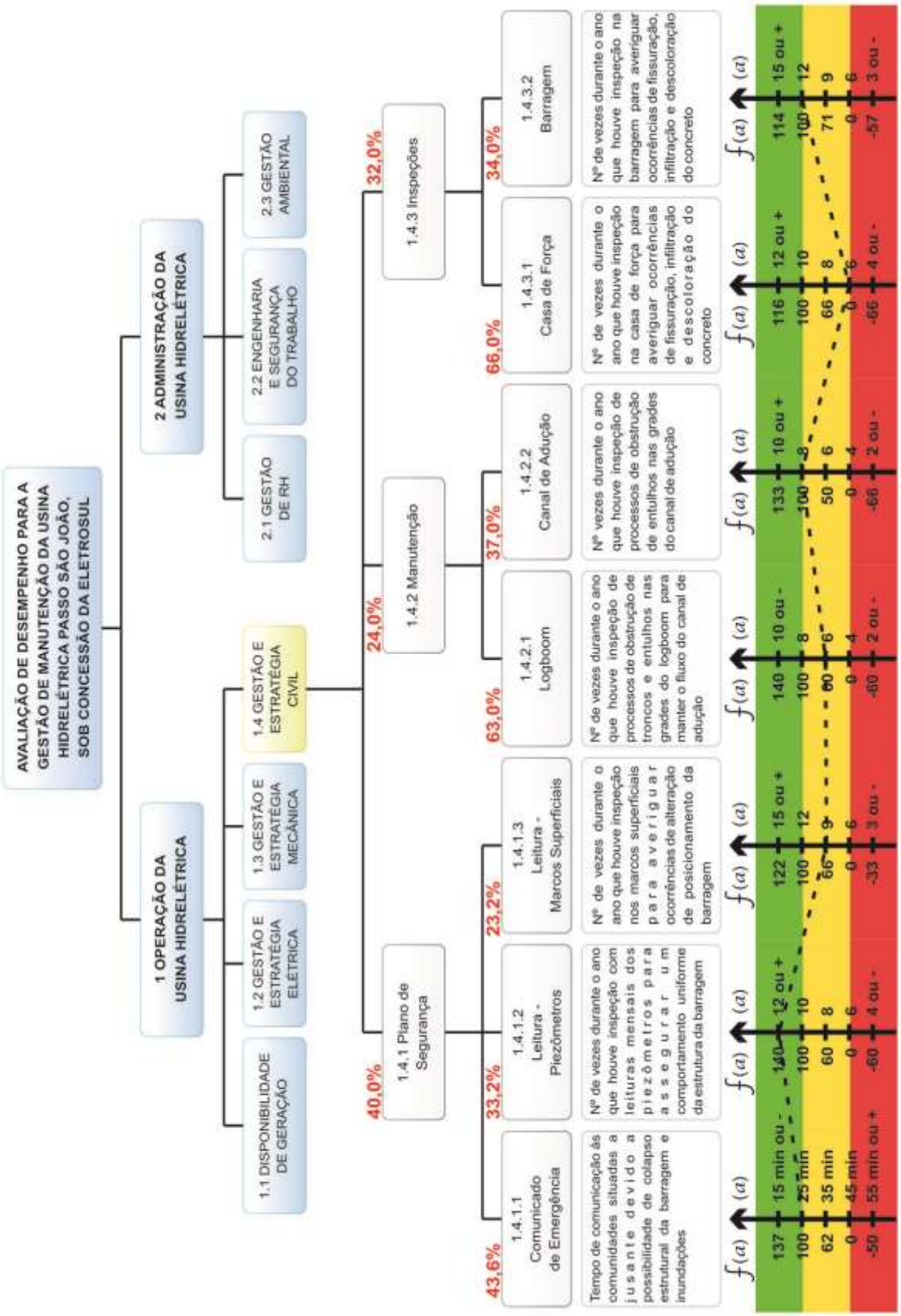
V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = { 0,43 Mancais [(0,158 * 128) + (0,314 * 75) + (0,241 * (-75))] } + { 0,33 [(0,36 *112) + (0,64 * 112)] } + {0,24 [(0,16 * 0) + (0,48 * (-57)) + (0,36 *0)]}

