

Sheila Karoline Kusterko

**AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA APOIAR A GESTÃO
DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
FUNDAMENTADA NA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de mestre em Engenharia de Produção

Orientador: Profa. Sandra Rolim Ensslin, Dra.

Coorientador: Prof. Leonardo Ensslin, PhD.

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Kusterko, Sheila Karoline
AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO PARA APOIAR A GESTÃO DE PERDAS
EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA FUNDAMENTADA NA
METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA
/ Sheila Karoline Kusterko ; orientadora, Sandra Rolim
Ensslin ; coorientador, Leonardo Ensslin. - Florianópolis,
SC, 2015.
360 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção.

Inclui referências

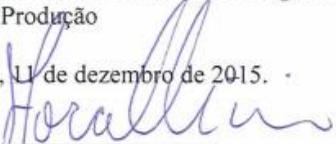
1. Engenharia de Produção. 2. Avaliação de Desempenho. 3.
Apoio à Decisão - MCDA-C. 4. Sistemas de Abastecimento de
Água. 5. Gestão de Perdas. I. Rolim Ensslin, Sandra. II.
Ensslin, Leonardo. III. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção. IV. Título.

Sheila Karoline Kusterko

**AValiação DE DESEMPENHO PARA APOIAR A GESTÃO
DE PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
FUNDAMENTADA NA METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE
APOIO À DECISÃO CONSTRUTIVISTA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção

Florianópolis, 11 de dezembro de 2015.



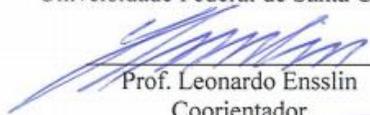
Prof. Fernando Antônio Forcellini, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



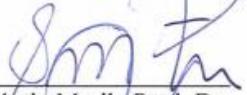
Prof.ª Sandra Rolim Ensslin, Dr.ª
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Leonardo Ensslin
Coorientador

Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. Sérgio Murilo Petri, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Ademar Dutra, Dr.
Universidade do Sul de Santa Catarina

RESUMO

Perdas em sistemas de abastecimentos de água (SAA) se caracterizam pela diferença do volume de água produzido e aquele micromedido nos pontos de consumo e podem ser físicas ou aparentes. Com o aumento da demanda e a crise hídrica em muitos países, este assunto se mostra relevante a todos os serviços de água. Esta pesquisa se propôs a construir um modelo de avaliação de desempenho para apoiar a Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento – SRM/CASAN quanto à gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água que opera. O estudo de caso foi informado pela metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C), com base nos valores e preferências do Gerente Operacional, identificando, medindo e integrando fatores que influenciam direta ou indiretamente nesta problemática, encontrando o *status quo* e definindo o que pode ser feito para melhorar o planejamento das atividades, compreendendo as consequências das alternativas naquilo que se busca e, ainda, expandindo o conhecimento do decisor a respeito do assunto. Inicialmente, se buscou conhecer o fragmento da literatura internacional que aborda a avaliação de desempenho e análise multicritério na gestão de serviços de saneamento e perdas em sistemas de abastecimento de água, por meio da seleção de um Portfólio Bibliográfico alinhado ao tema e com reconhecimento científico, aplicando os procedimentos do *Knowledge Development Process-Constructivist (Proknow-C)*, que identificou 55 artigos. A construção do modelo de avaliação de desempenho por meio da metodologia MCDA-C permitiu avaliar a gestão de perdas no sistema de abastecimento de água do município de Biguaçu/SC. Na fase de estruturação, foram construídos 64 descritores distribuídos em quatro áreas de preocupação: perdas aparentes, perdas reais, apoio operacional e relacionamento externo. Ao final da fase de avaliação, o *status quo* do sistema de abastecimento de água de Biguaçu/SC foi de 22,51, considerado, pelo decisor, no nível competitivo. Foram elaboradas recomendações de ações para melhorar o desempenho do *status quo* para aqueles descritores que apresentaram desempenho comprometedor e que foram julgados pelo decisor como merecedores de serem aperfeiçoados. As recomendações simuladas foram importantes para a melhora no desempenho em todas as áreas de preocupação, que em caso de implantação poderão elevar o desempenho global para 60,82. Em linhas gerais, devido ao fato de não terem sido encontrados demais

estudos que utilizassem a metodologia MCDA-C no apoio à decisão na gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água ou saneamento, este estudo se mostra pioneiro e inovador para a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água. A metodologia MCDA-C mostrou-se coerente para os temas abordados nesta pesquisa e confirmou suas premissas construtivistas em todas as suas fases aqui desenvolvidas: estruturação, avaliação e recomendações.

Palavras-chave: Sistemas de Abastecimento de Água, Gestão de Perdas, Avaliação de Desempenho, Metodologia MCDA-C, Proknow-C.

ABSTRACT

Water losses are characterized as the difference between the system input volume and that one billed and paid for. They can be real or apparent. Considering the increasing demand and the water crisis in many countries, manage losses in water supply systems seems relevant to all water services. This research set out to build a performance evaluation model to support a sanitation company on the management of losses in the water supply systems that it operates, based on Constructivist Multicriteria Decision Aid Approach (MCDA-C), based on the values and preferences of the Operational Manager, identifying, measuring and integrating factors that influence directly or indirectly on this issue, finding the status quo and defining what can be done to improve the planning of activities, comprising alternative consequences on what is looked for and also expanding the knowledge of decision-maker on the subject. Initially, it was looked forward to know the fragment of the literature that addresses performance evaluation and multi-criteria analysis in the management of sanitation services and losses in water supply systems through the selection of a Bibliographic Portfolio, aligned to the theme and with scientific recognition, applying the procedures of Knowledge Development Process-Constructivist (Proknow-C), which identified 55 articles. Model construction followed the three phases of the MCDA-C: Structuring, Actions Evaluation and Recommendations. The structuring phase resulted in 64 descriptors in four families of Fundamental Points of View: apparent losses, real losses, operational support, external relations. At the end of the evaluation phase, the *Status Quo* of the water supply system studied was 22.51, within the competitive level. Recommendations were designed to descriptors with compromising performance, judged relevant to be improved by the decision-maker. Recommendations were important for improving performance in all families of Fundamental Points of View, resulting in an overall performance of 60.82. Due to the fact they were not found other studies using the MCDA-C methodology for decision support in water loss management, this study can be considered pioneer and innovative. This way, MCDA-C methodology proved consistent to the topics covered in this research and confirmed his constructivist assumptions in all its stages developed here: structuring, evaluation and recommendations.

Keywords: Water Supply Systems, Water Losses Management, Performance Evaluation, MCDA-C, Proknow-C.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Entradas e saídas para macromedição em um sistema de abastecimento de água.....	13
Figura 2- Enquadramento Metodológico para a Revisão da Literatura	34
Figura 3 - Etapas do ProKnow-C abordadas no projeto de pesquisa	35
Figura 4 - <i>ProKnow-C</i> - Seleção do banco de artigos bruto.....	38
Figura 5 - <i>ProKnow-C</i> - Filtragem do banco de artigos brutos.	39
Figura 6: <i>ProKnow-C</i> - Teste de representatividade do portfólio bibliográfico	40
Figura 7 - Fases da MCDA-C.....	46
Figura 8 - Localização do Município de Biguaçu	82
Figura 9 - Cluster do objetivo do trabalho.	86
Figura 10 - Mapa Meio-Fim para a Área de Preocupação "Apoio Operacional".....	87
Figura 11 - Estrutura Hierárquica de Valor para o modelo proposto. ...	88
Figura 12 - Descritor "Macromedição"	89
Figura 13 - Criação da Função de Valor para o Descritor "Supervisório".	91
Figura 14 - Escalas cardinais e ordinais dos Descritores da Área de Conhecimento "Apoio Operacional".....	92
Figura 15 - Análise de Independência Preferencial do PVE "Sistema Supervisório" em relação ao PVE "Modelagem Hidráulica".....	93
Figura 16 - Alternativas criadas para o PVF "Apoio Tecnológico"	96
Figura 17 - Transformação das taxas de compensação para o PVF "Apoio Tecnológico"	97
Figura 18 - Taxas de Compensação para o PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "Apoio Operacional"	97
Figura 19 - Perfil atual de desempenho do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL" para o SAA Biguaçu	104
Figura 20 - Perfil atual de desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU".....	106
Figura 21 - Mapa Cognitivo Geral do Modelo.....	141
Figura 22 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	142
Figura 23 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	143
Figura 24 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL".....	144

Figura 25 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação	
"RELACIONAMENTO EXTERNO"	145
Figura 26 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação	
"PERDAS APARENTES"	147
Figura 27 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação	
"PERDAS REAIS"	148
Figura 28 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação	
"APOIO OPERACIONAL"	149
Figura 29 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação	
"RELACIONAMENTO EXTERNO"	150
Figura 30 - Descritor "Intervenções Fraudulentas"	151
Figura 31 - Descritor "Equipe Antifraude"	152
Figura 32 - Descritor "Inadimplência"	153
Figura 33 - Descritor "Grandes Consumidores"	154
Figura 34 - Descritor "Autorizados Não Faturados"	155
Figura 35 - Descritor "Atualização Cadastro"	156
Figura 36 - Descritor "Cadastro Usuários"	157
Figura 37 - Descritor "Calibração Macromedidores"	158
Figura 38 - Descritor "Manejo dos Dados"	159
Figura 39 - Descritor "Idade do Parque"	160
Figura 40 - Descritor "Abrigo Hidrômetros"	161
Figura 41 - Descritor "Instalação/Manutenção"	162
Figura 42 - Descritor "Dimensionamento Hidrômetros"	163
Figura 43 - Descritor "Hidrometração"	164
Figura 44 - Descritor "Calibração"	165
Figura 45 - Descritor "Erros de Leitura"	166
Figura 46 - Descritor "Faturamento pela Média"	167
Figura 47 - Descritor "Fiscalização"	168
Figura 48 - Descritor "Execução"	169
Figura 49 - Descritor "Qualidade Projeto"	170
Figura 50 - Descritor "Qualidade Materiais"	171
Figura 51 - Descritor "VRP"	172
Figura 52 - Descritor "Booster"	173
Figura 53 - Descritor "Sobrepessão"	174
Figura 54 - Descritor "Golpe de Ariete"	175
Figura 55 - Descritor "Descargas e Hidrantes"	176
Figura 56 - Descritor "Extravasamentos"	177
Figura 57 - Descritor "Intermitência"	178
Figura 58 - Descritor "Reuso Processos ETA"	179
Figura 59 - Descritor "Descargas ETA"	180
Figura 60 - Descritor "Equipe"	181

Figura 61 - Descritor “Equipamentos”	182
Figura 62 - Descritor “Vazamentos Invisíveis”	183
Figura 63 - Descritor “Agilidade”	184
Figura 64 - Descritor “Substituição”	185
Figura 65 - Descritor “Priorização”	186
Figura 66 - Descritor “Retrabalho”	187
Figura 67 - Descritor “Manutenção Bombas”	188
Figura 68 - Descritor “Manutenção Válvulas e Registros”	189
Figura 69 - Descritor “Supervisório”	190
Figura 70 - Descritor “Automatização”	191
Figura 71 - Descritor “Modelagem Hidráulica”	192
Figura 72 - Descritor “CCO”	193
Figura 73 - Descritor “Cadastro Digitalizado”	194
Figura 74 - Descritor “Cadastro Técnico Unificado”	195
Figura 75 - Descritor “DMC”	196
Figura 76 - Descritor “Medição Pressão”	197
Figura 77 - Descritor “Macromedição”	198
Figura 78 - Descritor “Existência Registros”	199
Figura 79 - Descritor “Tecnologia Registros”	200
Figura 80 - Descritor “Política Interna”	201
Figura 81 - Descritor “Pesquisa e Desenvolvimento”	202
Figura 82 - Descritor “Equipe Qualificada”	203
Figura 83 - Descritor “Balanço Hídrico”	204
Figura 84 - Descritor “Apoio à Gestão”	205
Figura 85 - Descritor “Catálogo Atualizado”	206
Figura 86 - Descritor “Falta de Água”	207
Figura 87 - Descritor “Reclamações Vazamentos”	208
Figura 88 - Descritor “Projetos PMSB”	209
Figura 89 - Descritor “Metas de Redução”	210
Figura 90 - Descritor “Órgãos Fiscalizadores”	211
Figura 91 - Descritor “Agências Reguladoras”	212
Figura 92 - Descritor “Ranking”	213
Figura 93 - Descritor “ILI”	214
Figura 94 - Função de Valor do PVF "Aumento do Faturamento" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES”	215
Figura 95 - Função de Valor do PVF "Medição de Vazão" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES”	216
Figura 96 - Função de Valor do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS”	217
Figura 97 - Função de Valor do PVF "Operação" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS”	218

Figura 98 - Função de Valor do PVF "Manutenção" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	219
Figura 99 - Função de Valor do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	220
Figura 100 - Função de Valor do PVF "Setorização" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	221
Figura 101 - Função de Valor do PVF "Melhoria Contínua" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	222
Figura 102 - Função de Valor da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"	223
Figura 103 - Taxas de Substituição do PVF "Aumento do Faturamento" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	225
Figura 104 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Fraudes"	226
Figura 105 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Cadastro Comercial"	227
Figura 106 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Aumento Faturamento"	228
Figura 107 - Taxas de Substituição do PVF "Medição de Vazão" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	229
Figura 108 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Volume Macromedido"	230
Figura 109 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Hidrômetros"	231
Figura 110 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Hidrômetros" (continuação)	232
Figura 111 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Volume Micromedido"	233
Figura 112 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Medição de Vazão"	234
Figura 113 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	235
Figura 114 - Taxas de Substituição do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	236
Figura 115 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Qualidade Obra"	237
Figura 116 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Confiabilidade"	238
Figura 117 - Taxas de Substituição do PVF "Operação" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	239

Figura 118 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Pressões”	240
Figura 119 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Redes e Adutoras”	241
Figura 120 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Reservatórios”	242
Figura 121 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Estações de Tratamento”	243
Figura 122 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Operação”	244
Figura 123 - Taxas de Substituição do PVF "Manutenção" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS”	245
Figura 124 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Redução Vazamentos”	246
Figura 125 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Manutenção”	247
Figura 126 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Manutenção” (continuação).....	248
Figura 127 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação “PERDAS REAIS”	249
Figura 128 - Taxas de Substituição do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL”	250
Figura 129 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Apoio Tecnológico”	251
Figura 130 - Taxas de Substituição do PVF "Setorização" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL”	252
Figura 131 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Cadastro”	253
Figura 132 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Registros de Controle”	254
Figura 133 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Setorização”	255
Figura 134 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Setorização” (continuação).....	256
Figura 135 - Taxas de Substituição do PVF "Melhoria Contínua" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL”	257
Figura 136 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Melhoria Contínua”	258
Figura 137 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Melhoria Operacional” (continuação).....	259

Figura 138 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	260
Figura 139 - Taxas de Substituição da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"	261
Figura 140 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Satisfação Cliente"	262
Figura 141 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Atendimento PMSB"	263
Figura 142 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Notificações"	264
Figura 143 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Reconhecimento"	265
Figura 144 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"	266
Figura 145 - Evidenciação das Taxas de Substituição do Estudo de Caso	267
Figura 146 - Perfil atual de desempenho do PVF "Aumento do Faturamento" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	269
Figura 147 - Perfil atual de desempenho do PVF "Medição de Vazão" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	270
Figura 148 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"	271
Figura 149 - Perfil atual de desempenho do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	275
Figura 150 - Perfil atual de desempenho do PVF "Operação" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	276
Figura 151 - Perfil atual de desempenho do PVF "Manutenção" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	277
Figura 152 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	279
Figura 153 - Perfil atual de desempenho do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	283
Figura 154 - Perfil atual de desempenho do PVF "Setorização" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	284
Figura 155 - Perfil atual de desempenho do PVF "Melhoria Contínua" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	285
Figura 156 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	287
Figura 157 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"	291

Figura 158 - Perfil atual de desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU"	293
Figura 159 - Recomendações para o PVE "Fraudes – Intervenções Fraudulentas"	295
Figura 160 - Recomendações para o PVE "Cadastro Comercial – Atualização Cadastro"	296
Figura 161 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF "Aumento Faturamento" em virtude das recomendações	297
Figura 162 - Recomendações para o PVE "Vol. Macromedido – Calibração Macromedidores"	298
Figura 163 - Recomendações para o PVE "Volume Micromedido – Abrigo HD"	299
Figura 164 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF "Medição de vazão" em virtude das Recomendações	300
Figura 165 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES" em virtude das recomendações	301
Figura 166 - Recomendações para o PVE "Qualidade obra – Fiscalização"	303
Figura 167 - Recomendações para o PVE "Qualidade Obra – Execução"	304
Figura 168 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF "Confiabilidade" em virtude das recomendações	305
Figura 169 - Recomendações para o PVE "Redes e Adutoras – Faixa de Pressão – VRP"	306
Figura 170 - Recomendações para o PVE "Redes e Adutoras – Descargas e Hidrantes"	307
Figura 171 - Recomendações para o PVE "Reservatórios – Intermitência"	308
Figura 172 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF "Operação" em virtude das recomendações	309
Figura 173 - Recomendações para o PVE "Redução vazamentos – vazamentos invisíveis"	311
Figura 174 - Recomendações para o PVE "Manutenção Bombas"....	312
Figura 175 - Recomendações para o PVE "Manutenção Válvulas e Registros"	313
Figura 176 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF "Manutenção" em virtude das recomendações	314
Figura 177 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação "PERDAS REAIS" em virtude das recomendações	315
Figura 178 - Recomendações para o PVE "Supervisório"	317

Figura 179 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF “Apoio Tecnológico” em virtude das recomendações.....	318
Figura 180 - Recomendações para o PVE “DMC”.....	319
Figura 181 - Recomendações para o PVE “Medição Pressão”.....	320
Figura 182 - Recomendações para o PVE “Registros de Controle – Tecnologia”.....	321
Figura 183 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF “Setorização” em virtude das recomendações	322
Figura 184 - Recomendações para o PVE “Política Interna”.....	323
Figura 185 - Recomendações para o PVE “Pesquisa e Desenvolvimento”.....	324
Figura 186 - Recomendações para o PVE “Equipe Qualificada”	325
Figura 187 - Recomendações para o PVE “Catálogo Atualizado”	326
Figura 188 - Aperfeiçoamento no PVF “Melhoria Contínua” em virtude das recomendações.....	327
Figura 189 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação “APOIO OPERACIONAL” em virtude das recomendações.....	329

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes de um balanço hídrico para avaliação de perdas	15
Quadro 2 - Lentes do <i>ProKnow-C</i>	43
Quadro 3 - Eixos e palavras-chave da pesquisa	56
Quadro 4 - Portfólio Bibliográfico	60
Quadro 5 - Atores envolvidos	84
Quadro 6 - Áreas de Preocupação e Conceitos	85
Quadro 7 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Perdas Aparentes"	100
Quadro 8 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Perdas Reais"	101
Quadro 9 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Apoio Operacional"	102
Quadro 10 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Relacionamento Externo"	103
Quadro 11 - Cálculo do desempenho do PVF "Apoio Tecnológico" do objetivo estratégico "Apoio Operacional" para o SAA Biguaçu.....	104
Quadro 12 – Elementos Primários de Avaliação e Conceitos	135
Quadro 13 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES".	273
Quadro 14 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"	281
Quadro 15 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"	289
Quadro 16 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"	292
Quadro 17 - Cálculo do desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU"	293

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Filtragem do banco bruto de artigos.....	59
Tabela 2 - Informações a respeito dos SAA que atendem ao município de Biguaçu/SC, entre janeiro/2014 e dezembro/2014.	83
Tabela 3 - Matriz de Roberts para o PVF “Apoio Operacional”.....	97
Tabela 4 - Resumo do desempenho atual de cada área de preocupação do modelo.....	105
Tabela 5 - Pontos de Vista Elementares com desempenho comprometedor.	108
Tabela 6 - Impactos no Status Quo com as simulações realizadas – nível bom.....	110
Tabela 7 - Impactos no Status Quo com as simulações realizadas - níveis atingíveis (1a etapa).	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- AAB – Adutora de Água Bruta
- AAT – Adutora de Água Tratada
- AD – Avaliação de Desempenho
- ADB – Asian Development Bank
- ADO – Avaliação de Desempenho Organizacional
- AfWA – African Water Association
- AS – Análise Sistemática
- AWWA – American Water Works Association
- BSC – Balanced Scorecard
- CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
- DEA – Data Envelopment Analysis
- DSS – Decision Support Systems
- EPAs – Elementos Primários de Avaliação
- ETA – Estação de Tratamento de Água
- GOPS – Gerência Operacional
- IAM – Infrastructure Asset Management
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IDs – Indicadores de Desempenho
- ILI – Índice de Perdas por Ligação
- IWA – International Water Association
- JCR – Journal Citation Reports
- LABMCDA – Laboratório de Metodologias Multicritérios de Apoio à Decisão
- MACBETH – Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique
- MCDA – Multicriteria Decision Aid
- MCDA-C – Multicriteria Decision Aid Constructivist
- OFWAT – UK Office of Water Services

PB – Portfólio Bibliográfico

PROKNOW-C – Knowledge Development Process - Constructivist

PVE – Pontos de Vista Elementares

PVFs – Pontos de Vista Fundamentais

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SAD – Sistemas de Apoio à Decisão

SJR – Scopus Journal Report

SRM – Superintendência da Região Metropolitana

TFP – Produtividade Total dos Fatores

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

VEWIN – Association of Dutch Water Companies

WSS – Water Supply System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	1
1.2	TEMA E PERGUNTA DA PESQUISA	2
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	Objetivo Geral.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos.....	3
1.4	RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA	4
1.5	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	5
1.6	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	5
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	7
2.1	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E APOIO À DECISÃO.....	7
2.2	PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	10
2.3	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	18
3	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	31
3.1	ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO	31
3.2	PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA.....	33
3.2.1	Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB)	36
3.2.1.1	<i>Seleção do banco de artigos bruto</i>	36
3.2.1.2	<i>Filtragem do banco de artigos brutos</i>	37
3.2.1.3	<i>Teste de representatividade do Portfólio Bibliográfico (PB)</i>	40
3.2.2	Análise Bibliométrica	41
3.2.3	Análise Sistemica.....	42
3.2.4	Pergunta de Pesquisa.....	44
3.3	PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	44
3.3.1	Fase de Estruturação	46
3.3.1.1	<i>Abordagem soft para a estruturação: Contextualização, Subsistema de Atores e Rótulo</i>	47
3.3.1.2	<i>Árvore de Pontos de Vista: Elementos Primários de Avaliação, Conceitos, Áreas de Preocupação e Mapas Meios-Fins</i>	47
3.3.1.3	<i>Estrutura Hierárquica de Valor</i>	49
3.3.1.4	<i>Construção dos Descritores</i>	49
3.3.2	Fase de Avaliação	50
3.3.2.1	<i>Análise de Independência Cardinal</i>	50
3.3.2.2	<i>Funções de Valor</i>	50
3.3.2.3	<i>Taxas de Compensação</i>	51

3.3.2.4	<i>Avaliação Global e Perfil de Impacto da Situação Atual</i>	52
3.3.2.5	<i>Análise de Sensibilidade</i>	53
3.3.3	Fase de Recomendações	54

4 RESULTADOS..... 55

4.1 PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO PARA REVISÃO DA LITERATURA.....55

4.1.1	Seleção do Banco de Artigos Bruto	55
4.1.1.1	<i>Definição de palavras-chave</i>	55
4.1.1.2	<i>Definição da base de dados</i>	56
4.1.1.3	<i>Busca dos artigos nos bancos de dados com as palavras-chave</i>	57
4.1.1.4	<i>Realização de teste de aderência das palavras-chave</i>	57
4.1.2	Filtragem do Banco de Artigos	57
4.1.3	Teste da Representatividade do Portfólio Bibliográfico (PB).....	58
4.1.4	Análise Bibliométrica	63
4.1.4.1	<i>Relevância dos periódicos</i>	64
4.1.4.2	<i>Fator de impacto dos periódicos</i>	65
4.1.4.3	<i>Reconhecimento científico dos artigos</i>	66
4.1.4.4	<i>Autores de maior destaque</i>	67
4.1.4.5	<i>Palavras-chave mais utilizadas</i>	69
4.1.5	Análise Sistemática.....	69
4.1.5.1	<i>Abordagem</i>	70
4.1.5.2	<i>Singularidade</i>	71
4.1.5.3	<i>Processo para Identificar</i>	72
4.1.5.4	<i>Mensuração</i>	73
4.1.5.5	<i>Integração</i>	75
4.1.5.6	<i>Gestão</i>	76
4.1.6	Síntese dos Resultados Teóricos	78
4.1.7	Pergunta da Pesquisa	80

4.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO.....80

4.2.1	Fase de Estruturação	80
4.2.1.1	<i>Abordagem soft para a estruturação: Contextualização, Subsistema de Atores e Rótulo do problema</i>	80
4.2.1.2	<i>Árvore de Pontos de Vista: Elementos Primários de Avaliação, Conceitos, Áreas de Preocupação e Mapas Meios-Fins</i>	84
4.2.1.3	<i>Estrutura Hierárquica de Valor</i>	88
4.2.1.4	<i>Construção dos Descritores</i>	88
4.2.2	Fase de Avaliação	90
4.2.2.1	<i>Funções de Valor</i>	90
4.2.2.2	<i>Análise de Independência Cardinal</i>	92
4.2.2.3	<i>Taxas de Compensação</i>	94
4.2.2.4	<i>Avaliação Global e Perfil de Desempenho da Situação Atual</i>	98
4.2.2.5	<i>Análise de Sensibilidade</i>	106
4.2.3	Fase de Recomendações	107
4.2.4	Síntese dos Resultados Práticos	113

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS	119
APÊNDICE A - ELEMENTOS PRIMÁRIOS DE AVALIAÇÃO E CONCEITOS.....	135
APÊNDICE B - MAPAS COGNITIVOS.....	141
APÊNDICE C – ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE VALOR ...	147
APÊNDICE D – DESCRITORES.....	151
APÊNDICE E – FUNÇÕES DE VALOR	215
APÊNDICE F – TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO	225
APÊNDICE G – PERFIL DE DESEMPENHO	269
APÊNDICE H – RECOMENDAÇÕES	295

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo introdutório traz a contextualização do estudo, seguido pelo tema da pesquisa, dos objetivos geral e específicos, da relevância e justificativa, delimitação da pesquisa e, finalmente, da estruturação do documento.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

O crescimento populacional traz consigo a necessidade de melhorias e ampliações nos serviços de abastecimento de água, os quais precisam garantir o fornecimento de água com qualidade e quantidade à população abastecida. Diante disto, é interesse dos diversos envolvidos que o abastecimento seja realizado de maneira eficaz.

As perdas caracterizam-se pela diferença do volume de água produzido e aquele micromedido nos pontos de consumo e podem ocorrer em qualquer etapa de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até o ponto de consumo. Podem ser reais ou aparentes: reais quando consideramos os vazamentos e aparentes quando se dão por problemas de gestão, comerciais, além de fraudes de usuários e erros de medição. Com o aumento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países, este assunto se mostra relevante a todos os serviços públicos ou privados de água.

O impacto destas perdas depende de muitos fatores, e pode acarretar em redução da disponibilidade hídrica, faltas de água, aumento dos custos operacionais, dentre outros; prejudicando ainda a imagem das empresas de saneamento frente à atual concorrência neste mercado. Reduzir e controlar as perdas de água se tornou, então, crucial para a manutenção das empresas no mercado do saneamento básico.

De acordo com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, para o ano de 2013 o índice de perdas na rede de distribuição para os prestadores de serviços de abrangência regional, ou seja, as companhias estaduais de saneamento, foi de 37% (BRASIL, 2015). A Lei 11.445/2007 garante a titularidade dos serviços de saneamento ao gestor público, o qual pode delegar a prestação dos serviços à autarquia municipal, consórcio público, empresa privada, empresa pública ou sociedade de economia mista estadual (companhias de saneamento).

O contexto das ações que envolvem a redução de perdas em sistemas de abastecimento de água são estratégicas para o processo de tomada de decisões a fim de se garantir a sustentabilidade e, até mesmo,

a competitividade da companhia diante da atual concorrência neste ramo do mercado. Diante deste contexto é importante questionar como apoiar gestão de perdas em um sistema de abastecimento de água.

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), objeto de estudo desta pesquisa de mestrado, tem realizado e implantado projetos de setorização, macromedição, eficiência energética e gestão comercial para o controle e redução de perdas. No entanto, atualmente, em nenhum de seus sistemas de abastecimento de água existe um programa ou modelo de gestão de perdas que tenha abrangência em todos os segmentos ou que leve em consideração os diversos atores envolvidos, principalmente o próprio gestor (decisor) da CASAN.

Muitos são os fatores que influenciam direta ou indiretamente nesta problemática. É necessário, então, a construção de um sistema capaz de identificar, medir e integrar os fatores relevantes que influenciam no contexto que se pretende gerenciar (modelo), identificar onde o sistema se encontra quanto à gestão de perdas e propor ações para melhorar o planejamento das atividades, compreendendo as consequências do estágio atual e também daquilo que se busca. Considerando que a entidade é gerida por pessoas, é essencial a participação dos decisores na construção desse modelo de avaliação de desempenho.

Para se identificar quais aspectos devem ser considerados, modelos de avaliação de desempenho surgem como um suporte para auxiliar aos tomadores de decisão em suas respectivas atividades cotidianas. A avaliação de desempenho (AD) de sistemas de abastecimento de água (SAA) consiste em um tema de interesse de acadêmicos, praticantes e da sociedade.

A avaliação de desempenho, informada pela abordagem construtivista (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001; ROY, 1993), permite auxiliar a gestão, pois, leva em consideração aquilo que é importante no contexto, conforme a percepção do gestor, permitindo-lhe visualizar as consequências das decisões potenciais ou daquelas que já foram tomadas. Esta atividade ganha representatividade em contextos nos quais as variáveis não estão claramente definidas, decisores precisam de apoio para identificar o que deve ser levado em conta e há o desejo de melhoria de uma determinada situação problemática (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

1.2 TEMA E PERGUNTA DA PESQUISA

O tema desta pesquisa se baseia em três principais eixos, sendo:

- Avaliação de Desempenho e Apoio à Tomada de Decisão
- Água e Saneamento;
- Gestão de Perdas e Sistemas de Abastecimento de Água.

Os temas foram assim escolhidos, considerando que ainda é reduzido o número de pesquisas científicas sobre gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água, apesar das diversas aplicações técnicas realizadas mundialmente (GIUSTOLISI, LAUCELLI; BERARDI, 2013, LE GAUFFRE *et al.*, 2007a, SCHOLTEN *et al.*, 2014, CABRERA *et al.*, 2014, SOARES *et al.*, 2004, GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; CHEUNG *et al.*, 2009).

Desta forma, ampliou-se o tema principal para a avaliação de desempenho e tomada de decisão a demais áreas relevantes do eixo “Sistemas de Abastecimento de Água”.

Neste contexto, foi possível definir a pergunta desta pesquisa: *Como desenvolver um modelo de Avaliação de Desempenho para apoiar a Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento, construindo nos decisores o conhecimento para promover o aperfeiçoamento dos aspectos julgados importantes segundo a sua percepção?*

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é construir um modelo de avaliação de desempenho, informado pela abordagem construtivista, para apoiar a Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (SRM/CASAN) na gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água que opera.

1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos tem-se:

- Conhecer e analisar o fragmento da literatura científica que aborda o tema avaliação de desempenho e análise multicritério na gestão de serviços de saneamento e perdas em sistemas de abastecimento de água, selecionando um Portfólio Bibliográfico alinhado ao tema e com reconhecimento científico;
- Identificar os diversos critérios que o decisor considera necessários e suficientes para avaliar na gestão de perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água da SRM/CASAN;

- Construir escalas ordinais e cardinais para mensurar tais critérios, segundo a percepção do decisor;
- Integrar os critérios via taxas de compensação, conforme a percepção do decisor e identificar, para um dos sistemas de abastecimento operados pela SRM, o *status quo*, por meio da evidenciação do perfil de impacto;
- Sugerir o que pode ser feito para melhorar o planejamento das atividades, compreendendo as consequências das alternativas naquilo que o decisor busca.

Para dar conta desses objetivos, a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C) foi selecionada por ser seu uso indicado em casos onde: o contexto é parcialmente conhecido pelos decisores; os objetivos a serem tidos em conta são os do decisor e não estão identificados; o decisor deseja participar do processo de construção do conhecimento do problema; existem atores (intervenientes) que possuem o poder de influenciar o decisor no processo de explicitar os objetivos (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

1.4 RELEVÂNCIA E JUSTIFICATIVA

A relevância da pesquisa se dá em termos das contribuições teóricas e práticas. No contexto teórico, a presente pesquisa contribui ao oferecer uma proposta de modelo construtivista (ROY, 1993) alinhada a visão do decisor/gestor/organização para o qual foi construído e as sugestões dos pesquisadores do tema (ABRISHAMCHI *et al.*, 2005).

Com relação à importância prática, a pesquisa buscará oferecer um instrumento de gestão que permitirá ao decisor desenvolver seu entendimento do contexto de forma a permitir-lhe explicitar seus valores (critérios) e preferências (funções de valor e taxas de compensação), assim como as consequências de suas decisões.

Além disso, a pesquisa se justifica pela sua importância em diversos aspectos para a empresa em estudo, tais como:

- Econômicos: apesar de a gestão de perdas demandar investimentos iniciais às vezes altos, os resultados podem reduzir de custos operacionais e aumento no faturamento já em curto prazo;
- Tecnológicos: a CASAN necessita aprimorar seus recursos tecnológicos tanto na operação, quanto na gestão dos sistemas

- de abastecimento de água, a fim de se manterem concorrentes no mercado do saneamento de Santa Catarina;
- Energéticos: considerando que os custos com energia representam a segunda maior despesa de exploração nos sistemas de abastecimento de água da CASAN, investir em redução de perdas traz também economia e eficiência energética;
 - Sócio-cultural: as perdas aparentes são causadas também por intervenções fraudulentas, tais como ligações clandestinas, *by passes*, etc. realizadas pelos próprios usuários. Para reduzir este tipo de perda, são necessárias também ações e campanhas sociais e educativas para conscientização dos envolvidos;
 - Ambiental: tendo em vista a crise hídrica enfrentada no Brasil e diversos países, a gestão de perdas em saneamento é crucial para reduzir os impactos desta crise.

1.5 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Como toda pesquisa científica esta também possui delimitações, quais sejam: (i) a literatura que informa o referencial teórico é composta por estudos que estavam disponibilizados nas bases de dados do Portal Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e foram selecionados pelo processo denominado *ProKnow-C*, em 13 e 15 de dezembro de 2014; (ii) o modelo de avaliação multicritério construtivista construído na presente pesquisa foi desenvolvido para ser utilizado na Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (SRM/CASAN); e, (iii) esse modelo foi construído segundo os princípios da metodologia MCDA-C e com base nas percepções do Gerente Operacional (decisor); sendo assim configura-se como um modelo singular, que possui validade e legitimidade para o contexto em que e para que foi construído; portanto, não se trata de um modelo generalista.

1.6 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos, incluindo esta introdução, seguidos pelas referências e apêndices. O segundo capítulo

traz uma fundamentação teórica em temas relevantes a este estudo sendo: avaliação de desempenho e apoio à decisão; perdas em sistemas de abastecimento de água e; avaliação de desempenho e sua aplicação em sistemas de abastecimento de água.

O capítulo 3 apresenta a metodologia do estudo, incluindo os procedimentos para a construção do portfólio bibliográfico por meio do *Knowledge Development Process-Constructivist (Proknow-C)* e os procedimentos para a construção do modelo de avaliação de desempenho com base na MCDA-C.

O quarto capítulo apresenta os resultados referentes à seleção do portfólio bibliográfico e sua análise, bem como à construção do modelo de avaliação de desempenho com base na MCDA-C, além da síntese dos resultados teóricos e práticos.

O capítulo 5 traz conclusões, reflexões e considerações finais a respeito do portfólio bibliográfico e do modelo desenvolvido.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A etapa inicial para expansão do conhecimento de um determinado tema envolve a identificação na literatura sobre o assunto (AFONSO *et al.*, 2011). Sendo assim, é importante conhecer quais são os principais autores, periódicos e pesquisas em andamento (ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013).

2.1 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E APOIO À DECISÃO

Diversos são os conceitos entorno do tema Avaliação de Desempenho. Não se pode defini-la de apenas uma maneira, pois pode ser entendida de acordo com o fim a que se destina.

Avaliação de desempenho (AD) é conceituada por Kennerley e Neely (2002) como uma ferramenta que possibilita auxiliar as organizações para definir um conjunto de medidas que refletem seus objetivos e estimar seu desempenho de forma apropriada no contexto ao qual são aplicadas. Neely *et al.* (1995) definem Avaliação de Desempenho como processo utilizado para quantificar a eficiência e eficácia das ações.

De acordo com Haag, Cummings e McCubbrey (2002, *apud* Nudurupati *et al.*, 2011) Avaliação de Desempenho é definida como um sistema que lida com o desenvolvimento de planejamento, gestão, uso de tecnologia da informação para ajudar as pessoas a realizar todas as tarefas relacionadas com o processamento de informação e de gestão.

Ensslin *et al.* (2013, p. 739, nossa tradução) definem avaliação de desempenho como:

Avaliação de desempenho é um processo para construir conhecimento no decisor, a respeito do contexto específico que se propõe a 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.

Nudurupati *et al.* (2011, p. 286) identificam algumas etapas para aplicação da AD:

Identificar requisitos das partes interessadas (*stakeholders*); monitorar a performance interna e

externa dos índices de desempenho; traçar objetivos; sistemas de implantação da AD devem estar alinhados; entender as relações entre indicadores antes e depois de suas aplicações; quantificar estas relações; identificar capacidades.

Um ponto importante observado por Kennerley e Neely (2002) trata da garantia da relevância dos indicadores de desempenho considerando a mudança das circunstâncias organizacionais.

Alegre, Cabrera Jr. e Merkel (2009) defendem a ideia de que o principal desafio da avaliação do desempenho atualmente é o de compreender melhor os resultados e torná-los mais compreensíveis para todos.

O processo de tomada de decisão envolve muitos dados, cenários, modelos, alternativas, tomadores de decisão e *stakeholders*, tornando-o geralmente complexo (XU; TUNG, 2009). Roy (1994, p. 23) entende que

O apoio à decisão seja uma atividade que auxilie decisor a encontrar elementos que permitam tornar suas decisões mais claras, baseada em metodologia científica, permitindo ainda que o decisor entenda as consequências daquilo que seja mais relevante no contexto do problema.

Além disso, Xu e Tung (2009) afirmam que quando fatores ambientais e sociais são considerados, a tomada de decisão muitas vezes envolve objetivos incomensuráveis. Chaves (2012, p. 23) descreve que

A operacionalização do processo decisório se dá através de Sistemas de Apoio à Decisão (SADs). Estes sistemas possibilitam ao decisor conhecer os aspectos do contexto que mais influenciam seus valores e que merecem monitoramento e aperfeiçoamento; construir escalas para medir estes aspectos; integrar estes aspectos em uma avaliação global e; realizar um diagnóstico local e global.

Vincke (1992 *apud* CARRIÇO *et al.*, 2012) entende que o principal objetivo dos métodos MCDA seja de ajudar a encontrar soluções para os problemas da vida real, muitas vezes com pontos de vista conflitantes. Scholten *et al.* (2014) entendem que a metodologia

MCDA permite explorar diferentes alternativas a respeito de seu desempenho. As preferências dos *stakeholders* são quantificadas com base em atributos associados aos objetivos. Carriço *et al.* (2014, p. 301) refletem que

A maior parte da literatura existente sobre MCDA apresenta vários métodos, mas nenhum deles explica qual método é melhor para um tipo de casos do que outro. Antes da seleção do método, o problema deve ser cuidadosamente descrito e estruturado para não restringir a aplicação de métodos MCDA.

Portanto, a estruturação do problema de decisão é o primeiro passo crucial na tomada de decisão, incluindo a identificação, a propriedade, restrições, limites do sistema, objetivos e critérios. (CARRIÇO *et al.*, 2014, XU; TUNG, 2009). Sa-Nguanduan e Nititvattananon (2011, p. 145) trazem que

O processo de tomada de decisão geralmente envolve as seguintes fases: 1) definição de critérios de avaliação e os seus pesos, 2) definir alternativas viáveis, 3) a avaliação das alternativas e execução de análise de sensibilidade, e 4) tomada de decisão. Além disso, se permite a participação dos interessados através das etapas de decisão, tais como a avaliação das alternativas.

Quanto aos valores dos indicadores Hyde, Maier e Colby (2004, 2005) afirmam que estes podem ser qualitativos ou quantitativos; no entanto, é necessário para transformar todos os pontos de vista dos critérios em uma escala de medida comum. Abrishamchi *et al.* (2005, p. 329) entendem que

O elemento-chave em qualquer processo de tomada de decisão é a presença do decisor. O decisor deve identificar o problema que requer uma decisão e especifica os objetivos desse problema. O decisor por sua vez, fornece direta ou indiretamente, a decisão final sobre a qual as alternativas são classificadas pelo analista e um nível de satisfação está definido. De vital

importância para estas obras estão algumas interações entre o decisor e o analista

Hyde, Maier e Colby (2005) defendem ser

Comum a seleção de atores para representarem os *stakeholders* em um determinado problema de tomada de decisão; o número de atores difere em cada problema e depende de fatores como tempo e recursos disponíveis e o grau de importância da decisão.

Um dos aspectos mais importantes e mais difíceis da aplicação da metodologia MCDA é a ponderação dos critérios, que indica a importância relativa de um critério e permite a visualização do ator e o impacto no ranking das alternativas. (HYDE; MAIER; COLBY, 2004, 2005).

A incerteza nos pesos influencia a classificação resultante de alternativas e, portanto, deve ser levada em consideração como parte do processo de tomada de decisão (HYDE; MAIER; COLBY, 2004, 2005). A estrutura de preferências do decisor pode influenciar radicalmente a avaliação final dos resultados. Manipulações em pesos são possíveis, a fim de obter soluções satisfatórias (ABRISHAMCHI *et al.*, 2005).

Quanto a análise de sensibilidade Hyde; Maier e Colby, (2004, 2005) entendem que esta possa ser usada para analisar os efeitos das incertezas associadas aos pesos dos critérios, servindo para investigar a relação entre as mudanças nos pesos dos critérios e a consequente alteração no ranking das alternativas, dando seguimento ao processo de análise decisória

2.2 PERDAS EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

De acordo com o Banco Mundial (THE WORLD BANK, 2008),

O custo mundial de água não faturada é estimado em US \$ 15 bilhões/ano. Mais de um terço dessas perdas ocorrem em países em desenvolvimento, onde cerca de 45 milhões de m³/dia são perdidos através vazamentos - o suficiente para servir cerca de 200 milhões de pessoas, e perto de 30 milhões de m³/dia é entregue, mas não faturado. Estes desafios afetam seriamente a viabilidade

financeira dos serviços públicos de água e limitam sua capacidade de expandir os serviços, especialmente para as regiões mais carentes.

Schulz, Short e Peters (2011) entendem que a necessidade de melhorar a sustentabilidade das nossas cidades e em particular, o interesse pela prestação de serviços urbanos de água a um custo mínimo econômico e ambiental tem aumentado. Da mesma forma, Mckenzie e Seago (2005) defendem que a conscientização de que de que a água está se tornando a questão crítica do século XXI teve avanço em todo o mundo.

Hassanein e Khalifa (2006) alegam que o fornecimento eficiente de serviços de água e saneamento tem sido uma preocupação para a maioria dos países em desenvolvimento e Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2009, p. 57) percebem que “é um desafio cada vez maior em muitos países do mundo, como resultado da rápida urbanização e crescimento populacional”.

Palme e Tillman, (2008) afirmam que isto seja importante, tendo em vista que grande parte de países em desenvolvimento não possuem sistemas urbanos de abastecimento de água bem estruturados, o que é extremamente necessário. Já Xu e Qin (2014, p. 638) confirmam que

A operação de redes de água é parte essencial de um sistema urbano de abastecimento e a gestão pode envolver deliberações quanto ao custo, capacidade do sistema, restrições ambientais, abrangendo muitas formas de incertezas.

Marques e Monteiro (2003) alegam que o desenvolvimento de políticas permite o crescimento da reabilitação do SAA e reduz os custos com operação e manutenção, além de melhorar a qualidade do serviço prestado. Xu e Qin (2014, p. 638) entendem que

Para áreas urbanas, os problemas de escassez de água são causados principalmente pela rápida urbanização, o crescimento populacional, bem como o impacto de eventos climáticos extremos. Outras causas podem estar associadas à gestão ineficiente ou projetos não científicos. Assim, quando há limitações para aumento da oferta de água, torna-se especialmente importante desenvolver sistemas de gestão eficazes,

especialmente de uma forma que haja bom custo-benefício

El-Baroudy e Simonovic (2006) concluem que sistemas de engenharia estão sujeitos a diversas possíveis condições futuras, que podem não ser controladas ou previstas com um grau de precisão aceitável. Esta situação impõe um desafio para o planejamento e gestão de redes de água. Da mesma forma, Mutikanga *et al.* (2010, p. 471) percebem que

Uma das principais questões que afetam serviços públicos de água em todo o mundo é o elevado nível de perdas de água nos sistemas de distribuição. Este problema é mais acentuado nos países em desenvolvimento, com infraestrutura envelhecida e recursos inadequados para uma gestão de ativos eficaz.

Já Lambert (2000, p. 1) afirma que

A quantidade de água perdida é um indicador importante da evolução positiva ou negativa a eficiência da distribuição de água. Volumes anuais elevados e crescentes de perdas de água deve ser o gatilho para iniciar um programa ativo de controle de vazamento.

Segundo Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2011a, p. 327) “perdas aparentes dizem respeito à água que é consumida, mas não faturada. Imprecisões de medição e uso ilegal são fatores importantes nesta área”. Já as perdas reais, ou físicas, dizem respeito a vazamentos e são influenciados por vários fatores, como as a qualidade dos materiais utilizados, condições de pressão e intermitência, condições de solo e execução da obra, etc.

De acordo com o Banco Mundial (2008) “Na América Latina, cerca de 45% da água é perdida antes de chegar ao cliente. Esta água não faturada agrava o desafio de aumentar o acesso à água potável, além de representar uma enorme perda de energia”. Mutikanga *et al.* (2010, p. 478) confirmam que

Redes mal estruturadas e medições insuficientes, juntamente com um uso limitado de procedimentos padronizados para a avaliação de

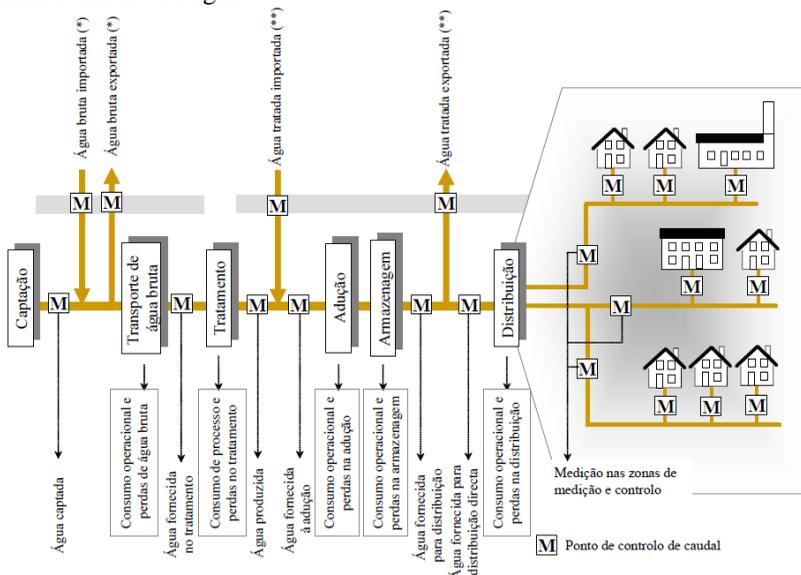
perdas ainda representam um grande desafio e lança dúvidas sobre a confiabilidade das estimativas de perda de água

Criminisi *et al.*, (2009, p. 2373) acreditam que

As perdas aparentes sejam principalmente causadas por fraudes, erros de faturamento, causas estas diretamente relacionadas à gestão, sendo melhoradas com medidas administrativas. Outra causa recorrente se dá pelo sub-registro das leituras dos hidrômetros que são consideradas as mais importantes e mais difíceis de quantificar.

A localização de pontos estratégicos para macromedição em um sistema de abastecimento de água é apresentada por Lambert (2000), conforme Figura 2.

Figura 1 - Entradas e saídas para macromedição em um sistema de abastecimento de água



(*) - a importação ou a exportação de água bruta podem ocorrer em qualquer ponto a montante do tratamento

(**) - a importação ou a exportação de água tratada podem ocorrer em qualquer ponto a jusante do tratamento

Fonte: Alegre *et al.* (2000).

Perdas aparentes resultam em significativa perda de receita para os serviços públicos de água e distorcem a integridade dos dados de consumo, necessários para várias tomadas de decisões de gestão e estudos de engenharia. Esse problema é mais acentuado nos serviços públicos de água dos países em desenvolvimento (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a, p. 327).

McIntosh (2003, *apud* MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a, p. 329) estima que em cidades asiáticas, cerca de 50 a 65% da água não faturada ocorrem devido a perdas aparentes. Criminisi *et al.* (2009, p. 2373) levanta possíveis que levam os hidrômetros a perderem sua eficácia, que incluem:

o desgaste, instalação incorreta, falta de manutenção ou calibração, tipo de medidor e classe de aplicação incorretos, dimensionamento incorreto, problemas com perfil ou tipo de demanda

Além disso, Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2011a) entendem que o método de leitura individual em hidrômetros é suscetível a erros humanos, cujas leituras erradas podem ainda ir parar no banco de dados de faturamento do cliente. Quanto aos erros no faturamento, vários ciclos de faturamento pela média, sem uma leitura real, podem aumentar muito a perspectiva de estimativas imprecisas.

Criminisi *et al.* (2009) afirmam que erros de medição são ampliados em redes sujeitas a faltas de água e intermitência, onde os usuários adotam reservatórios domiciliares. A utilização de reservatórios podem causar erros de medição, devido a baixas vazões que reduzem a capacidade dos hidrômetros em medir com precisão o consumo de água. (LAMBERT, 2000; CRIMINISI *et al.*, 2009; MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a).

Algumas recomendações para a redução das perdas aparentes envolvem a substituição de hidrômetros antigos e com tecnologia inapropriada e atualização de dados cadastrais dos usuários (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011a).