V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = { 0,43 [(20,22) + (23,55) + (-18,07)]} + { 0,33 [(40,32) + (71,68)]} + { 0,24 [(27,36)]}

V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = { 0,43 [(25,7) }+ { 0,33 [(112)] } + { 0,24 [(27,36)]}

V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = {11,05} + {36,96} + {6,56}

V1.3 Gestão e Estratégia Mecânica (SQ) = 54,57



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = { 0,44 Plano de Segurança [(0,436 Comunicação de Emergência (SQ)) + (0,332 Leitura de piezômetro (SQ)) + (0,232 Leitura de Marcos Superficiais (SQ)]} + { 0,24 Manutenção [(0,63 Logboom (SQ)) + (0,37 Canal de adução (SQ))]} + { 0,32 Inspeções [(0,66 Casa de Força (SQ)) + (0,34 Barragem (SQ))] }

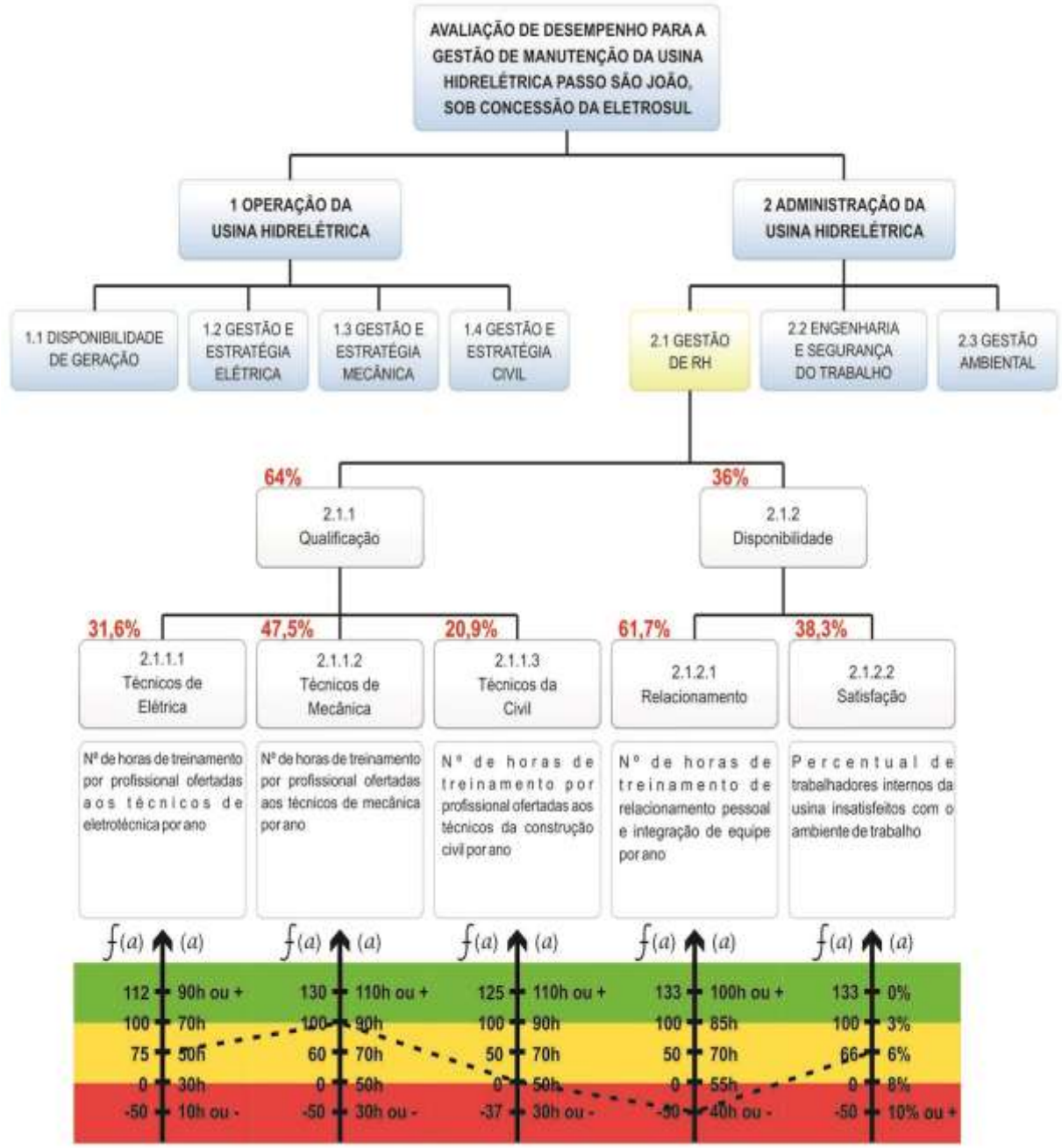
V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = { 0,44 Plano de Segurança [(0,436 *100) + (0,332 * 140) + (0,232 * 66)]} + { 0,24 [(0,63 * 60) + (0,37 * 100)]} + { 0,32 [(0,66 * 0) + (0,34 * 100)]}

V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = { 0,44 [(43,6) + (34,52) + (15,31)] } + { 0,24 [(37,8) + (37)]} + { 0,32 [(34)]}

V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = { 0,44 [93,43] } + { 0,24 [74,8]} + { 0,32 [34]}

V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = {41,10} + {17,95} + {10,88}

V1.4 Gestão e Estratégia Civil (SQ) = 69,93



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

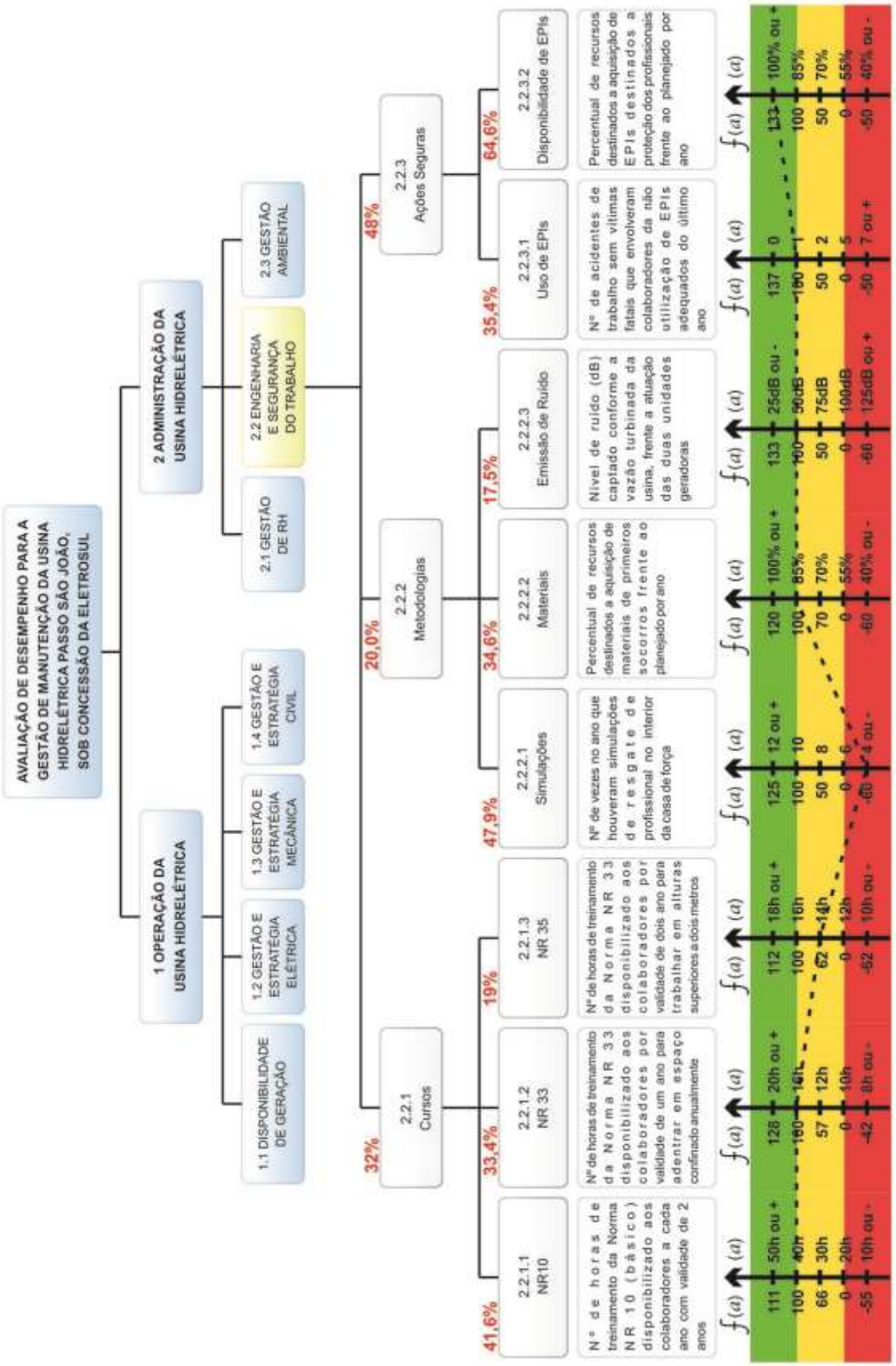
V2.1 Gestão de RH (SQ) = { 0,64 Qualificação [(0,316 Técnicos Elétrica (SQ)) + (0,475 Técnicos Mecânica (SQ)) + (0,209 Técnicos Civil)]} + { 0,36 Disponibilidade [(0,617 Relacionamento (SQ)) + (0,383 Satisfação (SQ))]}