Considerando a Figura 2, Alegre *et al.* (2000, p. 17) identificaram a necessidade da elaboração de um balanço hídrico para a avaliação de

perdas em um sistema de abastecimento de água, cujas entradas e saídas são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Componentes de um balanço hídrico para avaliação de perdas

Água entrada no sistema [m ³ /ano]	Consumo autorizado [m ³ /ano]	Consumo autorizado faturado [m ³ /ano]	Consumo faturado medido [m ³ /ano]	Água faturada [m ³ /ano]
			Consumo faturado não medido [m ³ /ano]	
		Consumo autorizado não faturado [m ³ /ano]	Consumo não faturado medido [m ³ /ano]	Água não faturada (perdas comerciais) [m ³ /ano]
			Consumo não faturado não medido [m ³ /ano]	
	Perdas de Água [m ³ /ano]	Perdas Aparentes [m ³ /ano]	Consumo não autorizado [m ³ /ano]	
			Perdas por erros de medição [m ³ /ano]	
		Perdas Reais [m ³ /ano]	Vazamentos em adutoras e/ou redes de distribuição [m ³ /ano]	
			Vazamentos e extravasamentos em reservatórios [m ³ /ano]	
Vazamentos em ramais e ligações domiciliares [m ³ /ano]				

Fonte: Adaptado de Alegre *et al.* (2000).

Para Lambert (2000, p. 7),

Métodos de avaliação das perdas reais, com exceção de balanços hídricos, incluem: análise vazões noturnas; registros de vazamentos quanto ao número, tipos, suas vazões médias e durações

e; modelagem que permitam simular os acontecimentos de vazamento e pressão.

Lambert e McKenzie (2002, *apud* MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011b) defendem quatro métodos básicos para seu gerenciamento: (i) controlar pressões; (ii) monitorar as tubulações; (iii) velocidade e qualidade nos reparos; e, (iv) seleção, qualidade na instalação, manutenção e substituição dos materiais. Kanakoudis e Tolikas (2001, MAKROPOULOS; BUTLER, 2005, *apud* KANAKOUDIS; TSITSIFLI, 2010, p. 284)

O *timing* certo para reparação ou substituição das tubulações precisa ser previsto com segurança e planejado com eficácia. Para tanto, podem ser utilizados modelos apropriados de avaliação técnico-econômicas, que utilizam modelos de previsão de vazamentos pela idade, análise de custo-benefício de vazamentos, integrando todos os tipos de custos (diretos; indiretos; sociais) envolvidos durante uma falha de tubo.

Mckenzie e Seago (2005) afirmam que uma abordagem padronizada, que muitos países já estão usando como uma ferramenta para identificar serviços públicos de água que têm problemas de perdas reais, é o indicador ILI (índice de perdas por ligação dia – litros/lig.dia).

a partir dos diferentes conjuntos de dados, é interessante notar que os países desenvolvidos com estrita regulamentação tendem a ter baixos ILIs, enquanto os países em desenvolvimento, como a África do Sul tendem a ter ILIs mais elevados. Embora existam muitas possíveis explicações para as diferentes tendências nos diferentes países, o custo da água e a presença de um regulador estrito são possivelmente dois dos fatores-chave. (MCKENZIE; SEAGO, 2005, p. 37).

Outra ferramenta que tem sido amplamente utilizada na prática e por instituições de pesquisa para prever o tamanho e localização de vazamentos são os modelos hidráulicos, que já existem há três décadas (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013, TABESH; ASADIYANI YEKTA; BURROWS, 2009).

Cai, Lasdon e Michelse (2004, p. 4) citam que os Sistemas de apoio à decisão através de modelos computacionais “podem ser eficazes e úteis para a decisão em recursos hídricos, facilitando o compartilhamento de informações, desenvolvimento de modelo participativo, e processos de aprendizagem”.

A pesquisa de Giustolisi, Laucelli e Berardi (2013) investiga os efeitos de se considerar o custo da água não faturada, modelando as pressões fornecidas de acordo com histórico de vazamento, além do custo de energia para aperfeiçoar a programação da bomba.

Uma estrutura avançada de gestão dos serviços de água é fundamental para alcançar níveis adequados e sustentáveis de serviço a longo prazo (CARDOSO *et al.*, 2012). No entanto, Mutikanga *et al.* (2010, p. 478) entendem que “quando as redes são mal estruturadas e mantidas, é muito difícil a realização de auditorias, dificultando a seleção e implementação de estratégias adequadas para a redução de perdas”.

Existem diversas opções de redução de perdas de água. Decidir sobre qual opção de escolher entre tantos critérios conflitantes e diferentes interesses é uma tarefa desafiadora (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011c). Kanakoudis *et al.* (2012) entendem que o primeiro passo para a redução de perdas de água é o processo de avaliação de desempenho do sistema de abastecimento. Palme, Tillman (2008) trazem que

Desde o final da década de 1990, maior atenção tem sido dada ao papel das organizações na implementação do desenvolvimento sustentável. Neste contexto, uma ferramenta frequentemente sugerida são os indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) por serem considerados úteis.

Deng, Chen e Karney (2012) sugerem que na construção de um sistema de indicadores de avaliação, existam pelo menos quatro aspectos a serem considerados: eficiência do uso da água, segurança da água, o desenvolvimento e o ambiente, que abrangem os quatro princípios de avaliação de eficiência, segurança, equidade e sustentabilidade.

De acordo com Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2013), existem diferenças no foco das perdas em cada país. Geralmente países mais desenvolvidos têm focado em controle de vazamentos, enquanto países menos desenvolvidos se preocupam com perdas aparentes. Para Mckenzie e Seago (2005, p. 34) “[u]m balanço hídrico claramente

definido é o primeiro passo essencial para a avaliação dos volumes de água não-faturada e da gestão de perdas de água nos sistemas de abastecimento de água”.

Para Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2011b), a água não faturada pode ser reduzida através da avaliação do desempenho e identificação das principais causas de mau funcionamento de medidores. Lambert (2000) ressalta que uma rede de distribuição livre de vazamentos não é viável técnica ou economicamente; um mínimo nível de perdas de água é inevitável mesmo nos melhores sistemas operados e mantidos quanto ao controle de perdas.

2.3 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO E SUA APLICAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As companhias de saneamento necessitam frequentemente de melhorias e ampliações, tornando essencial um gerenciamento integrado e sustentável (CARDOSO *et al.*, 2012). Hassanein e Khalifa (2007, p. 479) argumentam que “[o] setor de água e efluentes constitui uma parte importante da indústria da construção, que anseia por melhorar o desempenho de suas utilidades”.

Avaliar o desempenho dos serviços prestados pelas companhias de saneamento é essencial. Definição de prioridades e estratégias de ação são, portanto, fundamentais. As decisões rotineiramente tomadas por engenheiros e gerentes são realizadas com base em informações dos sistemas, as quais muitas vezes podem estar incompletas, imprecisas ou desatualizadas (CARRIÇO *et al.*, 2012). Hyde, Maier e Colby (2004, p. 429, 2005, p. 278) entendem que

Tomadas de decisão em recursos hídricos são frequentemente caracterizadas por um grande número de alternativas, consequências incertas, interações complexas e participação de diversos *stakeholders* com interesses conflitantes.

Alegre *et al.* (2012) defende que

Uma tomada de decisão efetiva requer uma abordagem abrangente que garanta o desempenho desejado em um nível de risco aceitável, considerando os custos de implantação, exploração, manutenção e descapitalização ao longo do seu ciclo de vida.

Carvalho E Marques (2011, p. 2698) afirmam que.

Diversas variáveis influenciam direta e indiretamente os serviços de abastecimento de água, tais como: escala de operações, titularidade dos serviços, fonte de água bruta, densidade populacional, regulação financeira e de qualidade de água, etc. No entanto, nem sempre há integração dos critérios na avaliação de desempenho

O mesmo pensamento tem Renzetti e Dupont (2003), quando afirmam que existem muitas razões pelas quais duas empresas podem diferir em seu desempenho, incluindo as diferenças na escala das operações, o grau de concorrência enfrentado, habilidades gerenciais, objetivos, as políticas governamentais e de propriedade (pública ou privada). Alguns argumentos econômicos, baseados em modelos teóricos, sugerem que o prestador público possui um desempenho pior do que o prestador de propriedade privada. (RENZETTI, DUPONT, 2004).

Alegre (2010) e Malmqvist e Palmquist (2005) defendem ser fundamental que as concessionárias comecem a elaborar planos em nível estratégico, tático e operacional, “com vistas a definir com precisão as prioridades de reabilitação e selecionem soluções de intervenção que representem melhor custo-benefício” (ALEGRE, 2010, p. 2052). Malmqvist e Palmquist (2005, p. 49) afirmam que “para melhorar a proteção do meio ambiente, barreiras comportamentais e organizacionais também devem ser consideradas”.

De acordo com Mutikanga *et al.* (2010), durante a última década, tem existido um crescente desejo e necessidade de medir e relatar diferentes aspectos do desempenho da indústria do abastecimento de água. A crescente demanda por serviços de água e esgoto mais eficientes tem resultado em numerosos estudos e publicações a respeito de PAS – *Performance Assessment Systems* nos últimos 15 anos. Kayaga (2008, p. 274) observa que “uma questão que preocupa formuladores de políticas e gestores do setor da água em muitos países de baixa renda é a forma como os recursos disponíveis podem ser melhor utilizados para alcançar um resultado ideal”. Ainda, Mutikanga *et al.* (2010) trazem que

Para entender por que, onde e o quanto de água está sendo perdida, para reduzir essas perdas e

melhorar o desempenho de um sistema de abastecimento de água de maneira mais sustentável, uma análise utilizando sistemas de avaliação é pré-requisito, pois são consistentes, transparentes e auditáveis.

Corton e Berg (2009, p. 267) mencionam que “[o]s resultados podem ajudar os tomadores de decisão a melhor direcionar fundos de investimentos em projetos que irão desenvolver”.

Renzetti e Dupont (2009) entendem que é necessário desenvolver técnicas analíticas para se fazer isso. Sustentabilidade, meio ambiente e efeitos sociais no planejamento regional de recursos hídricos, além dos fatores econômicos são necessários. Para tanto, podem ser utilizadas técnicas de análise multicritério para apoio à decisão (MCDA) (HYDE; MAIER; COLBY, 2005).

Já Kanakoudis *et al.*, (2012, p. 2995) mencionam que “[a]ssociações, como a International Water Association (IWA) e a American Water Works Association (AWWA), sugerem ferramentas de auditoria de água e metodologias para avaliar o nível de desempenho de um SAA”.

De acordo com Hyde, Maier, Colby e 2005), no passado, utilizava-se apenas a abordagem da análise custo-benefício na solução para estes problemas, cujo objetivo fundamental era de maximizar benefícios em relação aos custos. Alegre, Cabrera Jr e Merkel (2009) trazem que

as principais ações pioneiras no âmbito da avaliação de desempenho dos serviços de infraestrutura urbana começaram nos setores de águas residuais e abastecimento de água, com a criação do Escritório de Serviços de Água (OFWAT) no Reino Unido em 1989, que criou uma relação direta entre revisão tarifária e os níveis de serviço prestado aos clientes.

Outras iniciativas começaram a aparecer em todo o mundo na década de 1990, como o Banco Mundial, que começou a desenvolver indicadores para monitorar concepção do projeto e implementação (JANSSENS *et al.*1994; YEPPE DIANDERAS 1996, 1997, apud ALEGRE; CABRERA JR; MERKEL, 2009). Os indicadores de desenvolvimento sustentável (IDS) passaram a ser frequentemente recomendados como ferramentas úteis (PALME; TILLMAN, 2008).

Mckenzie e Seago, (2005) informam que em julho de 2000, a Força Tarefa em indicadores de desempenho e perdas de água da IWA publicaram Alegre *et al.* (2000), um padrão internacional para melhor prática do balanço hídrico, o qual foi reconhecido e adotado internacionalmente como melhor prática por um número cada vez maior de país. De acordo com Kanakoudis *et al.* (2012), esta metodologia é a mais utilizada na avaliação de desempenho em Sistemas de Abastecimento de Água, incluindo o Balanço Hídrico e uma lista de Indicadores de Desempenho (PIs ou IDs). Mutikanga *et al.* (2010, p. 472) afirmam que

Os sistemas de avaliação de desempenho desenvolvidos para os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário têm sido promovidos principalmente pelos órgãos internacionais, tais como: International Water Association (IWA); Asian Development Bank (ADB); World Bank; American Water Works Association (AWWA); Six Scandinavian Cities Group; UK Office of Water Services (OFWAT); Association of Dutch Water Companies (VEWIN); ISO 24500 e mais recentemente, a African Water Association (AfWA)

Cruz *et al.* (2012) entendem que

Comparações entre os países se tornam atraentes na medida que possibilita ter um banco de dados que permita identificar as melhores práticas internacionais, fornecendo incentivos adicionais aos gestores de serviços públicos e dando uma melhor orientação para os políticos e os reguladores nacionais. No entanto, devem-se ressaltar dificuldades deste tipo de comparação, como a diferença entre as legislações.

No Brasil, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS foi criado em 1995, junto ao Programa de Modernização do Setor de Saneamento, gerenciado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades (BEZERRA; CHEUNG, 2013, p. 69).

Atualmente, o SNIS é a maior sistema de informações sobre a prestação de serviços de saneamento no Brasil, possuindo grande acervo de informações e indicadores relevantes no setor de saneamento, de caráter operacional, financeiro e gerencial, fornecidas pelos prestadores de serviços de saneamento de todo o país. A partir de séries históricas, o principal produto do SNIS é o Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, divulgados anualmente (BEZERRA, CHEUNG, 2013, P. 70).

Mutikanga *et al.* (2010, p. 472) alertam que

Embora os recentes estudos estejam trazendo uma contribuição para o conhecimento em avaliação de desempenho para serviços públicos de água e esgoto, a maioria desses estudos se concentrara em países desenvolvidos. A medição do desempenho em serviços públicos de água dos países em desenvolvimento tem recebido menos atenção e, portanto, não é muito bem compreendida

Dada à complexidade dos processos científicos e modelos de computador envolvidos, Bruen (2008) defende como sendo uma ferramenta essencial em tal processo de decisão, um sistema de apoio à decisão baseado em modelos computacionais com capacidade de análise multicritério, levantando ainda a importância da interação com o *stakeholder*, para avaliar de forma confiável as opiniões e preferências e incorporá-las nas análises da decisão.

Starkl *et al.*, (2009, p. 1030) complementam ao mencionar que “[u]ma vasta gama de indicadores avalia o desempenho da infraestrutura urbana de água. Seu objetivo comum é a sustentabilidade: financeira, ecológica e social”. Marques e Monteiro (2001, p. 95) afirmam que

Indicadores de desempenho são uma resposta às necessidades do setor, sendo uma das metodologias com mais credibilidade, permitindo a avaliação e gestão de sistemas de abastecimento de água. Entre os vários objetivos e vantagens da utilização de indicadores de desempenho, de acordo com a entidade a que são dirigidos, é que eles podem ser utilizados para promover

benchmarking nos diferentes serviços públicos de água

Le Gauffre *et al.*, (2007b, p. 107) complementam afirmando que “[o]s indicadores de desempenho têm sido desenvolvidos com a finalidade de obter o melhor proveito dos dados existentes, tais como as informações fornecidas pelas atividades de operação e manutenção”. A mesma opinião é corroborada por Mutikanga *et al.*, (2010, p. 478) que afirmarem que “[t]er um conjunto de indicadores bem definidos e alinhados aos planos estratégicos da empresa é fundamental para o sucesso da implementação de um sistema de AD”.

Para Alegre, Cabrera Jr e Merkel (2009).

Calcular indicadores de desempenho é uma tarefa fácil se todos os dados necessários estiverem à mão. A interpretação de seus resultados depende de vários fatores, tais como a qualidade de dados de entrada e metas (os indicadores são úteis apenas quando em comparação com um valor de referência)

Marques e Monteiro (2001) entendem que para um estudo aprofundado, é essencial que se tenha um grupo homogêneo de indicadores comuns, aceitos internacionalmente, incluindo uma grande diversidade de estatísticas de diferentes entidades. “Quanto mais indicadores existirem, mais complexa é a análise, e mais fácil compreensão. Às vezes, considerar apenas um ou poucos indicadores, agrega pouco valor ao estudo e pode levar a conclusões incorretas” (MARQUES; MONTEIRO, 2003, p. 133).

Para Hassanein e Khalifa (2006), uma vez identificados os problemas, pode-se usar os indicadores para ajudar os tomadores de decisão na formulação dos programas de reforma e as negociações de medidas corretivas. Marques e Monteiro (2001, p. 101) entendem que:

Não é possível apontar um valor ideal para a maioria dos indicadores, principalmente porque, quando este existe, depende das características particulares de cada utilitário de água e que varia ao longo do tempo. Os valores sugeridos para os indicadores são valores característicos ou de referência e não correspondem aos valores ideais. Os intervalos foram estabelecidos considerando os

resultados obtidos a partir do inquérito desenvolvido perto dos serviços públicos de água, as experiências das entidades inquiridas e as referências bibliográficas. No futuro, com base na informação adicional, os intervalos apresentados podem ser reajustados.

Marques e Monteiro (2003) enxergam as seguintes vantagens quanto aos indicadores de desempenho:

(i) o reforço no poder institucional, tornando as justificativas mais fáceis para melhorias; (ii) detecção de fragilidades e pontos fracos em sistemas, estimulando à resolução do problema ou melhoria do desempenho, aperfeiçoando então os pontos fortes; (iii) gerenciamento através de objetivos, estabelecimento de metas para os indicadores, resultando em uma série de procedimentos e rotinas que possam ser alcançadas e; (iv) resultados sejam mais transparentes.

Uma importante área de preocupação, entendida por Ashley *et al.* (2008), para grande parte da comunidade do setor de água e efluentes urbanos é a demanda por um aumento no diálogo das partes interessadas e os processos decisórios.

Mutikanga *et al.* (2010, p. 479) afirmam que “uma seleção cuidadosa de líderes de equipe na Avaliação de Desempenho é fundamental, pois requerem conhecimento do negócio, raciocínio, paciência e empenho”. Corton e Berg (2009, p. 274) definem que “é necessário um alto nível de coordenação na coleta de dados e análises. Tal iniciativa pode exigir uma análise das responsabilidades das partes interessadas sobre o monitoramento e armazenamento de dados”.

Para MUTIKANGA *et al.*, (2010, p. 479), “um forte comprometimento da liderança é necessário para ver se todo o processo ocorrer. A participação ativa do diretor traz um maior envolvimento dos membros da equipe no processo”.

Quanto aos níveis de referência, Xu e Qin (2014, p. 646) entendem que

Definir os limites inferior e superior do nível de tolerância de um indicador depende da vontade dos decisores. Em alguns casos, os tomadores de

decisão podem não estar dispostos a admitir um alto risco de falha ou alto custo do sistema, de acordo com a condição real .

Para Sa-Nguanduan e Nitivattananon (2011), a MCDA é um procedimento útil na resolução de conflitos relacionados com a gestão da água, especialmente quando os impactos não podem ser estimados em aspectos monetários. Para Hyde, Maier e Colby (2004) permite a consideração de múltiplos critérios em unidades incomensuráveis (isto é, combinação de critérios quantitativos e qualitativos). Zarghami, Abrishamchi e Ardakanian (2008, p. 1022). Afirmam que “minimizar custos, maximizar o fornecimento de água e a minimizar riscos sociais são os principais critérios”

Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2013, P. 170) entendem que “embora as técnicas de MCDA sejam amplamente aplicadas no domínio dos recursos hídricos, a sua aplicação ao planeamento da gestão de perdas de água tem sido limitada”, alguns modelos são utilizados no planeamento e gerenciamento de sistemas de abastecimento de água. No entanto, para Hajkowicz e Collins (2007, apud MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011b), os modelos MCDA são mais comumente adotados para avaliação de políticas, planeamento estratégico e seleção de infraestrutura.

Para Bruen (2008),

Métodos multicritério como o de concordância (ELECTRE) e o Processo de Hierarquia Analítica (AHP) podem ser facilmente integrados em sistemas de apoio à decisão que lidam com questões ambientais complexas e com muitos critérios, muitas vezes qualitativos.

Alguns estudos que envolvem análise multicritério para apoio à tomada de decisão em gestão de recursos hídricos, sistemas de abastecimento de água e perdas de água são apresentados a seguir.

Os estudos de Hyde, Maier e Colby (2004, 2005) trazem conteúdo abrangente sobre MCDA e identifica a robustez do peso dos critérios durante a análise de sensibilidade para tomadas de decisão em recursos hídricos.

Marques (2008), em seu estudo,

Realizou uma comparação do desempenho dos serviços de água portugueses, tentando

correlacionar os resultados com a sua propriedade (público ou privado). As ferramentas usadas para esta finalidade foram os indicadores de desempenho (IDs), a produtividade total dos fatores (TFP) e análise de envoltória de dados (DEA). Foi observado que os SAA privados apresentaram um desempenho melhor, principalmente em relação aos indicadores de qualidade da água, perdas de água e de pessoal. A produtividade calculada pelo TFP também foi superior nas empresas privadas do que nas públicas. Na comparação da eficiência por meio da técnica de DEA não foi possível observar um melhor desempenho das empresas privadas quando as comparando com as públicas.

No trabalho desenvolvido por KANAKOUDIS *et al.* (2012),

O cálculo de alguns IDs propostos pela IWA foi realizado em diversos sistemas, assim como a criação de outros IDs, permitindo a comparação entre SAAs na região do Mar Mediterrâneo. Foram entregues questionários a diversos *stakeholders* (gerentes e outros funcionários), com relação ao uso dos IDs existentes, tópicos não relacionados a eles, futuras necessidades, etc. O questionário foi dividido em 5 secções. A pergunta a ser respondida era: “*os seguintes indicadores ou parâmetros oferecem uma ferramenta valiosa para gerenciar as perdas de água em um sistema de abastecimento de água?*”. De acordo com a frequência com que cada ID apareceu na pesquisa, foi-se dada uma prioridade ao mesmo.

O método ELECTRE TRI foi implementado no estudo de Le Gauffre *et al.* (2007a) para definir as prioridades de reabilitação em tubulações.

No estudo de Yadav *et al.* (2014) foram utilizados indicadores elaborados pelo Ministério de Desenvolvimento Urbano da Índia para avaliar a situação do SAA da cidade.

O principal objetivo da pesquisa de Du Plessis (2014) foi desenvolver um modelo para orientar os municípios da África do Sul, através do processo de tomada de decisão para gerir a sua situação de

água de uma forma mais sustentável e integrada, garantindo também a participação do público. O modelo também prevê seis sistemas de apoio à decisão, uma para cada etapa do ciclo integrado da água, destacando ainda o papel e a responsabilidade da tomada de decisão política.

Scholten *et al.* (2014) criaram um modelo multicritério para planejar estrategicamente a recuperação de tubulações em um SAA da Suíça. O modelo contou com MCDA e planejamento de cenários para construir 18 alternativas estratégicas de reabilitação sob incertezas futuras.

Algumas conclusões do estudo de Marques e Monteiro (2003), que realizaram correlações entre os indicadores de diversos sistemas de abastecimento de Portugal, foram:

- (i) reabilitação de tubulações longe de um nível ideal;
- (ii) número insuficiente de reposição, substituição de hidrômetros no ano, ampliando a possibilidade de erros de medição;
- (iii) manutenção preventiva praticamente inexistente em muitos SAA, em virtude da manutenção corretiva explorar mais os recursos humanos;
- (iv) recursos humanos reduzidos em muitos SAA.

O trabalho de Cabrera *et al.* (2014) criou métricas até então não propostas por outros pesquisadores, fornecendo uma visão global da eficiência do sistema e margem de melhoria existente, ao avaliar o desempenho energético de sistemas de bombeamento em abastecimento de água.

Alegre (2010) traz o termo “Gerenciamento de ativos de infraestrutura (Infrastructure Asset Management - IAM)”,

Que trata de uma série de estratégias organizacionais, atividades, e práticas sistemáticas e coordenadas pelas quais uma organização gerencia suas infraestruturas de forma racional, exigindo competências em três áreas fundamentais do conhecimento: gestão (financeira, econômica e organizacional), engenharia e informação. Neste aspecto, existe um acordo geral sobre o objetivo final do IAM: otimizar o equilíbrio entre desempenho, custo e risco, a longo prazo.

O estudo de Lundie, Peters e Beavis (2004) utilizou a análise do ciclo de vida para identificar e avaliar quantitativamente eventuais problemas ambientais que podem ser causados por decisões de planejamento.

Carvalho e Marques (2011) avaliaram a influência do ambiente operacional na eficiência dos serviços de água, aplicando pela primeira vez um método que usa regressão não paramétrica, chamado *order-m*, das razões entre a eficiência condicional e incondicional, que permite a inclusão de variáveis ambientais na estimativa de eficiência dos sistemas de abastecimento de água, tais como a escala das operações, titularidade, fonte de água bruta, densidade populacional, as normas de qualidade de água e financeiras, demanda residencial versus não residencial, e a topografia da região onde operam as companhias de água.

O software AWARE-P, criado por Alegre *et al.* (2012) disponibiliza ferramentas para visualizar, diagnosticar e avaliar um sistema urbano de água, através de um portfólio de modelos de desempenho, risco e custos.

O estudo de El-Baroudy e Simonovic (2006) explora a utilidade de medidas de desempenho difundidas para avaliar o desempenho do sistema de abastecimento de água de Londres, considerado complexo sob os aspectos: (i) vulnerabilidade-confiabilidade combinada, (ii) de robustez, e (iii) de resiliência. O procedimento computacional desenvolvido pode ser utilizado para identificar os componentes críticos do sistema, assim como o nível ótimo de melhoria que aumente o desempenho global do sistema.

No Brasil, o modelo proposto por Scaratti, Michelon e Scaratti (2013) avaliou a gestão do saneamento básico no país utilizando a abordagem DEA (*Data Envelopment Analysis*), com o emprego de indicadores de desempenho de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário, relativos às perspectivas de clientes, mercado, conformidade dos produtos e a situação econômico-financeira. Os indicadores foram integrados e consolidados em um único indicador sintético de gestão, baseados em dados do IBGE e SNIS.

Outros estudos brasileiros utilizam métodos de análise multicritério para a tomada de decisão, tais como o DEA (SCARATTI; MICHELON; SCARATTI, 2013) o MASP (PIECHNICKI *et al.*, 2011), o PROMETHEE (MORAIS; ALMEIDA, 2006), o PROMETHEE I (MORAIS; CAVALCANTE; ALMEIDA, 2010), além de modelos computacionais para avaliação de perdas reais (SOARES *et al.*, 2004, GUMIER; LUVIZOTTO JUNIOR, 2007; CHEUNG *et al.*, 2009) e

comparação de indicadores de desempenho, geralmente com base no SNIS (HELLER; VON SPERLING; HELLER, 2009).

Não foram encontrados outros estudos que envolvam a avaliação de desempenho baseada na MCDA-C em gestão de perdas, nem quanto a outros aspectos operacionais de sistemas de abastecimento de água.

Algumas dificuldades na implementação de uma avaliação de desempenho são listadas no estudo de Machado *et al.* (2009, p. 27), tais como:

- Cadastros de rede e base de dados são geralmente incompletos, imprecisos e não estão disponíveis em um formato apropriado para o presente fim.
- Por razões históricas e disponibilidade de fontes de água, dados de consumo de água não são registrados por sistema, mas por município;
- Registros sistemáticos de funcionamento e informações de manutenção são praticamente inexistentes;
- Mecanismos de controle de qualidade em obras e fiscalização são insuficientes;
- Existe informação limitada sobre águas de serviço, geralmente não há medição;
- Usos públicos geralmente não são medidos (por exemplo, bebedouros públicos, serviços municipais, cemitérios, igrejas, campos de futebol, escolas e jardins).

Grandes limitações nos dados disponíveis invalidam, em alguns casos, a aplicação dos métodos ou podem resultar em conclusões errôneas (MACHADO *et al.*, 2009). Um obstáculo enfrentado no estudo de Kanakoudis e Tsitsifli (2010), que aplicaram os IDs desenvolvidos pela IWA para comparar sistemas de abastecimento de água na Grécia, foi de o SAA pesquisado não mantinha quaisquer registros relativos a: (a) a água não medida e não faturada; e, (b) o uso não autorizado, as ligações clandestinas, bypasses, fraudes, etc.

Mutikanga, Sharma e Vairavamoorthy (2013, p. 171) corroboram de tal opinião: “[a] questão da qualidade dos dados, a incerteza em medições de vazão, e propagação de incertezas nos IDs finais é crítica e ainda uma área de pesquisa ativa”. Kanakoudis *et al.*, (2012, p. 2996) complementam ao afirmarem que “[a] qualidade dos dados e as técnicas de coleta adotadas são ambos cruciais para o cálculo dos níveis de IDs”.

Mutikanga *et al.* (2010, p. 479) concluem que não existe um modelo definido para um sistema de AD; cada empresa deve examinar os seus próprios processos e práticas, infraestrutura, cultura organizacional e operacional, dados de apoio e tecnologia e desenvolver medidas de desempenho mais adequadas ao seu local de trabalho.

Vilanova, Magalhães Filho e Balestieri (2015) defendem que o desenvolvimento de uma avaliação de desempenho seja único para cada problema e deve ser baseado em metas e objetivos estratégicos da empresa e desenvolvido com a participação de profissionais envolvidos no processo.

De acordo com Hajkowicz e Higgins (2008, *apud* MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2011c)

O principal desafio não está no desenvolvimento de metodologias MCDA mais sofisticadas, mas em desenvolver quadros mais sistemáticos de apoio à estruturação inicial do problema, em termos de seleção de critérios e opções de decisão.

Assim, a metodologia Multicritério em Apoio à Decisão Construtivista (MCDA-C) ganha espaço nos processos de apoio à tomada de decisão devido a sua abordagem construtivista, que leva em conta os interesses do decisor, além de criar conhecimento neste durante a construção do modelo.

Este estudo se mostra, então, pioneiro e inovador para a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água, principalmente pelo fato de trazer a figura do decisor como participante efetivo do processo, pela transformação das escalas ordinais em cardinais, pela integração dos critérios e pela visualização do *Status Quo*, permitindo ao decisor visualizar as consequências das ações de melhoria no desempenho do modelo.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

A seguir serão apresentados o enquadramento metodológico e os instrumentos de intervenção para a pesquisa.

3.1 ENQUADRAMENTO METODOLÓGICO

O enquadramento metodológico tem como objetivo apresentar e esclarecer os procedimentos metodológicos utilizados durante a pesquisa. Serão aqui definidas as seguintes dimensões: natureza do objetivo, natureza do trabalho científico, lógica, coleta de dados, abordagem do problema, resultados, procedimentos técnicos e instrumento de intervenção.

Quanto à natureza do objetivo, a pesquisa é exploratória e descritiva. É exploratória, pois busca identificar as particularidades da Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água e objetivos do contexto da Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento, para construir indicadores que consigam medir seu desempenho, formando entendimento do Gerente Operacional (decisor) sobre esses processos; além da evidenciação da fronteira do conhecimento e das oportunidades de pesquisa sobre o assunto. É descritiva, pois identifica as características do fragmento da literatura referente ao tema e analisa esse Portfólio Bibliográfico (PB) (RICHARDSON, 1999).

A natureza do trabalho científico é classificada nas duas etapas da pesquisa. É caracterizada como teórico-ilustrativo, pois descreve e ilustra todo o processo de seleção do Portfólio Bibliográfico, unindo informação a respeito da Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água e construindo a fundamentação teórica deste trabalho. Classifica-se como um estudo prático, quando do estudo de caso e construção do modelo para apoiar à Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água em uma companhia de saneamento, permitindo uma investigação que preserva as características da organização em funcionamento (YIN, 2005).

A lógica da pesquisa é indutiva quando leva em consideração a participação do decisor. Quanto a abordagem do problema; a presente pesquisa enquadra-se como quali-quantitativa (RICHARDSON, 1999). É qualitativa, tanto no desenvolvimento da etapa de Seleção do Portfólio Bibliográfico e da etapa da Análise Sistemática do *Proknow-C* quanto nas Fases de Estruturação e Recomendação da metodologia MCDA-C. É quantitativa tanto na etapa da Análise Bibliométrica do

Proknow-C quanto na Fase de Avaliação da metodologia MCDA-C quando transforma as escalas ordinais em cardinais e as integra, por meio do *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (Macbeth)*, que é um *software* estatístico (RICHARDSON, 1999).

Essa pesquisa faz uso tanto de dados primários quanto de dados secundários (RICHARDSON, 1999). O processo de seleção do PB é informado por dados primários, uma vez que é o pesquisador (neste caso pesquisadora/autora desta dissertação) que explicita desses dados. Dados primários também são utilizados na construção do modelo de avaliação multicritério construtivista, em todas as Fases: Estuturação (entrevistas com o decisor para: identificação dos aspectos considerados importantes e suficientes do modelo; legitimação da estrutura hierárquica de valor; e, construção das escalas ordinais), Avaliação (entrevistas para construção das escalas cardinais e taxas de compensação) e Recomendações (entrevistas para identificar os critérios para construção das ações de aperfeiçoamentos: relação custo vs benefício; sem custo financeiro direto; maior contribuição global;...). Já os dados secundários são utilizados quando do mapeamento e análise do Portfólio Bibliográfico, uma vez que são os artigos selecionados nas bases de dados disponíveis pela CAPES; bem como quando da identificação do *status quo* do desempenho da gestão de perdas.

Quanto aos resultados, a pesquisa é aplicada, uma vez que, na primeira etapa, o pesquisador busca o conhecimento para direcionar os estudos para artigos, autores e periódicos considerados relevantes na análise bibliométrica (LAKATUS; MARCONI, 2006); e, na segunda etapa, o pesquisador busca construir um modelo capaz de ser usado na prática (RICHARDSON, 1999), personalizado aos aspectos julgados como importantes pelo decisor.

O procedimento técnico utilizado foi a Pesquisa Bibliográfica com base na busca de artigos disponíveis em portais de periódicos (RICHARDSON, 1999). A construção do modelo se enquadra como um estudo de caso quanto aos procedimentos técnicos, visto que foi construído um modelo para avaliar o desempenho para apoiar a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água em uma empresa específica.

Como instrumentos de intervenção, fez-se uso do *Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C)*, proposto por Ensslin *et al.* (2010a), que estabelece os procedimentos, em forma estruturada, para seleção do PB e a análise dos resultados adotados (AFONSO *et al.*, 2011), permitindo ao pesquisador desenvolver o

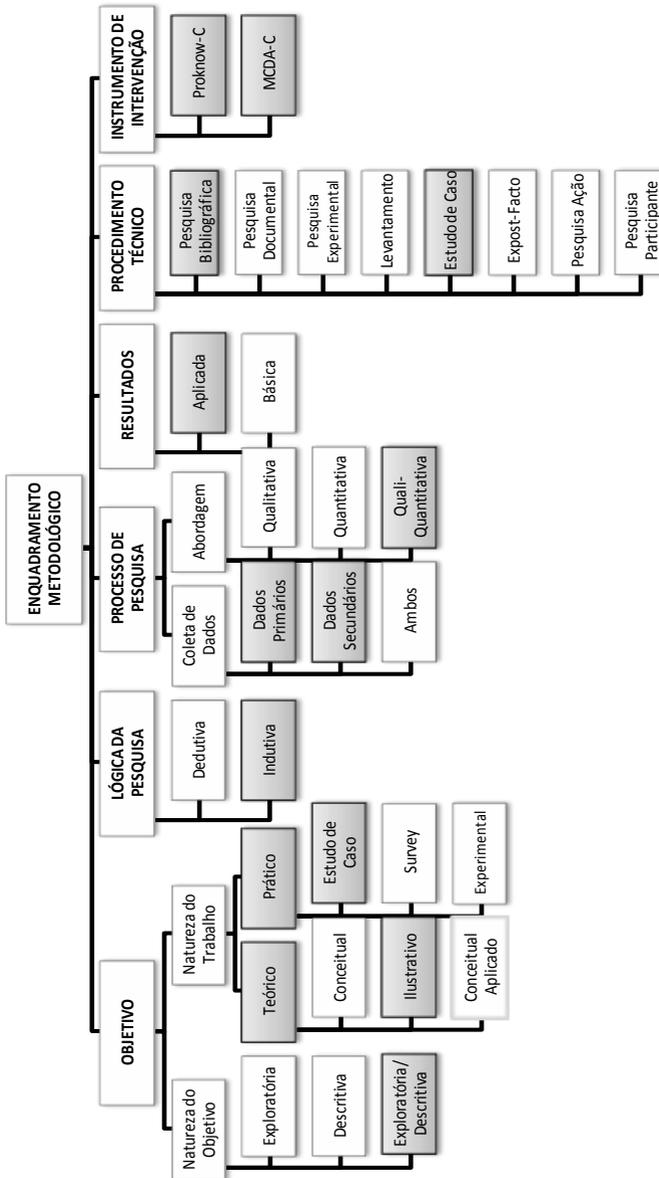
conhecimento necessário sobre o tema abordado. Para informar e conduzir o processo de construção do modelo fez-se uso da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão-Construtivista (MCDA-C), uma vez que, ao final do trabalho, o decisor teve condições de identificar de forma fundamentada os pontos críticos para o planejamento das ações para o controle e redução de perdas nesse Sistema de Abastecimento de Água, ampliando seu conhecimento a respeito do tema. A Figura 2 apresenta o enquadramento deste trabalho científico.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA REVISÃO DA LITERATURA

Para atender ao primeiro objetivo específico - Conhecer e analisar o fragmento da literatura científica que aborda o tema avaliação de desempenho e análise multicritério na gestão de serviços de saneamento e perdas em sistemas de abastecimento de água – selecionou-se o *Knowledge Development Process-Constructivist (ProKnow-C)*, como instrumento de intervenção, que estabelece os procedimentos, de forma estruturada, para seleção de um Portfólio Bibliográfico (PB) e a análise dos resultados adotados (AFONSO *et al.*, 2011). Essa metodologia foi proposta por Ensslin *et al.* (2010a), com origem em 2005, no Laboratório Multicritério de Apoio à Decisão (LabMCDA) do Departamento de Engenharia da Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, consolidando-se a partir de 2010, quando surgiram as primeiras publicações no formato recente (DUTRA *et al.*, 2015; ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013; CHAVES *et al.*, 2012).

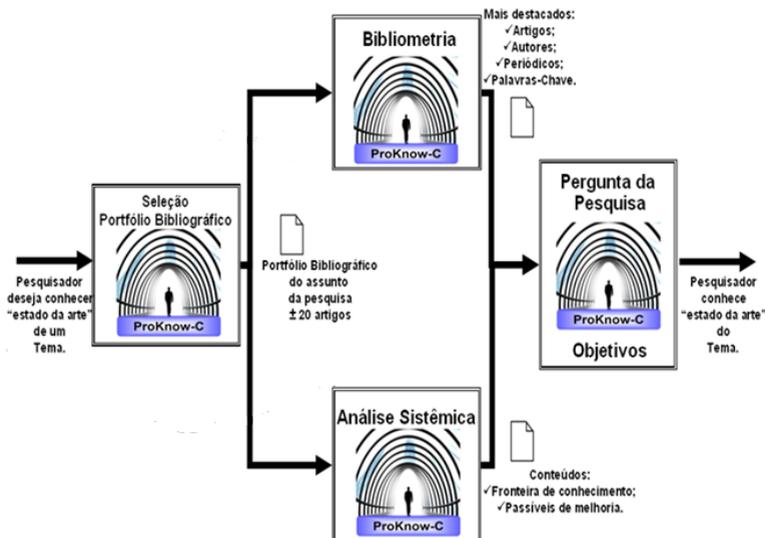
O *ProKnow-C* é composto por quatro etapas: i) seleção de portfólio de artigos sobre o tema da pesquisa; ii) análise bibliométrica do portfólio; iii) análise sistêmica; e iv) definição da pergunta e objetivo de pesquisa (ENSSLIN; ENSSLIN; PACHECO, 2012), e é apresentado na Figura 3.

Figura 2- Enquadramento Metodológico para a Revisão da Literatura



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 3 - Etapas do ProKnow-C abordadas no projeto de pesquisa



ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist

Fonte: Ensslin, Ensslin e Pacheco (2012, p.78) baseado em Ensslin *et al.* (2010a)

A adoção desse processo para a seleção do material bibliográfico se deve ao fato de o *ProKnow-C*, sob a perspectiva construtivista, apresentar um processo estruturado para construir, no pesquisador, o conhecimento necessário para iniciar a pesquisa acerca do tema que deseja investigar (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013a).

O propósito desse processo é propiciar mais entendimento sobre um determinado assunto a um pesquisador que deseja iniciar estudos no campo. Ao final do processo, o pesquisador terá conhecimento da literatura científica relevante do fragmento da publicação delimitada (CHAVES *et al.*, 2012). Com base na identificação e na análise das características dessas publicações e do conhecimento gerado, é possível sintetizá-lo em diretrizes para novas pesquisas (VALMORBIDA; ENSSLIN, 2015).

Esse instrumento de intervenção tem sido disseminado e adotado em outras pesquisas bibliográficas, tais como: Valmorbida *et al.* (2015); Dutra *et al.* (2015); Ensslin *et al.* (2015); Ensslin, Ensslin e Pinto (2013); Waiczky e Ensslin (2013); Chaves *et al.* (2012); Bortolluzzi *et al.* (2011); Afonso *et al.* (2011); Tasca *et al.* (2010), dentre outros.

3.2.1 Seleção do Portfólio Bibliográfico (PB)

A primeira etapa da aplicação do *ProKnow-C* consiste na obtenção de um Portfólio de Artigos alinhados ao tema de pesquisa e com reconhecimento científico. Nessa etapa, três fases são executadas: (a) a seleção dos artigos nas bases de dados que compõem o Banco de Artigos Bruto; (b) a filtragem dos artigos selecionados com base no alinhamento da pesquisa; e, (c) o teste de representatividade do PB (ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013). Para esta pesquisa foram utilizadas as seguintes delimitações:

- Temporal: admitiram-se apenas publicações a partir de 2000.
- Fontes: buscaram-se bases de dados alinhadas ao tema de pesquisa, disponíveis no Portal de Periódicos da Capes.
- Tipos de publicações: artigos de periódicos.
- Disponibilidade: apenas artigos disponíveis na íntegra.
- Alinhamento ao tema de acordo com as percepções da pesquisadora nas etapas de: definição das palavras-chave, leitura dos títulos, leitura dos resumos e leitura integral do artigo.

Cabe mencionar que o processo de seleção se valeu de uma visão alicerçada na Avaliação de Desempenho.

3.2.1.1 Seleção do banco de artigos bruto

Inicialmente foram definidas as áreas de conhecimento que segundo a percepção do pesquisador representam o tema de estudo. No *Proknow-C* cada área recebe a denominação Eixo para caracterizar a independência dos mesmos. Para cada eixo foram definidas palavras-chave pela pesquisadora, as quais fazem parte do contexto a ser abordado.

Em seguida, foram definidas as bases de dados no Portal de Periódico da Capes, alinhadas às áreas de conhecimento e consideradas relevantes para a pesquisadora dentro do contexto da pesquisa: Engenharias e Multidisciplinares.

Uma vez definidas as palavras-chave e as bases de dados alinhadas às áreas de conhecimento do tema, foi iniciado o processo de pesquisa, tendo as limitações já citadas. Além disso, foram restringidos os campos de título (*article title*), resumo (*abstract*) e/ou palavras-chave (*keyword*) para a busca dentro das bases de dados.

Pela combinação das palavras-chave, as bases de dados selecionadas forneceram artigos, os quais compuseram o Portfólio de Artigos Bruto. As informações de cada artigo foram exportadas para o gerenciador bibliográfico *Endnote X6*, no formato RIS. A busca dos artigos nas bases de dados foi realizada entre os dias 13 e 15 de dezembro de 2014.

O teste de aderência serve para verificar a necessidade ou não de inclusão de nova(s) palavra(s)-chave aos eixos. Tal necessidade se verifica por meio da seleção de dois artigos, *a priori*, considerados aderentes ao tema, dentre os quais se devem avaliar o alinhamento das palavras-chave ao tema da pesquisa. A Figura 4 representa essa etapa.

3.2.1.2 Filtragem do banco de artigos brutos

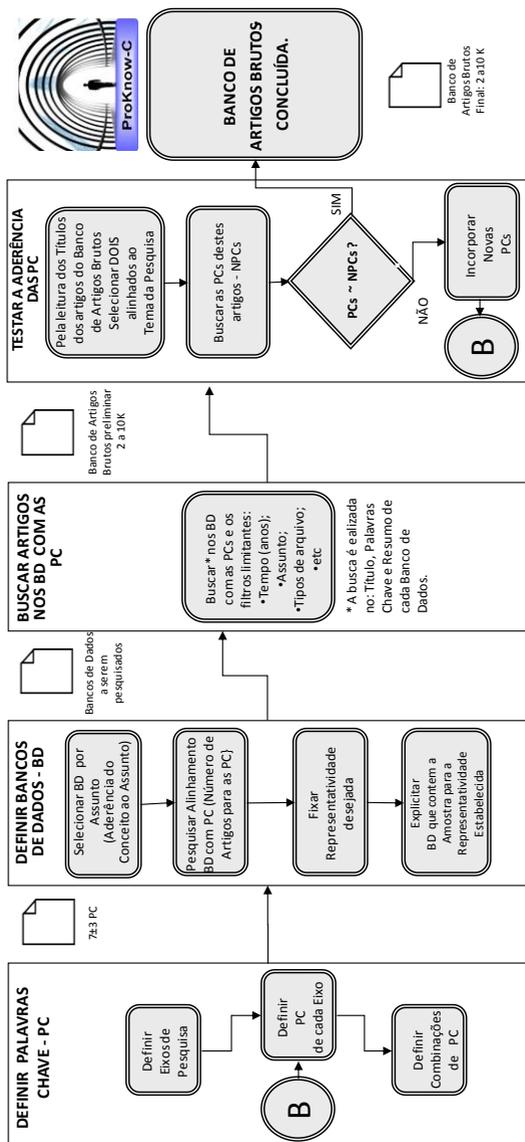
A segunda fase da etapa de seleção do PB consiste na filtragem do banco de artigos bruto quanto aos seguintes aspectos: (i) redundância (exclusão de artigos repetidos); (ii) alinhamento dos títulos dos artigos com o tema (exclusão de títulos não alinhados); (iii) reconhecimento científico dos artigos; (iv) alinhamento dos resumos dos artigos ao tema de pesquisa; e, (v) disponibilidade dos artigos na íntegra nas bases de dados (ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013).

Para realização da filtragem quanto à redundância, alinhamento dos títulos e alinhamento dos resumos, foi utilizado o gerenciador bibliográfico *EndNote X6*. Para a verificação do reconhecimento científico, foi realizada consulta no *Google Acadêmico* para se conferir o número de citações de cada artigo. Foi criada uma planilha, na qual os artigos, filtrados quanto ao alinhamento do título, foram dispostos em ordem decrescente quanto ao número de citações.

Foi fixado um percentual de representatividade de 90% do somatório de citações de artigos com títulos e resumos alinhados ao tema e cientificamente reconhecidos (Repositório A). Para esses artigos, extraíram-se os autores para o Banco de Autores (BA). Para os artigos com reconhecimento científico a confirmar, foi feita uma reanálise, aceitando-se a inclusão de artigos recentes (menos de dois anos de publicação) cujo título e resumo estavam alinhados ao tema e/ou com autores presentes no BA (Repositório B).

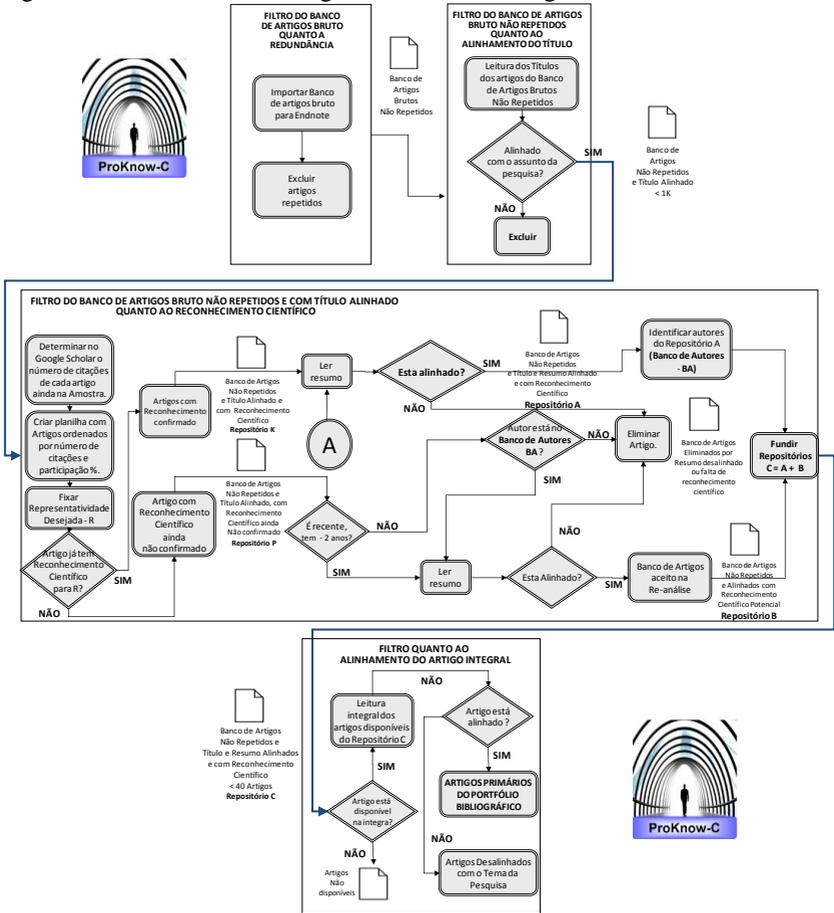
Com a finalidade de se confirmar o alinhamento dos artigos com o tema da pesquisa, realizou-se a leitura integral de todos esses artigos. Após essa leitura, foram excluídos os artigos que não estavam alinhados ao tema. A Figura 5 representa os procedimentos dessa etapa.

Figura 4 - ProKnow-C - Seleção do banco de artigos bruto



Fonte: Lacerda, Ensslin e Ensslin (2012, p. 64) adaptado de Ensslin *et al.* (2010a).

Figura 5 - ProKnow-C - Filtragem do banco de artigos brutos.



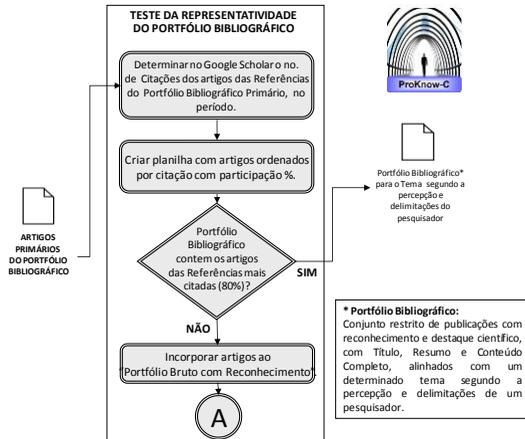
Fonte: Adaptado de Ensslin, Ensslin e Pinto (2013, p. 338)

3.2.1.3 Teste de representatividade do Portfólio Bibliográfico (PB)

Esta fase consiste em levantar todas as referências do PB de artigos para averiguar a existência de algum outro artigo relevante à pesquisa que pudesse ser incorporado a ele. Para tal verificação, assim como no Portfólio Bruto, foi feita a restrição temporal (2000-2014) e de tipo de publicação (artigos de periódicos).

Assim como no processo de filtragem citado, foi levantado o número de citações de cada artigo das referências, com o auxílio do *Google Acadêmico*. As informações foram dispostas em planilha eletrônica de forma decrescente quanto ao número de citações e, para o teste de representatividade, foram avaliados os títulos, os resumos e o conteúdo integral dos artigos contidos dentro do somatório de 90% das citações. Esse processo é apresentado na Figura 6.

Figura 6: *ProKnow-C* - Teste de representatividade do portfólio bibliográfico



Fonte: Ensslin *et al.* (2010a)

Os artigos selecionados no Portfólio Primário, após os processos citados, foram então analisados a fim de se definirem os principais periódicos, artigos, autores e palavras-chave com maior pertinência ao tema. Essa identificação é realizada na Análise Bibliométrica, seguiu a metodologia *ProKnow-C*.

3.2.2 Análise Bibliométrica

A análise bibliométrica é a segunda etapa do *ProKnow-C*, a qual cria um conhecimento no pesquisador a respeito de quais são os principais periódicos, artigos, autores e palavras-chave relacionados ao tema de pesquisa. Esta etapa traz subsídios ao pesquisador na busca futura de conteúdo a respeito do tema pesquisado. Para Ensslin *et al.* (2010a),

Análise bibliométrica é um processo de evidenciação quantitativa dos dados estatísticos de um conjunto definido de artigos (Portfólio Bibliográfico) para a gestão da informação e do conhecimento científico de um determinado assunto, realizado por meio de contagem de documentos.

A análise bibliométrica, no contexto do instrumento *ProKnow-C*, é uma “atividade de contagem de ocorrência de determinada variável (característica) nas publicações do PB, com vistas a construir o conhecimento inicial nos pesquisadores, de tal forma que saibam onde buscar informações sobre o tema” (ENSSLIN *et al.*, 2014, p.593-594). Da mesma forma, a análise bibliométrica objetiva verificar as características das publicações da área de conhecimento em investigação a fim de construir conhecimento no pesquisador para que ele saiba onde buscar novas informações sobre o tema (DUTRA *et al.*, 2015; VALMORBIDA; ENSSLIN, 2015).

Essa técnica se justifica, uma vez que indicadores bibliométricos vêm ganhando importância crescente como instrumentos para análise da atividade científica e das suas relações com o desenvolvimento econômico e social (KOBASHI; SANTOS, 2008, *apud* BORTOLUZZI, 2013).

Para a realização dessa análise dos artigos, o *ProKnow-C* utiliza as variáveis: periódicos, artigos, autores, palavras-chave e fator de impacto dos periódicos. As fontes de dados para essas variáveis são o Portfólio Bibliográfico (PB), as referências do PB e, por fim, o PB em conjunto com suas referências (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013a). As etapas analisadas foram:

1. Relevância dos periódicos: avaliada para os periódicos do PB e das referências do PB.

2. Fator de impacto dos periódicos (JCRxSJR): medido apenas para os periódicos do PB.
3. Relevância dos autores: levantada para os artigos do PB e os das referências do PB.
4. Reconhecimento científico dos artigos: levantado apenas para os artigos do PB.
5. Autores de maior destaque: medido para os autores do PB e os das referências do PB.
6. Palavras-chave mais utilizadas: medidas apenas para aquelas do PB.

3.2.3 Análise Sistêmica

Esta etapa tem como objetivo fazer uma análise crítica do PB selecionado e evidenciar lacunas e oportunidades de pesquisas e, assim, fornecer subsídios para a contribuição ao fragmento da literatura pesquisado (MARAFON *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2014).

Segundo Bortoluzzi *et al.* (2014, p.892) extraído de Ensslin *et al.* (2010a),

Análise sistêmica é um processo científico utilizado para, a partir de uma visão de mundo definida e explicitada por suas lentes, analisar uma amostra de artigos representativa de um dado assunto de pesquisa, visando evidenciar para cada lente e globalmente, para a perspectiva estabelecida, os destaques e as oportunidades (carências) de conhecimentos encontrados na amostra.

Com base na adoção de uma afiliação teórica e de suas propriedades dentro do contexto do instrumento *ProKnow-C*, a análise sistêmica é uma atividade reflexiva em que o pesquisador analisa a presença, ou não, dessas propriedades nos artigos do PB (VALMORBIDA *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2014; MARAFON *et al.*, 2012).

O tema desta pesquisa é a Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água, sendo que a visão adotada para realizar a gestão é a Avaliação de Desempenho Organizacional (ADO). A gestão do processo decisório deve ser vista sob a perspectiva da Avaliação de

Desempenho para que haja apoio à decisão (CHAVES *et al.*, 2012). Dessa forma, essa é a afiliação teórica adotada para este trabalho.

Essa visão evidencia os aspectos que serão considerados na análise das publicações selecionadas com vistas à identificação dos destaques e das oportunidades de melhoria para serem úteis ao apoio à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água (VALMORBIDA *et al.*, 2014).

Considerando a definição de Avaliação de Desempenho trazida por Ensslin *et al.* (2013, p. 739), citada na página 7 da fundamentação teórica, as lentes utilizadas para analisar os artigos dos portfólios bibliográficos estão apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Lentes do *ProKnow-C*

Lente		O que busca?
1	Abordagem	Harmoniza o modelo construído (abordagem e dados) com sua aplicação?
2	Singularidade	Reconhece que o problema é único (atores, contexto)?
3	Processo para identificar	Utiliza processo para identificar os objetivos segundo a percepção do decisor?
4	Mensuração	As escalas (descritivas, nominais, ordinais e cardinais) utilizadas atendem à Teoria da Mensuração e suas propriedades (mensurabilidade, operacionalidade, homogeneidade, inteligibilidade) permitem distinguir os desempenhos melhor e pior?
5	Integração	Quando feita a determinação das constantes de integração, como são apresentadas as questões ao decisor?
6	Gestão	O conhecimento gerado permite conhecer o perfil atual, sua monitoração e aperfeiçoamento?

Fonte: Ensslin; Ensslin; Dutra (2009), Adaptado de de Bortoluzzi et al. (2011; 2014), Chaves et al. (2013), Marafon et al. (2015), Lacerda et al. (2014) e Valmorbida et al. (2014).

Assim, o Portfólio Bibliográfico é submetido a uma análise conforme os moldes estabelecidos nas lentes, permitindo sugerir oportunidades de pesquisa para o tema. A geração de conhecimento no pesquisador configura-se como um resultado natural, devido à atividade reflexiva (VALMORBIDA *et al.*, 2014).

Com o conhecimento construído até então, o pesquisador está apto a fazer uma pergunta de pesquisa para que se iniciem futuros trabalhos (CHAVES *et al.*, 2012).

3.2.4 Pergunta de Pesquisa

Uma vez realizada a seleção do Portfólio Bibliográfico, da Análise Bibliométrica e da Análise Sistêmica, será possível então definir a pergunta da pesquisa, que tem por objetivo direcionar as atividades acadêmicas de forma a construir o modelo sugerido.

3.3 PROCEDIMENTOS PARA CONSTRUÇÃO DO MODELO

O instrumento de pesquisa utilizado para a construção de um modelo de apoio à gestão de perdas para um Sistema de Abastecimento de Água foi a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C), dado seu reconhecimento científico para construir modelos para Avaliação de Desempenho (AD) em contextos complexos, envolvendo múltiplos critérios e múltiplos atores com objetivos conflitantes (ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000; MONTIBELLER *et al.*, 2008; TASCA *et al.*, 2010; ZAMCOPE *et al.*, 2010; ENSSLIN *et al.*, 2010b; DELLA BRUNA *et al.*, 2011; LACERDA *et al.*, 2011a; LACERDA *et al.*, 2011b; ENSSLIN *et al.*, 2013; MARAFON *et al.*, 2015; LONGARAY *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2015).

A partir de uma visão de mundo construtivista, a qual se encaixa este estudo de caso, os processos de apoio à tomada de decisão auxiliam o decisor a identificar suas preferências e valores relevantes ao problema a ser resolvido. Esta metodologia é recomendada para os seguintes casos (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001):

1. O contexto é parcialmente conhecido pelos decisores;
2. Os objetivos a serem tidos em conta são os do decisor e não estão identificados;
3. O decisor deseja participar do processo de construção do conhecimento do problema;
4. Existem atores (intervenientes) que possuem o poder de influenciar o decisor no processo de explicitar os objetivos.

Ensslin, Dutra e Ensslin (2000) definem que “a metodologia MCDA-C traz uma contribuição mais valiosa para a compreensão da situação percebida como problemática”. Ao final do trabalho o decisor pode identificar de forma fundamentada os pontos críticos para o planejamento das ações para o controle e redução de perdas neste Sistema de Abastecimento de Água.

Em face de tal reconhecimento, esta metodologia enfatiza uma diferença básica de atitude: enquanto as abordagens tradicionais tentam dar uma solução para o problema, MCDA enfatiza a idéia de construção do problema, isto é, concentra-se na modelagem do contexto de decisão a partir da consideração das crenças e valores dos atores envolvidos no processo de tomada de decisão, de forma a permitir a construção de um modelo sobre o qual basear decisões, que se acredita ser a mais adequada no contexto dado (ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000, p. 80).

A construção do modelo segue as três fases da MCDA-C: (i) Fase de Estruturação; (ii) Fase de Avaliação; e, (iii) Fase de Recomendações (Ensslin *et al.*, 2010b), conforme pode ser observado na Figura 7. Lacerda, Ensslin e Ensslin, (2010, 2011a, b) e Zamcopé *et al.* (2010) listam as principais vantagens provenientes da utilização da MCDA-C:

i) possibilidade de abordar informações qualitativas e quantitativas; ii) possibilidade de capturar e apresentar, de maneira explícita, os objetivos e valores dos decisores; iii) possibilidade de permitir aos decisores refletirem sobre seus objetivos, prioridades e preferências; e, (iv) possibilidade de desenvolver um conjunto de condições e meios para informar as decisões em função do que o decisor achar mais adequado.

Em se tratando de uma abordagem construtivista e considerando que, em teoria de aprendizagem construtivista, pessoas são participantes ativas na aquisição de conhecimento, Ensslin, Dutra e Ensslin (2000, p. 98) entendem que se pode dizer que MCDA-C pode ser usada com sucesso para:

(i) sistemas de preferências do modelo; (ii) um espaço aberto para o diálogo; (iii) gerar uma compreensão do contexto de decisão; (iv) ajudar a elaborar, para justificar e/ou transformar os juízos de valor; e (v) apoio à construção de recomendações para situações percebidas como problemáticas no cerne das organizações, especialmente ao nível do setor público.

Figura 7 - Fases da MCDA-C



Fonte: adaptado de Ensslin, Dutra e Ensslin (2000, p.82)

Na abordagem construtivista da MCDA, utilizam-se taxas de substituição ao invés de pesos, pois estas expressam o possível prejuízo no desempenho de uma determinada ação, para compensar o ganho em outra (KEENEY, 1992; ROY, 1996).

Para o presente estudo de caso, a metodologia permite, por exemplo, a priorização de determinadas ações, com vistas à gestão de perdas em abastecimento de água, baseadas nos valores e preferências do decisor.

Ao final do trabalho, ter-se-á construído para o gestor um volume de conhecimento que lhe permitirá visualizar gráfica e numericamente as decisões que julga importante (MACHADO *et al.*, 2015).

A seguir serão descritas cada etapa da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista, apresentadas na Figura 7.

3.3.1 Fase de Estruturação

Na fase de estruturação, o problema é contextualizado e organizado a partir dos aspectos julgados mais relevantes pelo decisor. São então definidos os atores envolvidos, o rótulo do problema que deve

representar o que o decisor busca, além de identificar, organizar e mensurar ordinalmente os aspectos que, na visão do decisor, sejam suficientes para avaliar o contexto, de acordo com suas preferências e valores.

3.3.1.1 Abordagem *soft* para a estruturação: Contextualização, Subsistema de Atores e Rótulo

A contextualização visa identificar o ambiente ao qual o problema pertence, o que está dentro e o que está fora do problema. Nesta fase também são identificados atores envolvidos nesta problemática (decisores, intervenientes, facilitadores e agidos), que são aqueles que direta ou indiretamente participam de ações que se relacionam com as perdas.

Para se desenvolver o modelo é necessário então criar um rótulo para o mesmo, o qual deve ser o mais representativo possível quanto às principais preocupações do decisor em relação ao problema.

3.3.1.2 Árvore de Pontos de Vista: Elementos Primários de Avaliação, Conceitos, Áreas de Preocupação e Mapas Meios-Fins

Nesta primeira etapa de criação do modelo multicritério foram realizadas entrevistas com os decisores com a finalidade de levantar informações relativas a valores, expectativas e vontades pessoais. As declarações dos decisores serviram para formar os elementos primários de avaliação (EPAs), que são as características ou propriedades do contexto que o decisor julga impactarem em seus valores. O ideal é que se encontre o maior número de EPAs possível, sendo que novos podem surgir com a combinação dos pré-existentes (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

A partir dos EPAs pode-se então criar os conceitos, os quais expressam a direção de preferência associada ao EPA acompanhado da motivação para sua existência. Um conceito é formado por duas partes, separadas por ... (onde lê-se: ao invés de): a primeira apresenta a direção de preferência desejada (o que deseja fazer); e a segunda, o polo oposto psicológico, ou seja, a motivação ou a consequência que leva à motivação (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

Durante o processo de construção do mapa, podem surgir novos conceitos não identificados anteriormente. Nesta pesquisa, os conceitos

criados durante a construção do mapa receberam a numeração acima de 100.

Os conceitos que, segundo a visão dos decisores, apresentam objetivos ou preocupação estratégica semelhante podem ser agrupados em áreas de preocupação. Os nomes dados às áreas devem refletir da melhor forma possível a preocupação principal do decisor ao expressar os conceitos pertencentes ao agrupamento. No entanto, destaca-se que, quem reflete a área de preocupação são os conceitos, e não o nome dado à mesma (ENSSLIN *et al.*, 2010a).

Após a criação dos conceitos e áreas de preocupação, pode-se iniciar o processo de criação de mapas meios-fins, que é a representação gráfica do discurso do decisor, elaborado pelo facilitador. Pode ainda ser definido como uma hierarquia de conceitos relacionados por ligações de influência entre meios e fins (MONTIBELLER; SHAW e WESTCOMBE, 2006, MONTIBELLER *et al.*, 2008 e MONTIBELLER e BELTON, 2009).

A interligação entre os conceitos meios-fins é feita por setas que apontam do nível inferior em direção ao nível superior. No nível superior devem ficar os conceitos mais abstratos, e nos níveis inferiores, os conceitos objetivos e operacionais, os quais podem ser mensuráveis na etapa de criação dos descritores (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

O Mapa Meios-Fins é dividido em mapas menores formando os *Clusters*. Os *Clusters* são conjuntos de conceitos associados a um mesmo assunto/tema/preocupação. Os *Clusters* iniciais devem ser testados para representarem aspectos do contexto de forma a serem: essenciais, controláveis, completos, mensuráveis, operacionais, isoláveis, não-redundantes, concisos e compreensíveis (KEENEY, 1992; ENSSLIN, MONTIBELLER, NORONHA, 2001; ROY, 2005).

O nome de cada *Cluster* é dado em função do foco de interesse do decisor expresso pelos ramos que o compõem. De um *Cluster* podem ser formados os *Subclusters*, quando observado mais de um conjunto de conceitos associados a um mesmo *Cluster*. O processo de decomposição em *Subclusters* continua até que este represente uma propriedade do contexto e assim possa ser mensurado em forma objetiva, e não ambígua.

O objetivo expresso pelo rótulo do problema é atingido no ramo de cima para baixo, quando o decisor segue uma linha de argumentação que conduz de um determinado conceito meio até este objetivo.

3.3.1.3 Estrutura Hierárquica de Valor

Na Metodologia MCDA-C, a estrutura de relações de influência formada pelo Mapa Meios-Fins pode ser convertida em uma forma estruturada, chamada Estrutura Hierárquica de Valor. Para Keeney (1992), isto permite incorporar o entendimento dos julgamentos preferenciais do decisor no modelo em construção.

Quando os *Clusters* e *Subclusters* migram para a Estrutura Hierárquica de Valor, os *Clusters* passam a ser os Pontos de Vista Fundamentais (PVF) e os *Subclusters*, os Pontos de Vista Elementares (PVE).

A Estrutura Hierárquica de Valor é formada, então, pela interligação do rótulo, seguida pelas Áreas de Preocupação (Objetivos Estratégicos) e de seus Pontos de Vista Fundamentais e Pontos de Vista Elementares (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b). A interligação entre estes elementos se dá por segmentos de reta.

3.3.1.4 Construção dos Descritores

A última etapa da fase “Estruturação” proposta pela metodologia MCDA-C diz respeito à construção de escalas ordinais, denominadas “Descritores”. Estas escalas permitam mensurar o desempenho das propriedades do contexto que operacionalizam o objetivo estratégico, ou seja, cada ponto de vista (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b) . Os descritores medem o grau com que um objetivo é alcançado.

As escalas ordinais são construídas em conjunto com o decisor, pois é ele que melhor define o que é relevante para a situação em questão e deseja-se que tenham seis propriedades: i) mensurável; ii) operacional; iii) inteligível; iv) homogêneo; v) permita distinguir desempenho melhor e pior; e vi) respeite as propriedades das escalas ordinais (KEENEY e RAIFFA,1976; ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001; ENSSLIN *et al.*, 2013).

Quando são definidas as escalas, o decisor deve informar o que caracteriza um desempenho bom e um desempenho ruim, ou seja, os níveis de referência. Esses níveis de referência são separados em “Nível Bom”, para o qual os resultados acima demonstram um desempenho excelente e “Nível Neutro”, para o qual os resultados abaixo deste valor apresentam um desempenho comprometedor. O desempenho entre o “Nível Neutro” e o “Nível Bom” é denominado competitivo na metodologia MCDA-C (ROY, 2005).

A construção dos descritores não permite ao decisor mensurar os aspectos do contexto de forma quantitativa e integrada. Para tanto, procede-se à próxima fase da MCDA-C, a avaliação.

3.3.2 Fase de Avaliação

Esta fase da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista visa identificar o *Status Quo* do contexto, de maneira a comparar a performance entre as alternativas construídas. Ao final da avaliação realiza-se o teste de sensibilidade para verificar a robustez de cada alternativa.

3.3.2.1 Análise de Independência Cardinal

Durante o processo de avaliação é necessário que cada descritor tenha seu desempenho avaliado independentemente dos demais descritores, ou seja, os descritores necessitam ser isoladamente independentes uns dos outros. Quando da melhora no desempenho de um determinado descritor, não pode haver melhora ou piora no desempenho de outro descritor, obedecendo então aos princípios da teoria da mensuração.

A análise de independência consiste, então, em garantir que as escalas ordinais, construídas durante a fase de estruturação, sejam isoláveis ou preferencialmente independentes (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

3.3.2.2 Funções de Valor

As funções de valor do modelo têm como propósito transformar escalas ordinais em cardinais. Isso permite ao decisor visualizar a diferença de atratividade da passagem de um determinado nível para outro em cada descritor, possibilitando a mensuração quantitativa do modelo em cada Ponto de Vista Elementar – PVE (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

Para Ensslin *et al.* (2011), são três os principais métodos para transformação de escalas ordinais em cardinais: Pontuação Direta, Bisecção, Macbeth. Neste trabalho foi adotado o método Macbeth – *Measuring Atractivines by a Categorical Based Evaluation Technique*, devido a sua fundamentação teórica.

O início do processo da função de valor se dá ao questionar o decisor quanto à diferença de atratividade entre uma alternativa e outra

(ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b). O Macbeth adota um processo de iteração que agrega valores a esta diferença de atratividade entre os níveis dos descritores, dadas de acordo com as categorias a seguir:

- C0 – diferença de atratividade nula;
- 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; e
- C6 – diferença de atratividade extrema.

Com isso, o Macbeth constrói a matriz de julgamentos, sendo que os valores informados pelo decisor em escala ordinal dos descritores servem de *inputs* para o modelo calcular as funções de valor e, assim, construir a escala cardinal de cada descritor. O nível bom passa a ter o valor 100 e o nível neutro passa a ter o valor zero (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

Ensslin *et al.* (2011) afirmam que a metodologia MCDA-C disponibiliza ao decisor um entendimento para realizar a mensuração cardinal de cada aspecto operacional considerado relevante. No entanto, para se visualizar a mensuração dos aspectos julgados estratégicos (Pontos de Vista Fundamentais) e os táticos, (Pontos de Vista Elementares intermediários), é necessário integrar o modelo. Isso é propiciado por meio das taxas de compensação.

3.3.2.3 Taxas de Compensação

Esta etapa serve para agregar as avaliações locais de cada critério em uma avaliação global que possibilite a comparação das mudanças de desempenho em outros descritores e ainda, comparar alternativas disponíveis. Para Ensslin (2013), as taxas de compensação, ou substituição, são constantes que representam, segundo o julgamento do decisor, a contribuição do critério no ponto de vista superior quando uma alternativa tem seu desempenho aperfeiçoado do nível Neutro para o nível Bom. De acordo Ensslin, Montibeller e Noronha (2001),

Taxas de substituição são como constantes de escala, que transformam valores locais de preferência (avaliados em cada critério) em valores globais. Sendo assim, as taxas de substituição representam a importância relativa que um descritor tem em relação aos demais,

comparando-os através dos níveis de referência bom e neutro.

As taxas de compensação expressam, de acordo com o julgamento do decisor, a perda de desempenho que uma determinada ação potencial sofre para compensar o ganho em outra (KEENEY; RAIFA, 19767; KEENEY, 1992; ROY, 1996).

Para esta conversão, foi utilizado o método de Comparação Par-a-Par do Macbeth, no qual o decisor expressa seus julgamentos por meios semânticos. As alternativas devem ser hierarquizadas e ordenadas de acordo com a preferência julgada pelo decisor, podendo utilizar-se da matriz de Roberts (ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001).

Quando da ordenação de preferência das alternativas, retorna-se ao Macbeth para se calcular as as taxas de substituição de maneira similar a construção das escalas cardinais. Da mesma forma, pode-se dar continuidade aos demais PVE e PVF, encontrando-se todas as taxas de substituição do modelo.

3.3.2.4 Avaliação Global e Perfil de Impacto da Situação Atual

A avaliação global é realizada aplicando-se a equação global para a alternativa ou situação em questão. É expressa pela soma das taxas de compensação multiplicadas pela performance de cada PVF.

$$V(a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot (V_{FPV_j} \cdot (a)) \quad (1)$$

$$V_{FPV_j}(a) = v_j(a) = \sum_k^{m_j} w_{jk} \cdot v_{jk}(a) \quad \text{for } j=1, \dots, n \quad (2)$$

Onde:

V(a): pontuação Global (atratividade) de $a \in A$;

A: conjunto das ações possíveis;

w_j : taxa de compensação para o critério j ($j=1, \dots, n$) que permite a transformação de uma unidade de valor parcial em unidades de valor global, para o intervalo BOM e NEUTRO estabelecidos;

$(V_{FPV_j}(a))$: indicador do impacto que representa a pontuação local (atratividade) de uma ação $a \in A$, em relação ao critério j (FPV_j).

v_{jk} (a): indicador do impacto que representa a pontuação local (atratividade) de uma ação $a \in A$ no subcritério Ponto de Vista Elementar (j,k) , EPV_{jk} ($j=1, \dots, n$; $k=1, \dots, m_j$).

n : número de PVFs .

m_j : número de Pontos de Vista Elementares do critério j ($j=1, \dots, n$) .

Neste estudo w_j ($j = 1, \dots, n$), onde:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \text{and} \quad w_j > 0$$

Para que os PVFs possam ser comparados é essencial que os níveis de atratividade e repulsividade sejam equivalentes em todos os níveis. Assim os níveis BOM e NEUTRO precisam ter o mesmo valor parcial, logo:

$$\begin{cases} V_{FPV_j}(\text{good } j) = 100 \\ V_{FPV_j}(\text{neutral } j) = 0 \end{cases}$$

Com esta equação pode-se criar o Perfil de Impacto do *Status Quo*. A partir desse momento, pode-se utilizar o modelo para apoiar o processo de gestão, o que é realizado com o suporte do modelo global de avaliação. Diante disto, é possível então avaliar a situação atual e/ou comparar alternativas.

O gestor necessita então, identificar ações de aperfeiçoamento para o alcance dos objetivos estratégico e melhoria dos perfis de impacto. Para tanto, recorre-se à fase de recomendações.

3.3.2.5 Análise de Sensibilidade

A última etapa da fase de avaliação proposta pela MCDA-C consiste em testar a robustez do modelo de Avaliação de Desempenho construído diante de diferentes cenários de desempenhos potenciais, denominada Análise de Sensibilidade (MARAFON, 2013). Essa análise permite ao decisor compreender (com base em uma abordagem construtiva) o comportamento global, bem como o comportamento

individual de cada dimensão que ele julgar importante na avaliação do desempenho global (ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000).

A análise de sensibilidade permite ao decisor compreender quais taxas afetam fortemente a atratividade global, devendo-se estar atento a possíveis variações. Da mesma forma, observar os níveis de impacto de PVFs relevantes e como pequenas variações em alternativas podem afetar significativamente a atratividade global do modelo. (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b).

3.3.3 Fase de Recomendações

Nesta etapa o decisor tem a oportunidade de identificar as ações que podem melhorar o desempenho do contexto avaliado, além de entender as consequências da implementação destas ações nos objetivos estratégicos. Demais atores podem participar desta fase, a fim de melhor identificar estas oportunidades de melhorias.

De maneira geral, a etapa de Recomendações na metodologia MCDA-C permite ao decisor: (i) identificar os aspectos em que se deva intervir; (ii) identificar ações que promovam o aperfeiçoamento; e (iii) visualizar as consequências da implementação em nível local ou operacional (no PVE), em nível tático (no PVF) e estratégico (Global). Além disso, é possível testar novos cenários, fazer simulações a fim de melhor entender as consequências e apoiar as decisões (ENSSLIN e ENSSLIN, 2013b; LONGARAY *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2015; MARAFON *et al.*, 2015).

Cabe ressaltar que essa fase não possui um caráter prescritivo para informar o que fazer, mas, sim, caráter de apoio, para ajudar a construir ações e compreender suas consequências (MACHADO *et al.*, 2015).

4 RESULTADOS

4.1 PORTFÓLIO BIBLIOGRÁFICO PARA REVISÃO DA LITERATURA

4.1.1 Seleção do Banco de Artigos Bruto

Inicialmente foram definidos eixos do estudo segundo a percepção da pesquisadora, os quais representaram o tema a ser abordado aqui. Para essa situação, foram definidos três eixos:

- *Eixo 1*: Avaliação de Desempenho e Apoio à Tomada de Decisão
- *Eixo 2*: Água e Saneamento
- *Eixo 3*: Perdas e Sistemas de Abastecimento.

Após a definição dos eixos de pesquisa, foi realizada a etapa de Seleção do Banco de Artigos Bruto em quatro fases distintas, descritas a seguir.

4.1.1.1 Definição de palavras-chave

Inicialmente foram definidas as áreas de conhecimento que segundo a percepção do pesquisador representam o tema de estudo. No Proknow-C cada área recebe a denominação Eixo para caracterizar a independência dos mesmos. Para o Eixo 1, (Avaliação de Desempenho e Apoio à Tomada de Decisão), foram definidas doze palavras-chave. O Eixo 2 (Água e Saneamento) contou com duas palavras-chave. Para o Eixo relacionado a Perdas e Sistemas de Abastecimento, foram adotadas sete palavras-chave. O Quadro 3 apresenta as palavras-chave adotadas nesta pesquisa.

Quadro 3 - Eixos e palavras-chave da pesquisa

Eixo 1	Eixo 2	Eixo 3
<i>Assessments</i>		
<i>Asset management</i>		
<i>Assets</i>		<i>Supply</i>
<i>Evaluation</i>		<i>Distribution</i>
<i>Indicators</i>		<i>Loss*</i>
<i>Multicriteria analysis</i>	<i>Water</i>	<i>System*</i>
<i>Performance assessment</i>	<i>Sanitation</i>	<i>Utility*</i>
<i>Performance evaluation</i>		<i>Urban</i>
<i>Performance indicators</i>		<i>Infrastructure</i>
<i>Performance measurement</i>		
<i>Support tool</i>		
<i>MCDA</i>		

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A associação das palavras-chave de cada eixo com as palavras-chave do eixo oposto resultou em 168 combinações distintas, conforme descrito na Equação Booleana a seguir:

((“ASSESSMENTS” OR “ASSET MANAGEMENT” OR “ASSETS” OR “EVALUATION” OR “INDICATORS” OR “MULTICRITERIA ANALYSIS” OR “PERFORMANCE ASSESSMENT” OR “PERFORMANCE EVALUATION” OR “PERFORMANCE INDICATORS” OR “PERFORMANCE MEASUREMENT” OR “SUPPORT TOOL” OR “MCDA”) AND (“WATER” OR “SANITATION”) AND (“SUPPLY” OR “DISTRIBUTION” OR “LOSS*” OR “SYSTEM*” OR “UTILITY*” OR “URBAN” OR “INFRASTRUCTURE”))

4.1.1.2 Definição da base de dados

A seleção das bases de dados foi realizada no Portal de Periódicos da Capes, alinhadas às áreas de conhecimento e consideradas relevantes para o pesquisador dentro do contexto da pesquisa: Engenharias e Multidisciplinares. Foram adotadas seis bases de dados disponíveis:

- *EBSCOhost*
- *ScienceDirect*
- *Scopus*
- *Engineering Village*

- *ASCE – American Society of Civil Engineers*
- *ISI - Web of Knowledge.*

4.1.1.3 Busca dos artigos nos bancos de dados com as palavras-chave

Tendo definidas as palavras-chave e as bases de dados alinhadas às áreas de conhecimento do tema, foi iniciado o processo de pesquisa. Para tanto, foram feitas as seguintes delimitações:

- Temporal (artigos entre o ano de 2000 e o mês da pesquisa – dezembro de 2014, ou 2015, quando disponível na base).
- Tipo de publicação (apenas artigos de periódicos).
- Campos de título (*article title*), resumo (*abstract*) e/ou palavras-chave (*keywords*)

A pesquisa foi realizada de 13 a 15 de dezembro de 2014. Por meio da combinação das palavras-chave, as bases de dados selecionadas forneceram um total de 3.141 artigos, os quais compuseram o Portfólio de Artigos Bruto. As informações de cada artigo foram exportadas para o gerenciador bibliográfico *Endnote X6*, no formato RIS.

4.1.1.4 Realização de teste de aderência das palavras-chave

O teste de aderência serviu para verificar a necessidade ou não de inclusão de nova(s) palavra(s)-chave aos eixos por meio da seleção de dois artigos *a priori* considerados aderentes ao tema, dentre os quais se devem avaliar o alinhamento das palavras-chave ao tema da pesquisa.

Foram selecionados dois artigos aleatórios no Portfólio Bruto, sendo que, nessa etapa, não foram encontradas novas palavras-chave que pudessem compor a pesquisa.

4.1.2 Filtragem do Banco de Artigos

A segunda fase da etapa de Seleção do PB consistiu na filtragem do banco de artigos bruto quanto aos seguintes aspectos: (i) redundância (exclusão de artigos repetidos); (ii) alinhamento dos títulos dos artigos com o tema (exclusão de títulos não alinhados); (iii) reconhecimento científico dos artigos; (iv) alinhamento dos resumos dos artigos ao tema de pesquisa; e, (v) disponibilidade dos artigos na íntegra dentro das bases de dados.

Para realização da filtragem quanto à redundância, ao alinhamento dos títulos e ao alinhamento dos resumos, foi utilizado o gerenciador bibliográfico *EndNote X6*. Para a verificação do reconhecimento científico, foi realizada consulta ao *Google Acadêmico* para verificar o número de citações de cada artigo. Foi criada uma planilha, na qual os artigos filtrados quanto ao alinhamento do título foram dispostos em ordem decrescente quanto ao número de citações.

Foi fixado um percentual de representatividade de 90% do somatório de citações de artigos com títulos alinhados ao tema e reconhecidos cientificamente, composto por 88 artigos. Para esses artigos, foram extraídos os autores para o Banco de Autores (BA). Para os artigos com reconhecimento científico a confirmar, foi feita uma reanálise, aceitando-se a inclusão de artigos recentes (menos de dois anos de publicação) e/ou com autores presentes no BA.

Sendo assim, durante a reanálise, foram analisados um total de 76 artigos, dentre os quais 43 são artigos recentes e 33 são artigos procedentes dos autores do BA, resultando em um Portfólio com 175 artigos. Para esses artigos, foram lidos os resumos e excluídos aqueles não alinhados ao tema (91 exclusões).

Em seguida, foi verificada a disponibilidade dos artigos com resumo alinhados ao tema nas bases de dados pesquisadas. Os artigos não disponíveis foram ainda solicitados por comutação bibliográfica na Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina. Nessa etapa, foram excluídos 11 artigos não disponíveis integralmente.

Com a finalidade de se confirmar o alinhamento dos artigos com o tema da pesquisa, foi feita a leitura integral de todos esses artigos. Após isso, foram excluídos 22 artigos que não estavam alinhados ao tema.

4.1.3 Teste da Representatividade do Portfólio Bibliográfico (PB)

Durante o teste de representatividade do Portfólio Bibliográfico, foram levantadas todas as referências do PB de artigos para verificar a existência de algum outro artigo relevante à pesquisa que pudesse ser incorporado. Para tal verificação, assim como no Portfólio Bruto, foi feita a restrição temporal (2000-2015) e o tipo de publicação (artigos de periódicos).

Assim como no processo de filtragem, levantou-se o número de citações de cada artigo das referências, com o auxílio do *Google Acadêmico*. As informações foram dispostas em planilha eletrônica de forma decrescente quanto ao número de citações e, para o teste de

representatividade, foram avaliados os títulos, resumos e conteúdo integral dos artigos contidos dentro do somatório de 90% das citações. Considerando essa delimitação, foram encontrados quatro novos artigos que puderam ser incorporados ao PB. A Tabela 1 apresenta os resultados do processo de filtragem.

Tabela 1 - Filtragem do banco bruto de artigos.

Aspecto de filtragem	N. de artigos no Portfólio	Exclusões ou inserções na filtragem	N. de artigos resultantes
Redundância (pesquisa na base de dados)	3141	(482)	2659
Alinhamento ao título	2659	(2375)	284
Reconhecimento científico	284	(188)	96
Reanálise (autores recentes)	96	33+43 = 76	175
Alinhamento dos resumos	175	(91)	84
Disponibilidade	84	(11)	73
Alinhamento integral	73	(22)	51
Referências do PB (teste de representatividade)	51	4	55

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Dessa forma, o Portfólio Bibliográfico desta pesquisa conta com 55 artigos. O Quadro 4 apresenta o Portfólio Bibliográfico.

Quadro 4 - Portfólio Bibliográfico

n	Autores	Título	Periódico	Ano	Citações
1	HYDEA, K. M.; MAIERA, H. R.; COLBYB, C. B.	A distance-based uncertainty analysis approach to multi-criteria decision analysis for water resources decision making	Journal of Environmental Management	2005	53
2	LE GAUFFRE, P. <i>et al.</i>	A multicriteria decision support methodology for annual rehabilitation programs of water networks	Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	2007	20
3	KANAKOUDIS, V. <i>et al.</i>	A new set of water losses-related performance indicators focused on areas facing water scarcity conditions	Desalination and Water Treatment	2013	0
4	SCHULZ, M.; SHORT, M. D.; PETERS, G. M.	A streamlined sustainability assessment tool for improved decision making in the urban water industry	Integrated Environmental Assessment and Management	2012	12
5	ALEGRE, H <i>et al.</i>	A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure	Water Science & Technology: Water Supply	2013	2
6	TABESH, M.; YEKTA, A. H.; BURROWS, R.	An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems	Water Resources Management	2009	68
7	MARQUES, R. C.; MONTEIRO, A. J.	Application of performance indicators in water utilities management - a case-study in Portugal	Water Science and Technology	2001	25
8	MARQUES, R. C.; MONTEIRO, A. J.	Application of Performance Indicators to Control Losses: Results From the Portuguese Water Sector	Water Science & Technology	2003	6
9	EL-BAROUDY, I.; SIMONOVIC, S. P.	Application of the fuzzy performance measures to the City of London water supply system.	Canadian Journal of Civil Engineering	2006	11
10	MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.	Assessment of apparent losses in urban water systems	Water and Environment Journal	2010	21
11	MCKENZIE, R.; SEAGO, C.	Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments	Water Science and Technology	2005	34
12	ABRISHAMCHI, A. <i>et al.</i>	Case study: Application of multicriteria decision making to urban water supply	Journal of Water Resources Planning and Management	2005	77
13	MARQUES, R. C.	Comparing private and public performance of Portuguese water services	Water Policy	2008	21
14	DENG, L.; CHEN, S.; KARNEY, B.	Comprehensive Evaluation Method of Urban Water Resources Utilization Based on Dynamic Reduct	Water Resources Management	2012	3
15	XU, Y.-P.; TUNG, Y.-K.	Decision Rules for Water Resources Management under Uncertainty	Journal of Water Resources Planning and Management	2009	13

16	MALMQVIST, P. A.; PALMQVIST, H.	Decision support tools for urban water and wastewater systems - Focussing on hazardous flows assessment	Water Science & Technology	2005	26
17	STARKL, M. <i>et al.</i>	Design of an institutional decision-making process: The case of urban water management	Journal of Environmental Management	2009	25
18	CABRERA, E. <i>et al.</i>	Energy Assessment of Pressurized Water Systems	Journal of Water Resources Planning 2001 and Management		0
19	SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G.	Evaluation of municipal service management efficiency of water supply and sanitation using Data Envelopment Analysis	Engenharia Sanitária e Ambiental	2013	0
20	CRIMINISI, A. <i>et al.</i>	Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-registration in intermittent water supply	Water Science and Technology	2009	40
21	HASSANEIN, A. A. G.; KHALIFA, R. A.	Financial and operational performance assessment: Water/wastewater Egyptian utilities	Building Services Engineering Research and Technology	2006	8
22	HASSANEIN, A. A. G.; KHALIFA, R. A.	Financial and operational performance indicators applied to public and private water and wastewater utilities	Engineering, Construction and Architectural Management	2007	13
23	CAI, X.; LASDON, L.; MICHELSEN, A.	Group Decision Making in Water Resources Planning Using Multiple Objective Analysis	Journal of Water Resources Planning 2004 and Management		75
24	DU PLESSIS, J. A.	Integrated water management for municipalities in South Africa	Municipal Engineer	2014	0
25	XU, T.; QIN, X.	Integrating Decision Analysis with Fuzzy Programming: Application in Urban Water Distribution System Operation	Journal of Water Resources Planning 2014 and Management		0
26	MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.	Investigating water meter performance in developing countries: A case study of Kampala, Uganda.	Water S. A.	2011	2
27	ALEGRE, H.	Is strategic asset management applicable to small and medium utilities?	Water Science & Technology—WST	2010	5
28	LUNDIE, S.; PETERS, G. M.; BEAVIS, P. C.	Life-cycle assessment of sustainable metropolitan water systems planning	Environ. Sci. Technol	2004	195
29	LAMBERT, A.	Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures	The Blue Pages - IWA	2000	117
30	ASHLEY, R. <i>et al.</i>	Making Asset Investment Decisions for Wastewater Systems That Include Sustainability	Journal of Environmental Engineering	2008	26

31	DA CRUZ, N. F. <i>et al.</i>	Measuring the efficiency of water utilities: A cross-national comparison between Portugal and Italy	Water Policy	2012	13
32	RENZETTI, S.; DUPONT, D. P.	Measuring the Technical Efficiency of Municipal Water Suppliers: The Role of Environmental Factors	Land Economics	2009	39
33	MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.	Methods and tools for managing losses in water distribution systems	Journal of Water Resources Planning and Management	2013	0
34	MACHADO, B. <i>et al.</i>	Minimization of losses in water supply systems: strategy definition in a Portuguese case study	Desalination and Water Treatment	2009	0
35	CARRIÇO, N. J. G. <i>et al.</i>	Multi-criteria analysis for the selection of the best energy efficient option in urban water systems	Procedia Engineering	2014	0
36	MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.	Multi-criteria decision analysis: A strategic planning tool for water loss management	Water Resources Management	2011	20
37	ZARGHAMI, M.; ABRISHAMCHI, A.; ARDAKANIAN, R.	Multi-criteria decision making for integrated urban water management	Water Resources Management	2008	30
38	GIUSTOLISI, O.; LAUCELLI, D.; BERARDI, L.	Operational Optimization: Water Losses versus Energy Costs	Journal of Hydraulic Engineering	2013	8
39	RENZETTI, S.; DUPONT, D.	Ownership and performance of water utilities	Greener Management International	2003	111
40	ALEGRE, H.; CABRERA JR, E.; MERKEL, W.	Performance assessment of urban utilities: The case of water supply, wastewater and solid waste	Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA	2009	7
41	YADAV, S. M. <i>et al.</i>	Performance Evaluation of Water Supply Services in Developing Country: A Case Study of Ahmedabad City	Ksce Journal of Civil Engineering	2014	0
42	LE GAUFFRE, P. <i>et al.</i>	Performance indicators and multicriteria decision support for sewer asset management	Journal of Infrastructure Systems	2007	34
43	CARRIÇO, N. <i>et al.</i>	Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods	Water Science & Technology	2012	4
44	HYDE, K. M.; MAIER, H. R.; COLBY, C. B.	Reliability-Based Approach to Multicriteria Decision Analysis for Water Resources	Journal of Water Resources Planning and Management	2004	67
45	KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.	Results of an urban water distribution network performance evaluation attempt in Greece	Urban Water Journal	2010	17

46	KAYAGA, S.	Soft systems methodology for performance measurement in the Uganda water sector	Water Policy	2008	8
47	SA-NGUANDUAN, N.; NITTVATTANANON, V.	Strategic decision making for urban water reuse application: A case from Thailand	Desalination	2011	17
48	SCHOLTEN, L. <i>et al.</i>	Strategic rehabilitation planning of piped water networks using multi-criteria decision analysis	Water Research	2013	0
49	PALME, U.; TILLMAN, A. M.	Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities?	Journal of Cleaner Production	2008	46
50	BRUEN, M.	Systems analysis – A new paradigm and decision support tools for the water framework directive	Hydrology and Earth System Sciences	2008	15
51	CARVALHO, P.; MARQUES, R. C.	The influence of the operational environment on the efficiency of water utilities	Journal of Environmental Management	2011	21
52	RENZETTI, S.; DUPONT, D.	The performance of municipal water utilities: Evidence on the role of ownership	Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A	2004	31
53	CARDOSO, M. A. <i>et al.</i>	Urban water infrastructure asset management – a Urban water infrastructure asset management	Water Science & Technology	2012	4
54	MUTIKANGA, H. <i>et al.</i>	Using performance indicators as a water loss management tool in developing countries	Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA	2010	2
55	MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K.	Water loss management in developing countries: Challenges and prospects	Journal / American Water Works Association	2009	8

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Os artigos selecionados no Portfólio Primário, após esses processos, foram então analisados a fim de se definirem os periódicos, artigos, autores e palavras-chave com maior pertinência ao tema. O processo, denominado Análise Bibliométrica, seguiu a metodologia *ProKnow-C*.

4.1.4 Análise Bibliométrica

Para realização dessa análise dos artigos, seguindo a metodologia do *ProKnow-C*, foram utilizadas as variáveis periódicos, artigos, autores e palavras-chave. As fontes de dados para essas variáveis são o PB composto por 55 artigos, as referências do PB e, por fim, o PB em conjunto com suas referências (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013a).

O objetivo de apresentar o perfil das publicações (análise bibliométrica) do conjunto de artigos do Portfólio Bibliográfico é o de posicionar a pesquisa desenvolvida em relação ao que está sendo feito pela comunidade científica (GIFFHORN, 2011, *apud* BORTOLUZZI, 2013).

A seguir, serão descritas as análises quanto à relevância dos periódicos, ao fator de impacto dos periódicos (JCR x SJR), à relevância dos autores, ao reconhecimento científico dos artigos, aos autores de maior destaque e às palavras-chave mais utilizadas.

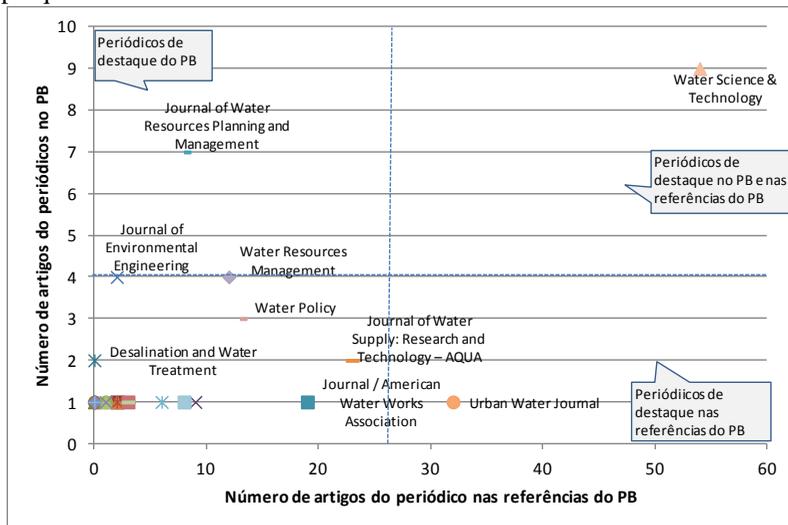
Para destacar os critérios do Portfólio Bibliográfico em relação as suas referências, foi traçada uma linha vertical e uma linha horizontal no gráfico, ambas representando 70% do quantitativo correspondente ao portfólio bibliográfico e às referências do portfólio bibliográfico, respectivamente. Desta forma, foi possível dividir o gráfico cartesiano em quadrantes para avaliar os destaques no Portfólio Bibliográfico (PB), destaques nas referências do PB e destaques no PB e nas referências do PB, simultaneamente.

4.1.4.1 Relevância dos periódicos

Quanto à análise da relevância dos periódicos presentes no PB e nas referências do PB, cinco periódicos tiveram maior destaque na análise bibliométrica. Dentre os 55 periódicos presentes no PB, observou-se que os periódicos *Journal of Water Resources Planning and Management*, com sete publicações, e *Journal of Environmental Engineering* e *Water Resources Management*, com quatro publicações cada, apresentaram maior destaque perante os demais. Nas referências do PB, destacou-se o *Urban Water Journal*, que apresentou 32 publicações.

Dentre os periódicos que obtiveram destaque tanto nos artigos do PB, como nas suas referências, pode-se citar o periódico *Water Science and Technology*, com nove artigos no PB e 54 artigos nas referências do PB. O Gráfico 1 apresenta a relevância dos periódicos presentes no PB em comparação aos periódicos presentes nas referências do PB.

Gráfico 1 - Relevância dos periódicos presentes nos artigos e referências da pesquisa



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

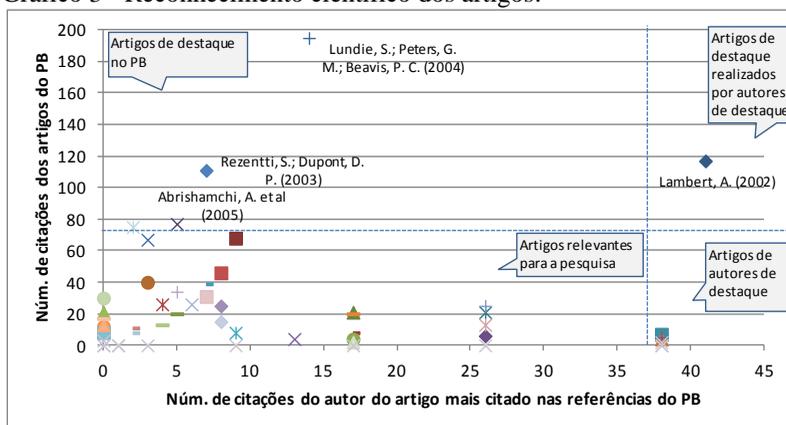
É possível observar que todos os periódicos de destaque estão relacionados ao assunto Água ou Meio Ambiente, tendo em vista que dois eixos da pesquisa tratam do Sistema de Abastecimento de Água.

4.1.4.2 Fator de impacto dos periódicos

Os periódicos do PB foram analisados em relação aos fatores de impacto definidos pelas bases *Isiknowledge* e *Scopus*, que são o *Journal Citations Report (JCR)* e *Scopus Journal Report (SJR)*, respectivamente. Esse indicador informa o número médio de citações dos artigos publicados pelos periódicos ao longo de dois anos (ENSSLIN; ENSSLIN; PINTO, 2013). O Gráfico 2 apresenta o comparativo entre os fatores *JCR* e *SJR*.

urban water systems (CARRIÇO *et al.*, 2012); *A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure* (ALEGRE, 2013); *Performance assessment of urban utilities: The case of water supply, wastewater and solid waste* (ALEGRE; CABRERA JR; MERKEL, 2009); *Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods* (CARRIÇO *et al.*, 2012); e *Is strategic asset management applicable to small and medium utilities?* (ALEGRE, 2010). O Gráfico 3 apresenta os artigos de destaque na análise bibliométrica.

Gráfico 3 - Reconhecimento científico dos artigos.

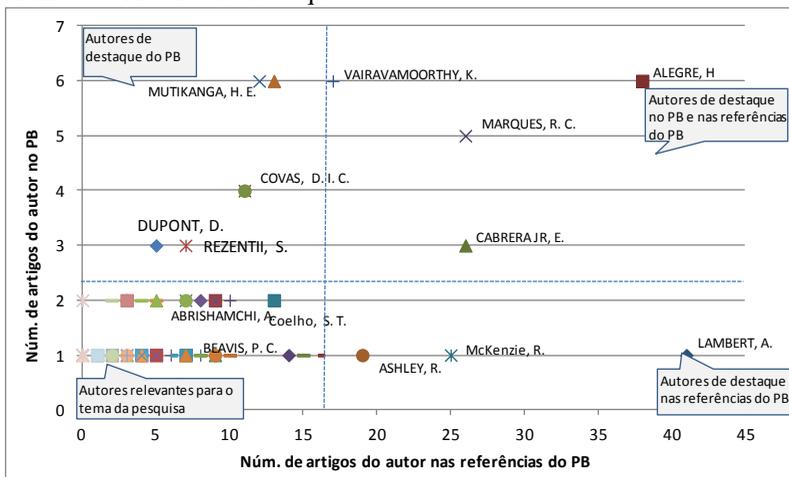


Fonte: Dados da pesquisa (2015).

4.1.4.4 Autores de maior destaque

A verificação do destaque dos autores se fez pela comparação do número de artigos dos autores presentes no PB com o número de artigos dos autores presentes nas referências do PB. O Gráfico 4 apresenta esses autores.