V2.1 Gestão de RH (SQ) = { 0,64 Qualificação [(0,316 * 75) + (0,475 * 100) + (0,209 * 0)]} + { 0,36 Disponibilidade [(0,617 * (-50)) + (0,383 * 66)]}

V2.1 Gestão de RH (SQ) = { 0,64 [(23,7) + (47,5)]} + { 0,36 [(-30,85) + (25,27)] }

V2.1 Gestão de RH (SQ) = {[45,56]} + {[-2]}

V2.1 Gestão de RH (SQ) = 43,55



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = { 0,32 Cursos [(0,416 NR10 (SQ)) + (0,334 NR33 (SQ)) + (0,19 NR35 (SQ))]} + { 0,2 Metodologia [(0,479 Simulações (SQ)) + (0,346 Materiais (SQ)) + (0,175 Emissão de ruído (SQ))]} + { 0,48 Ações Seguras [(0,354 Uso de EPIs (SQ)) + (0,646 Disponibilidade de EPIs (SQ)]}

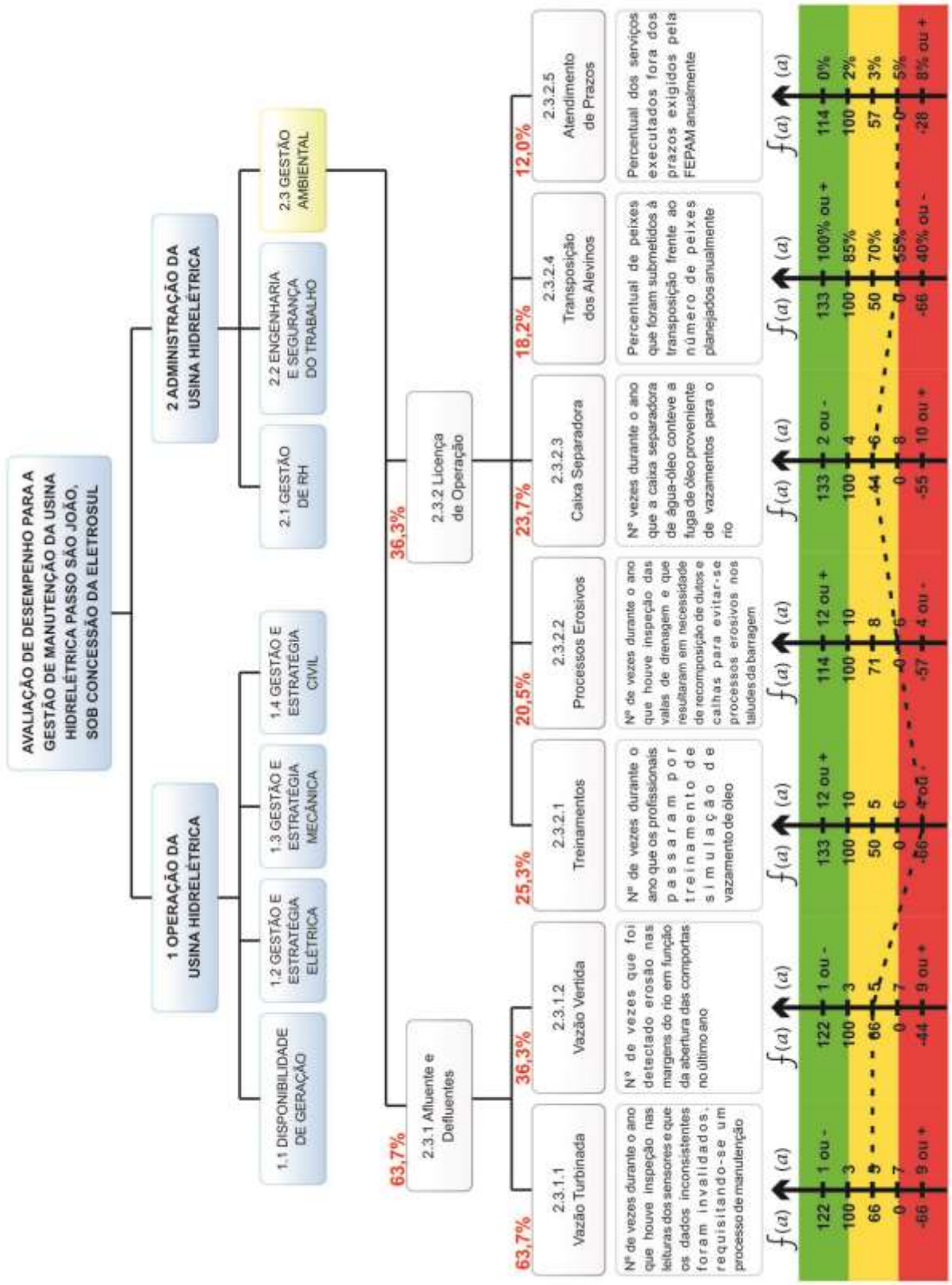
V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = { 0,32 [(0,416 * 100) + (0,334 * 100) + (0,19 * 62)]} + { 0,2 [(0,479 * (-60)) + (0,346 * 100) + (0,175 * 100)]} + { 0,48 [(0,354 * 100) + (0,646 * 133)]}

V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = { 0,32 [(41,6) + (33,4) + (11,78)]} + { 0,2 [(-28,74) + (34,6) + (17,5)]} + { 0,48 [(35,4) + (85,91)]}

V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = { 0,32 [86,78] } + { 0,2 [23,36]} + { 0,48[121,31]}

V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = {27,76} + {4,67} + {58,22}

V2.2 Engenharia e Segurança do Trabalho (SQ) = 90,65



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = { 0,637 Afluente e Defluente [(0,637 Vazão Turbinada (SQ)) + (0,363 Vazão vertida (SQ))]} + { 0,363 Licença de Operação [(0,256 Treinamentos (SQ)) +

(0,205 Processos Erosivos (SQ)) + (0,237 Caixa Separadora (SQ)) + (0,182 Transposição dos Alevinos (SQ)) + (0, 12 * Atendimento de prazos (SQ))

V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = { 0,637 Afluente e Defluente [(0,637 * (66)) + (0,363* 66)]} + { 0,363 [(0,256 * (-66)) + (0,205*0) + (0,237 *44) + (0,182* 0) + (0,12*0)] }