Gráfico 4 - Autores de destaque.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

No PB, os autores com maior relevância foram S. Rezentti e D. Dupont, com três artigos cada; D. Covas, com quatro artigos; e S. Sharma e H. E. Mutikanga, com seis artigos cada. Nas referências do PB, destacam-se os autores R. Ashley, 19 vezes citado; R. Mckenzie, com 25 citações; e A. Lambert, com 41. Já os autores que se destacam tanto no PB como nas referências são K. Vairavamoorthy e H. Alegre, com seis artigos cada; R. Marques, com cinco artigos; e E. Cabrera Jr, com três artigos.

Os autores S. Rezentti e D. Dupont fazem parte de uma mesma equipe e elaboraram os artigos *Ownership and performance of water utilities* (2003), *The performance of municipal water utilities: Evidence on the role of ownership* (2004) e *Measuring the Technical Efficiency of Municipal Water Suppliers: The Role of Environmental Factors* (2009). Percebe-se que esses autores se caracterizam pela pesquisa em Avaliação de Desempenho em concessionárias de água.

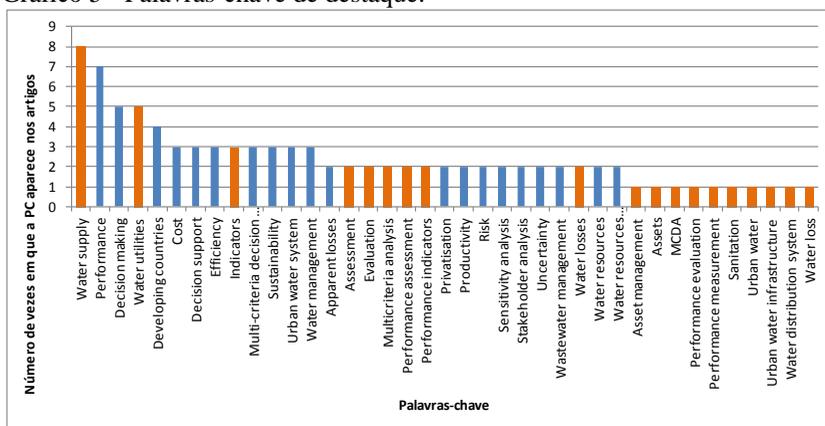
Da mesma forma, S. Sharma, K. Vairavamoorthy e H. E. Mutikanga, que possuem seis artigos no Portfólio Bibliográfico, trabalham nas mesmas pesquisas, com destaque para o gerenciamento de perdas. R. Marques, que é destaque tanto no PB, como nas referências do PB, destaca-se no uso de indicadores de desempenho. H. Alegre e E. Cabrera Jr são coautores em alguns dos artigos e possuem temas diversificados no PB, como indicadores de desempenho, gerenciamento

e redução de perdas, análise multicritério, todos relacionados ao abastecimento de água.

4.1.4.5 Palavras-chave mais utilizadas

Esta análise visa confirmar se as palavras-chave utilizadas na busca primária tiveram efetividade na obtenção do Portfólio Bruto. Para o PB foram identificadas 151 diferentes palavras-chave, dentre as quais 18 fizeram parte da pesquisa na seleção do banco de artigos bruto. O Gráfico 5 apresenta as palavras-chave que aparecerem duas ou mais vezes no PB, além das palavras-chave desta pesquisa.

Gráfico 5 - Palavras-chave de destaque.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

As palavras-chave mais destacadas e que fizeram parte do início da busca foram: *Water supply* (8), *Water Utilities* (5), *Indicators* (3), *Assessment* (2), *Evaluation* (2), *Multicriteria analysis* (2), *Performance assessment* (2), *Performance indicators* (2) e *Water losses* (2).

4.1.5 Análise Sistêmica

Para a análise sistêmica, foram utilizados os artigos pertencentes ao Portfólio Bibliográfico que dizem respeito especificamente à Avaliação de Desempenho e à Tomada de Decisão. Aqueles artigos considerados relevantes à pesquisa, mas que tratam de outros assuntos relacionados à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água,

não foram contabilizados. Assim, a análise sistêmica conta com 35 artigos do PB.

Os resultados dessa análise são apresentados segundo as seis lentes que explicitam a afiliação teórica proposta pelo *ProKnow-C*. As lentes utilizadas são: (i) abordagem; (ii) singularidade; (iii) processo para identificar; (iv) mensuração; (v) integração; e, (vi) gestão, detalhadas a seguir.

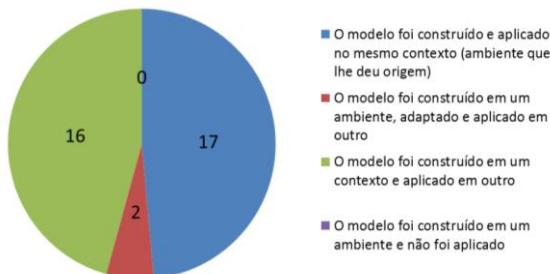
4.1.5.1 Abordagem

A primeira lente busca analisar a construção do modelo de Avaliação de Desempenho, que se divide em: abordagem e local de coleta dos dados em relação ao local de uso do modelo. Assim, é possível classificar os artigos em quatro situações:

- i. O modelo foi construído e aplicado no mesmo contexto (ambiente que lhe deu origem).
- ii. O modelo foi construído em um ambiente, adaptado e aplicado em outro.
- iii. O modelo foi construído em um contexto e aplicado em outro.
- iv. O modelo foi construído em um ambiente e não foi aplicado.

O Gráfico 6 apresenta os resultados para os artigos do PB quanto à Lente 1.

Gráfico 6 - Lente 1 - Abordagem



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

É possível perceber que há quase uma igualdade entre o número de artigos em que o modelo tenha sido construído e aplicado no mesmo contexto e os artigos em que o modelo tenha sido construído em um ambiente e aplicado em outro. A maioria dos casos, nos quais os

modelos tenham sido construídos em um contexto e aplicado em outro, trata de aplicações diretas de indicadores elaborados pela *International Water Association (IWA)*, referência nas pesquisas em sistemas de abastecimento de água.

4.1.5.2 Singularidade

A segunda lente da análise sistêmica busca entender como os artigos tratam o problema quanto a ser único em relação aos atores e ao contexto. Assim, a análise desta lente pode ser dividida em duas etapas:

i. Atores:

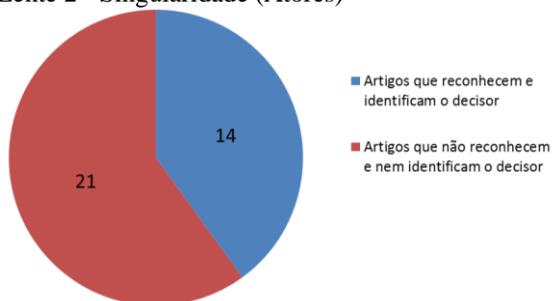
- Número de artigos que reconhecem e identificam o decisor.
- Número de artigos que não reconhecem e nem identificam o decisor.

ii. Ambiente:

- Número de artigos em que o autor desenvolve o modelo para uma organização e reconhece que o modelo somente pode ser aplicado para esta organização.
- Número de artigos em que o autor não reconhece que o ambiente físico do contexto seja único.

Os resultados das análises desta lente são apresentados nos Gráficos 7 e 8.

Gráfico 7 - Lente 2 - Singularidade (Atores)



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 8 - Lente 2 - Singularidade (Ambiente).



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quanto à singularidade, é perceptível que a maioria dos artigos do PB não reconhece ou identifica o decisor, assim como não considera que o ambiente físico do contexto seja único. Isso se deve ao fato de muitos artigos utilizarem modelos de avaliação normativistas, não levando em consideração os anseios do decisor.

4.1.5.3 Processo para Identificar

O processo para identificar é analisado pela terceira lente, a qual tem o objetivo de identificar, nos artigos analisados, se os autores reconhecem os limites de conhecimentos dos decisores e também se os autores consideram os valores dos decisores na identificação dos critérios de avaliação (BORTOLUZZI, 2013). A análise desta lente pode ser dividida em duas etapas:

i. Limites de conhecimento do decisor:

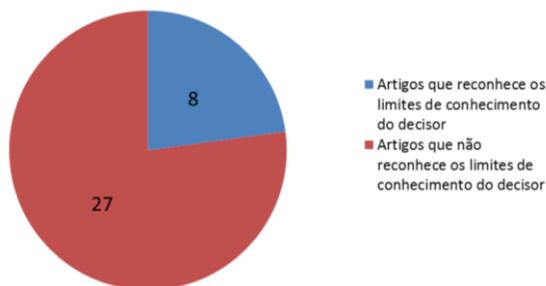
- Número de artigos que reconhece os limites de conhecimento do decisor.
- Número de artigos que não reconhece os limites de conhecimento do decisor.

ii. Valores do decisor:

- Número de artigos em que o processo utilizado para identificar os objetivos está integralmente alicerçado nos valores do decisor.
- Número de artigos em que o processo utilizado para identificar os objetivos está parcialmente alicerçado nos valores do decisor.
- Número de artigos em que o processo utilizado para identificar os objetivos não tem em conta os valores do decisor.

Os resultados das análises desta lente são apresentados nos Gráficos 9 e 10.

Gráfico 9 - Lente 3 - Limites de conhecimento do decisor.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 10 - Lente 3 - Valores do decisor.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Assim como na lente da singularidade, a lente “Processo para identificar” nos remete a concluir que a maioria dos artigos presentes no PB não reconhece os limites de conhecimento do decisor, assim como seus valores.

4.1.5.4 Mensuração

A quarta lente (mensuração) tem por objetivo identificar nos artigos analisados: (i) se os autores informam o tipo de escala utilizada (nominal, ordinal, intervalo, razão); (ii) se, para as escalas utilizadas, os autores respeitam as propriedades de operacionalização da escala (princípios da homogeneidade e não ambiguidade); e, (iii) se os autores atendem à teoria da mensuração, ou seja, se as operações matemáticas e

estatísticas realizadas pelo artigo são compatíveis com as escalas construídas.

Assim, a lente 4 pode ser dividida nas seguintes etapas de análise:

i. Teoria da mensuração:

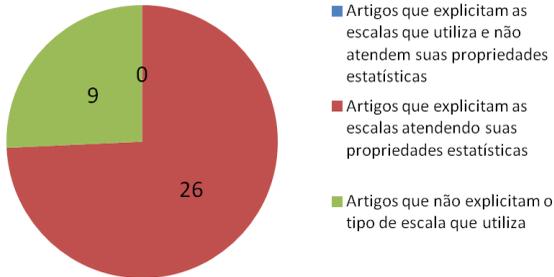
- Número de artigos que explicitam as escalas que utiliza e não atendem suas propriedades estatísticas.
- Número de artigos que explicitam as escalas atendendo suas propriedades estatísticas.
- Número de artigos que não explicitam o tipo de escala que utiliza.

ii. Propriedades da operacionalização:

- Número de artigos em que as escalas utilizadas atendem a todas as propriedades da teoria da mensuração.
- Número de artigos em que as escalas não atendem as propriedades da teoria da mensuração.

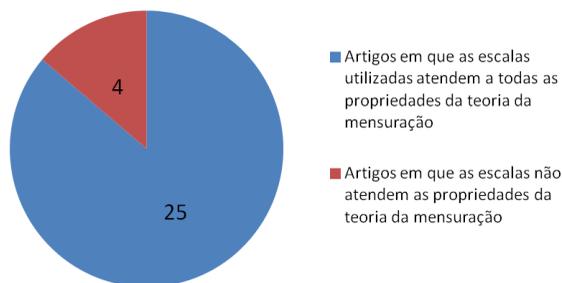
Os resultados das análises desta lente são apresentados nos Gráficos 11 e 12.

Gráfico 11 - Lente 4 - Teoria da mensuração.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 12 - Lente 4 - Propriedades da operacionalização.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quanto à mensuração, percebemos ser comum o uso de escalas que atendam a propriedades estatísticas e à teoria de mensuração, levando à validação científica dos estudos.

4.1.5.5 Integração

A lente 5 tem por objetivo avaliar se os autores realizam a integração dos critérios e a forma com que esta é feita, permitindo ou não realizar uma avaliação global. As etapas desta lente são:

- i. Integração dos critérios:
 - Número de artigos que realizam a integração.
 - Número de artigos que não realizam a integração.
- ii. Forma de integração dos critérios:
 - Número de artigos que realizam a integração a partir de níveis de referências.
 - Número de artigos que realizam a integração sem níveis de referências.
 - Número de artigos que realizam a integração descritivamente e/ou graficamente.

Os resultados das análises desta lente são apresentados nos Gráficos 13 e 14.

Gráfico 13 - Lente 5 - Integração dos critérios.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 14 - Lente 5 - Forma de integração dos critérios



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quanto à integração, observou-se que quase todos os artigos realizam algum tipo de integração, sendo que mais da metade utiliza algum nível de referência. Isso leva os autores a terem maior possibilidade de fazer conclusões a respeito do que está sendo avaliado.

4.1.5.6 Gestão

A última lente tem por objetivo levantar se os autores conseguem realizar um diagnóstico da situação atual (pontos fortes e fracos) e a forma como esse diagnóstico é realizado.

i. Gestão – Diagnóstico:

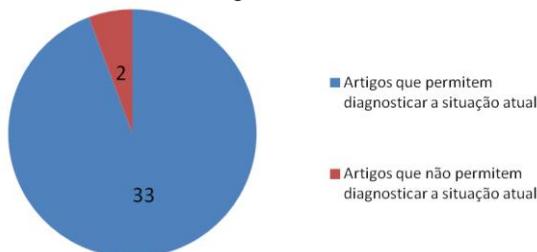
- Número de artigos que permite diagnosticar (conhecer os pontos fortes e fracos) da situação atual.
- Número de artigos que não permite diagnosticar (conhecer os pontos fortes e fracos) da situação atual.

ii. Forma que realiza o diagnóstico

- Número de artigos que fazem o diagnóstico em forma numérica.
 - Número de artigos que fazem o diagnóstico em forma gráfica.
 - Número de artigos que fazem o diagnóstico em forma descritiva.
- iii. Gestão – Aperfeiçoamento
- Número de artigos que apresentam processo para gerar ações de aperfeiçoamento.
 - Número de artigos que não apresentam processo para gerar ações de aperfeiçoamento.

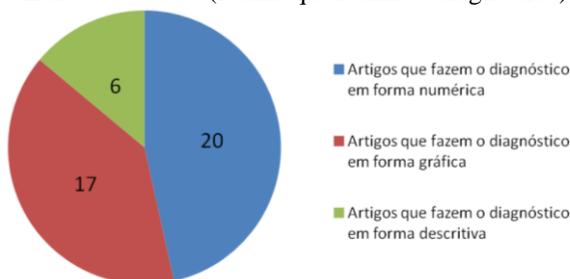
Os resultados das análises desta lente são apresentados nos Gráficos 15, 16 e 17.

Gráfico 15 - Lente 6 - Gestão (Diagnóstico).



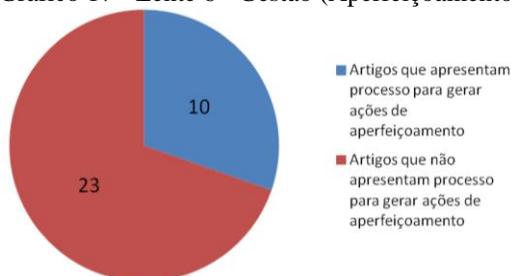
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 16 - Lente 6 - Gestão (Forma que realiza o diagnóstico).



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Gráfico 17 - Lente 6 - Gestão (Aperfeiçoamento).



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Nesta lente, foi possível observar que, apesar de muitos artigos permitirem diagnosticar a situação atual dos sistemas de abastecimento quanto à gestão de perdas ou outros tipos de avaliações de desempenho relevantes a esta pesquisa, grande parte desses diagnósticos não apresenta processos para gerar ações de aperfeiçoamento, o que pode ser considerado uma carência para a relevância do artigo.

4.1.6 Síntese dos Resultados Teóricos

A busca pelo conhecimento do fragmento da literatura, por meio da seleção de um Portfólio Bibliográfico alinhado ao tema e com reconhecimento científico, foi obtida aplicando-se os procedimentos do *Proknow-C*. A fixação de três eixos de pesquisa levou à definição de 21 palavras-chave, sendo que suas associações levaram a 168 combinações distintas.

As seis bases de dados disponíveis no portal da Capes, juntamente com as limitações temporal, tipo de publicação e campo de busca, resultaram em 3.141 artigos que compuseram o Portfólio de Artigos Bruto. Esta pesquisa foi realizada entre os dias 13 e 15 de dezembro de 2014. As informações de cada artigo foram exportadas para o gerenciador bibliográfico *Endnote X6*, no formato RIS. Após o processo de filtragem do banco bruto de artigos, o Portfólio Bibliográfico para esta pesquisa de metrado resultou em 55 artigos, alinhados ao tema e com reconhecimento científico, listados no Quadro 4, item 4.1.3.

Durante a análise bibliométrica dos artigos, foram identificados os periódicos, artigos, autores e palavras-chave de maior pertinência ao tema. Dentre os periódicos, pode-se afirmar que aquele de maior destaque, tanto no PB como nas referências do PB foi o *Water Science*

na *Technology*. Além disso, os periódicos *Journal of Water Resources Planning and Management*, o *Journal of Environmental Engineering* e o *Water Resources Management* foram destaque no PB e o *Urban Water Journal* foram destaque nas referências do PB.

Quanto aos fatores JCR e SRJ, os periódicos *Environmental Science and Technology*, *Water Research* e *Global Environmental Change* tiveram destaque em ambos. O artigo de maior destaque do PB, realizado por autor de destaque, foi *Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures* (LAMBERT, 2002), cujo autor é citado 41 vezes nas referências do PB e artigo possui 117 citações.

Os autores S. Rezzenti e D. Dupont fazem parte de uma mesma equipe e elaboraram os artigos *Ownership and performance of water utilities* (2003), *The performance of municipal water utilities: Evidence on the role of ownership* (2004) e *Measuring the Technical Efficiency of Municipal Water Suppliers: The Role of Environmental Factors* (2009). Percebe-se que esses autores se caracterizam pela pesquisa em Avaliação de Desempenho em concessionárias de água.

Da mesma forma, S. Sharma, K. Vairavamoorthy e H. E. Mutikanga, que possuem seis artigos no Portfólio Bibliográfico, trabalham nas mesmas pesquisas, com destaque para o gerenciamento de perdas. R. Marques, que é evidência tanto no PB, como nas referências do PB, destaca-se pelo uso de indicadores de desempenho. H. Alegre e E. Cabrera Jr são coautores em alguns dos artigos e possuem temas diversificados no PB, como indicadores de desempenho, gerenciamento e redução de perdas, análise multicritério, todos relacionados ao abastecimento de água.

Quanto à análise sistêmica, se observou uma ampla utilização dos indicadores elaborados pela *International Water Association (IWA)*, referência nas pesquisas em sistemas de abastecimento de água. Nestes casos a abordagem se deu em local diferente daquele de uso do modelo.

É perceptível que a maioria dos artigos do PB é de caráter normativista, não reconhece ou identifica o decisor, assim como não considera que o ambiente físico do contexto seja único. Além disso, poucos artigos presentes no PB reconhecem o limite de conhecimento do decisor, assim como seus valores.

Apesar de muitos artigos do PB realizarem algum tipo de integração com base em algum nível de referência, permitindo então o diagnóstico da situação, poucos artigos apresentam algum processo para gerar ações de aperfeiçoamento no problema.

Ao final da análise sistêmica, foi possível observar uma oportunidade de ampliação das pesquisas em gestão de sistemas de abastecimento de água, de forma que se levem em conta os valores do decisor, assim como de elevar o seu conhecimento a respeito do que procura avaliar. Além disso, percebe-se a oportunidade de criar processos para gerar ações de aperfeiçoamento, utilizando-se, por exemplo, da MCDA-C.

4.1.7 Pergunta da Pesquisa

Considerando os aspectos relevantes observados durante as fases de levantamento do Portfólio Bibliográfico, Análise Bibliométrica e Análise Sistêmica, foi possível elaborar a pergunta desta pesquisa, *Como desenvolver um modelo de Avaliação de Desempenho para apoiar a Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento, construindo nos decisores o conhecimento para promover o aperfeiçoamento dos aspectos julgados importantes segundo a sua percepção?*

Para auxiliar a responder esta pergunta, durante a aplicação no estudo deste caso, foi escolhida a metodologia MCDA-C, conforme demonstrado pelas seções subsequentes.

4.2 CONSTRUÇÃO DO MODELO

A seguir serão apresentados os resultados referentes à construção do modelo multicritério para apoio à tomada de decisão quanto à gestão de perdas em um determinado sistema de abastecimento de água.

4.2.1 Fase de Estruturação

Nesta fase serão apresentados a contextualização do problema, a estrutura hierárquica de valor e a construção dos descritores que, na visão do decisor, foram suficientes para avaliar o contexto, de acordo com suas preferências e valores.

4.2.1.1 Abordagem *soft* para a estruturação: Contextualização, Subsistema de Atores e Rótulo do problema

Este estudo de caso foi desenvolvido na Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN), a qual é prestadora dos serviços de saneamento em 200 municípios catarinenses e um município

paranaense, por meio de convênios de concessão firmados com as prefeituras municipais. É uma empresa de economia mista, criada em 1970 e que tem como missão fornecer água tratada, coletar e tratar esgotos sanitários, promovendo saúde, conforto, qualidade de vida e desenvolvimento sustentável.

A Companhia conta com 2.500 funcionários e atende cerca de 2,5 milhões de habitantes com distribuição de água tratada e 319 mil com coleta, tratamento e destino final de esgoto sanitário (CASAN, 2015). A empresa possui uma matriz, localizada no município de Florianópolis e conta com quatro Superintendências Regionais: Metropolitana da Grande Florianópolis (SRM), Norte Vale do Rio Itajaí (SRN), Oeste (SRO) e Sul/Serra (SRS).

Quanto à gestão de perdas, a empresa tem realizado e implantado alguns projetos de setorização, macromedição, eficiência energética e gestão comercial. No entanto, atualmente, em nenhum de seus sistemas de abastecimento de água (SAA) operados pela CASAN existe um programa ou modelo de gestão de perdas que tenha abrangência em todos os segmentos ou que leve em consideração os diversos atores envolvidos, principalmente o decisor.

O ambiente para o desenvolvimento desta pesquisa se deu na Gerência Operacional da Superintendência Regional da Região Metropolitana, a qual atende 15 municípios, 2 sistemas integrados de abastecimento de água, sendo um atendendo aos municípios de Florianópolis, São José, Santo Amaro da Imperatriz, Biguaçu e Palhoça (não operado pela CASAN) e o outro atendendo Porto Belo e Bombinhas. Além disso, alguns municípios são atendidos por mais de um sistema de abastecimento de água.

O objetivo da pesquisa é de se criar um modelo avaliação de desempenho para apoiar a gestão de perdas para os sistemas de abastecimento de água da SRM, permitindo ao decisor ampliar seu conhecimento sobre o assunto, visualizar o *Status Quo* de cada sistema, assim como o impacto da implementação das ações para melhoria da situação atual. Sendo assim, esta pesquisa utilizou a MCDA-C na construção de um modelo de Avaliação de Desempenho como forma de Apoio à Decisão na gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água.

Considerando a dimensão dos sistemas atendidos pela SRM, esta pesquisa desenvolverá a estruturação do modelo de gestão para os SAA atendidos, porém as etapas de avaliação e recomendações serão desenvolvidas apenas para o município de Biguaçu. Ao final, o decisor terá um modelo para identificação, mensuração, integração dos fatores

considerandos relevantes para as tomadas de decisão a ainda, compreender as consequências das alternativas naquilo que busca.

O Sistema de Abastecimento de Água do município de Biguaçu/SC é integrante da Superintendencia Regional Metropolitana da Grande Florianópolis e está localizado a 21km ao norte da capital Florianópolis. As coordenadas geográficas são 27° 29' 38" S e 48° 39' 21" W e sua localização geográfica é apresentada na Figura 7. A população estimada pelo IBGE em 2014 para o município era de 63.440 habitantes (IBGE, 2015).

Figura 8 - Localização do Município de Biguaçu



Fonte: Governo do Estado de Santa Catarina

Quanto ao saneamento básico, a CASAN atende ao município de Biguaçu através de dois sistemas de abastecimento de água. O primeiro e mais importante, Sistema Integrado de Abastecimento de Água da Grande Florianópolis (SIF), cuja captação se encontra no município de Santo Amaro da Imperatriz e atende também aos municípios de Florianópolis, São José, Palhoça e Santo Amaro da Imperatriz. Já o SAA de São Miguel se localiza em Biguaçu e atende a algumas comunidades do município. Alguns dados dos SAA que abastecem Biguaçu estão listados na Tabela 2.

Tabela 2 - Informações a respeito dos SAA que atendem ao município de Biguaçu/SC, entre janeiro/2014 e dezembro/2014.

Sistema de Abastecimento de Água	SIF	São Miguel	Total
Capacidade total instalada	2000 L/s	25 L/s	-
População total atendida em Biguaçu (dez/2014)	56.775 hab	4.379 hab	61.154 hab
Vazão média disponibilizada	104,55 L/s	20,00 L/s	124,55 L/s
Índice de perdas totais (%)	25,46%	61,05%	31,15%
Índice de perdas totais (l/lig.dia)	173,94 l/lig.dia	857,35 l/lig.dia	231,75 l/lig.dia

Fonte: BADOP (2015)

Este trabalho abordará ambos os sistemas que abastecem o município de Biguaçu. Com relação ao SAA São Miguel, é possível observar um alto índice de perdas. Um dos motivos para este valor se dá em função de a localidade estar ainda em fase de instalação de micromedidores e início do processo de cobrança pela água tratada fornecida.

O Gerente Operacional da SRM, definido nesta pesquisa de mestrado como decisor do problema, é quem gerencia as atividades e projetos operacionais nos municípios atendidos pela Superintendencia e vivencia as demandas e dificuldades relacionadas à falta de gestão quanto às perdas. Acima do Gerente Operacional ainda estão o Superintendente, Diretores e Presidente, mas que para este problema especificamente, foram considerados intervenientes. Os atores envolvidos na problemática desta pesquisa de mestrado são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Atores envolvidos

Decisores	Intervenientes	Facilitadores	Agidos
	Presidente da Empresa		
	Diretores		
	Superintendente		
Gerente Operacional	Chefe da Agência	Autora do trabalho	Técnicos terceirizados
	Projetistas		Usuários
	Equipes de manutenção, operação e comercial		
	Órgãos fiscalizadores		

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

O decisor definiu como rótulo para o modelo: *Avaliação do Desempenho quanto à Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água*. Ao final do estudo de caso, o decisor pretende ter um modelo para identificação, mensuração e integração daquilo que julgar importante e compreender as consequências das alternativas naquilo que se busca quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água.

4.2.1.2 **Árvore de Pontos de Vista: Elementos Primários de Avaliação, Conceitos, Áreas de Preocupação e Mapas Meios-Fins**

Nesta primeira etapa de criação do modelo multicritério são realizadas entrevistas com os decisores com a finalidade de levantar informações relativas a valores, expectativas e vontades pessoais. As declarações do decisor servem para formar os elementos primários de avaliação (EPAs), que são as características ou propriedades do contexto que o decisor julga impactarem em seus valores.

Para esta pesquisa foram encontrados 94 EPAs. A partir destes EPAs pôde-se então criar os conceitos, os quais expressaram a direção de preferência associada ao EPA acompanhado da motivação para sua existência. O Apêndice A traz a lista completa de Elementos Primários de Avaliação, acompanhados de seus conceitos.

Os conceitos que, segundo a visão do decisor, apresentaram preocupação estratégica semelhante foram agrupados em áreas de preocupação, cujos nomes refletem a preocupação principal do decisor ao expressar os conceitos pertencentes ao agrupamento. O Quadro 6

apresenta as Áreas de Preocupação e a numeração dos respectivos conceitos.

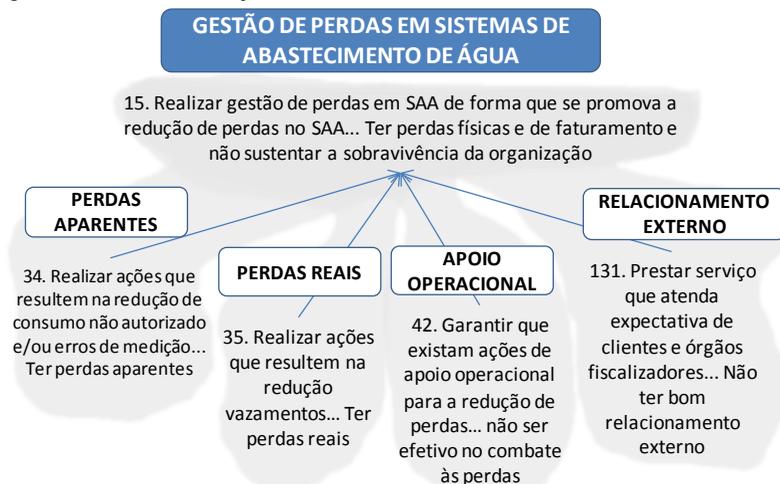
Quadro 6 - Áreas de Preocupação e Conceitos

Área de Preocupação	Conceitos iniciais	Novos conceitos
Perdas aparentes	4,12, 13, 14, 19, 22, 31, 32, 34 36, 37, 38, 43.	108, 110, 118, 123, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 134, 135.
Perdas reais	3, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 16, 17, 18, 27, 28, 29, 30, 35, 47, 48, 49.	104, 106, 107, 109, 113, 114, 116, 117, 120, 121, 122, 133, 141, 142.
Apoio operacional	24, 25, 26, 33, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 46.	101, 102, 103, 105, 111, 112, 119, 124, 139, 140, 143, 144.
Relacionamento externo	1, 2, 10, 20, 21, 23.	115, 131, 132, 136, 137, 138, 145

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Os conceitos formados posteriormente à primeira entrevista foram receberam numeração acima de 100. Após a criação dos EPAs e conceitos, estes foram interligados, de acordo com a percepção do decisor, em uma estrutura *top-down*, criando-se então os mapas Meios-Fim. A Figura 8 a seguir apresenta o *Cluster* para o objetivo do trabalho, detalhado pelo conceito #15.

Figura 9 - Cluster do objetivo do trabalho.

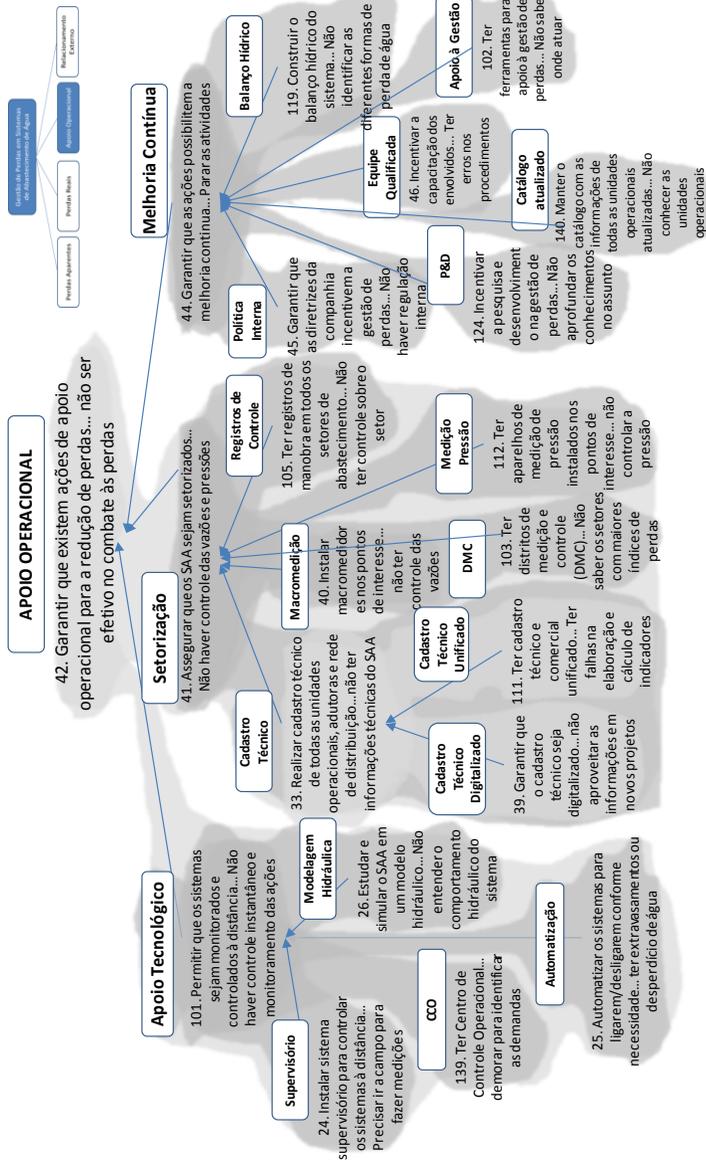


Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Este processo de construção dos mapas Meios-Fim foi realizado em todas as quatro áreas de preocupação/objetivos estratégicos do modelo, os quais são apresentados no Apêndice B. A Figura 9 apresenta o Mapa Meio-Fim para a Área de Preocupação “Apoio Operacional”.

A partir da estruturação do Mapa Meio-Fim é possível visualizar os níveis estratégicos e operacionais do modelo. Ao nível estratégico estão os PFV (Pontos de Vista Fundamentais), que não são possíveis de serem mensurados. Já os Pontos de Vista Elementares (PVE) estão ao nível operacional do modelo e, a partir destes, é possível criar os descritores para então realizar a avaliação do desempenho. Os nomes dos Pontos de Vista Fundamentais devem explicitar a preocupação do decisor em cada *cluster*.

Figura 10 - Mapa Meio-Fim para a Área de Preocupação "Apoio Operacional"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

4.2.1.3 Estrutura Hierárquica de Valor

A Estrutura Hierárquica de Valor é formada a partir dos Pontos de Vista Fundamentais e Elementares. A Figura 10, a seguir, apresenta a EHV para o modelo proposto, mostrando as áreas de preocupação e pontos de vista fundamentais de cada área.

Para o modelo de Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento de Água proposto, foram criadas quatro áreas de preocupação “Perdas Aparentes”; “Perdas Reais”; “Apoio Tecnológico” e “Relacionamento Externo”, resultando em 12 Pontos de Vista Fundamentais: “Aumento Faturamento”; “Medição de Vazão”; “Manutenção”; “Confiabilidade”; “Operação”; “Apoio Tecnológico”; “Setorização”; “Melhoria Contínua”; “Satisfação Cliente”; “Atendimento PMSB”; “Notificações” e “Reconhecimento”. Os Pontos de Vista Fundamentais resultaram em 77 Pontos de Vista Elementares. O Apêndice C traz toda a Estrutura Hierárquica de Valor deste modelo.

Figura 11 - Estrutura Hierárquica de Valor para o modelo proposto.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

4.2.1.4 Construção dos Descritores

A construção dos descritores, proposta pelo MCDA-C, se baseia em escalas ordinais, permitindo mensurar o desempenho das propriedades de cada PVE. Assim, os descritores medem o grau com que um objetivo é alcançado.

As escalas ordinais são construídas em conjunto com o decisor e devem atender à Teoria da Mensuração, contemplando suas seis propriedades: (i) mensurável (o juízo de valor do decisor deve ser refletido na escala); (ii) operacional; (iii) inteligível; (iv) homogêneo; (v) permite distinguir desempenho melhor e pior; e (vi) respeita as propriedades das escalas ordinais (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Durante a definição das escalas, o decisor informou o que caracteriza um desempenho bom e um desempenho ruim, resultando nos níveis de referência, que foram denominados “Nível Bom” e “Nível Neutro”, respectivamente.

Este modelo gerou 77 PVE, resultando em 64 descritores, apresentados no Apêndice D. O Descritor para o PVE “Macromedição” é apresentado na Figura 11, com sua respectiva escala ordinal e nível de referência.

Figura 12 - Descritor "Macromedição".

DESCRITOR: MACROMEDIÇÃO



Descrição:

Macromedidores instalados em pontos de interesse

Fórmula:

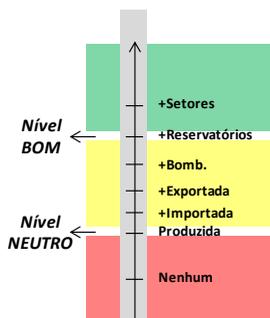
[Pontos de interesse com macromedidor instalado]

Unidade:

Pontos de Interesse

Periodicidade:

Anual



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Após a construção dos descritores foi realizada a fase de Avaliação, uma vez que os descritores, em si, não permitem ao decisor mensurar os aspectos do contexto de forma integrada.

4.2.2 Fase de Avaliação

A segunda fase de criação do Modelo Multicritério para a Avaliação de Desempenho quanto à Gestão de Perdas trata da Avaliação. Nesta fase, através de na incorporação de informações preferenciais dos decisores, as escalas ordinais são transformadas em escalas cardinais, permitindo ao decisor mensurar os aspectos do contexto de forma integrada. A fase de avaliação é dividida em cinco etapas, descritas a seguir.

4.2.2.1 Funções de Valor

As funções de valor do modelo têm como propósito transformar escalas ordinais em cardinais. Isso permite ao decisor visualizar a diferença de atratividade da passagem de um determinado nível para outro em cada descritor, possibilitando a mensuração quantitativa do modelo em cada Ponto de Vista Elementar – PVE (ENSSLIN e ENSSLIN, 2013).

Neste trabalho, o método adotado para transformação de escalas ordinais em cardinais foi o Macbeth – *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (BANA E COSTA; VANSNICK, 1997, ENSSLIN; DUTRA; ENSSLIN, 2000). Para cada descritor foi questionado ao decisor quanto à diferença de atratividade entre dois níveis da escala ordinal, de acordo com as categorias a seguir, permitindo-se, assim, a comparação par-a-par de todos os níveis do descritor.

- C0 – diferença de atratividade nula;
- 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; e
- C6 – diferença de atratividade extrema.

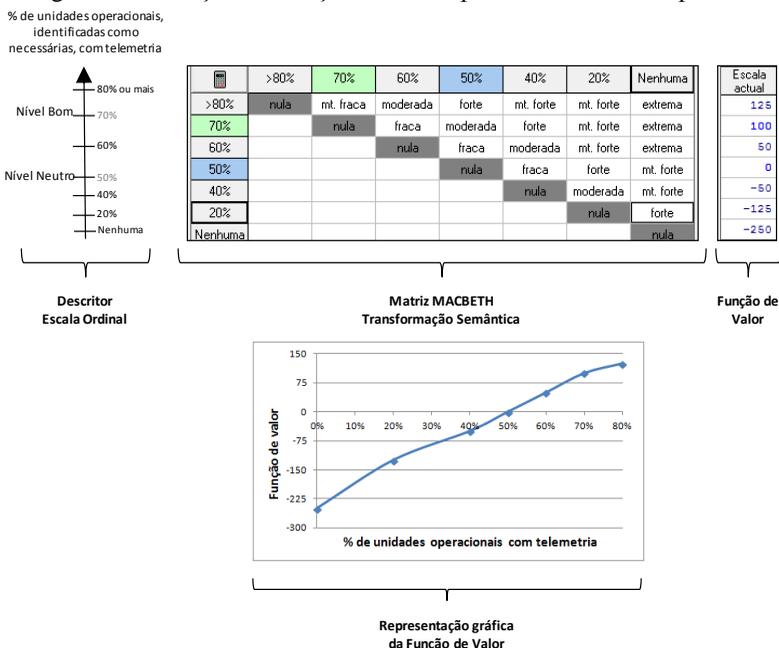
Assim, o Macbeth constrói a matriz de julgamentos, construindo a escala cardinal de cada descritor. O nível bom passa a ter o valor 100 e o nível neutro passa a ter o valor zero.

Um exemplo desta transformação se apresenta na Figura 12 com a comparação par-a-par dos níveis do descritor “Supervisor”. Foi questionado ao decisor quanto ao seu julgamento da diferença de atratividade entre cada uma das alternativas entre si. Para um percentual

de cobertura com telemetria de 70% ou 80% o decisor julgou “muito fraca” a diferença de atratividade. Já a diferença entre se ter 80% ou nenhuma cobertura é considerada extrema.

A partir das comparações de todos os pares o método Macbeth concebeu, então, a escala cardinal para o descritor “Supervisório”, traduzindo a função de valor do descritor, apresentado na Figura 12.

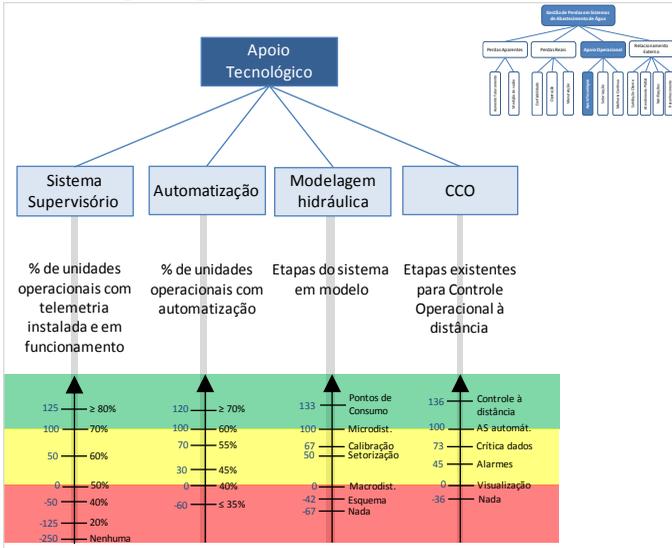
Figura 13 - Criação da Função de Valor para o Descritor “Supervisório”.



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

A Figura 13 apresenta as escalas ordinais e cardinais para os descritores do PVF “Apoio Tecnológico” da Área de Preocupação “Apoio Operacional”. Este processo foi repetido para todos os descritores do modelo, sendo apresentados no Apêndice E. A partir de então, é possível ao decisor viabilizar a mensuração cardinal dos aspectos operacionais considerados relevantes.

Figura 14 - Escalas cardinais e ordinais dos Descritores da Área de Conhecimento “Apoyo Operacional”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

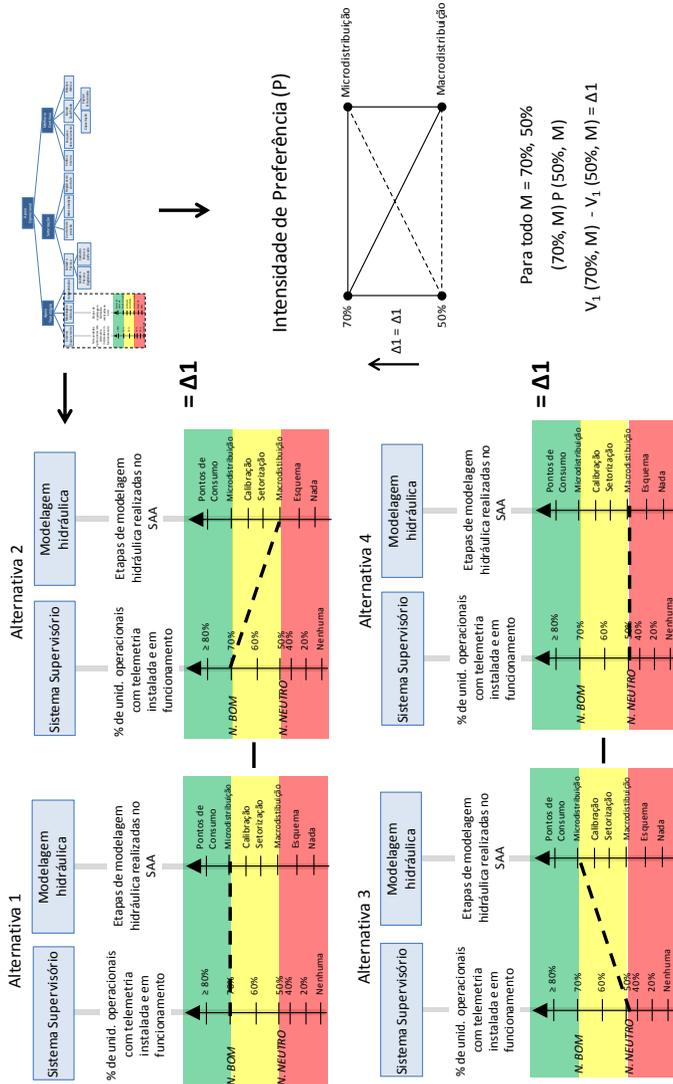
Nas funções de valor em que os níveis extremos pudessem impactar o descritor de forma a ser motivo de rejeição, foram excluídos os níveis extremos (menor que -200). Caso o desempenho resulte neste extremo, o descritor deverá ser rejeitado e não contabilizado no perfil de desempenho.

4.2.2.2 Análise de Independência Cardinal

A análise de independência cardinal foi realizada em todos os descritores para confirmar que a mensuração de um critério não depende da mensuração de outro. Tal procedimento será representado pela exemplificação entre os Descritores “Sistema Supervisório” e “Modelagem Hidráulica”. Para tanto foram geradas quatro alternativas de possíveis desempenho para ambos os descritores, apresentados na Figura 14.

Para realização do teste, utilizam-se os níveis de referência bom e neutro, estudando, par-a-par, a independência preferencial dos descritores (LACERDA; ENSSLIN; ENSSLIN, 2011; CHAVES, 2013).

Figura 15 - Análise de Independência Preferencial do PVE “Sistema Supervisório” em relação ao PVE “Modelagem Hidráulica”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Analisando a Figura acima, é possível observar que o descritor “Sistema Supervisório” é independente do descritor “Modelagem Hidráulica”, uma vez que para qualquer desempenho que se apresente o segundo critério, será sempre mais atrativo, para o decisor, ter 70% das unidades operacionais com telemetria que apenas 50% destas. O teste realizado nos demais descritores do modelo, demonstrou a estabilidade do mesmo com relação à independência cardinal.

4.2.2.3 Taxas de Compensação

As taxas de compensação são constantes utilizadas para representar a contribuição do critério no ponto de vista superior quando uma alternativa tem seu desempenho aperfeiçoado do nível Neutro para o nível Bom. Desta forma, as taxas de compensação representam um fator de escalas para converter unidades locais em unidades do ponto de vista superior (ENSSLIN, MONTIBELLER e NORONHA, 2001).

A criação das taxas de compensação são elaboradas, primeiramente, entre os PVEs de cada PVF, e, posteriormente, entre os PVFs das Áreas de Preocupação e do modelo completo para o objetivo estratégico. O processo para obtenção das taxas segue os procedimentos: geração das alternativas, ordenação das alternativas e construção da matriz de julgamento. As taxas são representadas por W_i .

Para melhor exemplificar o procedimento, será demonstrado o processo para o PVF “Apoio Tecnológico”, da Área de Preocupação “Apoio Operacional”. Inicialmente, foram criadas alternativas hipotéticas, listadas a seguir:

- A0: todos os descritores com desempenho no nível “Neutro”;
- A1: o desempenho do descritor “Supervisório” no nível “Bom” e os demais descritores com desempenhos no nível “Neutro”;
- A2: o desempenho do descritor “Automatização” no nível “Bom” e os demais descritores com desempenhos no nível “Neutro”;
- A3: o desempenho do descritor “Modelagem Hidráulica” no nível “Bom” e os demais descritores com desempenhos no nível “Neutro”;
- A4: o desempenho do descritor “CCO” no nível “Bom” e os demais descritores com desempenhos no nível “Neutro”;

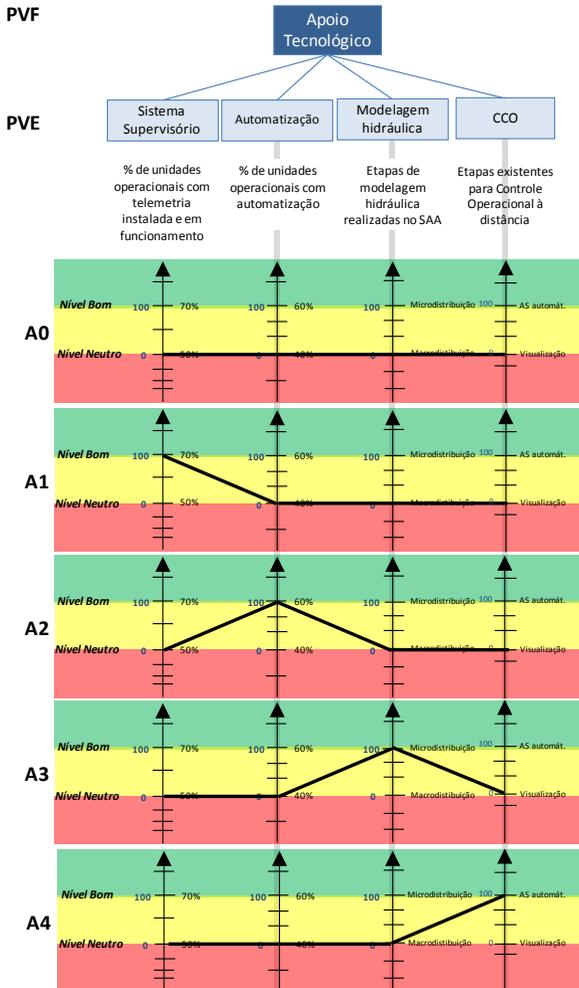
Estas alternativas geradas foram ordenadas preferencialmente com o uso da Matriz de Roberts (ROBERTS, 1979), segundo a percepção do decisor, que definiu sua preferência na linha ou coluna. A

alternativa preferida ganhou o valor 1 e a recusada, o valor zero. Ao final somam-se os valores das linhas, obtendo-se a ordenação de preferência (hierarquização) conforme o valor da soma de cada linha. A Figura 15 e Tabela 3 representam estes procedimentos.

Após a ordenação, as alternativas são levadas novamente ao Macbeth para a comparação par-a-par, onde o decisor julga a diferença de atratividade entre cada alternativa. Assim, o Macbeth transforma este julgamento em taxas de compensação, representada na Figura 16 para o PVF “Apoio Tecnológico”.

A Figura 17 apresenta o PVF “Apoio Tecnológico” da Área de Preocupação “Apoio Operacional” com seus descritores, escalas ordinais, escalas cardinais e taxas de compensação. Este processo foi repetido em todos os PVE, PVF e áreas de preocupação do modelo, apresentados no Apêndice F.

Figura 16 - Alternativas criadas para o PVF "Apoio Tecnológico"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

4.2.2.4 Avaliação Global e Perfil de Desempenho da Situação Atual

A avaliação global é realizada aplicando-se a equação global, que expressa a soma das taxas de compensação multiplicadas pela performance de cada PVF e PVE, apresentada na Equação 1:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n w_j \cdot (V_{FPV_j} \cdot (a)) \quad (1)$$

$$V_{FPV_j}(a) = v_j(a) = \sum_k^{m_j} w_{jk} \cdot v_{jk}(a) \quad \text{for } j=1, \dots, n \quad (2)$$

Onde:

V(a): pontuação Global (atratividade) de $a \in A$;

A: conjunto das ações possíveis;

w_j : taxa de compensação para o critério j ($j=1, \dots, n$) que permite a transformação de uma unidade de valor parcial em unidades de valor global, para o intervalo BOM e NEUTRO estabelecidos;

($V_{FPV_j}(a)$): indicador do impacto que representa a pontuação local (atratividade) de uma ação $a \in A$, em relação ao critério j (FPV_j).

$v_{jk}(a)$: indicador do impacto que representa a pontuação local (atratividade) de uma ação $a \in A$ no subcritério Ponto de Vista Elementar (j,k), EPV_{jk} ($j=1, \dots, n$; $k=1, \dots, m_j$).

n : número de PVFs .

m_j : número de Pontos de Vista Elementar do critério j ($j=1, \dots, n$)

.

Neste estudo w_j ($j = 1, \dots, n$), onde:

$$\sum_{j=1}^n w_j = 1 \quad \text{and} \quad w_j > 0$$

Para que os PVFs possam ser comparados é essencial que os níveis de atratividade e repulsividade sejam equivalentes em todos os níveis. Assim os níveis BOM e NEUTRO precisam ter o mesmo valor parcial, logo:

$$\begin{cases} V_{FPV_j}(\text{good } j) = 100 \\ V_{FPV_j}(\text{neutral } j) = 0 \end{cases}$$

A Equação Geral do modelo proposto neste trabalho é apresentada pela Equação 3 e será detalhada em quatro etapas, cada uma representando um objetivo estratégico ou área de preocupação.

$$V_{GESTÃO PERDAS}(a) = 0,2895 \times V_{PERDAS APARENTES}(a) + 0,2632 \times V_{PERDAS REAIS}(a) + 0,2368 \times V_{APOIO OPERACIONAL}(a) + 0,2105 \times V_{RELACIONAMENTO EXTERNO}(a) \quad (3)$$

Nas funções de valor em que os níveis extremos pudessem impactar o descritor de forma a ser motivo de rejeição, foram excluídos os níveis extremos (menor que -350). Caso o desempenho resulte neste extremo, o descritor deverá ser rejeitado e não contabilizado no perfil de desempenho.

i. Perdas Aparentes

Para o objetivo estratégico “Perdas Aparentes” do modelo proposto, a Equação 4 o representa e pode ser aberta para as equações 4.1, 4.1.1, 4.2 e 4.2.1, apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Perdas Aparentes"

$V_{PERDAS APARENTES}(a) = [0,4615 \times V_{Aumento faturamento}(a)] + [0,5385 \times V_{Medição de Vazão}(a)] \quad (4)$
$V_{Aumento faturamento}(a) = 0,6154 \times (V_{Fraudes}(a)) + 0,3864 \times (V_{Cadastro Comercial}(a)) \quad (4.1)$
$V_{Aumento faturamento}(a) = 0,6154 \times (V_{Fraudes}(0,4762 \times V_{int.fraudulentas}(a) + 0,3333 \times V_{equipe antifraude}(a) + 0,1905 \times V_{inadimplência}(a))) + 0,3846 \times (V_{Cadastro Comercial}(0,0931 \times V_{grandes cons.}(a) + 0,1628 \times V_{aut.não pagantes}(a) + 0,3488 \times V_{falhas cad}(a) + 0,3953 \times V_{cadastro}(a))) \quad (4.1.1)$
$V_{Medição vazão}(a) = 0,4286 \times V_{Vol.Macromedido}(a) + 0,5714 \times V_{Vol.Micromedido}(a) \quad (4.2)$
$V_{Medição vazão}(a) = 0,4286 \times (V_{Vol.Macromedido}(0,5833 \times V_{calibração}(a) + 0,4167 \times V_{manejo}(a))) + 0,5714 (V_{Vol.Micromedido}(0,4839 \times (0,122 \times V_{idade}(a) + 0,0976 \times V_{abrigo}(a) + 0,2073 \times V_{calibração}(a) + 0,1585 \times V_{dimensionamento}(a) + 0,2317 \times V_{hidrometração}(a) + 0,1829 \times V_{instalação}(a)) + 0,3226 \times V_{erros leitura}(a) + 0,1935 \times V_{faturamento media}(a))) \quad (4.2.1)$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

ii. Perdas Reais

Para o objetivo estratégico “Perdas Reais” do modelo proposto, a Equação 5 o representa e pode ser aberta para as equações 5.1, 5.2 e 5.3, apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico “Perdas Reais”

$V_{PERDAS\ REAIS}(a) = [0,25 \times V_{Confiabilidade}(a)] + [0,3929 \times V_{Manutenção}(a)] + [0,3571 \times V_{Operação}(a)]$	(5)
$V_{Confiabilidade}(a) = 0,4706 \times V_{qualidade\ obra} (0,375 \times V_{Fiscalização}(a) + 0,625 \times V_{Execução}(a)) + 0,1765 \times V_{qualidade\ projeto}(a) + 0,3529 \times V_{procedência\ materiais}(a)$	(5.1)
$V_{Manutenção}(a) = 0,1852 \times V_{Equipe}(a) + 0,1975 \times V_{Equipamentos}(a) + 0,2345 \times V_{Red,Vazamentos} (0,2143 \times V_{vaz.invisíveis}(a) + 0,3333 \times V_{agilidade}(a) + 0,1667 \times V_{substituição}(a) + 0,2857 \times V_{Priorização}(a) + 0,0988 \times V_{Retrabalho}(a) + 0,1605 \times V_{man.bombas}(a) + 0,1235 \times V_{man.reg\ e\ valv.}(a)$	(5.2)
$V_{Operação}(a) = 0,421 \times V_{Redes\ e\ adutoras} (0,4737 \times V_{Pressoes} (0,3333 \times V_{VRP}(a) + 0,25 \times V_{booster}(a) + 0,4167 \times V_{sobrepessão}(a)) + 0,3684 \times V_{golpe\ ariete}(a) + 0,1579 \times V_{descarga\ rede}(a) + 0,3158 \times V_{Reservatorios} (0,4167 \times V_{extravasamento}(a) + 0,5833 \times V_{intermitencia}(a) + 0,2632 \times V_{ETA} (0,5833 \times V_{Reuso}(a) + 0,4167 \times V_{descarga\ ETA}(a))$	(5.3)

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

iii. Apoio Operacional

Para o objetivo estratégico “Apoio Operacional” do modelo proposto, a Equação 6 o representa e pode ser aberta para as equações 6.1, 6.2 e 6.3, apresentadas no Quadro 9.

Quadro 9 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico “Apoio Operacional”

$V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) = [0,3809 \times V_{Apoio\ Tecnológico}(a)] + [0,4286 \times V_{Setorizacao}(a)] + [0,1905 \times V_{Melhoria\ Contínua}(a)]$	(6)
$V_{Apoio\ Tecnológico}(a) = 0,3333 \times V_{supervisorio}(a) + 0,30 \times V_{automacao}(a) + 0,2333 \times V_{modelagem\ hid}(a) + 0,1334 \times V_{CCO}(a)$	(6.1)
$V_{Setorizacao}(a) = 0,1731 \times V_{cadastro\ tecnico}(0,625 \times V_{cad\ tec\ digital}(a) + 0,375 \times V_{cad\ tec\ unificado}(a)) + 0,2692 \times V_{macromedicao}(a) + 0,2118 \times V_{medicao\ pressao}(a) + 0,2308 \times V_{reg.\ controle}(0,6667 \times V_{Existencia}(a) + 0,3333 \times V_{Tecnologia}(a)) + 0,1154 \times V_{DMC}(a)$	(6.2)
$V_{Melhoria\ Contínua}(a) = 0,087 \times V_{politica\ interna}(a) + 0,2695 \times V_{equipe\ qualificada}(a) + 0,0435 \times V_{pesquisa\ e\ desenv}(a) + 0,2087 \times V_{balanco\ hidrico}(a) + 0,1565 \times V_{Apoio\ à\ Gestão}(a) + 0,2348 \times V_{Catálogo}(a)$	(6.3)

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

iv. Relacionamento Externo

Para o objetivo estratégico “Relacionamento Externo” do modelo proposto, a Equação 7 o representa e pode ser aberta para as equações 7.1, 7.2, 7.3 e 7.4, apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10 - Equação Global e suas derivações para o objetivo estratégico "Relacionamento Externo"

$V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a) = [0,3333 \times V_{Satisfacao\ Cliente}(a)] + [0,1905 \times V_{PMSB}(a)] + [0,3801 \times V_{Notificacoes}(a)] + [0,0952 \times V_{Reconhecimento}(a)]$	(7)
$V_{Satisfacao\ Cliente}(a) = 0,5714 \times V_{falta\ de\ agua}(a) + 0,4286 \times V_{reclamacoes\ vaz}(a)$	(7.1)
$V_{PMSB}(a) = 0,5714 \times V_{projetos}(a) + 0,4286 \times V_{metas}(a)$	(7.2)
$V_{Notificacoes}(a) = 0,5714 \times V_{org\ fiscal}(a) + 0,4286 \times V_{ag\ reg}(a)$	(7.3)
$V_{Reconhecimento}(a) = 0,375 \times V_{ranking}(a) + 0,625 \times V_{ILI}(a)$	(7.4)

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

É possível agora ter um modelo global de avaliação e identificar o perfil de desempenho da situação atual, ou seja, o *Status Quo*. Ao decisor, torna-se possível expandir o entendimento sobre o contexto do problema, apoiando o processo de gestão. Neste estudo de caso será apresentado o perfil de impacto do sistema de abastecimento de água de Biguaçu.

Assim, é possível mensurar o desempenho em cada objetivo do modelo, bem como criar uma representação gráfica da situação atual. A Figura 18 apresenta o Perfil de Impacto do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "Apoio Operacional" e a equação 6.1 é aplicada no Quadro 11, para avaliação do desempenho desta área no SAA de Biguaçu.

Quadro 11 - Cálculo do desempenho do PVF “Apoyo Tecnológico” do objetivo estratégico "Apoyo Operacional" para o SAA Biguaçu

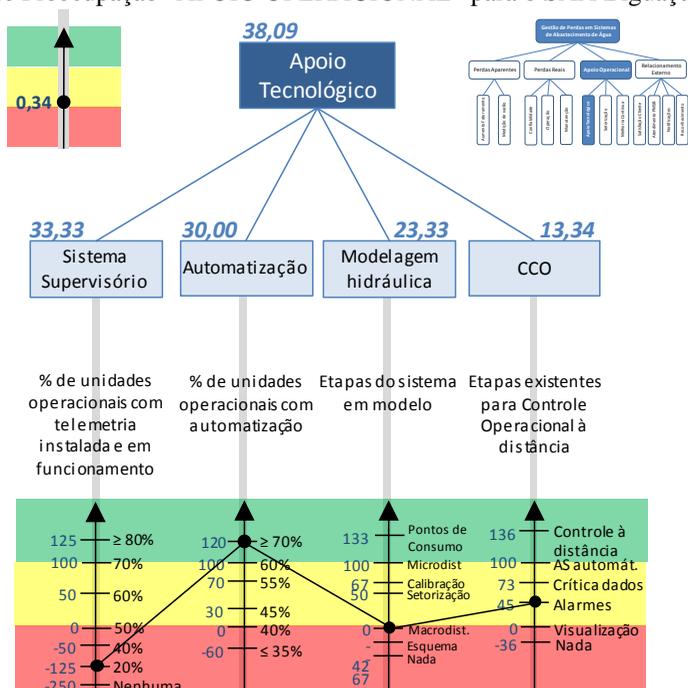
$$V_{\text{Apoyo Tecnológico}}(a) = 0,3333 \times V_{\text{supervisorio}}(a) + 0,30 \times V_{\text{automacao}}(a) + 0,2333 \times V_{\text{modelagem hid}}(a) + 0,1334 \times V_{\text{CCO}}(a)$$

$$V_{\text{Apoyo Tecnológico}}(a) = 0,3333 \times (-125) + 0,30 \times (120) + 0,2333 \times (0) + 0,1334 \times (45) \tag{6.1}$$

$$V_{\text{Apoyo Tecnológico}}(a) = 0,3405$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 19 - Perfil atual de desempenho do PVF "Apoyo Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL" para o SAA Biguaçu



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

O Apêndice G apresenta o procedimento para todos os objetivos estratégicos/áreas de preocupação do SAA Biguaçu. A Tabela 4

apresenta o valor da avaliação global de cada área de preocupação, aplicada à Equação 3, logo a seguir.

Tabela 4 - Resumo do desempenho atual de cada área de preocupação do modelo

Área de Preocupação	Valor
Perdas Aparentes	23,74
Perdas Reais	2,42
Apoio Operacional	5,46
Relacionamento Externo	65,13

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

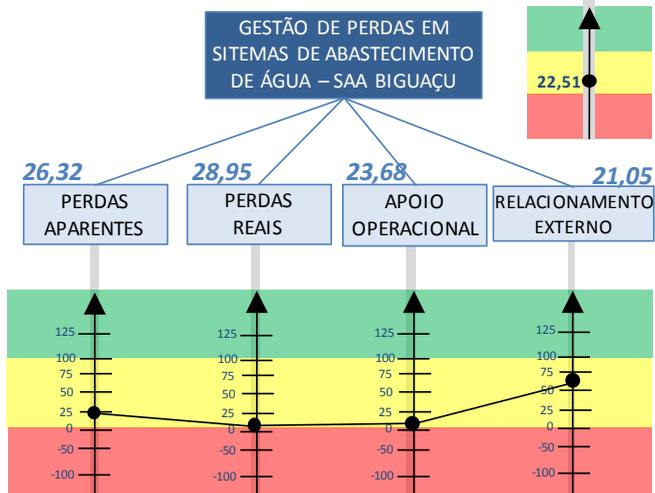
$$V_{GESTÃO PERDAS}(a) = 0,2895 \times V_{PERDAS APARENTES}(a) + 0,2632 \times V_{PERDAS REAIS}(a) + 0,2368 \times V_{APOIO OPERACIONAL}(a) + 0,2105 \times V_{RELACIONAMENTO EXTERNO}(a) \quad (3)$$

$$V_{GESTÃO PERDAS}(a) = 0,2895 \times (23,74) + 0,2632 \times (2,42) + 0,2368 \times (5,45) + 0,2105 \times (65,13)$$

$$V_{GESTÃO PERDAS}(a) = 22,51$$

Este resultado pode ser visualizado na Figura 20.

Figura 20 - Perfil atual de desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

O valor global quanto à gestão de perdas no SAA Biguaçu resultou em 22,51. Para o decisor, o SAA encontra-se no nível competitivo de mercado quanto à gestão de perdas, pois o valor está entre 0 e 100. Como o valor está mais próximo do nível neutro que do nível bom, percebemos que melhorias podem ainda ser realizadas no sistema de abastecimento.

4.2.2.5 Análise de Sensibilidade

A aplicação da Análise de Sensibilidade só se faz possível em modelos que contemplem duas ou mais alternativas, além do *Status Quo*. Considerando que o Estudo de Caso da presente pesquisa de mestrado trata da Avaliação de Desempenho de um determinado Sistema de Abastecimento de Água, não existem outras alternativas além do *Status Quo*. Assim, não é possível aplicar a Análise de Sensibilidade.

Agora, o decisor tem condições de identificar quais descritores devem ser trabalhados e quanto esforço deve ser oferecido, a fim de se atingir um perfil de desempenho superior, comparando alternativas e identificando o impacto destas alternativas no modelo global. Estas ações serão apresentadas na fase de recomendações.

4.2.3 Fase de Recomendações

As etapas realizadas até este momento permitiram a estruturação do modelo de avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água para a Superintendencia da Região Metropolitana da CASAN, segundo os valores do decisor, assim como a sua avaliação local e global, o que permitiu ao decisor encontrar o perfil de desempenho da situação atual (*Status Quo*) para o Sistema de Abastecimento de Água de Biguaçu.

Neste momento, o decisor possui ferramentas suficientes para identificar os pontos de vistas elementares e fundamentais (PVE e PVF) relevantes a serem aperfeiçoados. Além disso, tem condições de visualizar as consequências destas melhorias no desempenho global, caso implementadas. Assim se dá a fase de recomendações.

Posteriormente, pode-se encontrar o perfil de desempenho dos demais SAA atendidos pela SRM, comparando-os entre si e apoiando o processo decisório.

Cabe ressaltar que o apoio oferecido ao decisor, não se dá de forma prescritivista, informando-lhe sobre o que fazer ou fornecendo uma solução ótima. A fase de recomendações proposta pela MCDA-C é de caráter construtivista, ou seja, as recomendações são desenvolvidas em conjunto com o decisor, ao contrário das demais abordagens de resolução de problemas, que recomendam ações sem, necessariamente, envolver o decisor no processo (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Neste estudo de caso, o modelo de avaliação de desempenho para apoiar a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água da SRM/CASAN identificou 20 pontos de vista elementares com desempenho abaixo do nível neutro, na faixa comprometedor, para o SAA de Biguaçu, apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Pontos de Vista Elementares com desempenho comprometedor.

Área de Preocupação	PVF	PVE	Status Quo	Status Quo do PVF
Perdas Aparentes	Aumento Faturamento	Fraudes - Int. Fraudulentas	-180	-18,79
		Cadastro - Atualização	-62	-18,79
	Medição de Vazão	Vol. Macro - Calibração	-75	60,2
		Vol. Micro - Abrigo HD	-88	60,2
Perdas Reais	Confiabilidade	Quali. Obra - Fiscalização	-100	-31,53
		Quali. Obra - Execução	-133	-31,53
	Operação	Redes - Pressões - VRP	-160	14,87
		Redes – Descargas e hid.	-89	14,87
		Reservatórios - Intermittência	-200	-68,32
		Red. Vaz. - Invisíveis	-87,5	15,43
	Manutenção	Man. Bombas	-57	15,43
		Man. Reg. e Valv.	-60	15,43
Apoio Operacional	Apoio Tecnológico	Supervisório	-125	0,34
		Medição Pressão	-40	21,43
	Setorização	DMC	-65	21,43
		Registros - Tecnologia	-38	21,43
		Política interna	-30	-20,26
	Melhoria Contínua	Equipe qualificada	-67	-20,26
		P&D	-60	-20,26
Catálogo Atualizado		-150	-20,26	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Não foram encontrados PVE com desempenho comprometedor na área de preocupação “Relacionamento Externo”. Isto não significa porém, que a área, assim como os demais descritores com desempenho em faixa competitiva, não necessitem de melhoria. No entanto, poderão ser estrategicamente aperfeiçoados em um segundo momento, quando todos os descritores já se encontrarem, ao menos, na faixa competitiva.

Para estes PVE foram buscadas e sugeridas oportunidades de melhorias, juntamente com decisor e atores intervenientes, que permitissem elevá-los ao nível bom (desempenho = 100). O objetivo nesta fase de recomendações foi de evidenciar o processo e sua operacionalização.

O modelo foi então simulado, fornecendo isoladamente a cada PVE com nível de desempenho comprometedor uma pontuação 100, elevando-o à faixa de excelência. Posteriormente, a simulação foi realizada, elevando todos os desempenhos comprometedores de uma mesma área de preocupação ao nível bom (100). Finalmente foram realizadas mais duas simulações: elevando-se todos os PVEs com desempenho comprometedor ao nível bom e; elevando-se os PVEs mais relevantes.

A Tabela 6 apresenta a simulação do impacto no *Status Quo* quando o desempenho passa do nível comprometedor para o nível de excelência para todos os PVE com nível de desempenho comprometedor de forma isolada; agrupados por área de preocupação; todos simultaneamente e; unindo os PVE considerados mais relevantes pelo decisor.

Através das simulações realizadas, apesar da melhoria no desempenho, foi possível identificar que nenhuma ação estratégica sugerida demonstrou possibilitar elevar o desempenho global do modelo ao nível de excelência, mantendo-o no nível competitivo. Caso todas as ações de aperfeiçoamento fossem realizadas nos PVEs de desempenho comprometedor ao nível bom (100), elevaria-se o desempenho global a 82,73, próximo ao nível de excelência.

Da mesma forma, a elevação do desempenho de todos estes PVEs ao nível bom não demonstrou ser uma meta atingível em um primeiro momento, tendo em vista não ser uma tarefa fácil e demandar recursos financeiros, humanos e tecnológicos. Foi realizada então uma avaliação em cada um dos PVE de desempenho comprometedor e levantadas alternativas viáveis atualmente para a melhoria de seu desempenho, elevando-os minimamente ao nível competitivo. As ações estão detalhadas no Apêndice H, e a Tabela 7 apresenta o desempenho global do modelo com as melhorias propostas.

Tabela 6 - Impactos no Status Quo com as simulações realizadas – nível bom.

Área de Preocupação	PVF	PVE	Status Quo do PVE	Status Quo do PVF	Impacto no Status Quo do PVF do PVE	Impacto no Status Quo da Área de Preocupação	Impacto no Status Quo Área (%)	Impacto no Status Quo Desempenho Global	Impacto no Status Quo Global (%)
PERDAS APARENTES	Aumento Faturamento	Fraudes - Int. Fraudulentas	-80	-18,79	63,26	61,61	159,52%	33,48	48,73%
	Medição de Vazão	Cadastro - Atualização	-62	-18,79	2,94	33,77	42,25%	25,42	12,93%
		Vol.Micro - Calibração	-75	60,2	103,95	47,3	99,24%	29,33	30,30%
		Vol.Micro - Abrego HD	-88	60,2	65,27	26,48	11,54%	23,3	3,51%
		Tudo Perdas Aparentes		23,74		97,93	312,51%	43,99	95,42%
		Confiançabilidade	Qualif. Obra - Fiscalização	-100	-31,53	3,76	11,25	364,88%	24,84
PERDAS REAIS	Operação	Redes - Pressões - VRP	-160	14,87	29,16	8,6	255,57%	24,14	7,24%
		Redes - Descargas e hid.	-89	14,87	24,44	6,91	185,54%	23,69	5,24%
		Reservatórios - Intermitência	-200	-68,32	67,14	22,16	815,70%	27,71	23,10%
		Red. Vaz. - Invisíveis	-87,5	15,43	24,86	6,15	153,31%	23,49	4,35%
	Manutenção	Man. Bombas	-57	15,43	40,63	12,32	409,09%	25,12	11,59%
		Man. Reg. e Valv.	-60	15,43	35,19	10,19	321,07%	24,56	9,11%
APOIO OPERACIONAL	Apoi. Tec.	Tudo Perdas Reais		2,42		80,14	3211,57%	42,97	90,89%
		Supervisório	-125	0,34	75,33	34,02	523,08%	29,28	30,08%
	Setorização	Medição Pressão	-40	2,143	51,08	18,16	232,60%	25,52	13,37%
		DMC	-65	2,143	40,47	13,62	149,45%	24,45	8,62%
		Registros - Tecnologia	-38	2,143	32,05	10,01	83,33%	23,59	4,80%
	Melhoria Contínua	Política interna	-30	-20,26	-8,95	7,61	39,38%	23,02	2,27%
	Equipe qualificada	-67	-20,26	24,75	14,03	156,96%	24,54	9,02%	
	P&D	-60	-20,26	-13,3	6,78	24,18%	22,83	14,2%	
	Catálogo Atualizado	-150	-20,26	38,44	16,64	204,76%	25,16	11,77%	
	Tudo Apoio Operacional		5,46		82,68	1414,29%		40,8	81,25%
Influência Total				22,51				82,73	268%
Influência PVE Relevantes				22,51				67,93	202%

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Tabela 7 - Impactos no Status Quo com as simulações realizadas - níveis atingíveis (1a etapa).

Área de Preocupação	PVF	PVE	Status Quo do PVF	Status Quo do PVF	Status Quo da 1ª etapa	Impacto no Status Quo do PVF	Impacto no Status Quo da Área de Preocupação	Impacto no Status Quo da Área (%)	Impacto no Status Quo no Des... Global	Impacto no Status Quo Global (%)
PERDAS APARENTES	Aumento Faturamento	Fraudes - Int.F	-80	-8,79	0	33,96	48,09	802,57%	29,56	31,33%
	Medição de Vazão	Cadastro - Atu	-62	-8,79	125	6,3	35,32	48,78%	25,86	14,88%
		Vol.Macro - C	-75	60,2	100	803,95	47,3	99,24%	29,33	30,30%
		Vol.Micro - AB	-88	60,2	0	62,57	25,02	5,39%	22,88	1,64%
	Tudo Perdas Aparentes		23,74			84,5		255,94%	40,1	78,14%
PERDAS REAIS	Confiabilidade	Quali.Obra - Fis	-100	-31,53	83	0,76	10,5	33,88%	24,64	9,46%
		Quali.Obra - Ex	-133	-31,53	100	37	19,56	708,26%	27,02	20,04%
	Operação	Redes - Press	-160	14,87	120	30,49	9,07	274,79%	24,26	7,77%
		Redes - Desca	-89	14,87	0	17,8	4,54	87,60%	23,07	2,49%
	Reservatórios	-200	-68,32	140	74,51	24,79	924,38%	28,4	2,617%	
	Red. Vaz. - Inv	-87,5	15,43	0	19,83	4,15	7149%	22,97	2,04%	
	Manutenção	Man.Bombas	-57	15,43	100	40,63	12,32	409,09%	25,12	11,59%
		Man.Reg.e Va	-60	15,43	0	22,84	5,34	120,66%	23,28	3,42%
	Tudo Perdas Reais		2,42			73,29		2928,51%	41,27	83,34%
APOIO OPERACIONAL	Apoio Tec.	Supervisorio	-125	0,34	50	58,67	27,67	406,78%	27,77	23,37%
		Medição Press	-65	2,143	53	4113	13,9	154,58%	24,51	8,88%
		DMC	-65	2,143	0	28,93	8,67	58,79%	23,27	3,38%
		Registros - Tec	-38	2,143	0	24,35	6,71	22,89%	22,81	1,33%
	Melhoria Contínua	Equipe Operacional	-30	-20,26	100	-8,95	7,61	39,38%	23,02	2,27%
		Equipos Operacionais	-67	-20,26	0	-2,2	8,9	63,00%	23,33	3,64%
		P&D	-60	-20,26	0	-17,65	5,95	8,97%	22,63	0,53%
		Captação Água	-150	-20,26	117	42,44	17,4	218,68%	25,34	12,57%
	Tudo Apoio Operacional		5,46			58,62		973,63%	35,1	55,93%
	Influência Total		22,51						71,34	216,93%
	Influência PVE Relevantes		22,51						60,82	170,19%

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Esta segunda simulação, cujo objetivo foi a evidenciação e operacionalização do processo, demonstrou que, por meio de ações tangíveis (mas que ainda demandam recursos humanos, financeiros e tecnológicos), pode-se melhorar o desempenho global do modelo, apesar de ainda não se elevar à faixa de excelência. No entanto, apesar de alguns PVE elevarem-se apenas ao nível neutro, o desempenho global sugerido eleva-se ao valor de 71,34, causando um impacto de 48,83 pontos e se aproxima daquele apresentado na Tabela 6, no qual todos os PVEs de nível comprometedor elevariam-se ao nível bom. Entende-se então que as melhorias propostas causariam um impacto relevante no desempenho global do modelo.

Isoladamente, nenhum PVE permitiu a elevação do desempenho global a níveis acima de 30 pontos. Em se tratando do desempenho local, as recomendações propostas foram relevantes no desempenho dos PVF “Aumento Faturamento”, que aumentou 52,75 pontos quanto da intervenção no PVE “Fraudes – Intervenções Fraudulentas”, resultando em um desempenho de 33,96, na faixa competitiva.

Similarmente, o PVF “Medição de Vazão” teve um acréscimo de 43,75 pontos quando de intervenções no PVE “Macromedição – Calibração”, deixando o PVF no nível de excelência com 103,95 pontos. O PVF “Operação” quando das ações no PVE “Reservatórios - Intermittência”, acresce de 142,83 pontos, resultando em um desempenho de 74,51.

Quanto ao impacto das recomendações na melhoria do desempenho nos objetivos estratégicos (áreas de preocupação), pode-se dizer que, isoladamente o PVE “Fraudes – Intervenções Fraudulentas”, do PVF “Aumento Faturamento”, Área de Preocupação “Perdas Aparentes”, oferece um incremento de 24,35 pontos à área, passando a ter um desempenho de 48,09.

Ainda quanto às áreas de preocupação, as recomendações simuladas em conjunto foram relevantes para a melhora no desempenho em todas as áreas estudadas, resultando em 84,5 para o objetivo estratégico “Perdas Aparentes”, 73,29 para o objetivo estratégico “Perdas Reais” e 58,62 para o objetivo “Apoio Operacional”, cujos incrementos foram de 60,76, 70,87 e 53,16 pontos, respectivamente. O desempenho global passa então de 22,51 para 71,34.

Assim, a fase de recomendações atinge seus objetivos de permitir ao decisor: (i) identificar os aspectos em que se deva intervir; (ii) identificar ações que promovam o aperfeiçoamento; e (iii) visualizar as consequências da implementação em nível local ou operacional (no PVE), em nível tático (no PVF) e estratégico (Global), criando e

testando novos cenários e fazendo simulações a fim de melhor entender as consequências e apoiar suas decisões (ENSSLIN; ENSSLIN, 2013b; LONGARAY *et al.*, 2015; VALMORBIDA *et al.*, 2015; MARAFON *et al.*, 2015).

Para um segundo momento, sugere-se uma reavaliação dos descritores em nível competitivo, analisando melhorias que poderiam ser recomendadas e implementadas para uma elevação no desempenho global, levando o modelo à faixa de excelência.

4.2.4 Síntese dos Resultados Práticos

A construção do modelo de avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas da Superintendência da Região Metropolitana da CASAN foi realizada a partir de uma visão de mundo construtivista. A vantagem desta metodologia perante as demais MCDA está na participação ativa do decisor, o qual identifica suas preferências e valores relevantes ao problema a ser resolvido, ao mesmo tempo que amplia o conhecimento sobre o assunto.

Na primeira fase do modelo, a estruturação, o decisor identificou os critérios necessários e suficientes para avaliar na gestão de perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água da SRM/CASAN. Para tanto foi realizada a contextualização do problema, a apresentação dos atores, a criação dos Elementos Primários de Avaliação, Conceitos, Áreas de Preocupação, Mapas Meios-Fins, a elaboração da Estrutura Hierárquica de Valor e a construção dos descritores e suas escalas cardinais.

O decisor deste problema foi o Gerente Operacional da SRM, o qual gerencia as atividades e projetos operacionais na Superintendência. De acordo com os critérios e valores do decisor, foram encontrados 94 EPAs, a partir dos quais foram criados os conceitos (Apêndice A). Estes conceitos foram então agrupados em quatro áreas de preocupação: perdas aparentes, perdas reais, apoio operacional e relacionamento externo.

A partir de uma estrutura *top-down*, foram criados os mapas Meios-Fins (Apêndice B) e, então, a Estrutura Hierárquica de Valor (EHV – Apêndice C). Ao nível estratégico ficaram os Pontos de Vista Fundamentais (PVF), que não foram possíveis de serem mensurados. Os 77 Pontos de Vista Elementares (PVE) ficaram ao nível operacional e permitiram criar 64 descritores para este estudo de caso, juntamente com suas escalas ordinais que incluíram os níveis de referência (Apêndice D).

Partindo para a segunda fase da MCDA-C, a avaliação permitiu, inicialmente a transformação das escalas ordinais em escalas cardinais através de funções de valor. O método de transformação se deu através do Macbeth, sendo que o nível bom passou a ter o valor 100 e o nível neutro, o valor zero (Apêndice E).

Os critérios foram integrados via taxas de compensação/substituição, que são constantes que representam, segundo o julgamento do decisor, a contribuição do critério no ponto de vista superior quando uma alternativa tem seu desemenho aperfeiçoado do nível Neutro para o nível Bom, foram elaboradas primeiramente, entre os PVEs de cada PVF, e, posteriormente, entre os PVFs das Áreas de Preocupação e do modelo completo para o objetivo estratégico (Apêndice F).

Ao final da fase de avaliação, foi possível mensurar o desempenho em cada objetivo do modelo, bem como criar uma representação gráfica da situação atual para o SAA de Biguaçu (Apêndice G). O valor global quanto à gestão de perdas no SAA Biguaçu resultou em 22,51. Apesar de o resultado demonstrar que o SAA esteja em um nível competitivo de mercado quanto à gestão de perdas, pois o valor está entre 0 e 100, ações podem ainda ser realizadas a fim de melhorar o desempenho do SAA. Considerando que não existem alternativas além do *Status Quo*, não foi realizada a análise de sensibilidade.

Na última fase da MCDA-C, foram desenvolvidas recomendações em conjunto com o decisor. Através das simulações realizadas, foi permitido ao decisor visualizar as consequências no desempenho local e global, uma vez implantadas as ações de aperfeiçoamento. Nesta primeira etapa, foram elaboradas recomendações para descritores com desempenho comprometedor, julgados pelo decisor relevantes de serem aperfeiçoados.

Isoladamente, nenhum PVE permitiu a elevação do desempenho global a níveis acima de 30 pontos. As recomendações simuladas em conjunto foram relevantes para a melhora no desempenho em todas as áreas estudadas, resultando em 84,5 para o objetivo estratégico “Perdas Aparentes”, 73,29 para o objetivo estratégico “Perdas Reais” e 58,62 para o objetivo “Apoio Operacional”, cujos incrementos foram de 60,76, 70,87 e 53,16 pontos, respectivamente. O desempenho global passa então de 22,51 para 71,34. Estes resultados estão apresentados na Tabela 7 e as recomendações, no Apêndice G. Posteriormente, pode-se encontrar o perfil de impacto dos demais SAA atendidos pela SRM, comparando-os entre si e apoiando o processo decisório.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perdas em sistemas de abastecimento de água representam uma área de grande interesse das empresas de saneamento, tanto privadas, como públicas. A necessidade pela prestação de um serviço eficiente e de qualidade é critério básico no atual cenário mundial, tendo em vista o aumento da demanda de água e a crise hídrica em muitos países (KUSTERKO; ENSSLIN; ENSSLIN, 2015).

No Brasil, a Lei 11.445/2011, estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. De acordo com o Art. 8º., o titular dos serviços de saneamento, dado pela figura do gestor municipal, pode delegar a organização, a regulação, a fiscalização e a prestação desses serviços a outras entidades públicas ou privadas, desde que atendidos os requisitos citados na referida lei. Assim, a gestão de perdas se mostra crucial para que as empresas de saneamento mantenham sua competitividade dentro do mercado de saneamento. Esta situação de concorrência se apresenta também em outros países.

Além disso, investir no controle e redução de perdas traz benefícios em diversos segmentos. Econômicos, uma vez que passados os investimentos iniciais, os resultados trazem redução de custos operacionais e aumento no faturamento já em curto prazo; Tecnológicos, na modernização de equipamentos e capacitação técnica; Energéticos, tendo em vista que a redução de perdas gera economia e eficiência energética; Sócio-cultural, considerando a necessidade de ações e campanhas sociais e educativas para conscientização dos envolvidos na redução de fraudes e; Ambiental, tendo em vista que a gestão de perdas é fundamental para reduzir os impactos da crise hídrica mundial.

A partir da revisão bibliográfica realizada com um banco de artigos com reconhecimento científico (ENSSLIN *et al.*, 2015), fica claro que não se pode vincular perdas de água a desperdício ou vazamentos. Grande parte do volume de água fornecido aos usuários pode não ser contabilizado e/ou faturado.

Causas que levam a estas perdas aparentes são de grande preocupação, uma vez que são as mais difíceis de serem controladas e estão relacionadas a medidas sociais e administrativas: intervenções fraudulentas, desatualização cadastral, parque de hidrômetros com idade ultrapassada, falta de calibração/manutenção, erros ou falta de medição (LAMBERT, 2000, MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2010, CRIMINISI *et al.*, 2009). Essas são situações comuns entre as empresas de saneamento, principalmente em

países em desenvolvimento (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2010, 2013).

Quanto às perdas reais, cabe às empresas de saneamento investirem em manutenção preventiva, controle de qualidade de obras e materiais, agilidade e priorização no conserto de vazamento, busca por vazamentos invisíveis, modernização de equipamentos, capacitação de equipes, etc.

Dada a importância e relevância do assunto, a avaliação de desempenho se mostrou presente na gestão dos serviços de água e esgoto a partir da década de 90, quando os primeiros estudos começaram a ser publicados (ALEGRE; CABRERA JR; MERKEL, 2009). Desde então, diversas entidades iniciaram projetos e pesquisas para criação de indicadores, modelos de avaliação de desempenho e apoio à tomada de decisão (MUTIKANGA *et al.*, 2010, CORTON; BERG, 2009; HYDE; MAIER; COLBY, 2005, KANAKOUDIS *et al.*, 2012, PALME; TILLMAN, 2008, MCKENZIE; SEAGO, 2005).

Sa-Nguanduan e Nititvattananon (2011) entendem que a MCDA é um procedimento útil na resolução de conflitos relacionados com a gestão da água, especialmente quando os impactos não podem ser estimados em aspectos monetários. No entanto, a sua aplicação ao planejamento da gestão de perdas de água tem sido limitada (MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013).

Neste sentido, o objetivo geral desta pesquisa foi de desenvolver um modelo de avaliação de desempenho para a gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água operados pela Superintendência da Região Metropolitana da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (SRM/CASAN), a fim de apoiar a tomada de decisão e gerar conhecimento no gestor/decisor, com o uso da Metodologia Multicritério de Apio à Decisão – Construtivista.

Neste contexto, foi possível definir a pergunta desta pesquisa, sendo: “*Como desenvolver um modelo de Avaliação de Desempenho para apoiar a Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento, construindo nos decisores o conhecimento para promover o aperfeiçoamento dos aspectos julgados importantes segundo a sua percepção?*”.

Para responder a tal pergunta, foram listados os objetivos específicos, apresentados no item 1.3.2.

Para atender ao primeiro objetivo específico, quanto a conhecimento do fragmento da literatura sobre o tema foi selecionando um Portfólio Bibliográfico alinhado ao tema e com reconhecimento científico, foram aplicados os procedimentos do *Proknow-C*. Esta

metodologia, de natureza exploratória, permitiu selecionar um Portfólio Bibliográfico contendo 55 artigos com reconhecimento científico, a respeito da avaliação de desempenho e análise multicritério na gestão de serviços de saneamento e perdas em sistemas de abastecimento de água. Através das análises bibliométrica e sistêmica, foi possível a ampliação do conhecimento da pesquisadora a respeito do tema.

A criação do modelo de avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas nos sistemas de abastecimento de água operados pela SRM, se baseou numa visão de mundo construtivista. A empresa em estudo não possui até o momento um modelo de gestão de perdas que integre todas as áreas relevantes. Além disso, o processo é ainda parcialmente desconhecido aos decisores, os objetivos não estavam ainda bem identificados, existem intervenientes que podem auxiliar e influenciar o gestor no processo. Assim, a MCDA-C se mostrou uma metodologia consistente para aplicação neste estudo de caso e alcance dos demais objetivos estratégicos.

Foi permitido ao decisor identificar os diversos critérios considerados por ele necessários e suficientes para avaliar na gestão de perdas nos Sistemas de Abastecimento de Água da SRM/CASAN. Na fase de estruturação do modelo foram construídas escalas ordinais e, na de avaliação, escalas cardinais para mensurar tais critérios, segundo a percepção do decisor. Apesar de a literatura relacionada a gestão de saneamento trazer diversos estudos quanto a indicadores de saneamento, pouco é discutido a respeito dos limites inferiores e superiores destes indicadores e sobre a priorização das ações. Este aspecto mostrou a relevância da pesquisa.

Os critérios foram integrados via taxas de compensação, conforme a percepção do decisor, que permitiram então, para o SAA de Biguaçu, operado pela SRM, encontrar o *Status Quo*, ou seja, onde o sistema se encontra quanto à gestão de perdas, através da evidenciação do perfil de impacto.

Na fase de recomendações foi possível sugerir o que pode ser feito para melhorar o planejamento das atividades, visualizando no *Status Quo* as consequências das alternativas naquilo que se busca.

Uma das dificuldades encontradas na construção desse modelo de avaliação de desempenho multicritério construtivista, se deu na obtenção dos dados e consequente elaboração do perfil de impacto. Esta dificuldade é similar em diversos outros estudos (MACHADO *et al.*, 2009, KANAKOUDIS; TSITSIFLI, 2010, KANAKOUDIS *et al.*, 2012, MUTIKANGA; SHARMA; VAIRAVAMOORTHY, 2013).

Não foram encontrados demais estudos que utilizassem da MCDA-C no apoio à decisão na gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água ou saneamento. Este estudo se mostra, então, pioneiro e inovador para a gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água, tendo em vista as premissas da MCDA-C em todas as suas fases.

Para futuras pesquisas, recomenda-se a elaboração do perfil de desempenho dos demais sistemas de abastecimento de água operados pela SRM/CASAN com o propósito de ampliar a gama de recomendações, priorização de ações e visualização das consequências no *Status Quo*.

Cabe ressaltar que o modelo proposto aqui não pode ser generalizado para outras empresas de saneamento, devido a sua característica construtivista. No entanto, pode servir como orientação para outras concessionárias, necessitando proceder adaptações ao alinhamento e ao contexto para sua validação (percepção de seus decisores/gestores).

Além disso, apesar do entendimento de cada problema ser único, sugere-se um estudo que aprofunde o conhecimento quanto aos limites inferiores e superiores de indicadores de desempenho estudados mundialmente, tanto quanto à gestão de perdas, como a gestão de sistemas urbanos de saneamento como um todo, a fim de se ter um banco de dados consistente a respeito do assunto, permitindo o *Benchmarking* e a comparação com diversas empresas. Isto facilitaria ainda aos decisores na elaboração e cumprimento de metas.

Para a metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista, sugere-se a informatização das etapas, a fim de facilitar e agilizar a criação de mapas, estrutura hierárquica de valor, funções de valor, perfil de impacto da situação atual e após as recomendações.

REFERÊNCIAS

- ABRISHAMCHI, A.; EBRAHIMIAN, A.; TAJRISHI, M.; MARÍÑO, M. Case study: Application of multicriteria decision making to urban water supply. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 131, p. 326-335, 2005
- 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**, v. 5, n. 2, p. 47-62, maio/ago., 2011.
- ALEGRE, H; COELHO, S.; COVAS, D.; ALMEIDA, M. C.; CARDOSO, A.. A utility-tailored methodology for integrated asset management of urban water infrastructure. **Water Science & Technology**. 2013.
- ALEGRE, H.. Is strategic asset management applicable to small and medium utilities? **Water Science & Technology**. v. 62, n. 9, 2051-2058, 2010.
- ALEGRE, H.; CABRERA JR, E.; MERKEL, W.. Performance assessment of urban utilities: The case of water supply, wastewater and solid waste. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA**. v. 58, n. 5, p. 305-315, 2009.
- ALEGRE, H; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água. IWA, Portugal, 2000.
- ASHLEY, R.; BLACKWOOD, D.; BUTLER, D.; JOWITT, P.; DAVIES, J.; SMITH, H.; GILMOUR, D.; OLTEAN-DUMBRAVA, C.. Making Asset Investment Decisions for Wastewater Systems That Include Sustainability. **Journal of Environmental Engineering**. v. 134, p. 200-209, 2008.
- BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J. C. Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model. **Journal of Multi-criteria Decision Analysis**, v. 6, n. 2, p. 107-114, 1997.

BEZERRA, S. T. M.; CHEUNG, P. B. Perdas de Água: Tecnologias e controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BORTOLUZZI, S. C. **Proposta teórico-metodológica fundamentada na Avaliação de Desempenho Multicritério para a gestão do relacionamento de arranjo produtivo local (APL) e suas empresas individuais.** 2013. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; VALMORBIDA, S. M. I. A Avaliação de desempenho em redes de pequenas e médias empresas: estado da arte para as delimitações postas pelo pesquisador. **Revista Eletrônica de Estratégia & Negócios.** v. 4, n. 2, p. 202-222, jun./dez.2011.

BORTOLUZZI, S. C.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; VALMORBIDA, S. M. I. Avaliação de desempenho de redes de pequenas e médias empresas (PMES): lacunas e oportunidades de pesquisa. **Revista Gestão Industrial,** v. 9, n.4, p. 886-906, 2014.

BRASIL. Lei 11.445 de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF.** 08 jan. 2007. Seção 1, p. 3-7.

BRASIL. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2013. Brasília: MCIDADES. 2015.

BRUEN, M.. Systems analysis – A new paradigm and decision support tools for the water framework directive. **Hydrology and Earth System Sciences.** v. 12, p. 739-749, 2008.

CABRERA, E.; GOMEZ, E.; CABRERA JR, E.; SORIANO, J; ESPERT, E.. Energy Assessment of Pressurized Water Systems. **Journal of Water Resources Planning and Management.** 2001.

CAI, X.; LASDON, L.; MICHELSEN, A.. Group Decision Making in Water Resources Planning Using Multiple Objective Analysis. **Journal of Water Resources Planning and Management.** v. 130, p. 4-14, 2004.

CARDOSO, M. A.; SILVA, M. S.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; COVAS, D. I. C.. Urban water infrastructure asset management – a urban water infrastructure asset management. **Water Science & Technology**. v. 66, n. 12, p. 2702-2711, 2012.

CARRIÇO, N. J. G.; GONÇALVES, F. V.; COVAS, D. I. C.; ALMEIDA, M. C.; ALEGRE, H.. Multi-criteria analysis for the selection of the best energy efficient option in urban water systems. **Procedia Engineering**. v. 70, p. 292-301, 2014.

CARRIÇO, N.; COVAS, D. I. C; ALMEIDA, M. C.; LEITÃO, J. P.; ALEGRE, H.. Prioritization of rehabilitation interventions for urban water assets using multiple criteria decision-aid methods. **Water Science & Technology**. v. 66, n. 5, p. 1007-1014, 2012.

CARVALHO, P.; MARQUES, R. C.. The influence of the operational environment on the efficiency of water utilities. **Journal of Environmental Management**. v. 92, p. 2698-2707, 2011.

CHAVES, L. C.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PETRI, S. M.; ROSA, F. S. da. Gestão do processo decisório: mapeamento ao tema conforme as delimitações postas pelos pesquisadores. **Estratégia & Negócios**. v.5, n.1, p. 3-27, set./dez. 2012.

CHAVES, L. Construção de modelo para apoiar o processo de seleção e desenvolvimento de softwares de sistema de apoio à decisão. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Sócio-Econômico, Programa de Pós-graduação em Contabilidade, Florianópolis, 2013.

CHEUNG, P. B.; GIROL, G. V.; ABE, N; PROPATO, M. Integrating water systems. chapter Night flow analysis and modeling for leakage estimation in a water distribution system. **Taylor and Francis Group**. 2009.

CORTON, M. L.; BERG, D S. V.. Benchmarking Central American water utilities. **Utilities Policy**. 17: 267–275. 2009.

CRIMINISI, A.; FONTANAZZA, C. M.; FRENI, G.; LA LOGGIA, G.. Evaluation of the apparent losses caused by water meter under-

registration in intermittent water supply. **Water Science and Technology**. v. 60, n. 9, p. 2373-2382, 2009.

DA CRUZ, N. F.; MARQUES, R. C.; ROMANO, G.; GUERRINI, A.. Measuring the efficiency of water utilities: A cross-national comparison between Portugal and Italy. **Water Policy** .v. 14, p. 841-853, 2012.

DELLA BRUNA, E.; ENSSLIN, L.; & ENSSLIN, S. R.. Supply chain performance evaluation: a case study in a company of equipment for refrigeration. In Technology Management Conference (ITMC), 2011 IEEE International (pp. 969-978). IEEE.

DENG, L.; CHEN, S.; KARNEY, B.. Comprehensive Evaluation Method of Urban Water Resources Utilization Based on Dynamic Reduct. **Water Resources Management** ., v. 26, p. 2733-2745, 2012.

DU PLESSIS, J. A.. Integrated water management for municipalities in South Africa. **Municipal Engineer**. v. 167, p. 77-88, 2014.

DUTRA, A.; RIPOLL-FELIU, V. M.; FILLLOL, A. G.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. The construction of knowledge from the scientific literature about the theme seaport performance evaluation, **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 64, iss 2, p. 243-269, 2015.

EL-BAROUDY, I.; SIMONOVIC, S. P.. Application of the fuzzy performance measures to the City of London water supply system. **Canadian Journal of Civil Engineering**. 2006.

ENSSLIN, L.; DUTRA, A.; ENSSLIN, S.R. MCDA: a construtivist approach to the management of human resources at a governmental agency. **International Transactions in Operational Research**, v. 7, 79-100. 2000.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Material didático apresentado na disciplina: avaliação de desempenho do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2013a.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; KUSTERKO, S. K.; CHAVES, L.C. Avaliação de desempenho em sistemas de abastecimento de água:

seleção de referencial teórico e análise bibliométrica. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.19, n.2, p. 899-912, 2015.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O.; TASCA, J. E. ProKnow-C, Knowledge Development Process-Constructivist. Processo técnico com partente de registro pendente junto ao INPI. Brasil 2010a.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PACHECO, G. C. Um estudo sobre segurança em estádios de futebol baseado na análise da literatura internacional. **Perspectivas em Ciência da Informação**, 17(2), p. 71-91. 2012.

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. **Produção**, v. 23, n. 2, p. 402-421, 2013.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S.R. Material didático apresentado na disciplina: Introdução ao MCDA-C do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: UFSC, 2013b.

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, 2010b.

ENSSLIN, L.; MONTIBELLER, G. N.; NORONHA, S. M.. Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas. Insular, Florianópolis. 2001.

ENSSLIN, L.; QUEIROZ, S.; GRZEBIELUCKAS, C.; ENSSLIN, S. R.; NICKEL, E.; BUSON, M. A.; BALBIM JUNIOR, A.. Identificação das necessidades do consumidor no processo de desenvolvimento de produtos: uma proposta de inovação ilustrada para o segmento automotivo. **Revista Produção**, v. 21, n. 4, p. 555-569, 2011.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; PINTO, H. de M.; Processo de investigação e Análise bibliométrica: Avaliação da Qualidade dos

Serviços Bancários. RAC – **Revista de Administração Contemporânea**, v.17, n. 3, p. 325-349, 2013.

ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; IMLAU, J. M.; CHAVES, L. C. Processo de mapeamento das publicações científicas de um tema: portfólio bibliográfico e análise bibliométrica sobre avaliação de desempenho de cooperativas de produção agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural** (Impresso), v. 52, p. 587-608, 2014.

ENSSLIN, S. R.; RIPOLL-FELIU V. M.; ENSSLIN, L.; DUTRA, A. Performance evaluation to Support the University Management Activity. **Pensee Journal (Paris)**, v.76, Issue 8, p. 2-17, 2014.

ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A. Avaliação de Desempenho: Objetivos e Dimensões; Avaliação de Políticas Públicas. Secretaria de Planejamento. Governo do Estado de Santa Catarina, maio 2009.

GIUSTOLISI, O.; LAUCELLI, D.; BERARDI, L.. Operational Optimization: Water Losses versus Energy Costs. **Journal of Hydraulic Engineering**. 139, p. 410-123, 2013.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Mapa Interativo. Disponível em: < mapainterativo.ciasc.gov.br>. Acesso em 12/07/2015.