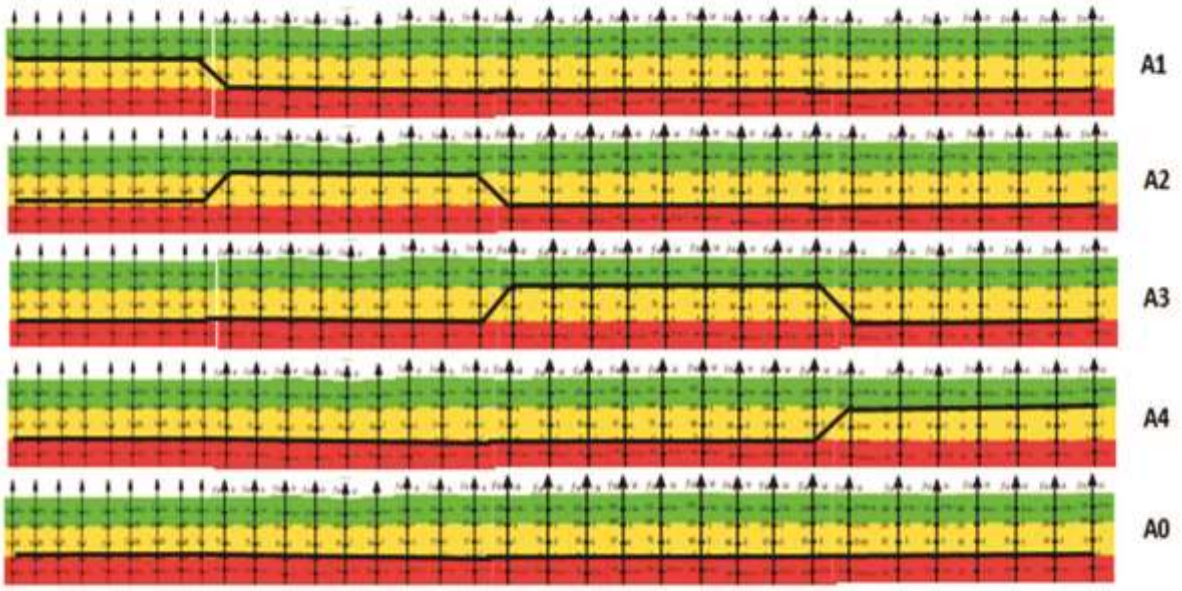
V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = { 0,637 [(42,04) + (23, 95)]} + { 0,363 [(-16,89) + (10,42)]}

V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = { 0,637 [65,99]} + { 0,363 [-6,47] }

V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = {42,03} + {-2,34}

V 2.3 Gestão Ambiental (SQ) = 39,69





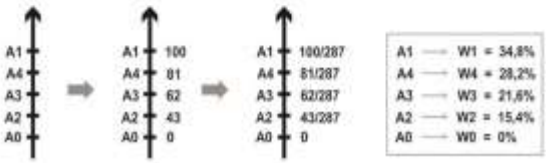
MATRIZ DE ROBERTS

	A1	A2	A3	A4	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	1	1	1	1	4	1
A2	0	X	0	1	1	1	4
A3	0	1	X	1	1	2	3
A4	1	1	1	X	1	3	2
A0	0	0	0	0	X	0	5