GUMIER; C. C.; LUVIZOTTO JR, E.. Aplicação de modelo de simulação-otimização na gestão de perda de água em sistemas de abastecimento. **Engenharia sanitária e ambiental**. Vol.12, 1, p. 32-41, 2007.

HASSANEIN, A. A. G.; KHALIFA, R. A.. Financial and operational performance assessment: Water/wastewater Egyptian utilities. **Building Services Engineering Research and Technology**. v. 27, n. 4, p. 285-295, 2006.

HASSANEIN, A. A. G.; KHALIFA, R. A.. Financial and operational performance indicators applied to public and private water and wastewater utilities. **Engineering, Construction and Architectural Management**. v. 14, n. 5, p. 479-892, 2007.

HELLER, P. G. B.; SPERLING, M. V.; HELLER, LEO. Desempenho tecnológico dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em quatro municípios de Minas Gerais: uma análise comparativa. **Engenharia sanitária e ambiental**. Vol. 14, 1, p. 109-118. 2009.

HYDE, K. M.; MAIER, H. R.; COLBY, C. B.. A distance-based uncertainty analysis approach to multi-criteria decision analysis for water resources decision making. **Journal of Environmental Management**. v. 77, p. 278–290, 2005;

HYDE, K. M.; MAIER, H. R.; COLBY, C. B.. Reliability-Based Approach to Multicriteria Decision Analysis for Water Resources. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 130, p. 429-439, 2004.

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.. Results of an urban water distribution network performance evaluation attempt in Greece. **Urban Water Journal**. v. 7, n. 5, p. 267-285, 2010.

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.; SAMARAS, P. ZOUBOULIS, A.; BANOVEC, P.. A new set of water losses-related performance indicators focused on areas facing water scarcity conditions. **Desalination and Water Treatment**. v. 51, p. 2994-3010, 2012

KAYAGA, S.. Soft systems methodology for performance measurement in the Uganda water sector. **Water Policy**. v.10, n 3, p. 273 – 284, 2008.

KEENEY, R. L. Value Focused-Thinking: A Path to Creative Decision-making. Cambridge: Harvard University Press, 1992.

KENNERLEY, M.; NEELY, A. A framework of the factors affecting the evolution of performance measurement systems. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 11, p. 1222 – 1245, 2002.

KUSTERKO, S. K.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água através da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão – Construtivista (MCDA-C). Anais do XXII Simpósio de Engenharia de Produção, 2015, Bauru.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A performance measurement framework in portfolio management: A constructivist case. **Management Decision**, v. 49, n. 4, p. 648-668, 2011a.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A performance measurement view of IT project management. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, p. 132-151, 2011b.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. A study case about a software project management success metrics. Skovde: Software Engineering Workshop (SEW)/ IEEE, 2009.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R. Uma Análise Bibliométrica da literatura sobre Estratégia e Avaliação de Desempenho. **Gestão & Produção** [online]. v. 19, n.1, p. 59-78, 2012.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de metodologia científica. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

LAMBERT, A.. Losses from Water Supply Systems: Standard Terminology and Recommended Performance Measures. **The Blue Pages – IWA**. v. 10, n. 3, p. 273-284, 2000.

LE GAUFFRE, P.; HAIDAR, H.; POINARD, D.. A multicriteria decision support methodology for annual rehabilitation programs of water networks. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**. v. 22, p. 478-488, 2007.

LE GAUFFRE, P.; JOANNIS, C.; VASCONCELOS, E.; BREYSSE, D.; GIBELLO, C.; DESMULLIEZ, J-J... Performance indicators and multicriteria decision support for sewer asset management. **Journal of Infrastructure Systems**. v. 13, p. 105-114, 2007.

LONGARAY, A. A.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; Da 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, 2015.

LUNDIE, S.; PETERS, G. M.; BEAVIS, P. C.. Life-cycle assessment of sustainable metropolitan water systems planning. **Environmental Science and Technology**. v. 38, p. 3465-3473, 2004.

MACHADO, B.; CARVALHO, T.; CUPIDO, C.; ALMEIDA, M. C.; ALEGRE, H.. Minimization of losses in water supply systems: strategy definition in a Portuguese case study. **Desalination and Water Treatment**. v. 2, p. 24–29, 2009.

MACHADO, T. P. S. O.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.. Desenvolvimento de produtos usando a abordagem MCDA-C. **Produção**, São Paulo, 2015.

MALMQVIST, P. A.; PALMQUIST, H.. Decision support tools for urban water and wastewater systems - Focussing on hazardous flows assessment. **Water Science & Technology**. v. 51, n. 8, p. 41-49, 2005.

MARAFON, A. D. **Avaliação de desempenho da gestão de P&D**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/106832>>. Acesso em: 14 mai 2015.

MARAFON, A. D.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; LACERDA, R. T. O. Revisão Sistêmica da Literatura sobre Avaliação de Desempenho na Gestão de P&D. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, p. 1-43, 2012.

MARAFON, A. D.; ENSSLIN, L.; OLIVEIRA, R. T. De.; ENSSLIN, S.R.The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology. **European Journal of Innovation Management**, v. 18, n. 1, p. 86 – 109. 2015.

MARQUES, R. C.. Comparing private and public performance of Portuguese water services. **Water Policy**. v. 10, p. 25-42, 2008.

MARQUES, R. C.; MONTEIRO, A. J.. Application of performance indicators in water utilities management - a case-study in Portugal. **Water Science and Technology**. v. 44, n. 2-3, p. 95-102, 2001.

MARQUES, R. C.; MONTEIRO, A. J.. Application of Performance Indicators to Control Losses: Results From the Portuguese Water Sector. **Water Science & Technology**. v. 3, n. 1-2, p. 127-133 2003.

MCKENZIE, R.; SEAGO, C.. Assessment of real losses in potable water distribution systems: some recent developments. **Water Science and Technology**. v. 5, n. 1, p. 33-40, 2005.

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.; BELTON, V. Qualitative operators for reasoning maps: Evaluating multi-criteria options with networks of reasons. **European Journal of Operational Research**, v. 195, n. 3, p. 829-840, 2009.

MONTIBELLER, G.; SHAW, D.; WESTCOMBE, M. Using decision support systems to facilitate the social process of knowledge management. **Knowledge Management Research and Practice**, v. 4, n. 2, p. 125-137, 2006.

MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T.. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. **Pesquisa Operacional**, v.26, n.3, p.567-584, 2006.

MORAIS, D. C.; CALVACANTE, C. A. V.; ALMEIDA, A. T.. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, v.30, n.1, p.15-32, 2010.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.. Assessment of apparent losses in urban water systems. **Water and Environment Journal**. v. 25, p. 327-335, 2011a.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.. Investigating water meter performance in developing countries: A case study of Kampala, Uganda. **Water S. A.** v. 37, n. 4, p. 567-574, 2011b.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.. Methods and tools for managing losses in water distribution systems.

Journal of Water Resources Planning and Management. v. 139, p. 166-174, 2013.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.. Multi-criteria decision analysis: A strategic planning tool for water loss management. **Water Resources Management.** v. 25, p. 3947-3969, 2011c.

MUTIKANGA, H. E.; SHARMA, S.; VAIRAVAMOORTHY, K.. Water loss management in developing countries: Challenges and prospects. **Journal / American Water Works Association.** v. 101, n.12, p. 57- 68, 2009.

MUTIKANGA, H. SHARMA, S. K.; VAIRAVAMOORTHY, K.; CABRERA JR, E.. Using performance indicators as a water loss management tool in developing countries. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA.** v. 59, n. 8, p. 471- 481, 2010.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design – a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management,** v. 5, n. 4, p. 80-116, 1995.

NUDURUPATI, S. S.; BITITCI, U. S.; KUMAR, V.; CHAN, F. T. S.. State of the art literature review on performance measurement. **Computers & Industrial Engineering,** v. 60, n. 2, p. 279-290, 2011.

PALME, U.; TILLMAN, A. M.. Sustainable development indicators: how are they used in Swedish water utilities? **Journal of Cleaner Production.** v. 16, p. 1346-1357, 2008.

PIECHNICKI, A. S.; KOVALESKI, J. L.; SOUZA, M. V.; PIECHNICKI, F.; BARAN, L. R.. Utilização da metodologia de análise e solução de problemas na redução das perdas de água: um estudo de caso na SANEPAR. **Revista de Engenharia e Tecnologia.** V. 3, 2, 2011.

RENZETTI, S.; DUPONT, D. P.. Measuring the Technical Efficiency of Municipal Water Suppliers: The Role of Environmental Factors. **Land Economics.** v. 85, n. 4, p. 627-636, 2009.

- RENZETTI, S.; DUPONT, D.. Ownership and performance of water utilities. **Greener Management International**. v. 42, p. 9-19, 2003.
- RENZETTI, S.; DUPONT, D.. The performance of municipal water utilities: Evidence on the role of ownership. **Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A**. v. 67, p. 1861-1878, 2004.
- RICHARDSON, R. J. Pesquisa social: métodos e técnicas. São Paulo: Atlas, 1999.
- ROSA, F. S.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; LUNKES, R. J. Gestão da evidencição ambiental: um estudo sobre as potencialidades e oportunidades do tema. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 157-166, abr./jun., 2011.
- ROSA, F. S.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; LUNKES, R. J. Management environmental disclosure: a constructivist case. **Management Decision**, v. 50, n. 6, p. 1117-1136, 2012.
- ROY, B. Decision science or decision-aid science? **European Journal of Operational Research**, v. 66, n. 2, p. 184-203, 1993.
- ROY, B. On operational research and decision aid. **European Journal of Operational Research**, v.73, n.1, p.23-26. 1994.
- ROY, B. Paradigms and Challenges, Multiple Criteria Decision Analysis – State of the Art Survey. **International Series in Operations Research & Management Science**, v. 78, n. 1, p. 3-24, 2005.
- SA-NGUANDUAN, N.; NITITVATTANANON, V.. Strategic decision making for urban water reuse application: A case from Thailand. **Desalination**. v. 268, p. 141-149, 2011.
- SCARATTI, D.; MICHELON, W.; SCARATTI, G.. Evaluation of municipal service management efficiency of water supply and sanitation using Data Envelopment Analysis. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 18, n. 4, p. 333-340, 2013.
- SCHOLTEN, L.; SCHEIDEGGER, A.; REICHERT, P.; MAUER, P.; LIENERT, J. et al.. Strategic rehabilitation planning of piped water

networks using multi-criteria decision analysis. **Water Research**. v. 49, p. 124-143, 2013.

SCHULZ, M.; SHORT, M. D.; PETERS, G. M.. A streamlined sustainability assessment tool for improved decision making in the urban water industry. **Integrated Environmental Assessment and Management**. v. 8, n. 1, p. 183-193, 2011.

SILVA, R. V.; ENSSLIN, S. R.; RIPOLL-FELIU, V.M.; SOLER, C. C. E-government and Public Accounting Information: Bibliometric and Systemic Analysis. **International Research Journal of Finance and Economics**, v.1, Issue 122, p.76-91, 2014.

SOARES, A. K., CHEUNG, P. B.; REIS, L. F. R.; SANDIM, M. P.. Avaliação das perdas físicas de um setor da rede de abastecimento de água de Campo Grande-MS via modelo inverso. **Engenharia sanitária e ambiental**. Vol. 9, 4, P. 312-321. 2004.

STARKL, M.; BRUNNER, N.; FLOGL, W.; WIMMER, J.. Design of an institutional decision-making process: The case of urban water management. **Journal of Environmental Management**. v. 90. p. 1030-1042, 2009.

TABESH, M.; YEKTA, A. H.; BURROWS, R.. An Integrated Model to Evaluate Losses in Water Distribution Systems. **Water Resources Management**. v. 23, p. 477-492, 2009.

TASCA, J. E.; ENSSLIN, L.; ENSSLIN, S. R.; ALVES, M. B. An approach for selecting a theoretical framework for the evaluation of training programs. **Journal of European Industrial Training**, v. 34, n. 7, p. 631-655, 2010.

THE WORLD BANK. Reducing Water Loss in Developing Countries Using Performance-Based Service Contracting. **Water Sector Board Practitioner Notes (P-Notes)**, v. 4, p. 1-4.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, S. R. Avaliação de Desempenho de *Rankings* Universitários: Revisão da Literatura e diretrizes para futuras investigações. In: Anais do XXXIX Encontro da ANPAD, XXXIX, 2015, Belo Horizonte.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V. M. University Management with Focus on Multicriteria Performance Evaluation: Illustration in the Brazilian Context. **Globalization, Competitiveness & Governability**, v. 9, n. 2, p. 61-75, 2015.

VALMORBIDA, S. M. I.; ENSSLIN, S. R.; ENSSLIN, L.; RIPOLL-FELIU, V. M. Avaliação de Desempenho para Auxílio na Gestão de Universidades Públicas: Análise da Literatura para Identificação de Oportunidades de Pesquisas. **Contabilidade, Gestão e Governança**, v. 17, n. 3, p. 4-28, set./dez. 2014

VILANOVA, M. R, N.; MAGALHÃES FILHO, P.; BALESTIERI, J. A. P.. Performance measurement and indicators for water supply management: Review and international cases. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 43, 1, p. 1-12. 2015.

XU, T.; QIN, X.. Integrating Decision Analysis with Fuzzy Programming: Application in Urban Water Distribution System Operation. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 140, p. 638-648, 2014.

XU, Y.-P.; TUNG, Y.-K.. Decision Rules for Water Resources Management under Uncertainty. **Journal of Water Resources Planning and Management**. v. 135, p. 149-159, 2009.

YADAV, S. M. *et al.*. Performance Evaluation of Water Supply Services in Developing Country: A Case Study of Ahmedabad City. **Ksce Journal of Civil Engineering**. v. 18, n. 7, p. 1984-1990, 2014.

YIN, R. K. Estudo de Caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZAMCOPÉ, F. C.; ENSSLIN, L. ENSSLIN, S. R.; DUTRA, A.. Modelo para avaliar o desempenho de operadores logísticos - Um estudo de caso na indústria têxtil. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 4, p. 693-705, 2010.

ZARGHAMI, M.; ABRISHAMCHI, A.; ARDAKANIAN, R.. Multi-criteria decision making for integrated urban water management. **Water Resources Management**. v. 22, p. 1017-1029, 2008.

WAICZYK, C.; ENSSLIN, E. R.. Avaliação de produção científica de pesquisadores: mapeamento das publicações científicas. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, Florianópolis, v. 10, n. 20, p. 97-112, ago. 2013.

APÊNDICE A - ELEMENTOS PRIMÁRIOS DE AVALIAÇÃO E CONCEITOS

Quadro 12 – Elementos Primários de Avaliação e Conceitos

n	#	EPA	Conceito
1	1	Reclamações vazamentos	Diminuir os vazamentos... Ter chamados de vazamentos.
2	2	Notificações	Atender às exigências de órgãos fiscalizadores... ser notificado.
3	3	Operação	Inibir o desperdício de água na operação... Ter altos índices de perdas
4	4	Fraudes	Evitar as fraudes de usuários... ter perdas no faturamento e prejuízos.
5	5	Pressões fora da faixa permitida	Manter pressão dentro da faixa permitida... Ter vazamentos por variações bruscas na pressão
6	6	Extravasamentos	Evitar extravasamentos... Ter perdas de água
7	7	Vazamentos invisíveis	Ter estrutura adequada para identificação de vazamentos invisíveis... Ter vazamentos invisíveis.
8	8	Qualidade obra	Garantir que as obras sejam executadas com a qualidade requerida... Ter vazamentos por falhas na execução
9	9	Qualidade materiais	Garantir que os materiais empregados sejam de qualidade... Ter vazamentos devido à má qualidade de materiais
10	10	Falta de água	Reduzir os vazamentos... ter falta de água.
11	11	Golpe de ariete	Evitar golpes de aríete nas tubulações... Ter vazamentos
12	12	Ligações clandestinas	Fiscalizar e cortar ligações clandestinas... não ter faturamento.
13	13	Inadimplência	Controlar o corte de clientes inadimplentes... ter perdas no faturamento.
14	14	Erros de leitura	Ter equipe de leituristas treinada... Ter erros na micromedição.
15	15	Gestão de perdas em SAA	Realizar gestão de perdas em SAA de forma que se promova a redução de perdas no SAA... Ter perdas físicas e de faturamento e não sustentar a sobrevivência da organização
16	16	Redução vazamentos	Reduzir os vazamentos... Ter índices altos de perdas
17	17	Equipe	Ter equipe especializada e estruturada... Não atender às necessidades de manutenção.
18	18	Equipamentos	Ter equipamentos adequados para conserto de vazamentos... Ter vazamentos.

19	19	Hidrometração	Garantir que todas as ligações sejam micromedidas... Não ter controle sobre o volume realmente fornecido
20	20	Reconhecimento	Ter condições de reduzir o índice de perdas... Ser mal reconhecido diante das demais companhias.
21	21	Atender Plano de Saneamento	Assegurar que o planejamento das ações seja realizado conforme PMSB... Não atender ao PMSB.
22	22	Calibração hidrômetros	Manter hidrômetros calibrados... Não ter garantia de qualidade na hidrometração.
23	23	Satisfação cliente	Atender às expectativas dos clientes... Ter reclamações na ouvidoria.
24	24	Supervisório	Instalar sistema supervisório para controlar os sistemas à distância... Precisar ir a campo para fazer medições.
25	25	Automatização	Automatizar os sistemas para ligarem/desligarem conforme necessidade... ter extravasamentos ou desperdício de água.
26	26	Modelagem hidráulica	Estudar e simular o SAA em um modelo hidráulico... Não entender o comportamento hidráulico do sistema.
27	27	Confiabilidade	Aumentar a confiabilidade do sistema... Ter problemas rotineiros.
28	28	Substituição	Garantir a substituição de tubos e equipamentos... ter vazamentos devido ao tempo de uso.
29	29	Manutenção bombas	Criar rotina de manutenção em bombas... ter alto índice de perdas.
30	30	Manutenção registros e válvulas	Criar rotina de manutenção em válvulas e registros... ter alto índice de perdas.
31	31	Cadastro de usuários	Garantir o cadastramento de todos os usuários... não ter controle do faturamento.
32	32	Abrigo hidrômetros	Garantir a proteção dos hidrômetros... Ter vazamentos e fraudes nos hidrômetros
33	33	Cadastro técnico	Realizar cadastro técnico de todas as unidades operacionais, adutoras e rede de distribuição... não ter informações técnicas do SAA.
34	34	Perdas Aparentes	Realizar ações que resultem na redução de consumo não autorizado e/ou erros de medição... Ter perdas aparentes
35	35	Perdas reais	Realizar ações que resultem na redução vazamentos... Ter perdas reais.
36	36	Manejo de dados	Garantir que os dados sejam manipulados adequadamente... Ter informações equivocadas
37	37	Instalação	Garantir que os HD sejam corretamente instalados e mantidos... Não ter garantia de qualidade na hidrometração.
38	38	Idade do parque	Trocar os hidrômetros conforme vida útil... Ter erros de leitura

39	39	Cadastro técnico digitalizado	Garantir que o cadastro técnico seja digitalizado... não aproveitar as informações em novos projetos.
40	40	Macromedidores	Instalar macromedidores nos pontos de interesse... não ter controle das vazões.
41	41	Setorização	Assegurar que os SAA sejam setorizados... Não haver controle das vazões e pressões.
42	42	Apoio operacional	Garantir que existem ações de apoio operacional para a redução de perdas... não ser efetivo no combate às perdas.
43	43	Grandes consumidores	Identificar usuários de consumo elevado... não ter o faturamento correto para este caso.
44	44	Melhoria contínua	Garantir que as ações possibilitem a melhoria contínua... Parar as atividades
45	45	Política interna	Garantir que as diretrizes da companhia incentivem a gestão de perdas... Não haver regulação interna.
46	46	Equipe qualificada	Incentivar a capacitação dos envolvidos... Ter erros nos procedimentos
47	47	Agilidade	Assegurar o menor tempo possível para atendimento do serviço... Ter desperdício de água e redução da pressão na rede.
48	48	Sobrepessão	Assegurar que a potencia instalada nos recalques sejam as mínimas possíveis... Ter pressões superiores à necessária
49	49	Priorização	Ter sistema que auxilie na priorização dos serviços... Não fazer os serviços mais importantes
50	101	Apoio tecnológico	Permitir que os sistemas sejam monitorados e controlados à distância... Não haver controle instantâneo e monitoramento das ações.
51	102	Apoio à gestão	Ter ferramentas para apoio à gestão de perdas... Não saber onde atuar
52	103	DMC	Ter distritos de medição e controle (DMC)... Não saber os setores com maiores índices de perdas
53	104	Qualidade projeto	Garantir que os projetos considerem a redução de perdas... Não reduzir perdas
54	105	Registros de controle	Permitir o isolamento de cada setor... Não ter controle sobre o setor
55	106	Manutenção	Possuir manutenção preventiva... Ter vazamentos por falta de manutenção
56	107	Redes e adutoras	Operar adequadamente redes e adutoras... ter vazamentos.
57	108	Volume macromedido	Saber o volume fornecido... Não ter dados operacionais
58	109	Intermitência	Evitar intermitência dos reservatórios... Ter vazamentos

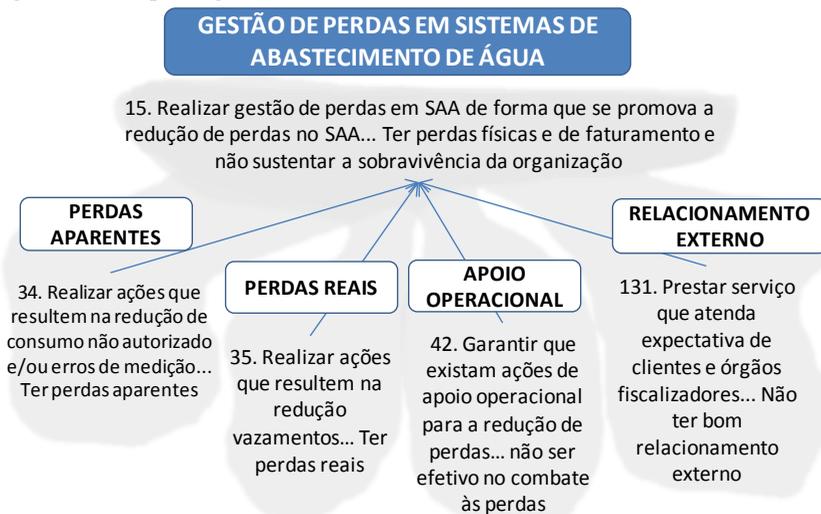
59	110	Aumento faturamento	Garantir que os volumes disponibilizados sejam faturados... Ter perdas no faturamento.
60	111	Cadastro unificado	Ter cadastro técnico e comercial unificado... Ter falhas na elaboração e cálculo de indicadores
61	112	Medição pressão	Ter aparelhos de medição de pressão instalados nos pontos de interesse... não controlar a pressão.
62	113	VRP	Possuir válvulas reguladoras de pressão... Ter vazamentos por excesso de pressão
63	114	Booster	Manter pressão controlada... Ter vazamentos por variações bruscas na pressão
64	115	PMSB - projetos	Elaborar projetos que atendam ao plano de saneamento... Não cumprir o PMSB
65	116	Reservatórios	Operar adequadamente reservatórios... ter vazamentos.
66	117	Retrabalho	Garantir que as manutenções sejam efetivas no solucionamento do problema/vazamento... Ter retrabalho
67	118	Dimensionamento hidrômetros	Garantir que os hidrômetros instalados sejam adequados à vazão requerida... Ter vazamentos
68	119	Balanço hídrico	Construir o balanço hídrico do sistema... Não identificar as diferentes formas de perda de água
69	120	Reuso processo ETA	Possibilitar o reuso de água no processo de tratamento... Ter perdas na ETA
70	121	Descargas e hidrantes	Monitorar e controlar as descargas de rede e hidrantes... Não saber o volume de serviço
71	122	Descargas ETA	Monitorar e controlar as descargas na ETA... Ter excesso de perda
72	123	Consumidores que não pagam autorizados	Identificar usuários autorizados a consumir sem faturar... não saber o volume não faturado.
73	124	P&D	Incentivar a pesquisa e desenvolvimento na gestão de perdas... Não aprofundar os conhecimentos no assunto
74	125	Faturamento pela média	Garantir que todas as ligações sejam micromedidas... Ter faturamento pela média mensal
75	126	Equipe antifraude	Ter equipe especializada e estruturada... Não ter condições de combater fraudes
76	127	Cadastro Comercial	Ter o cadastro comercial atualizado... Não ter controle quanto aos usuários
77	128	Medição vazão	Garantir que as vazões distribuídas sejam medidas... Não saber o volume fornecido
78	129	Calibração macromedidores	Garantir que os macromedidores estejam calibrados... Ter dados incorretos

79	130	Volume micromedido	Saber o volume fornecido em cada unidade consumidora... Não ter dados operacionais
80	131	Relacionamen to externo	Prestar serviço que atenda expectativa de clientes e órgãos fiscalizadores... Não ter bom relacionamento externo
81	132	PMSB - metas de redução	Garantir que os projetos e metas do PMSB para redução de perdas sejam implementados... Não atender ao PMSB
82	133	Estação de Tratamento de Água	Inibir o desperdício de água no processo de tratamento... Ter altos índices de perdas
83	134	Hidrômetros	Garantir que todas as ligações possuam hidrômetros corretamente instalados e aferidos
84	135	Atualização cadastro	Manter atualizado no SCI o tipo de imóvel e faixa de consumo... Ter falhas no cadastramento e faturamento
85	136	Órgãos Fiscalizadores	Ter eficiência no combate às perdas de água... ser notificado por órgãos fiscalizadores.
86	137	Agências Reguladoras	Ter eficiência no combate às perdas de água... ser notificado por agências reguladoras.
87	138	Ranking	Ter um baixo índice de perdas... Não estar bem posicionada no ranking de outras companhias
88	139	CCO	Ter Centro de Controle Operacional... demorar para identificar as demandas
89	140	Catálogo atualizado	Manter o catálogo com as informações de todas as unidades operacionais atualizadas... Não conhecer as unidades operacionais
90	141	Fiscalização	Garantir que as obras sejam adequadamente fiscalizadas... Ter vazamentos por falhas na execução
91	142	Execução	Garantir que as obras sejam executadas por empresa qualificada... Ter vazamentos por falhas na execução
92	143	Existência de Registros Manobra	Ter registros de manobra em todos os setores de abastecimento... Não ter controle sobre o setor

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

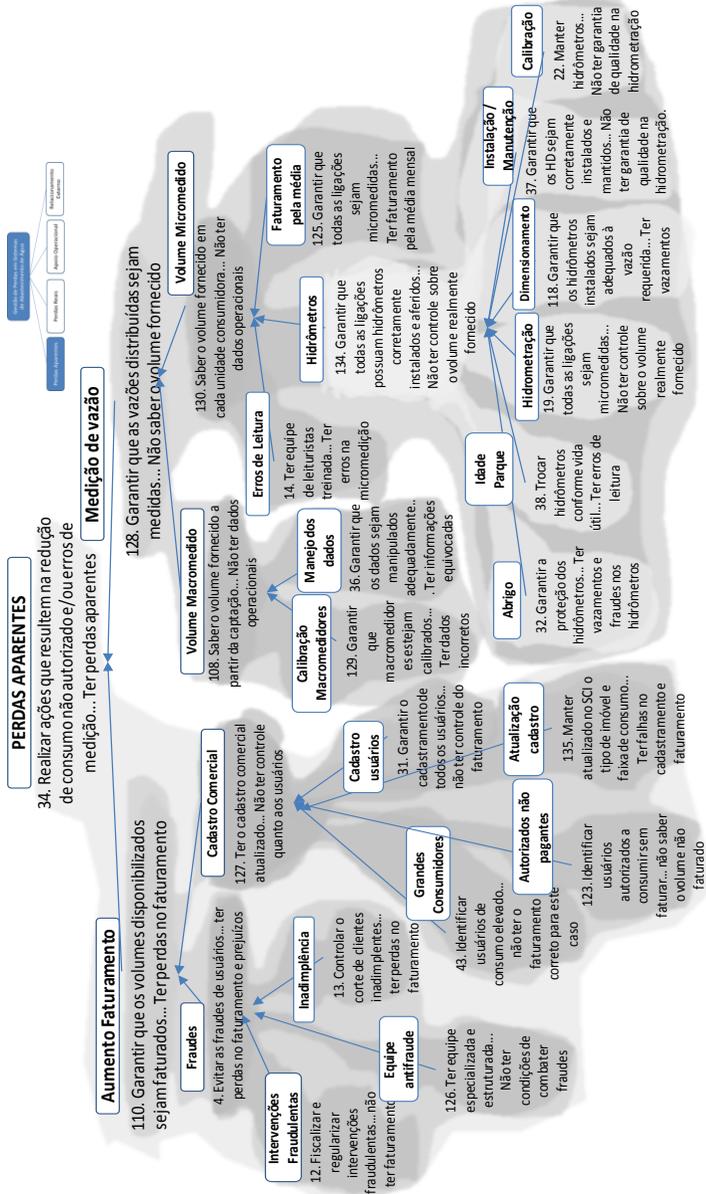
APÊNDICE B - MAPAS COGNITIVOS

Figura 21 - Mapa Cognitivo Geral do Modelo



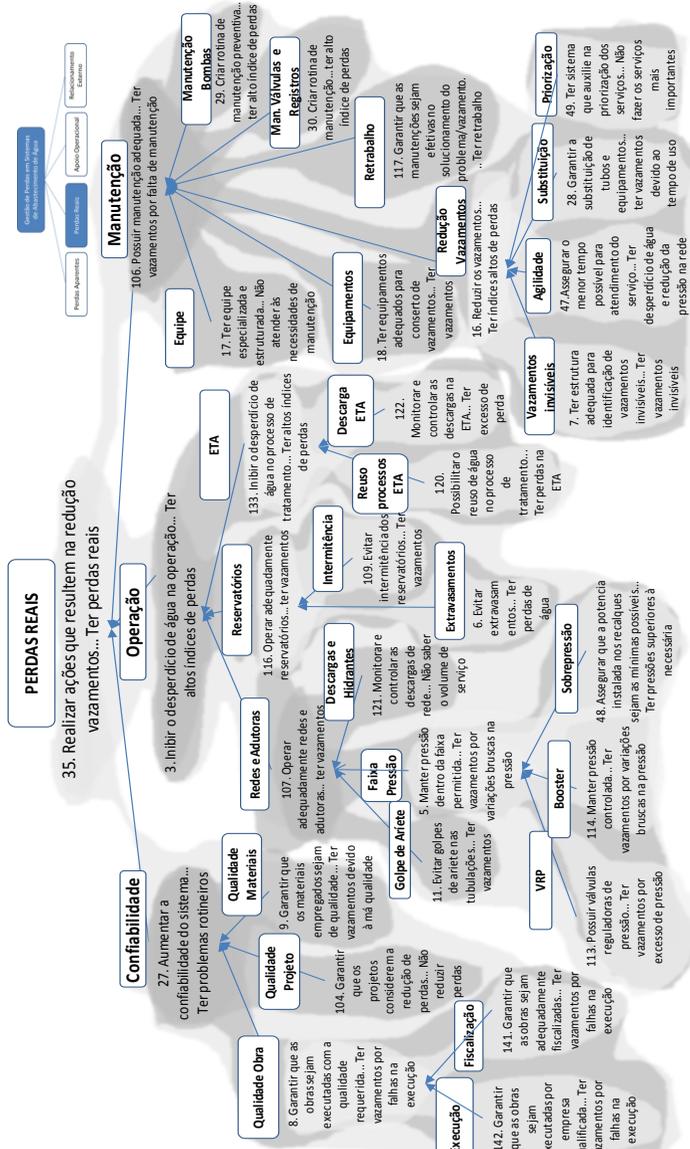
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 22 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"



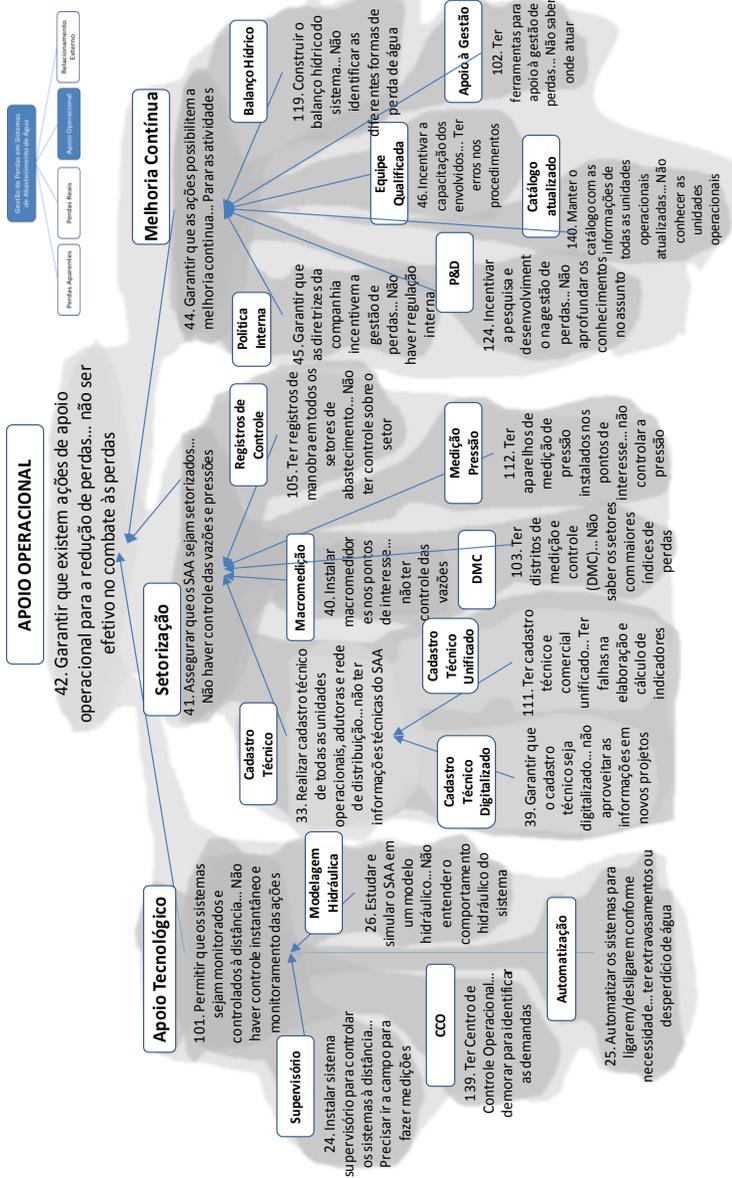
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 23 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



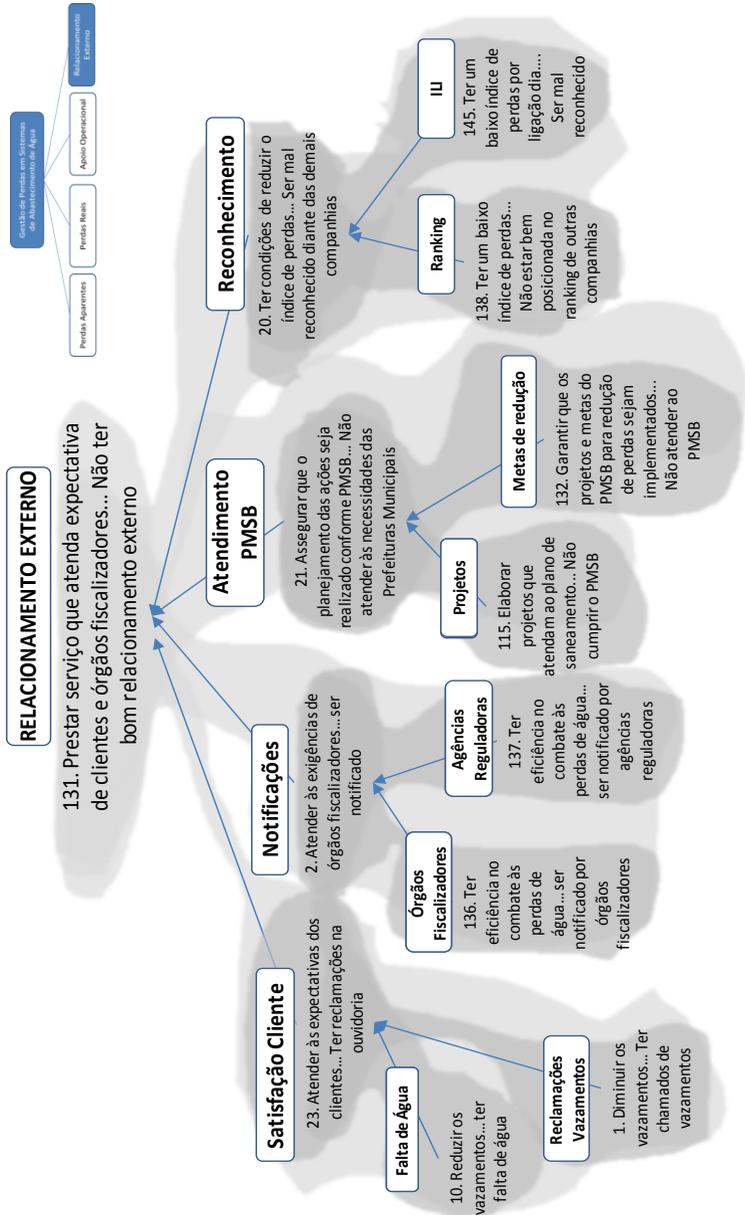
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 24 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

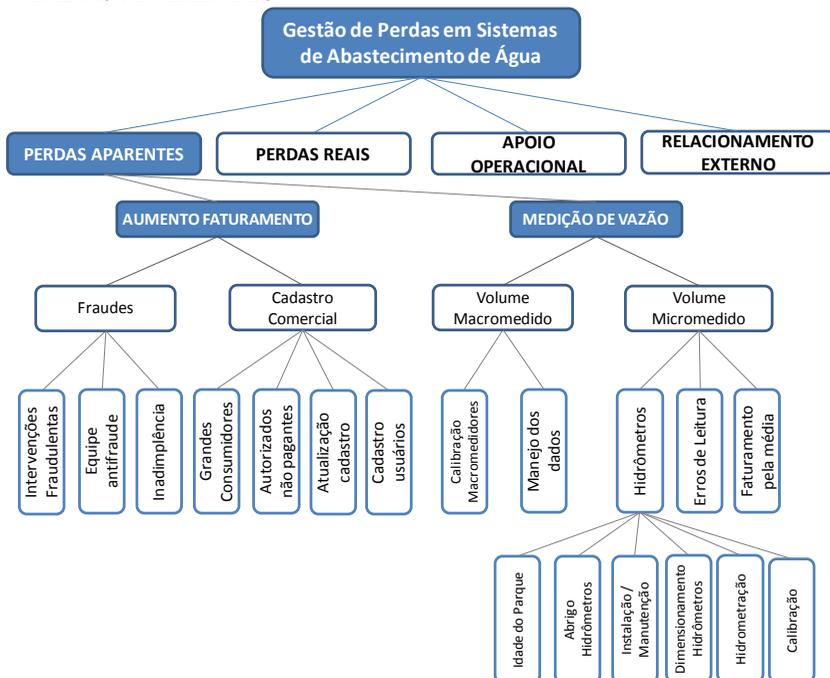
Figura 25 - Mapa Cognitivo da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

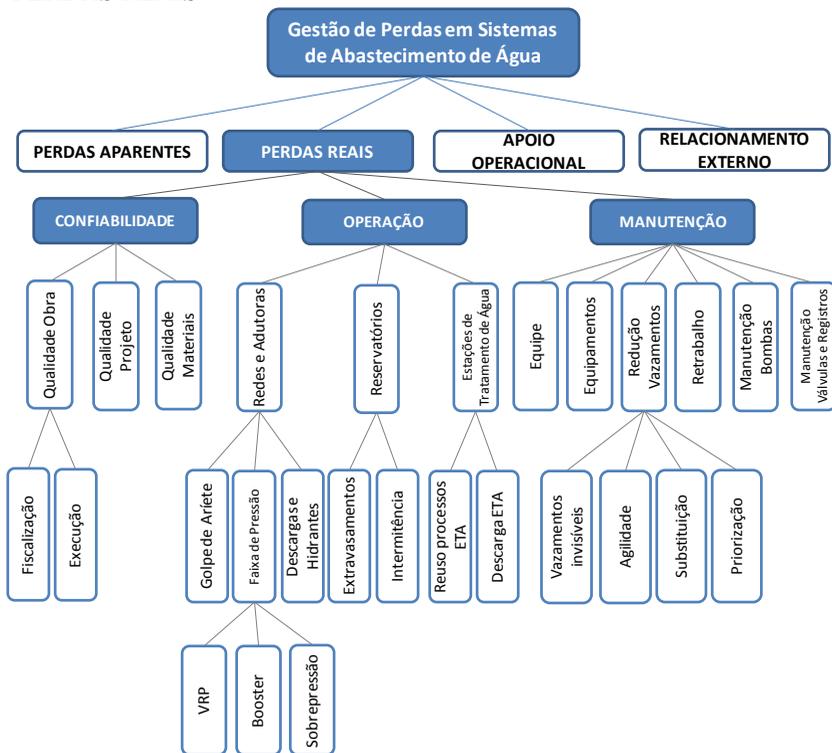
APÊNDICE C – ESTRUTURA HIERÁRQUICA DE VALOR

Figura 26 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"



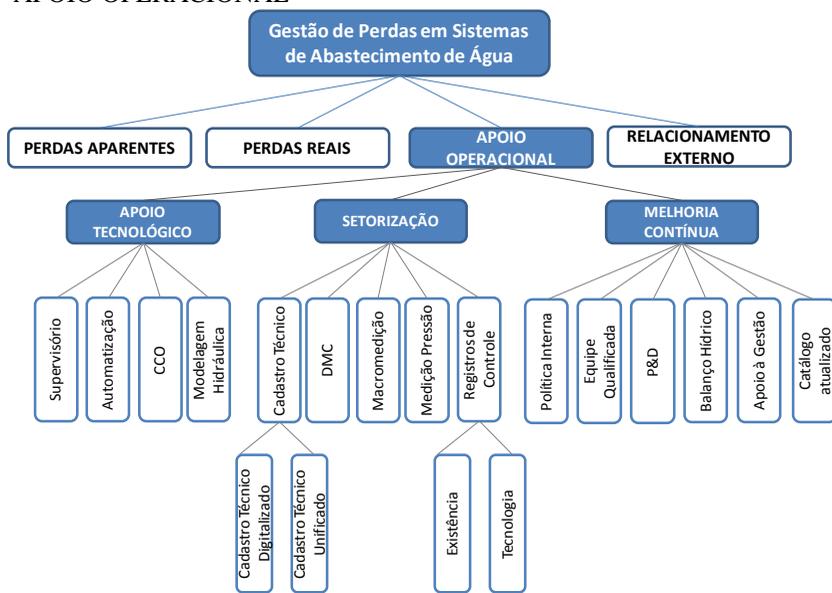
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 27 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 28 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

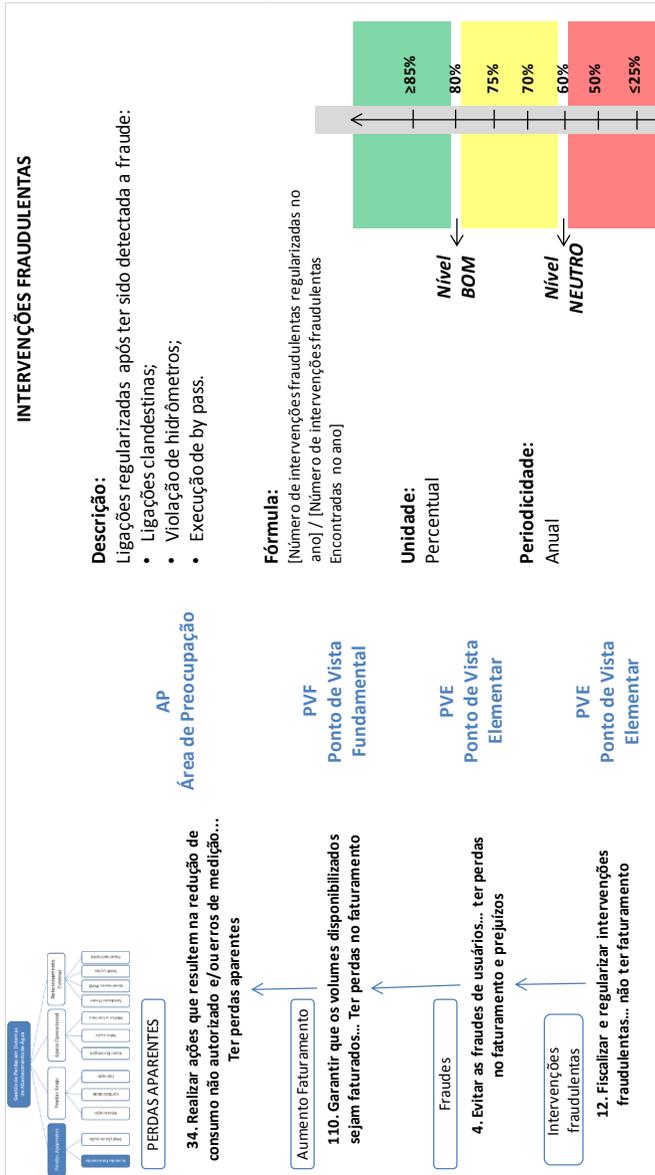
Figura 29 - Estrutura Hierárquica de Valor da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

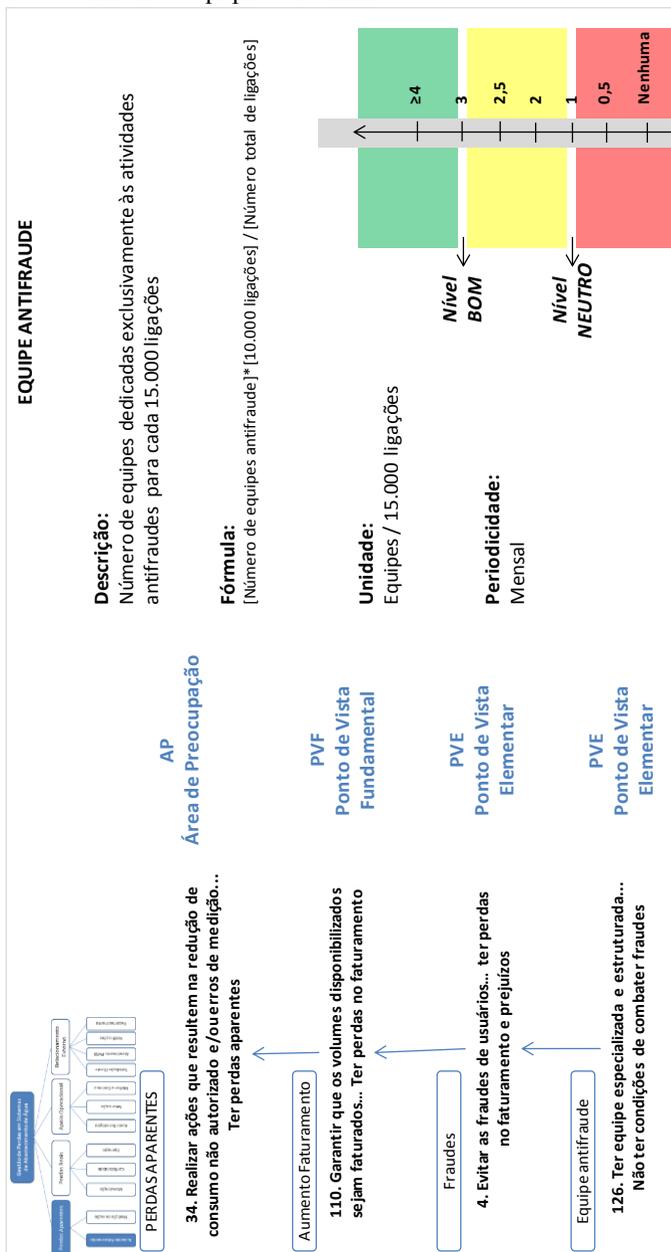
APÊNDICE D – DESCRITORES

Figura 30 - Descritor “Intervenções Fraudulentas”



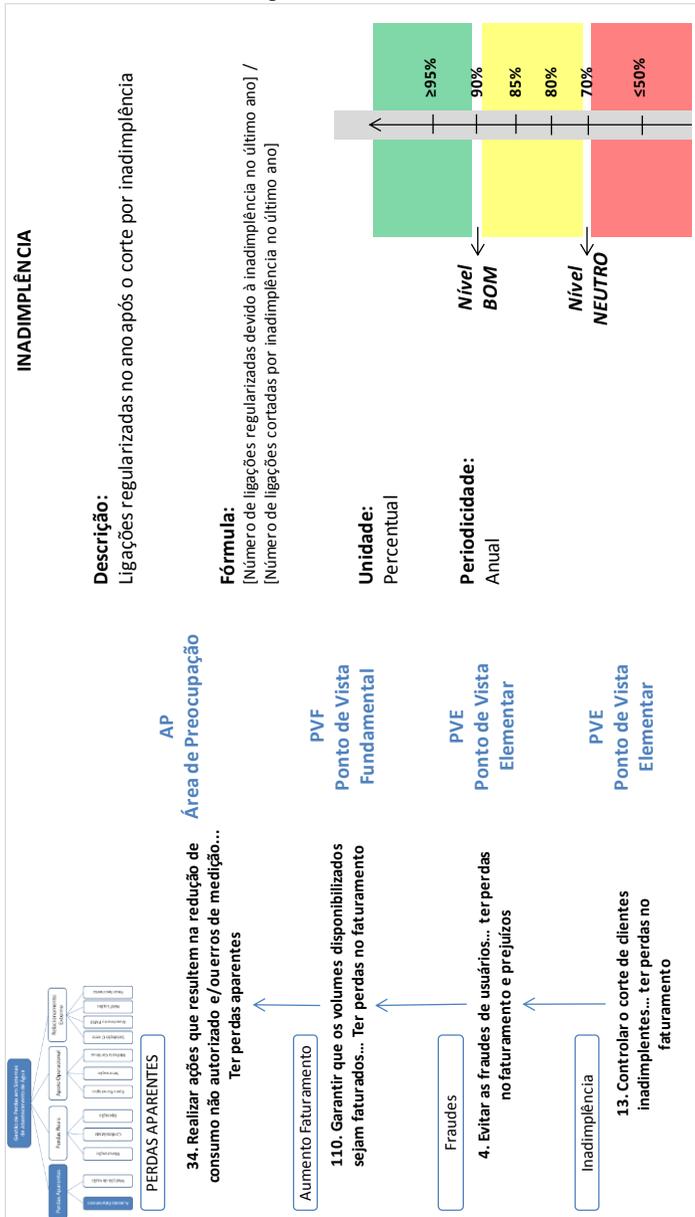
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 31 - Descritor “Equipe Antifraude”



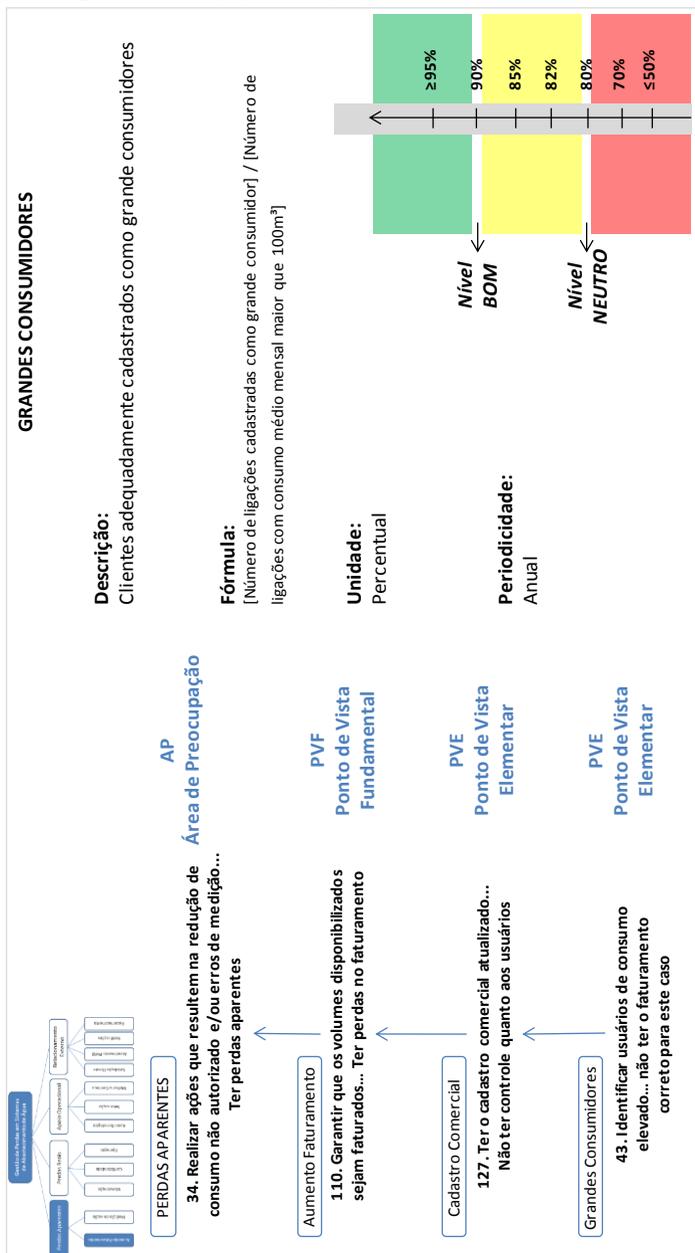
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 32 - Descritor “Inadimplência”



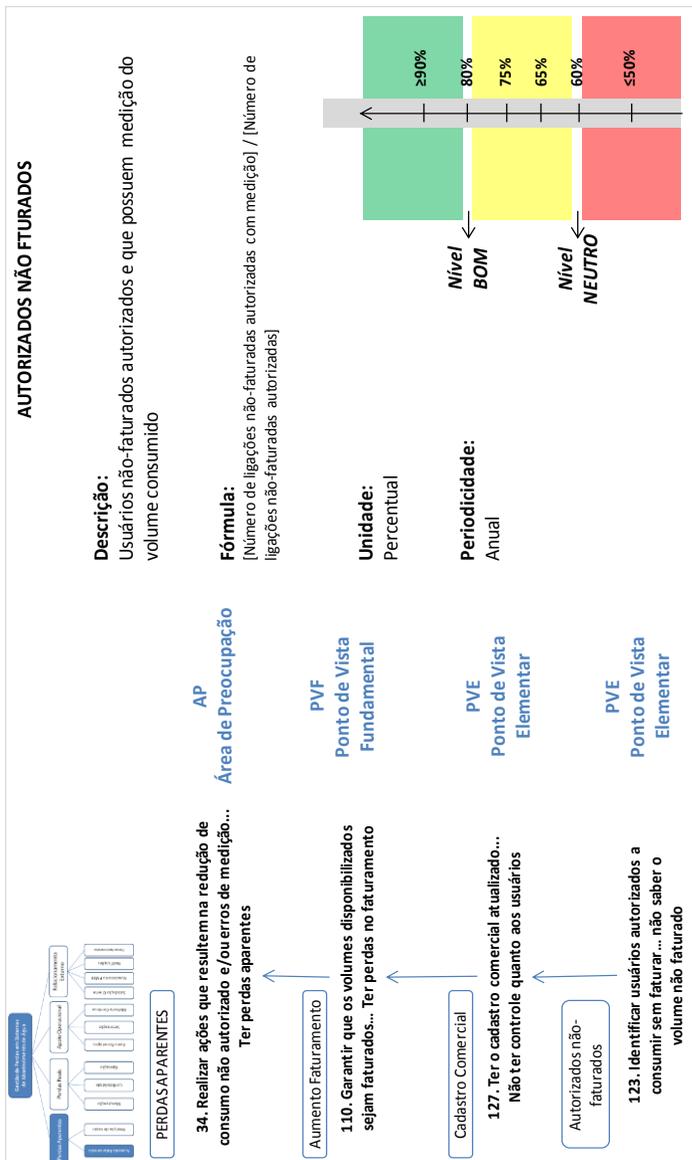
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 33 - Descritor “Grandes Consumidores”



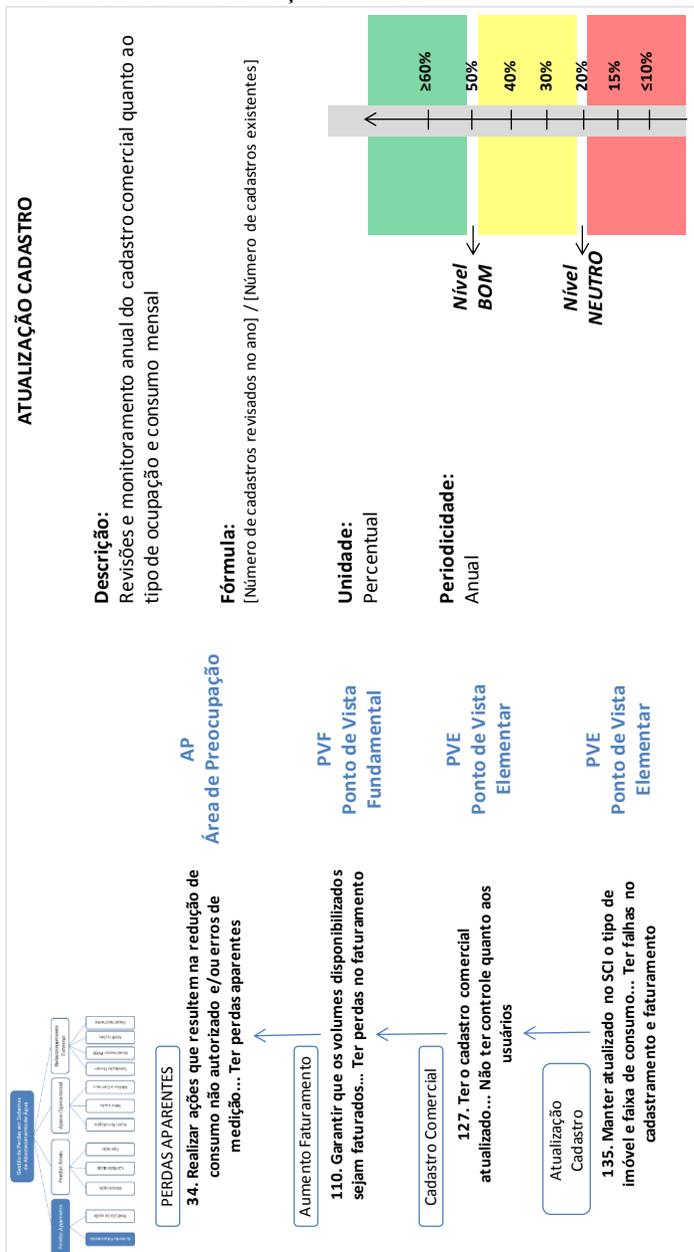
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 34 - Descritor “Autorizados Não Faturados”



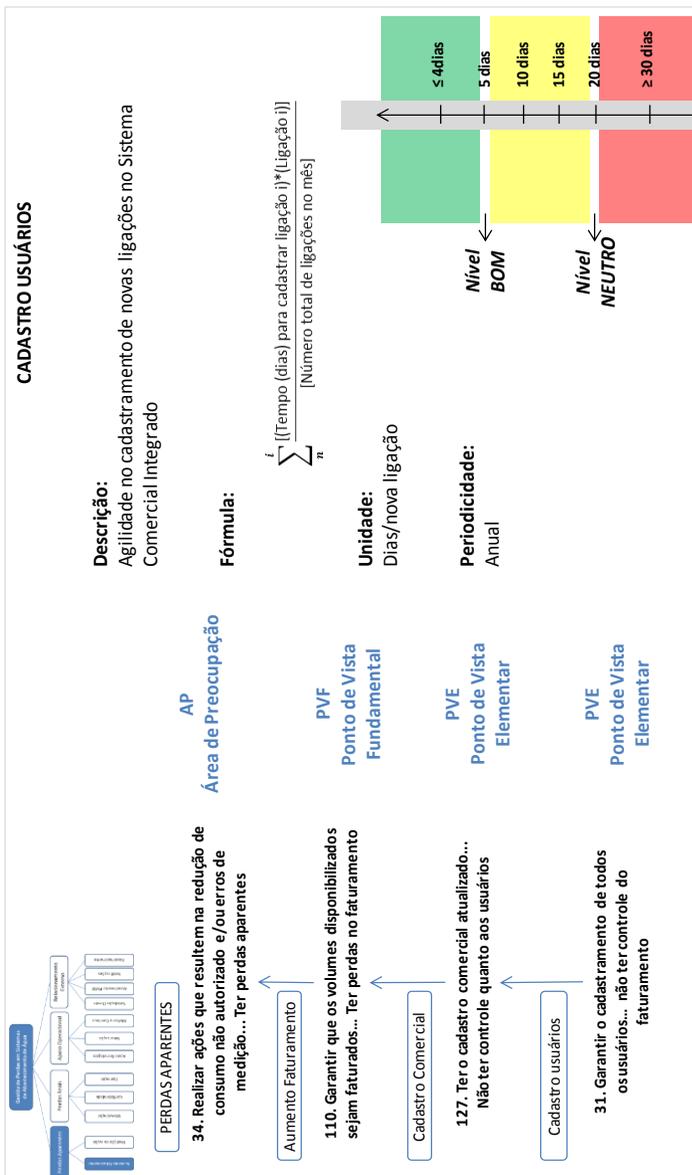
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 35 - Descritor “Atualização Cadastro”



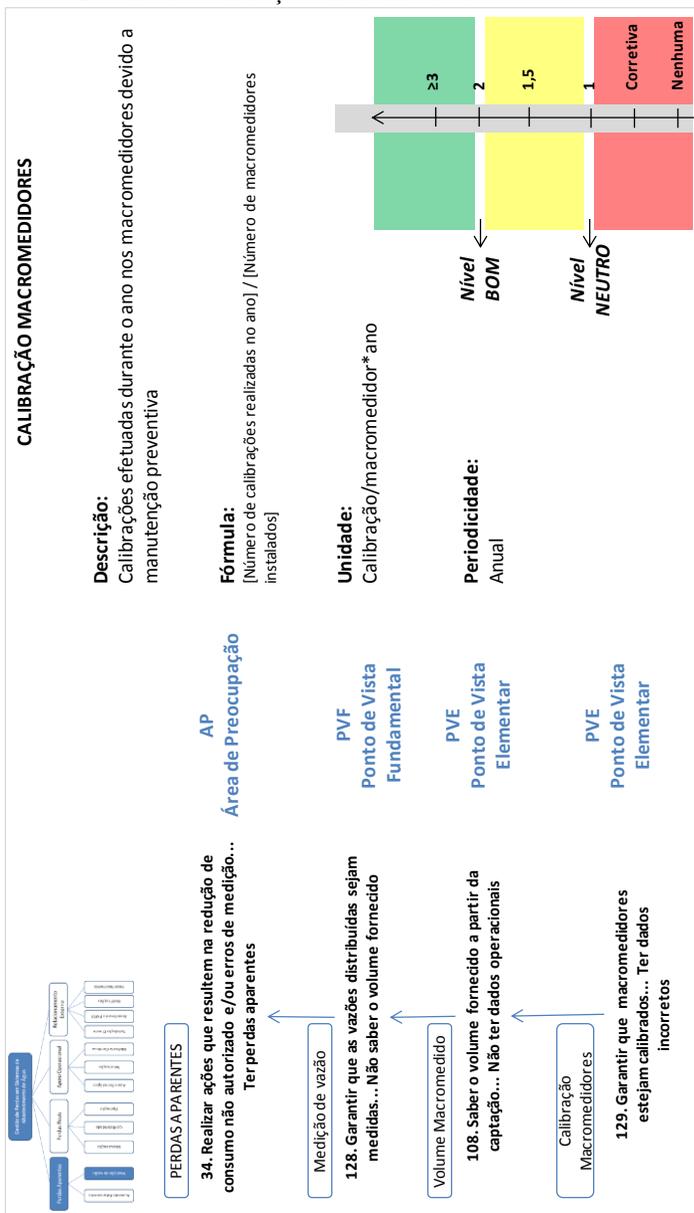
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 36 - Descritor “Cadastro Usuários”



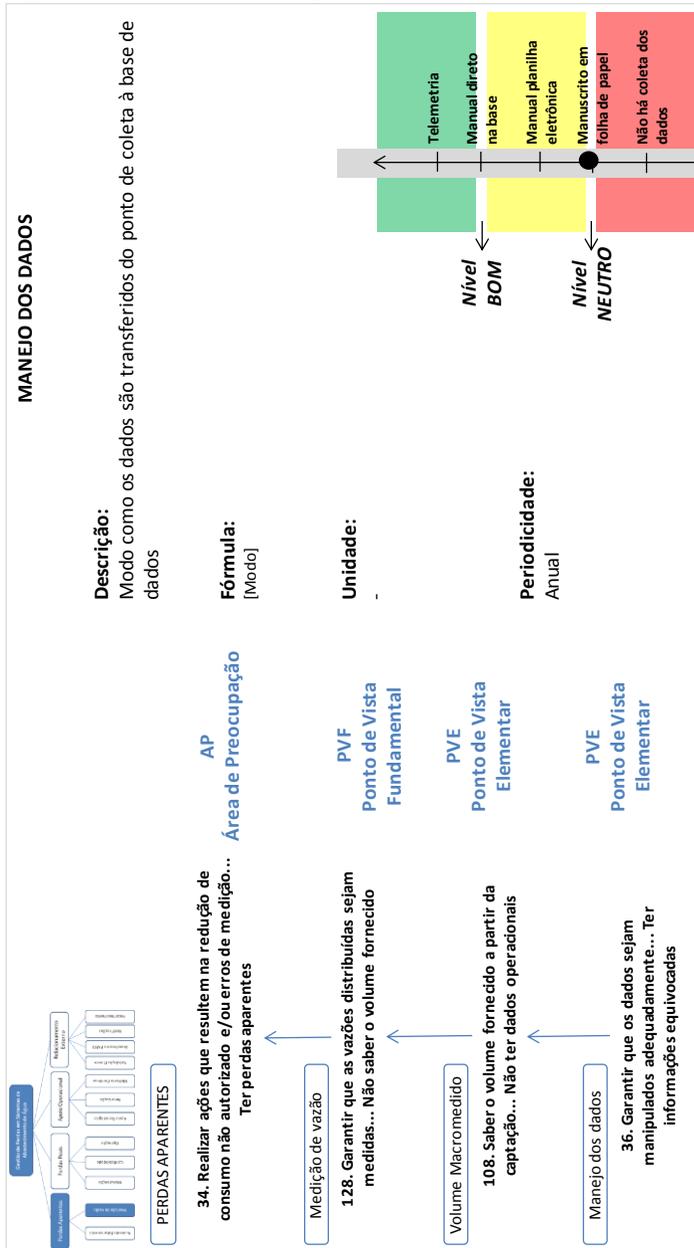
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 37 - Descritor “Calibração Macromedidores”



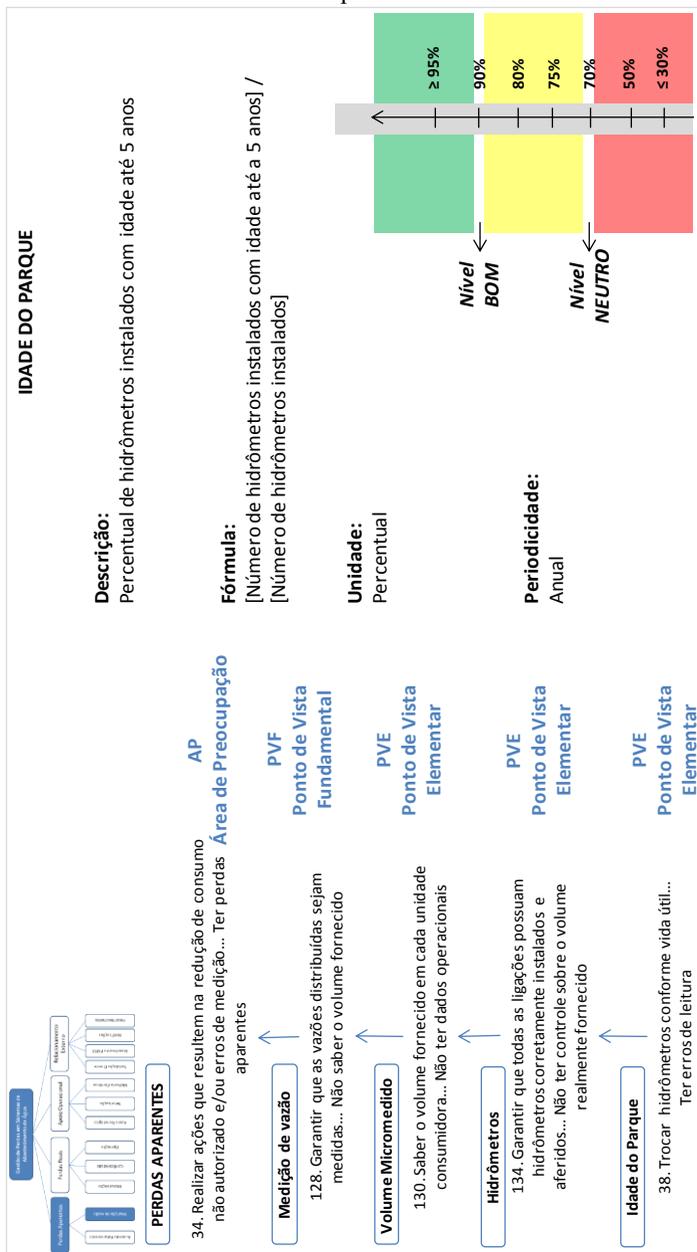
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 38 - Descritor “Manejo dos Dados”



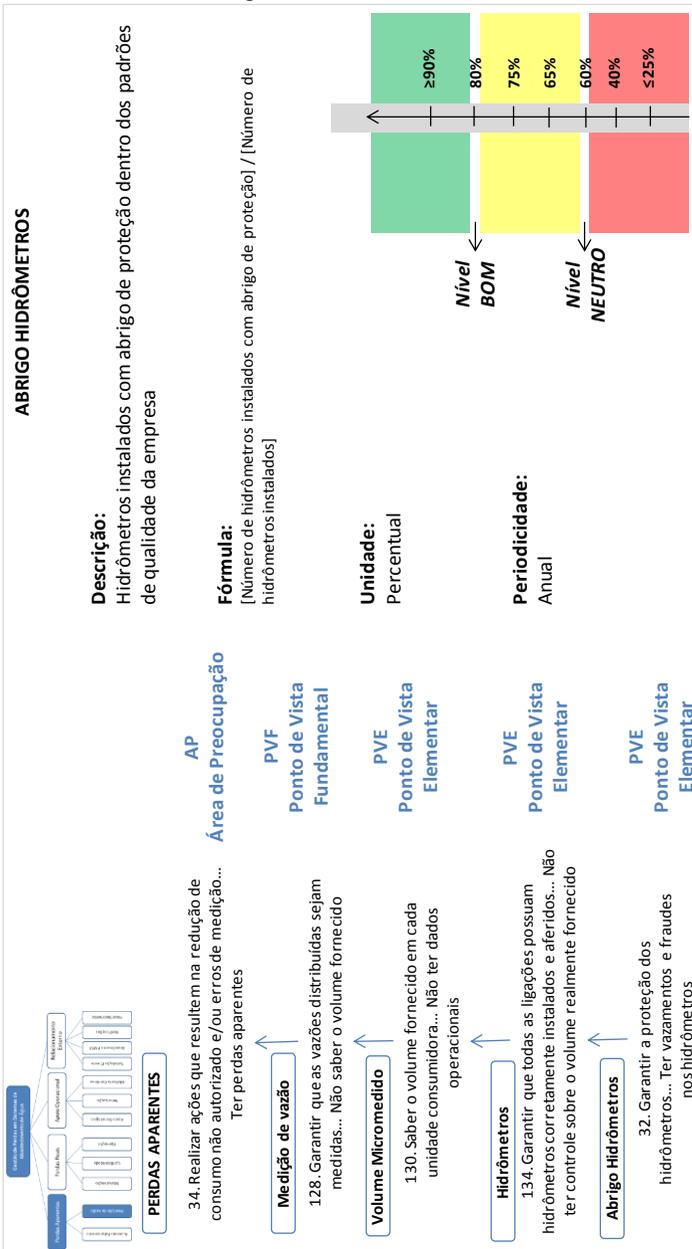
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 39 - Descritor “Idade do Parque”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 40 - Descritor “Abrigo Hidrômetros”



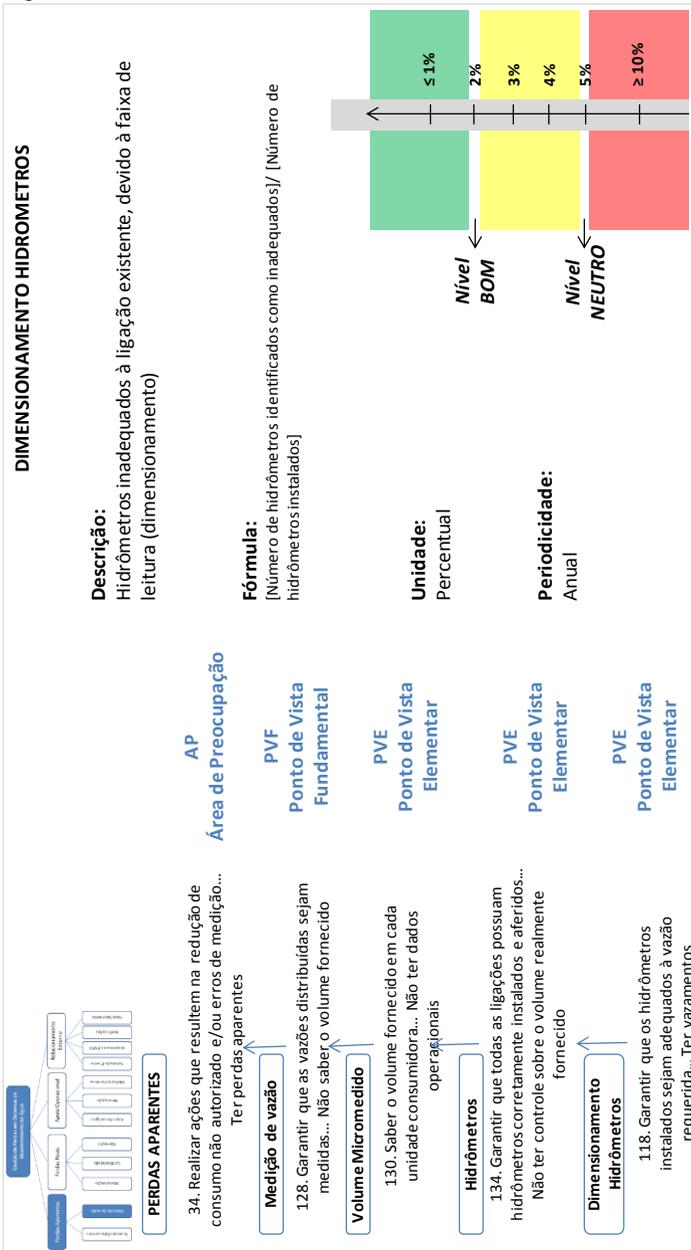
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 41 - Descritor “Instalação/Manutenção”



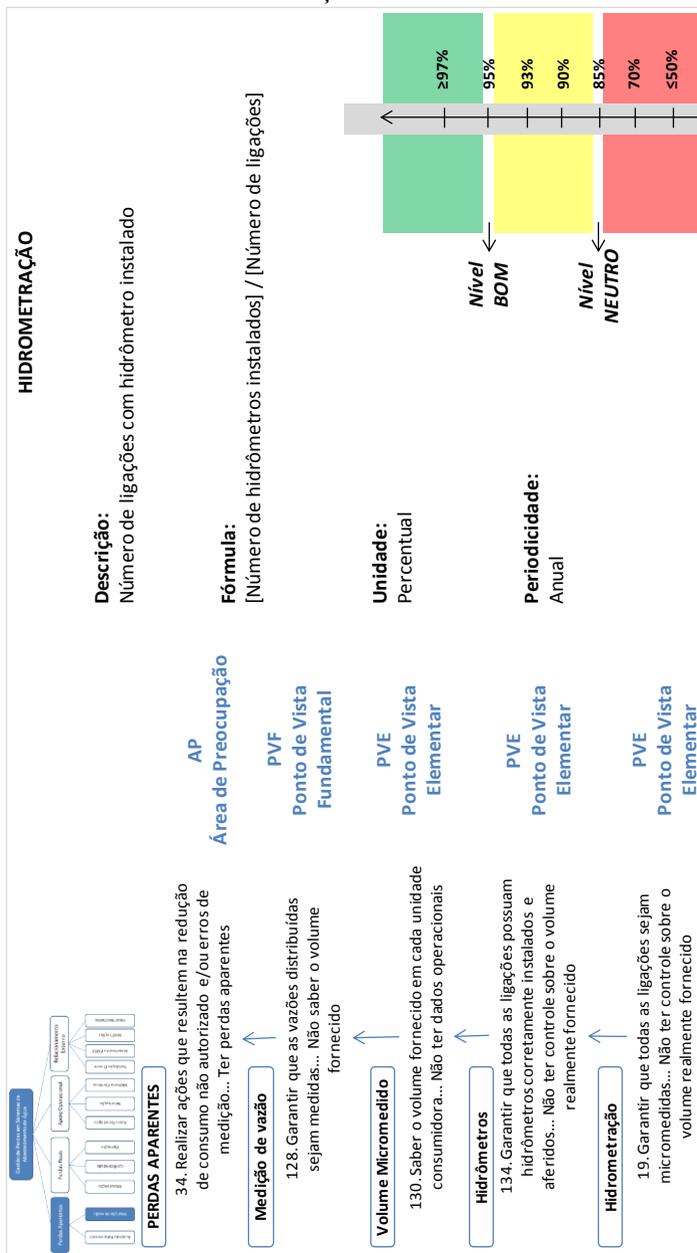
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 42 - Descritor “Dimensionamento Hidrômetros”



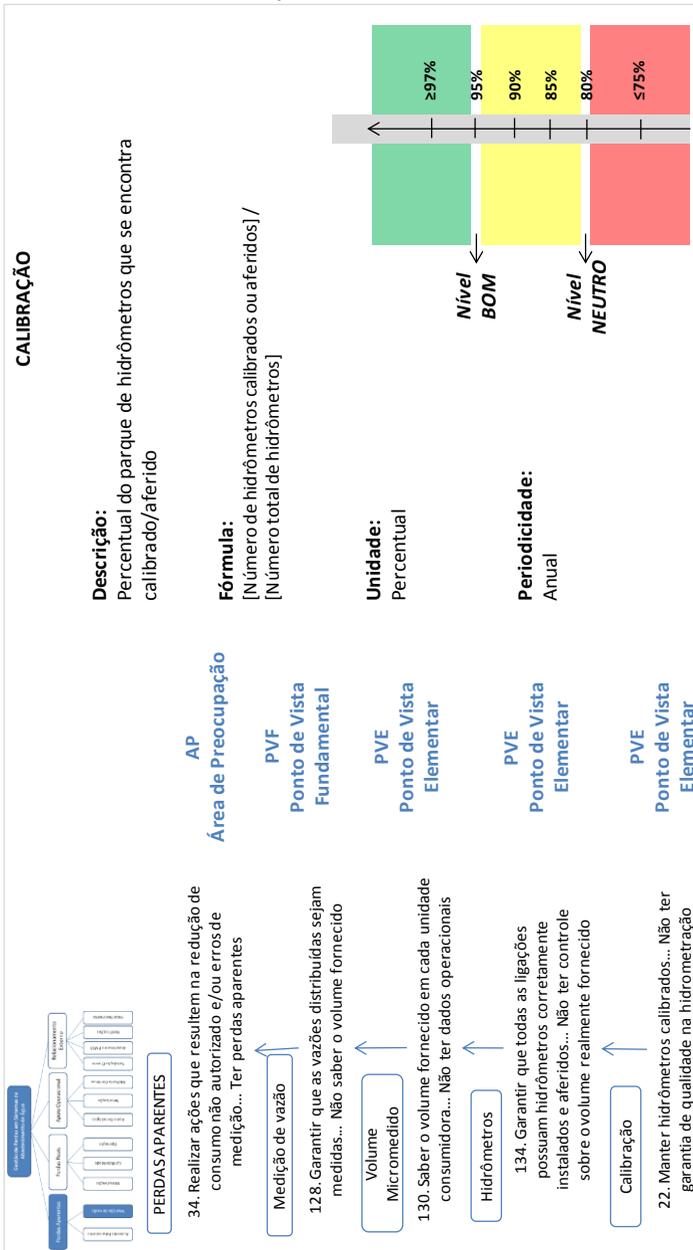
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 43 - Descritor “Hidrometração”



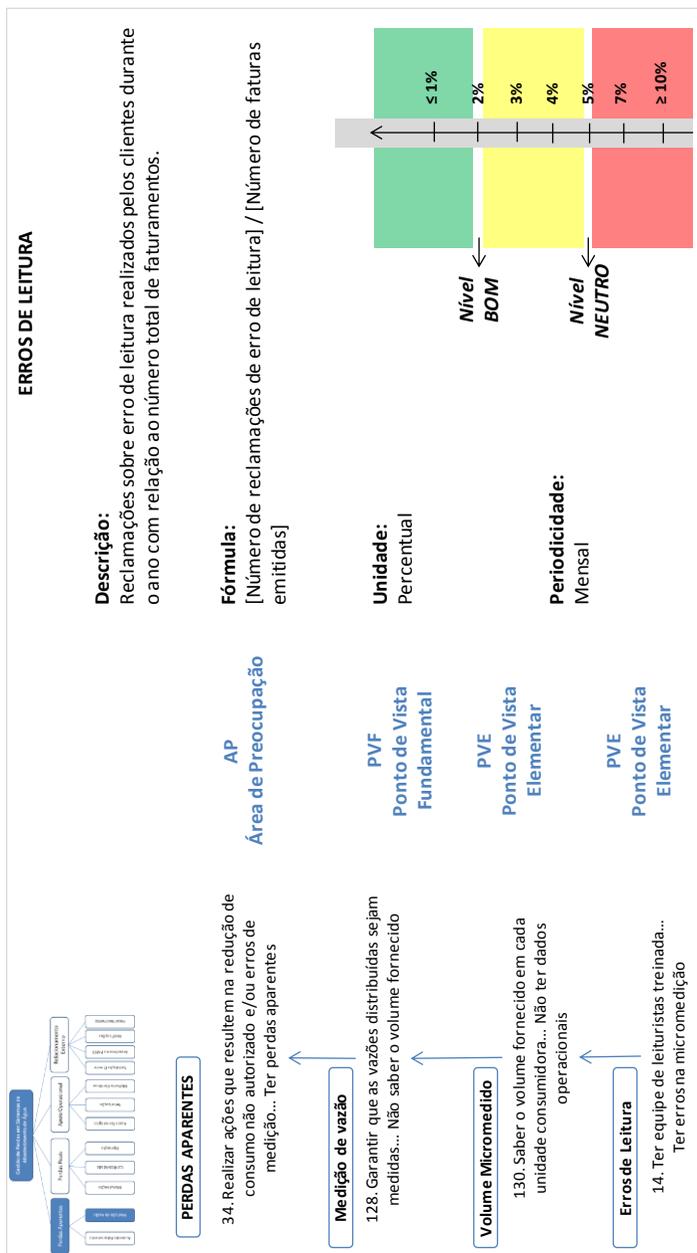
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 44 - Descritor “Calibração”



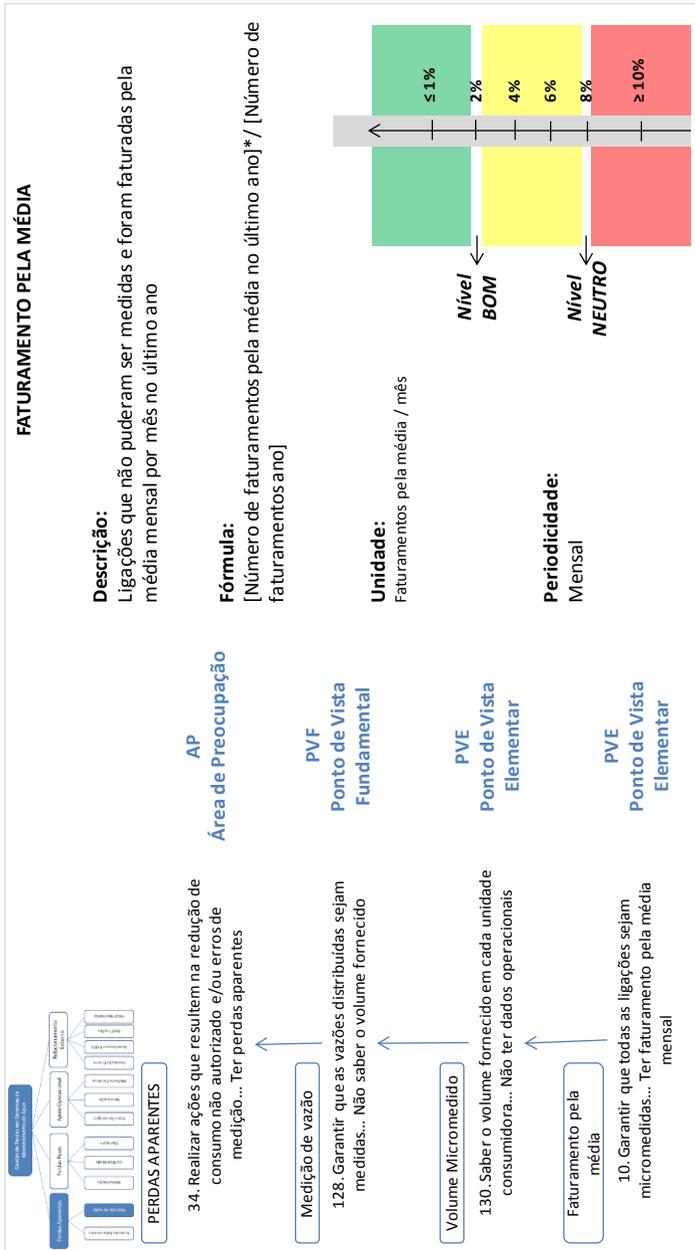
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 45 - Descritor “Erros de Leitura”



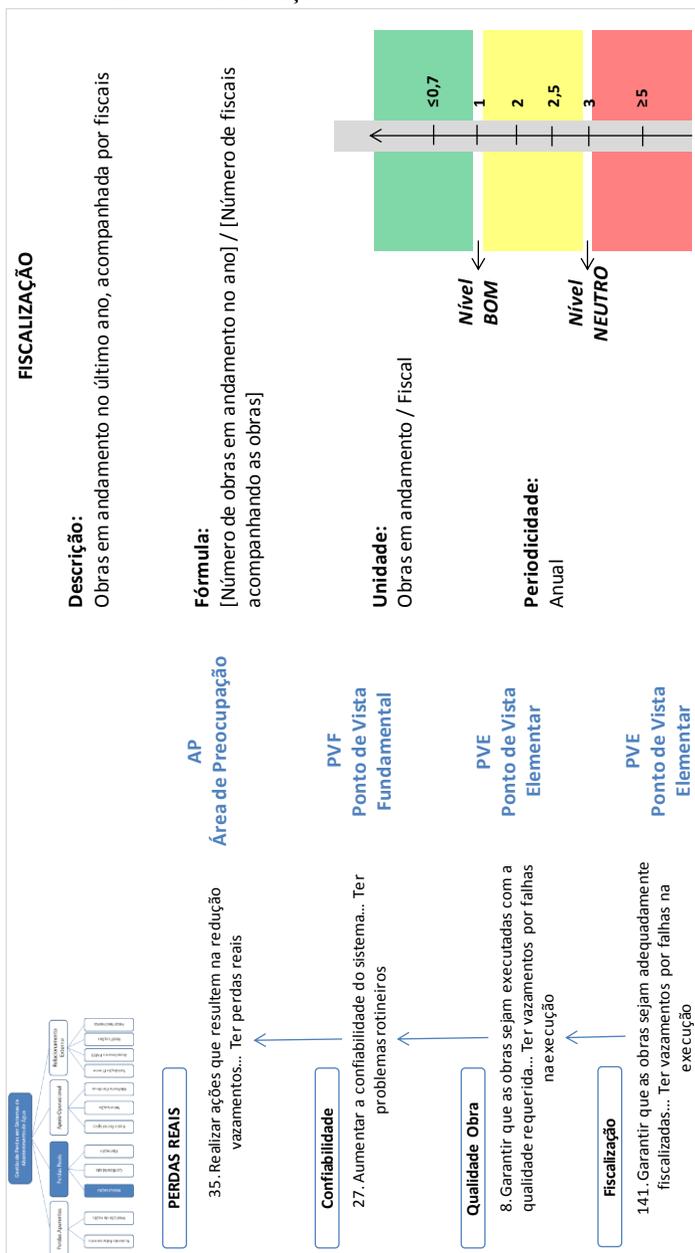
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 46 - Descritor “Faturamento pela Média”



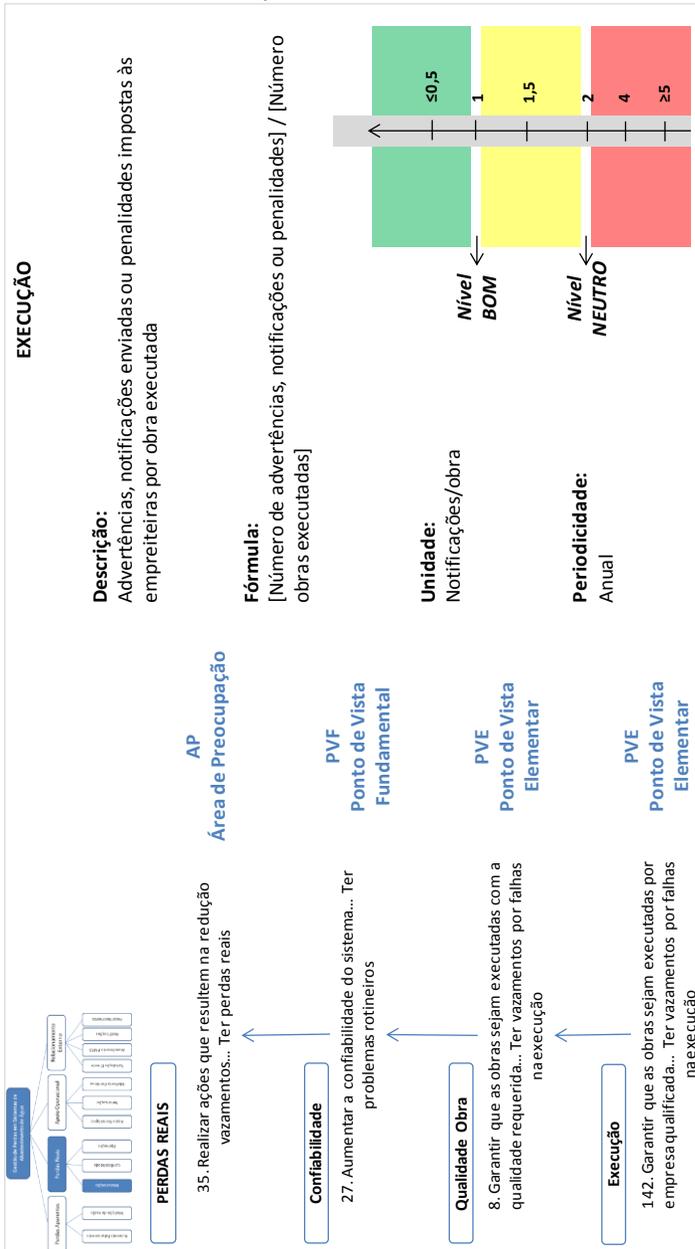
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 47 - Descritor “Fiscalização”



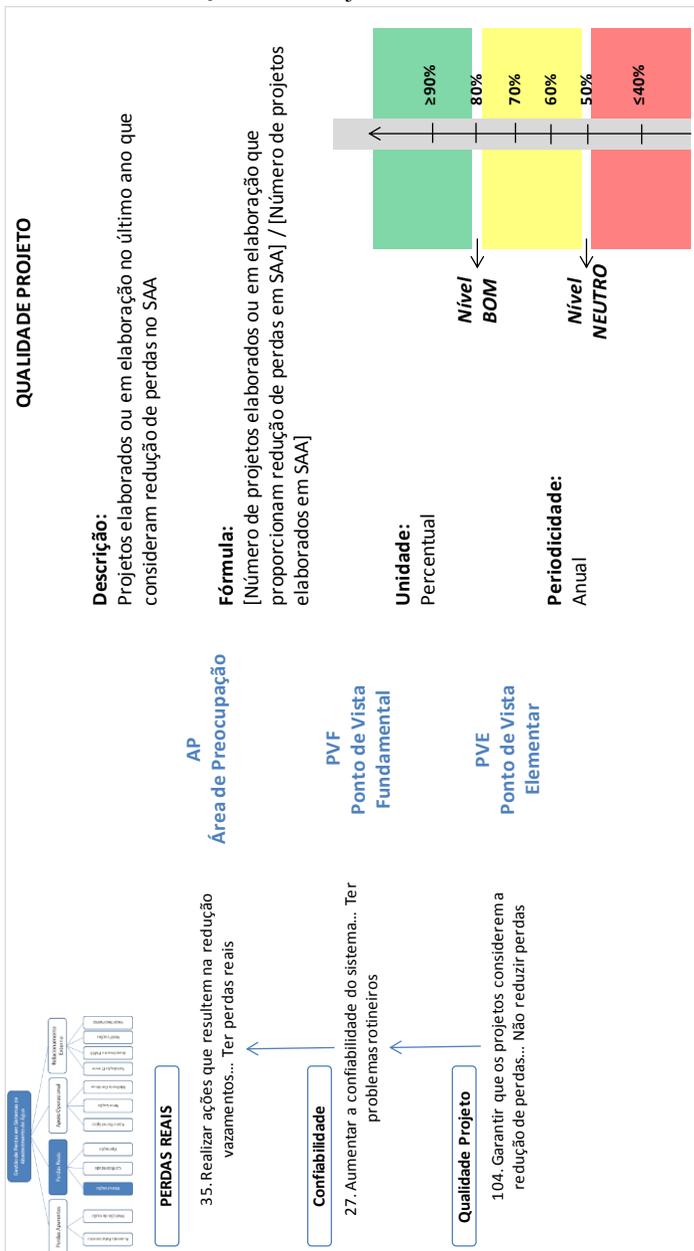
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 48 - Descritor “Execução”



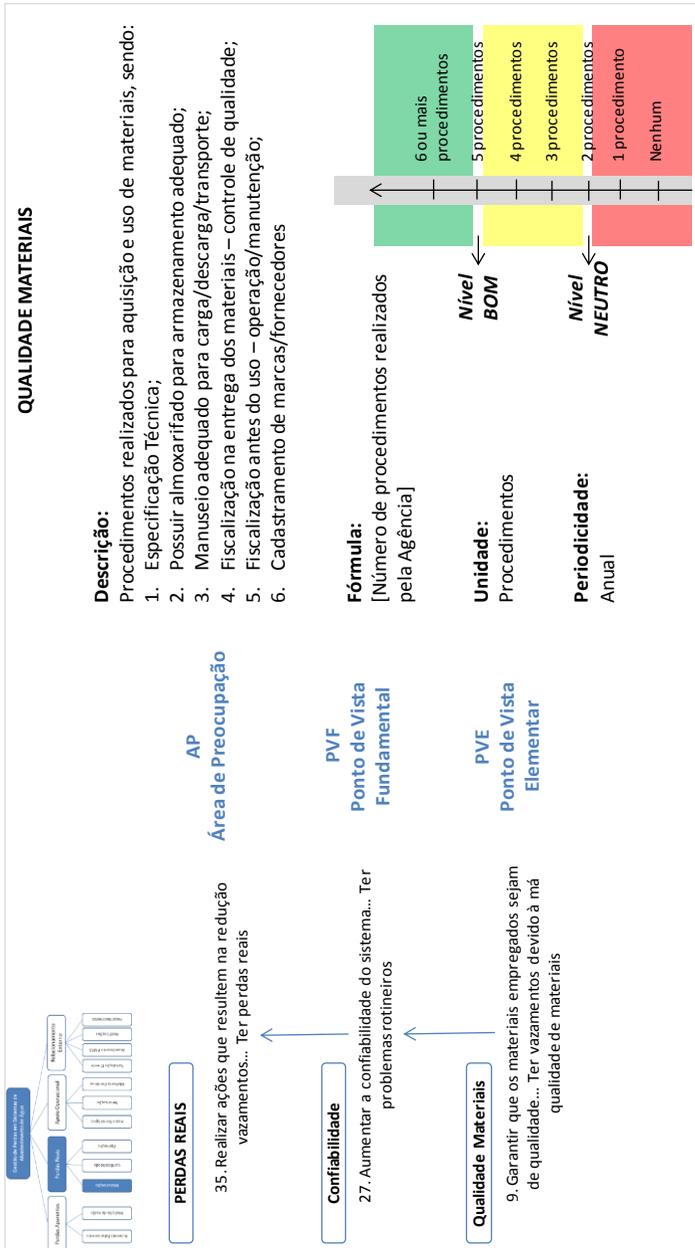
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 49 - Descritor “Qualidade Projeto”



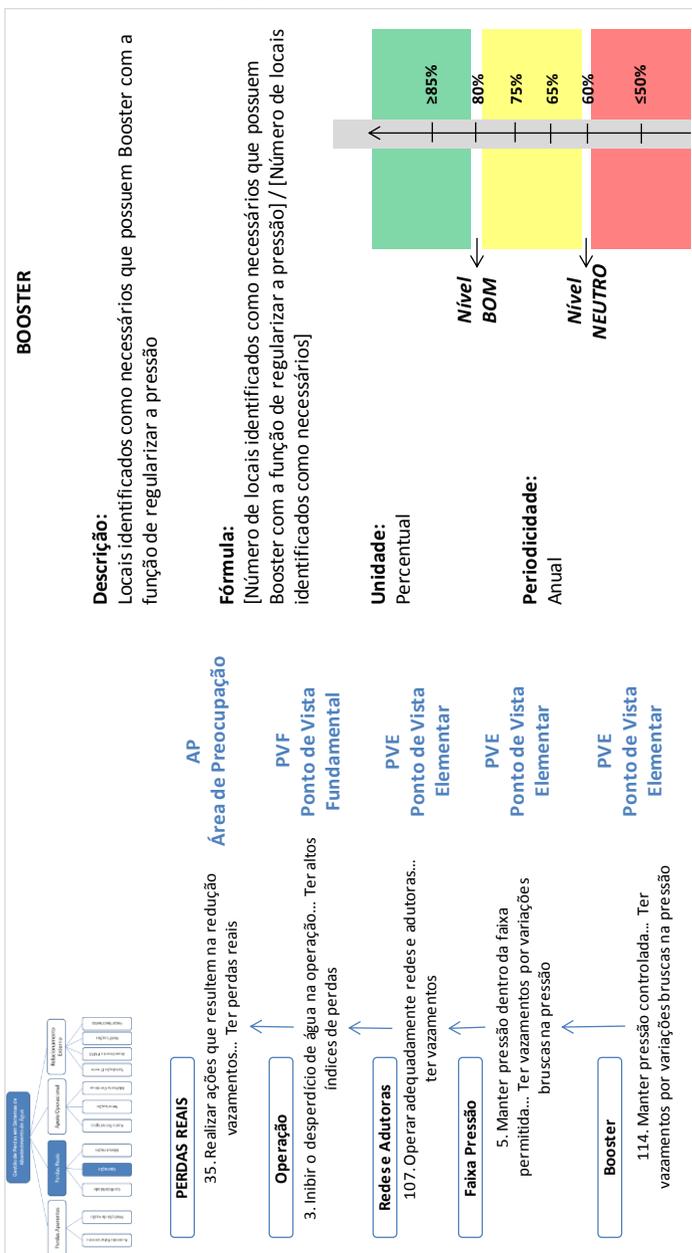
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 50 - Descritor “Qualidade Materiais”



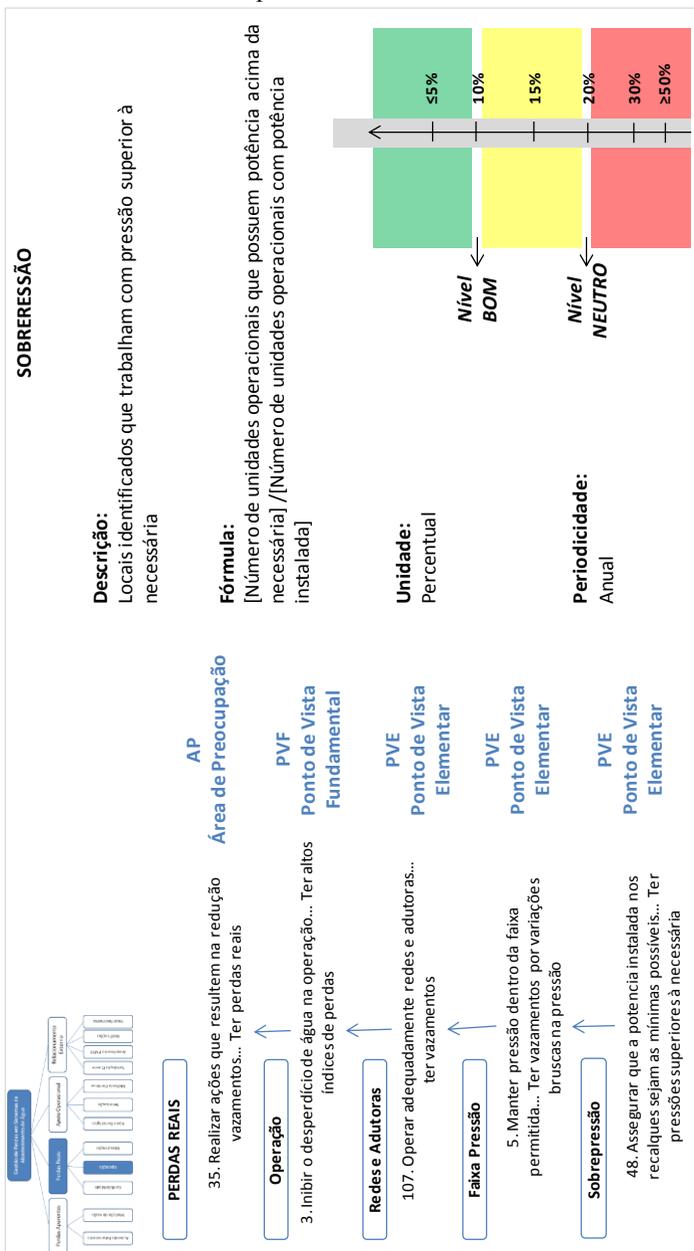
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 52 - Descritor “Booster”