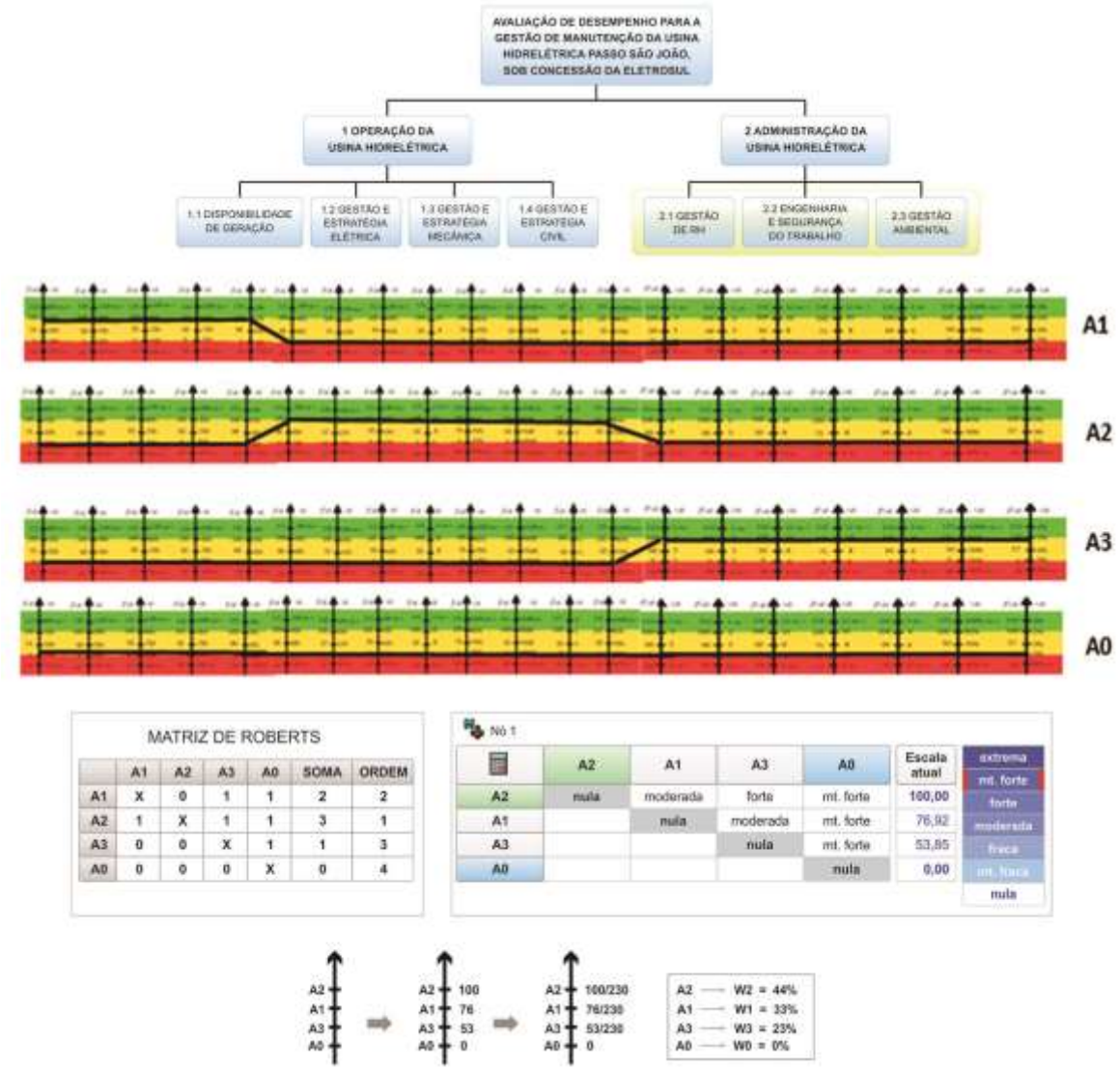
Operação da UHPJ

	A1	A4	A3	A2	A0	Escala atual
A1	nula	moderada	forte	mt. forte	extrema	100,00
A4		nula	moderada	forte	mt. forte	81,25
A3			nula	mt. moderada	mt. forte	62,50
A2				nula	mt. forte	43,75
A0					nula	0,00

extrema
mt. forte
forte
moderada
fraca
mt. fraca
nula



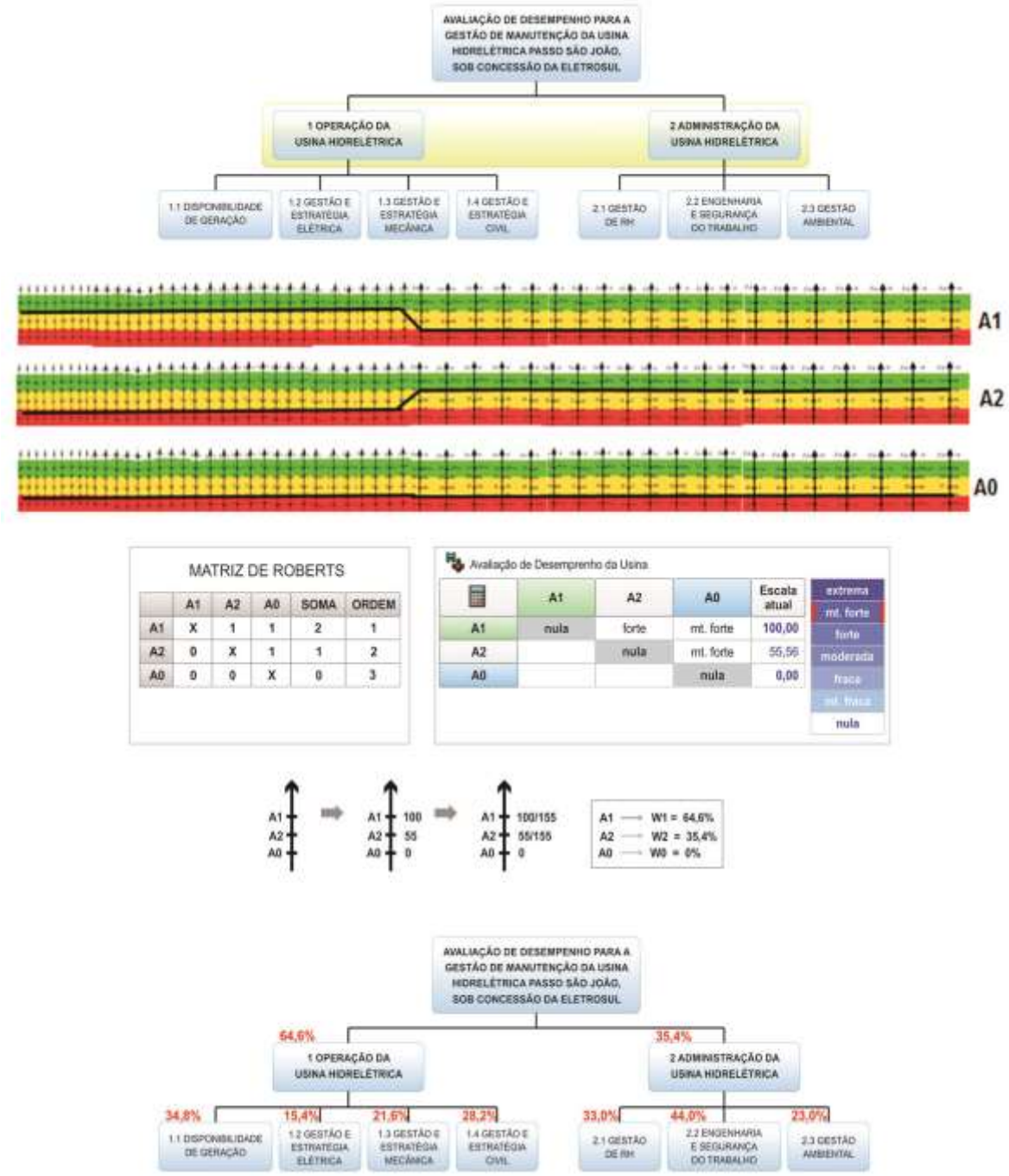
Fonte: Elaboração do autor, 2018.



	A1	A2	A3	A0	SOMA	ORDEM
A1	X	0	1	1	2	2
A2	1	X	1	1	3	1
A3	0	0	X	1	1	3
A0	0	0	0	X	0	4

	A2	A1	A3	A0	Escala atual
A2	nula	moderada	forte	mt. forte	100,00
A1		nula	moderada	mt. forte	76,92
A3			nula	mt. forte	53,85
A0				nula	0,00

Fonte: Elaboração do autor, 2018.



Fonte: Elaboração do autor, 2018.

V PVF (1. Operação da Usina) = {[0,348 *24,44] + [0,154 *51,98] + [0,216*54,57] + [0,282*69,93]}

V PVF (1. Operação da Usina) = {[8,50] + [8,00] + [11,78] + [19,72]}
V PVF (1. Operação da Usina) =48

V PVF (2. Administração da Usina Hidrelétrica) = {[0,33 * 43,55] + [0,44 * 90,65] + [39,69 * 0,23]

V PVF (2. Administração da Usina Hidrelétrica) = {[14,37] + [39,88] + [9,12]}

V PVF (2. Administração da Usina Hidrelétrica) = 63,37

V PVF (Avaliação Global de Desempenho da Usina) = { [48 * 0,646] + [63,37 * 0,354]}

V PVF (Avaliação Global de Desempenho da Usina) = {[31] + [22,43]}

V PVF (Avaliação Global de Desempenho da Usina) = 53,43