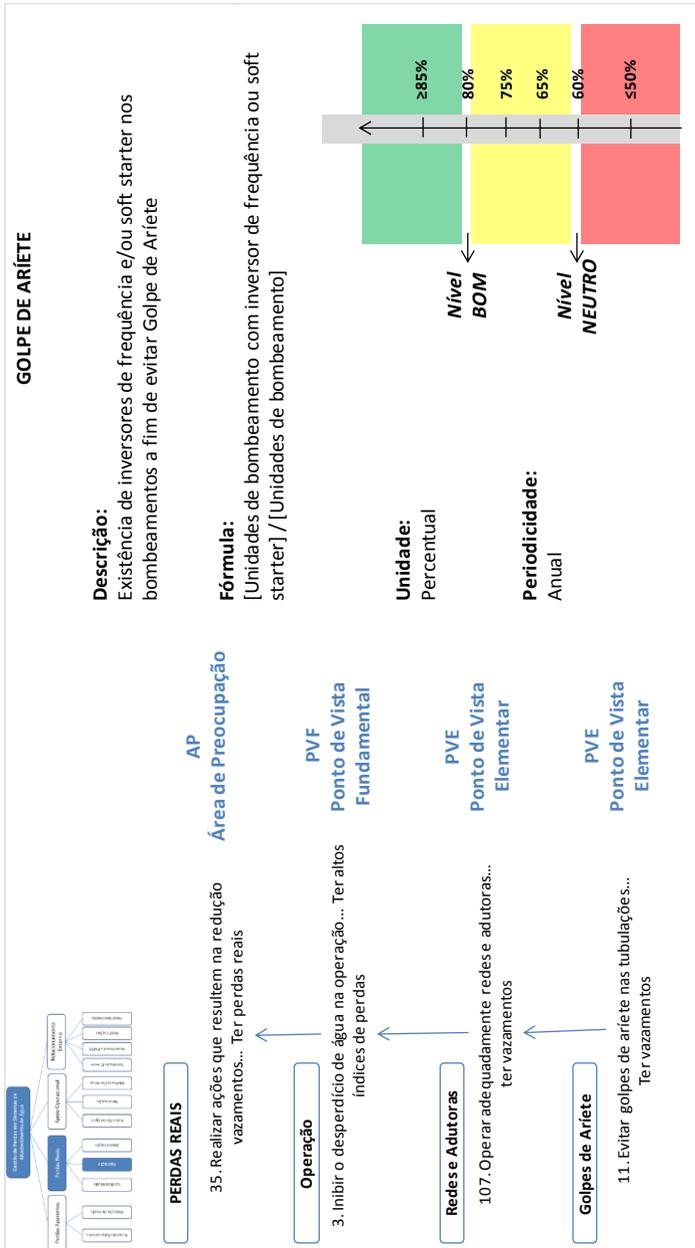
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 53 - Descritor “Sobrepressão”



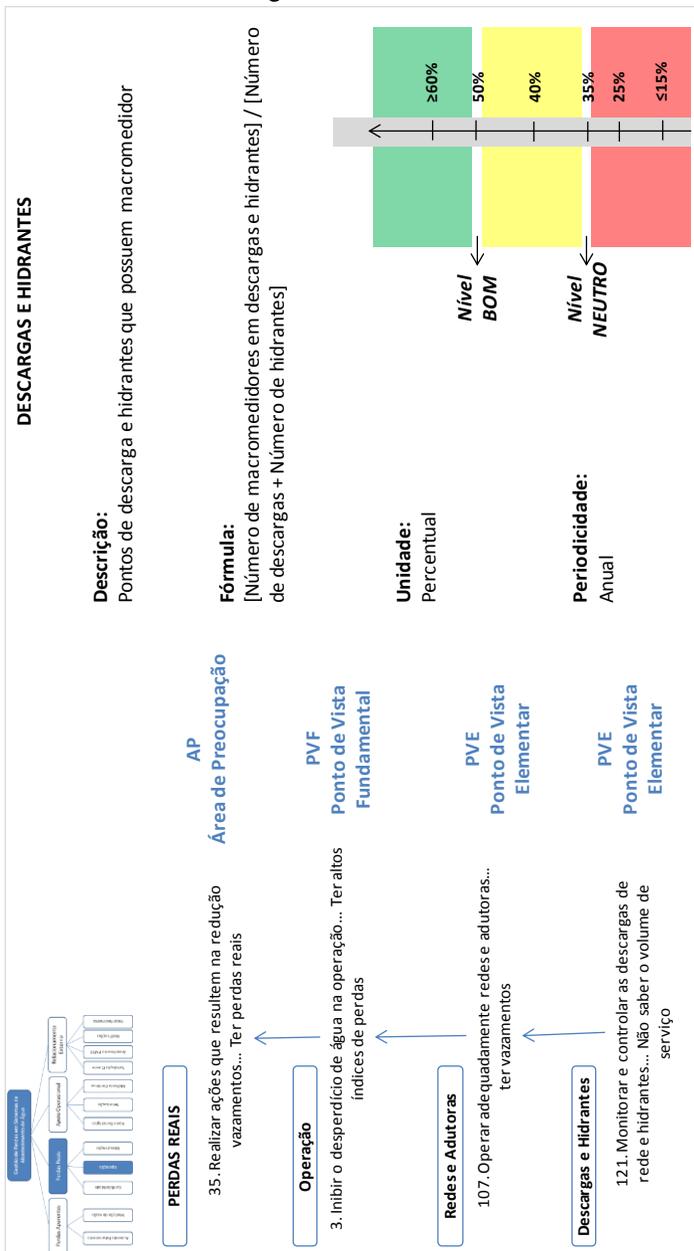
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 54 - Descritor “Golpe de Ariete”



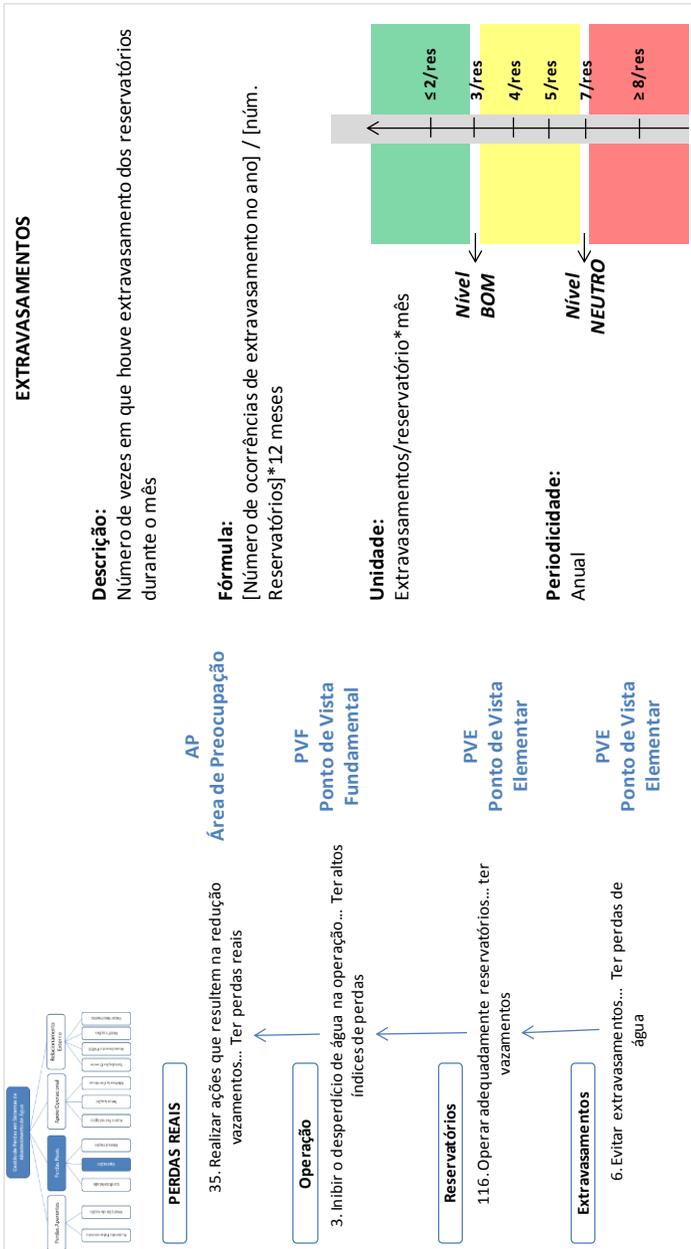
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 55 - Descritor “Descargas e Hidrantes”



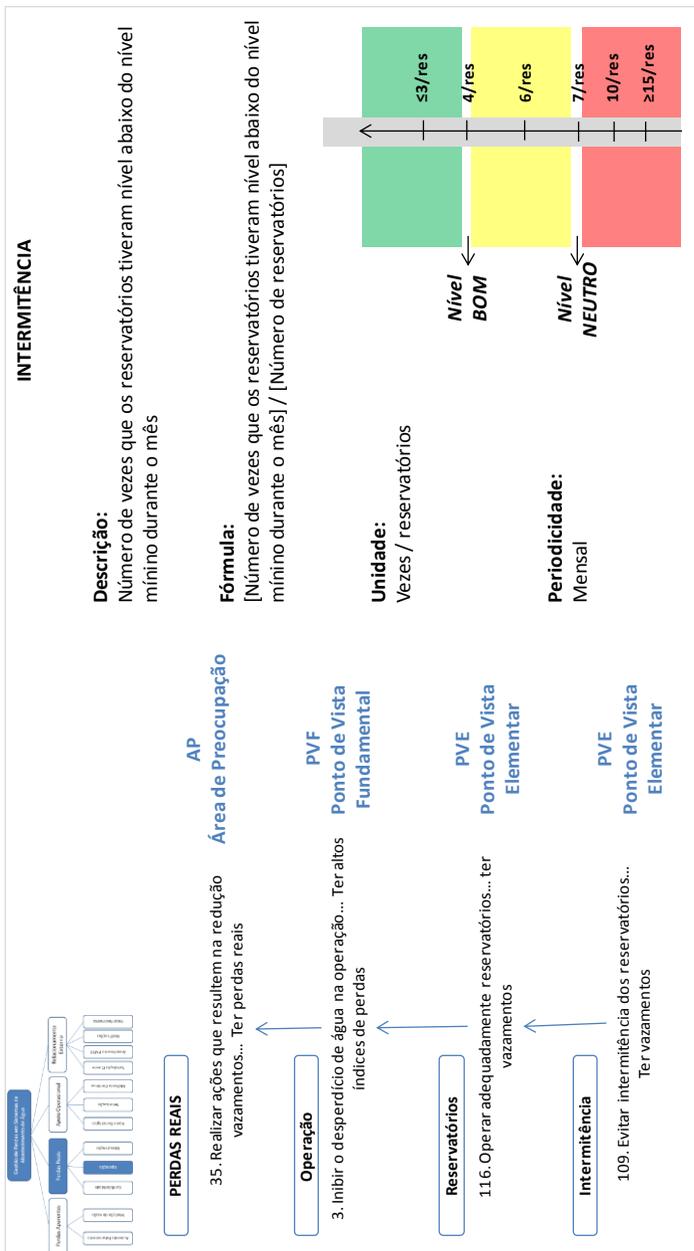
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 56 - Descritor “Extravasamentos”



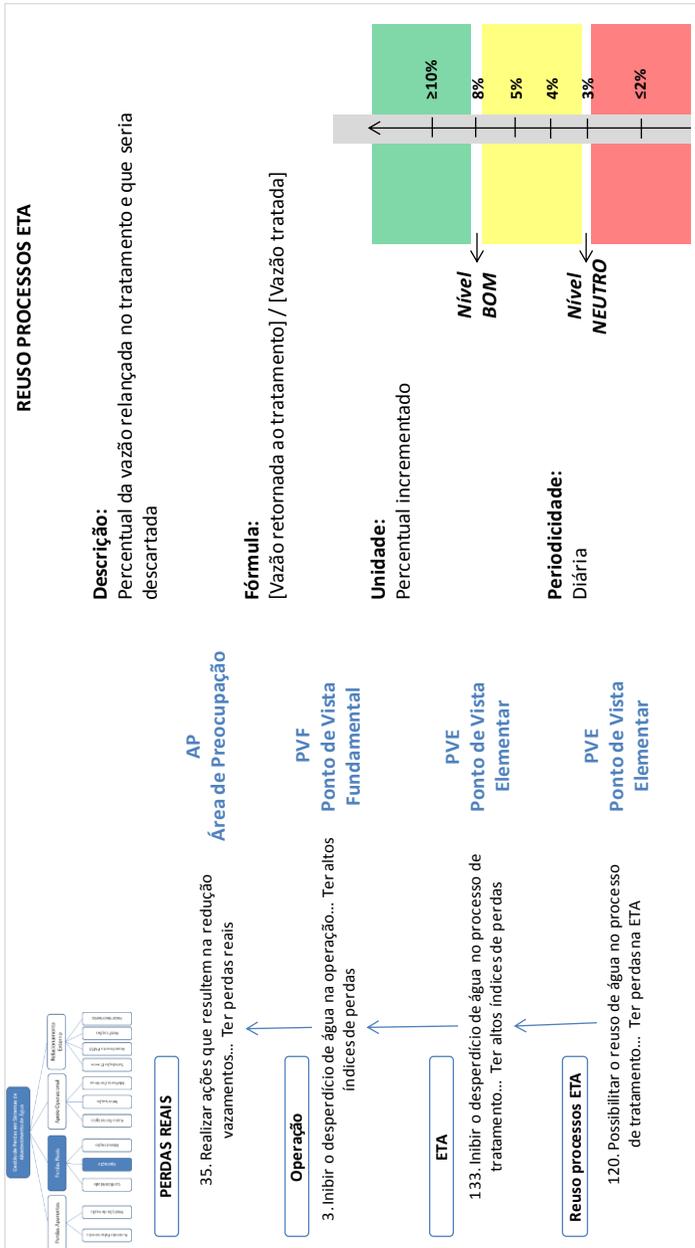
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 57 - Descritor “Intermitência”



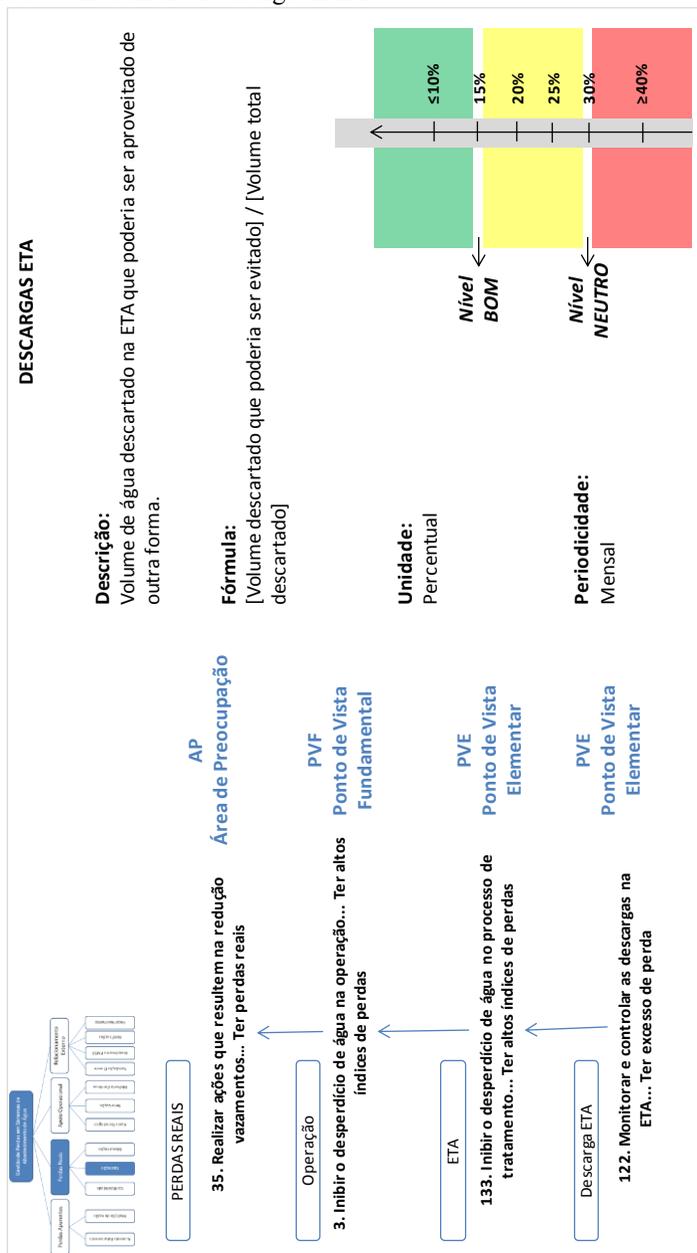
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 58 - Descritor “Reuso Processos ETA”



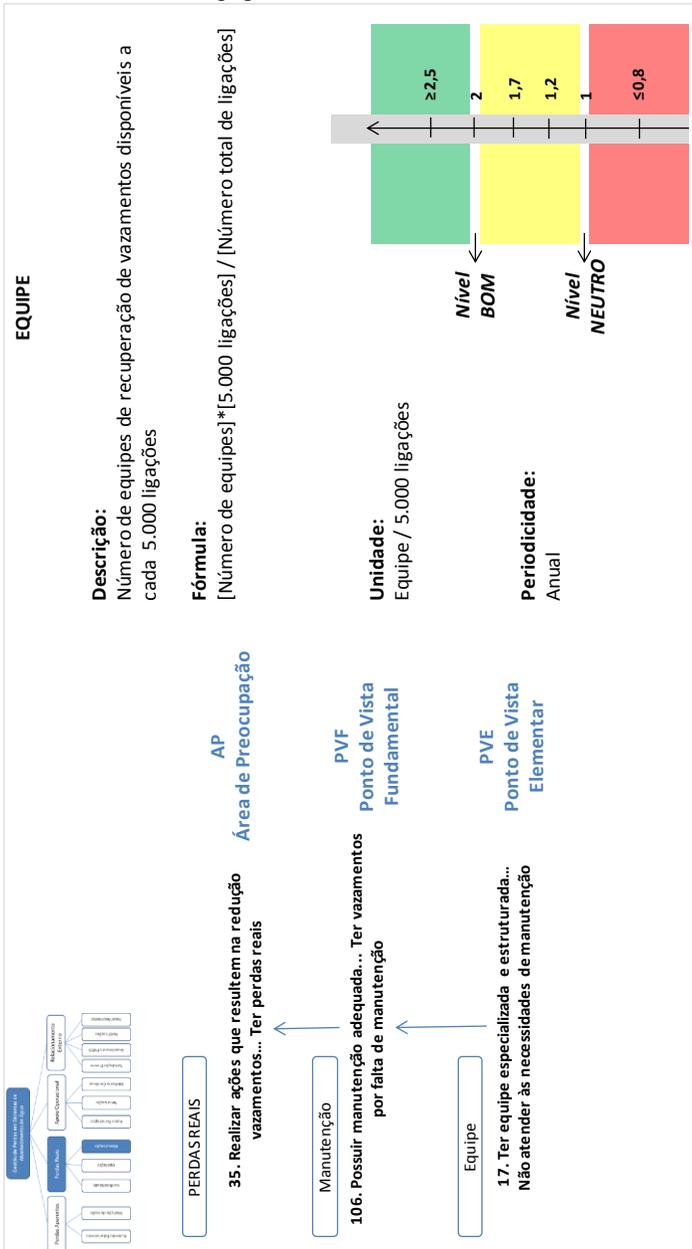
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 59 - Descritor “Descargas ETA”



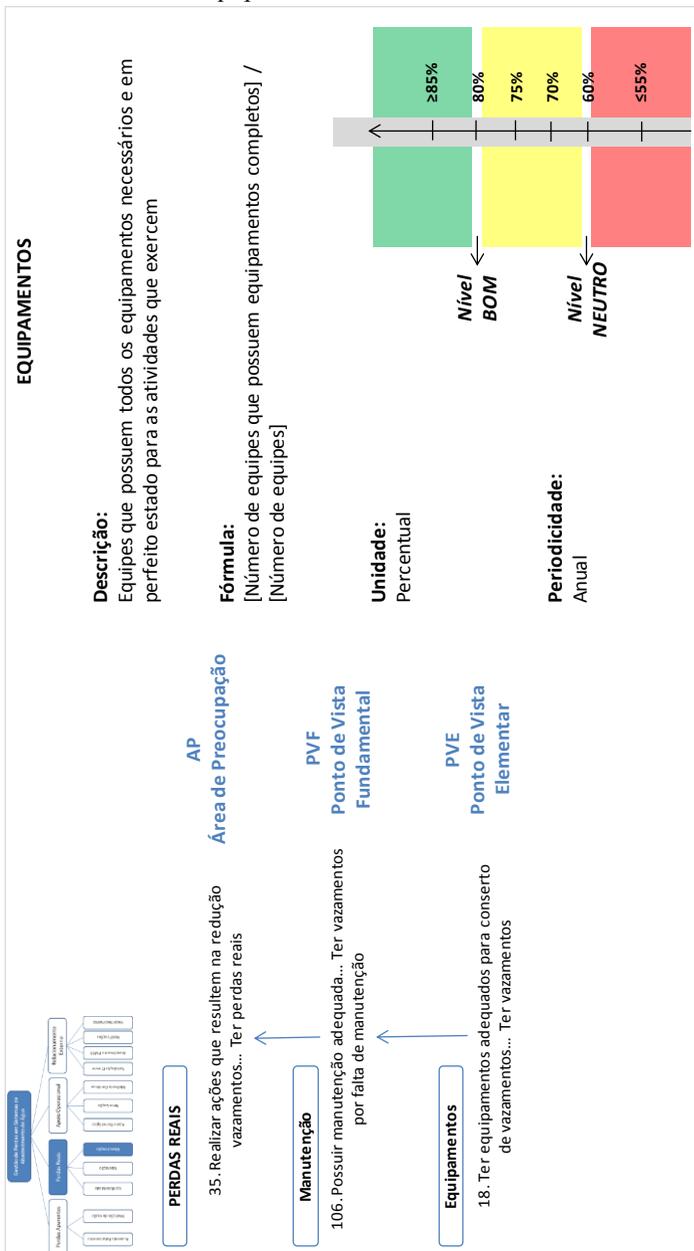
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 60 - Descritor “Equipe”



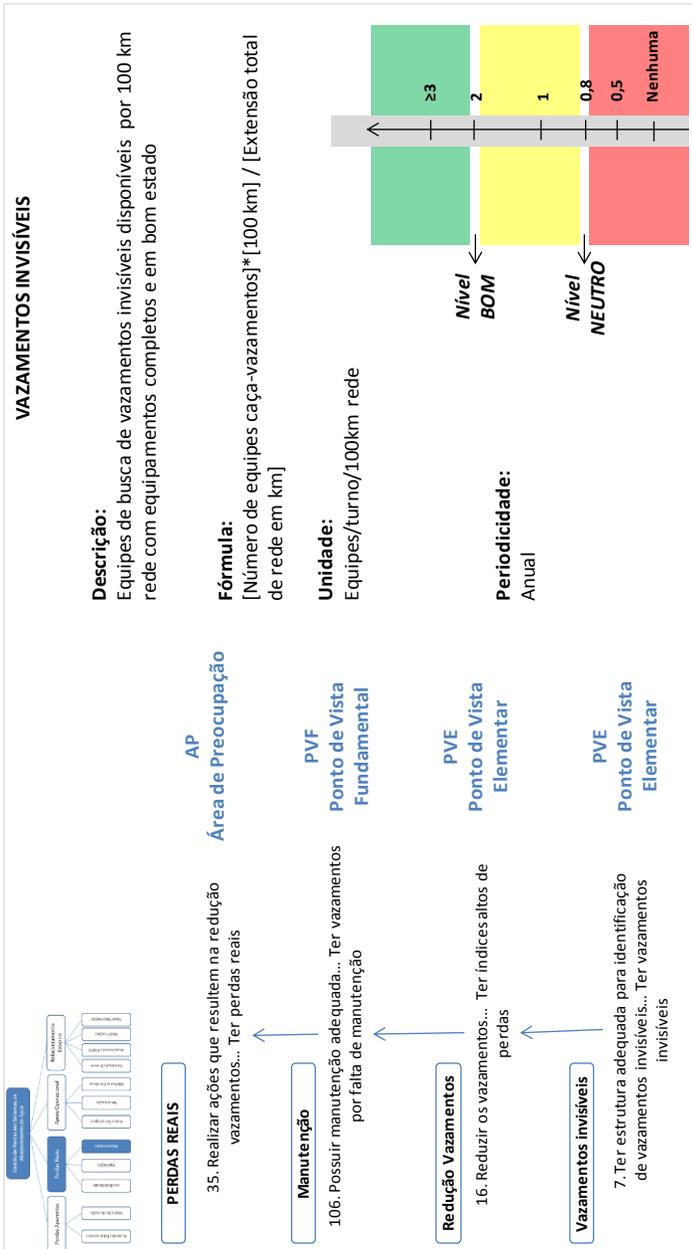
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 61 - Descritor “Equipamentos”



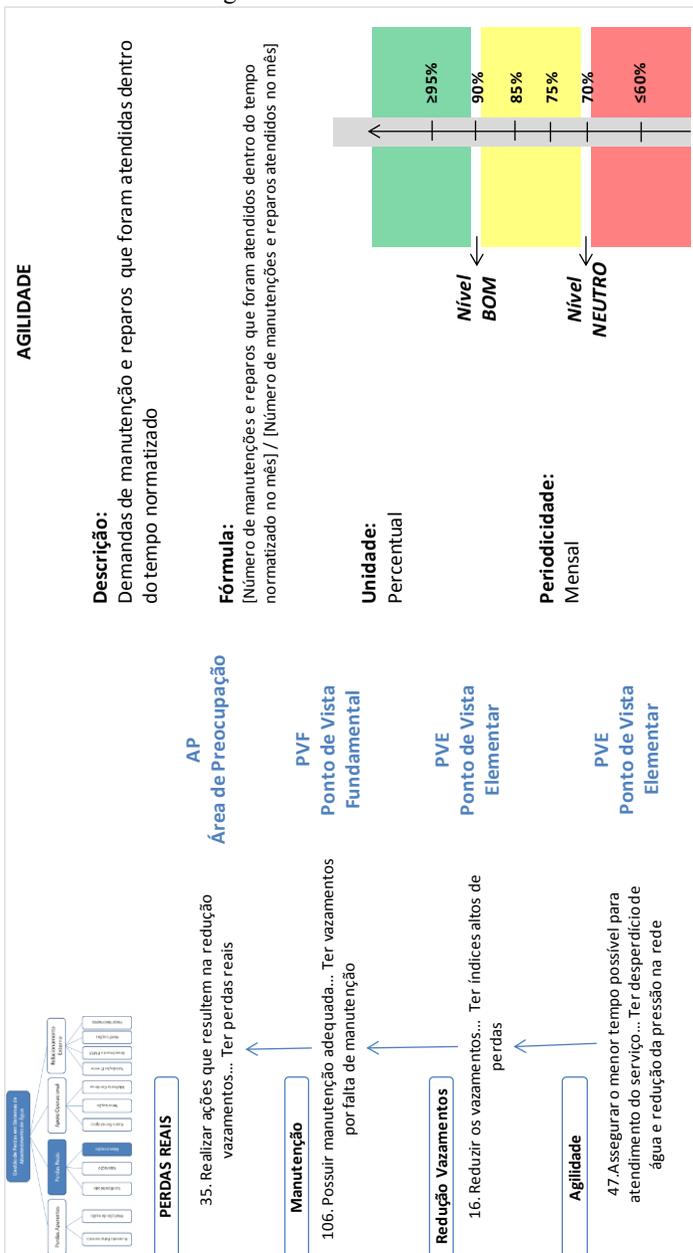
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 62 - Descritor “Vazamentos Invisíveis”



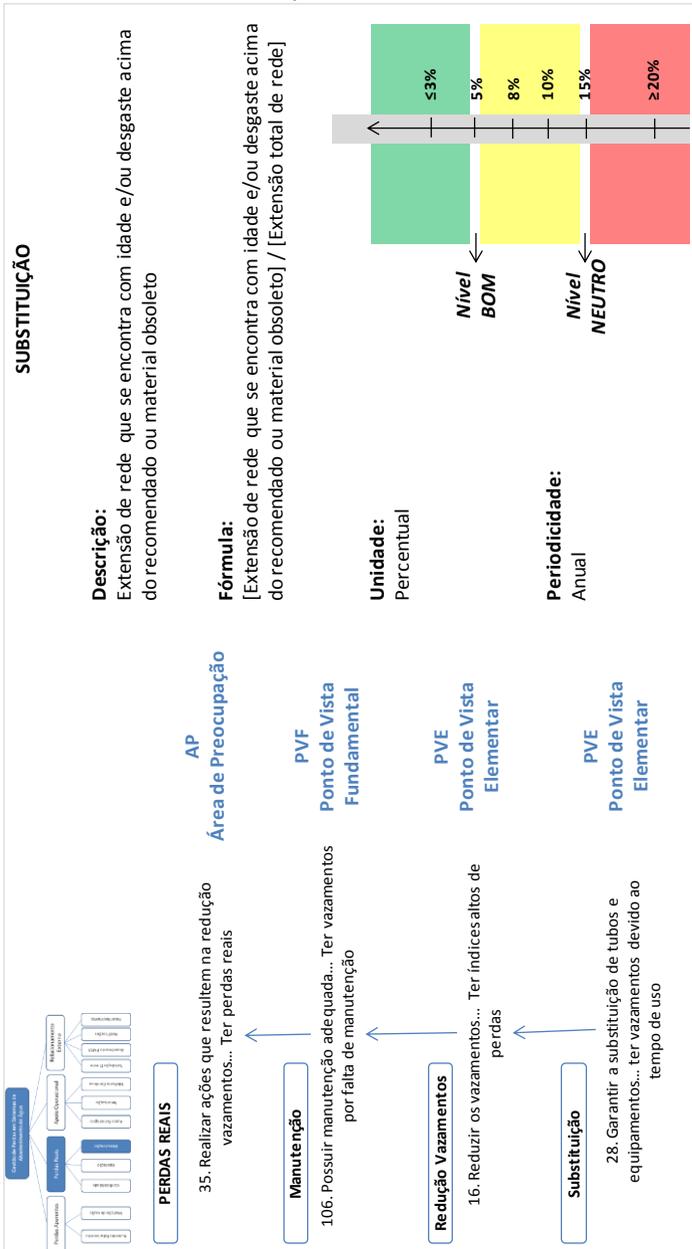
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 63 - Descritor “Agilidade”



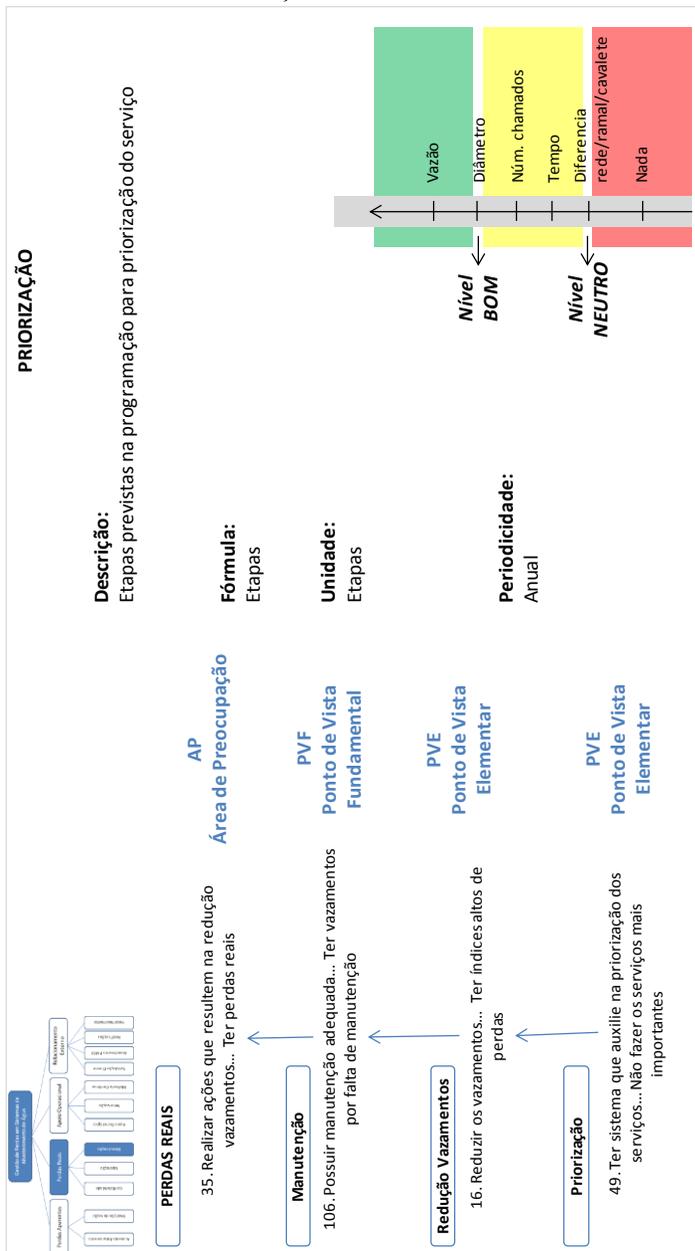
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 64 - Descritor “Substituição”



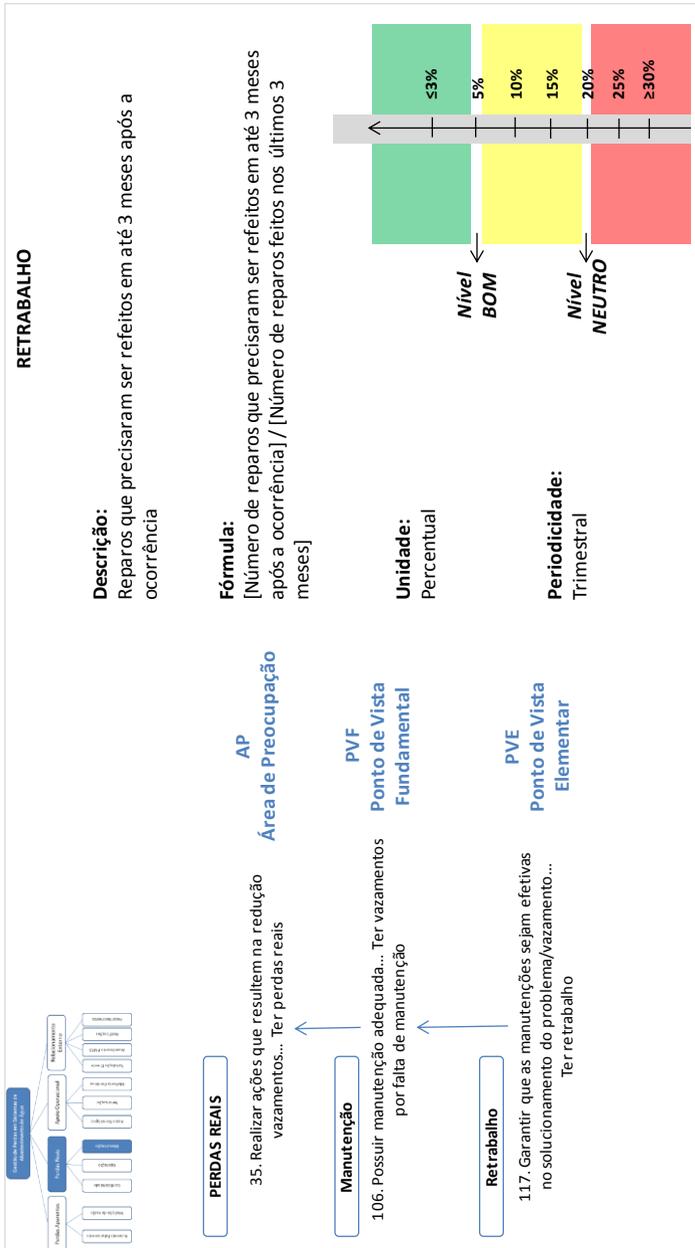
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 65 - Descritor “Priorização”



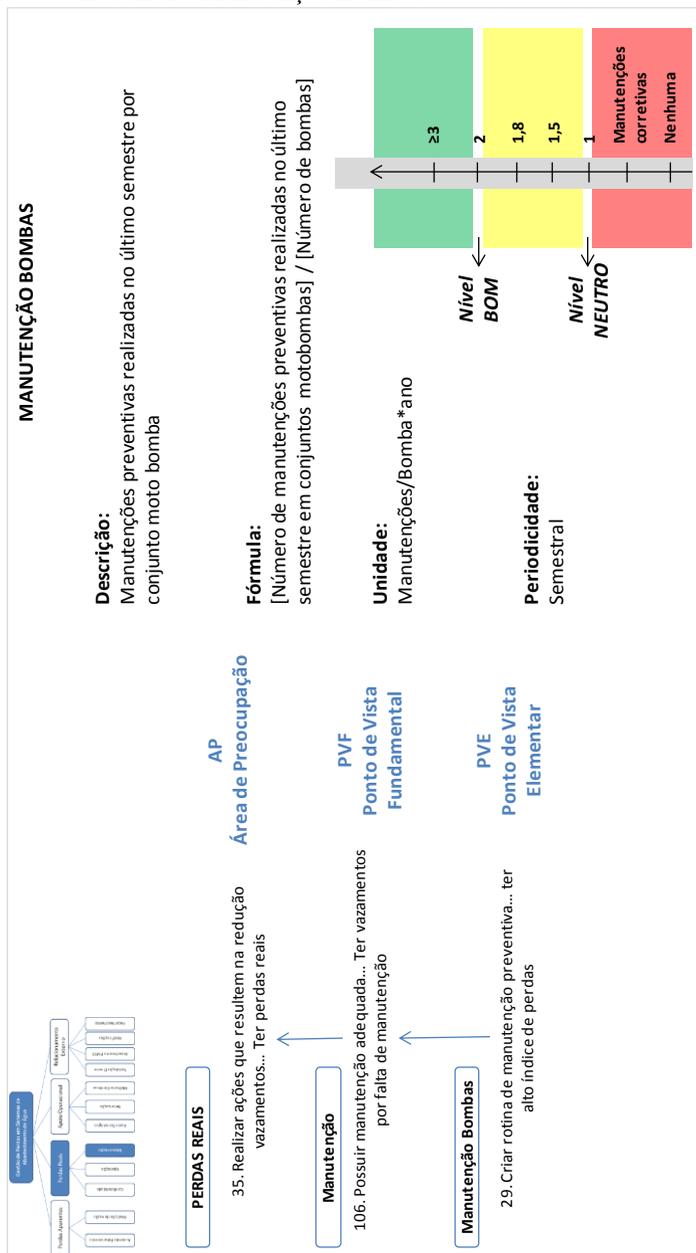
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 66 - Descritor “Retrabalho”



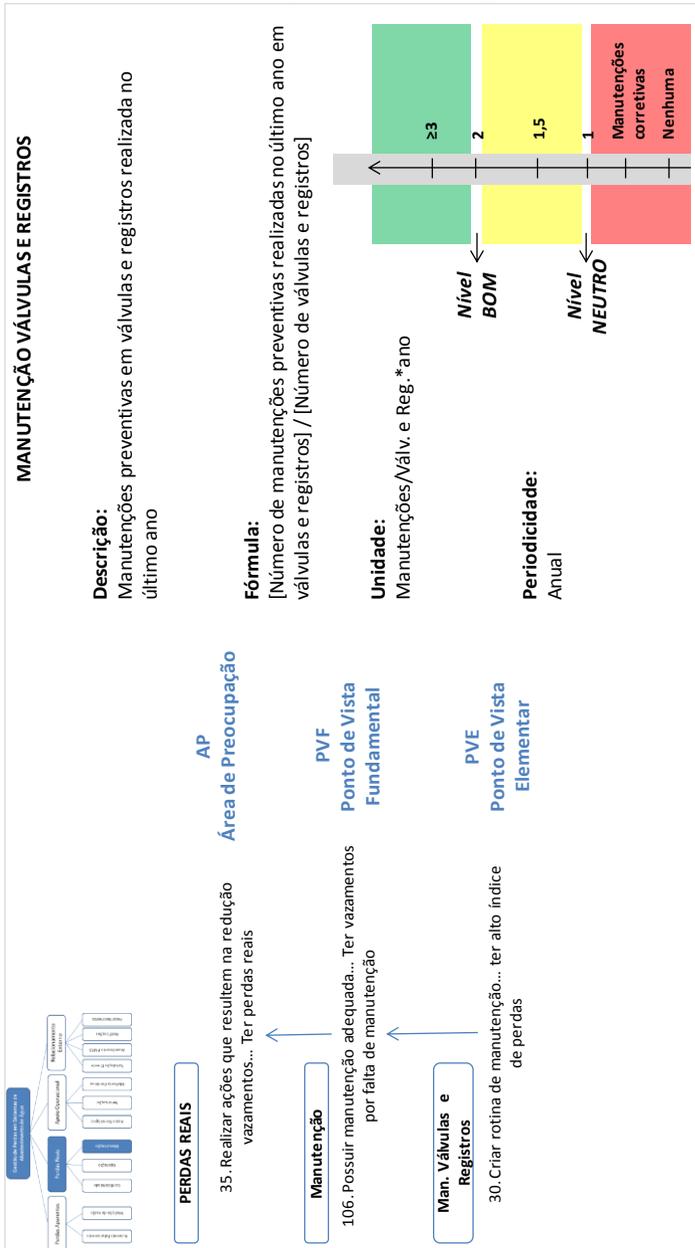
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 67 - Descritor “Manutenção Bombas”



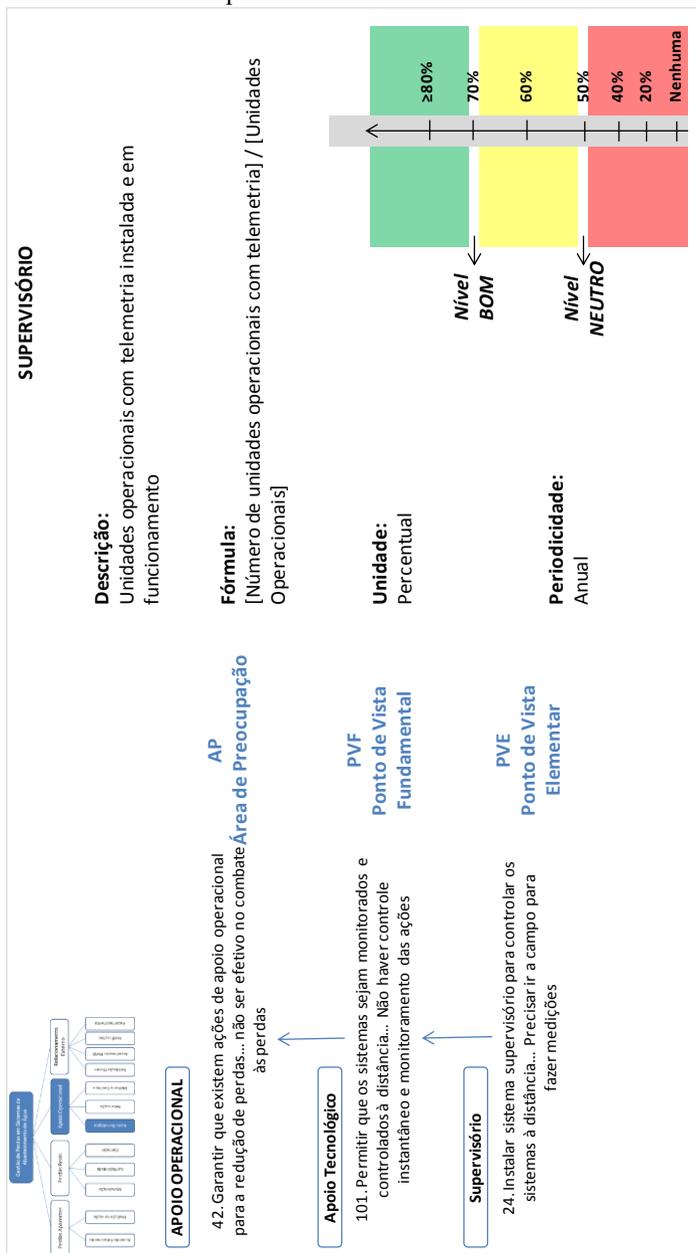
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 68 - Descritor “Manutenção Válvulas e Registros”



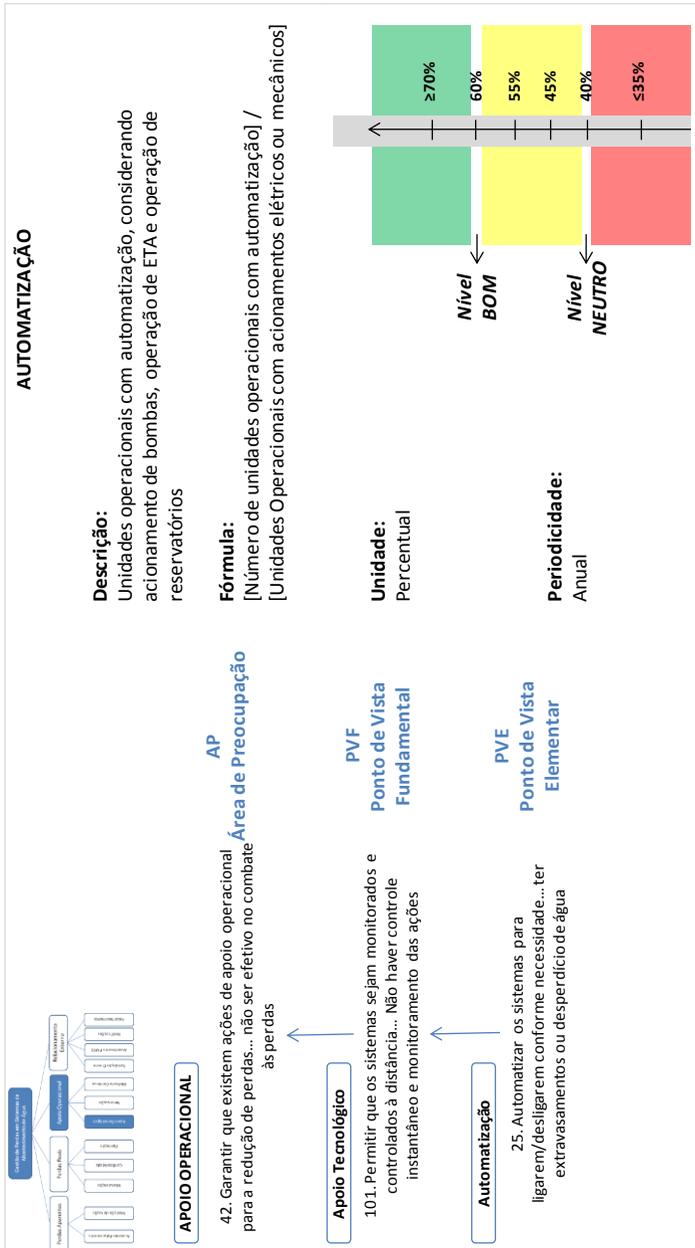
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 69 - Descritor “Supervisório”



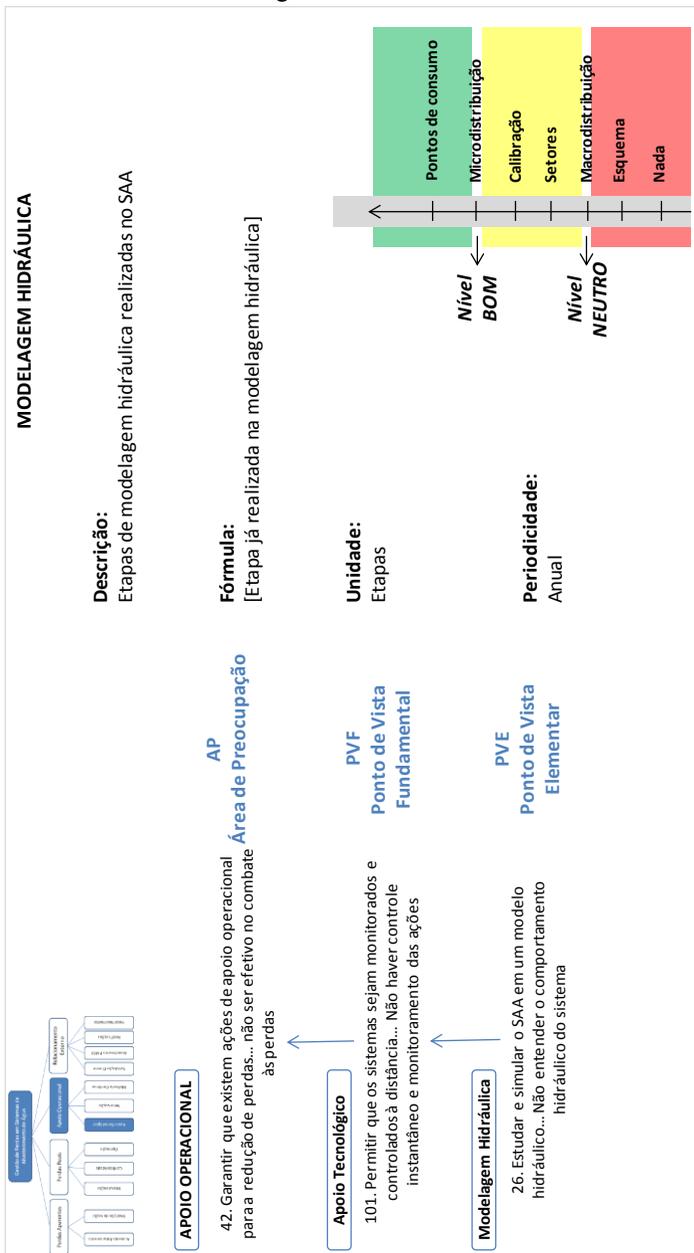
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 70 - Descritor “Automatização”



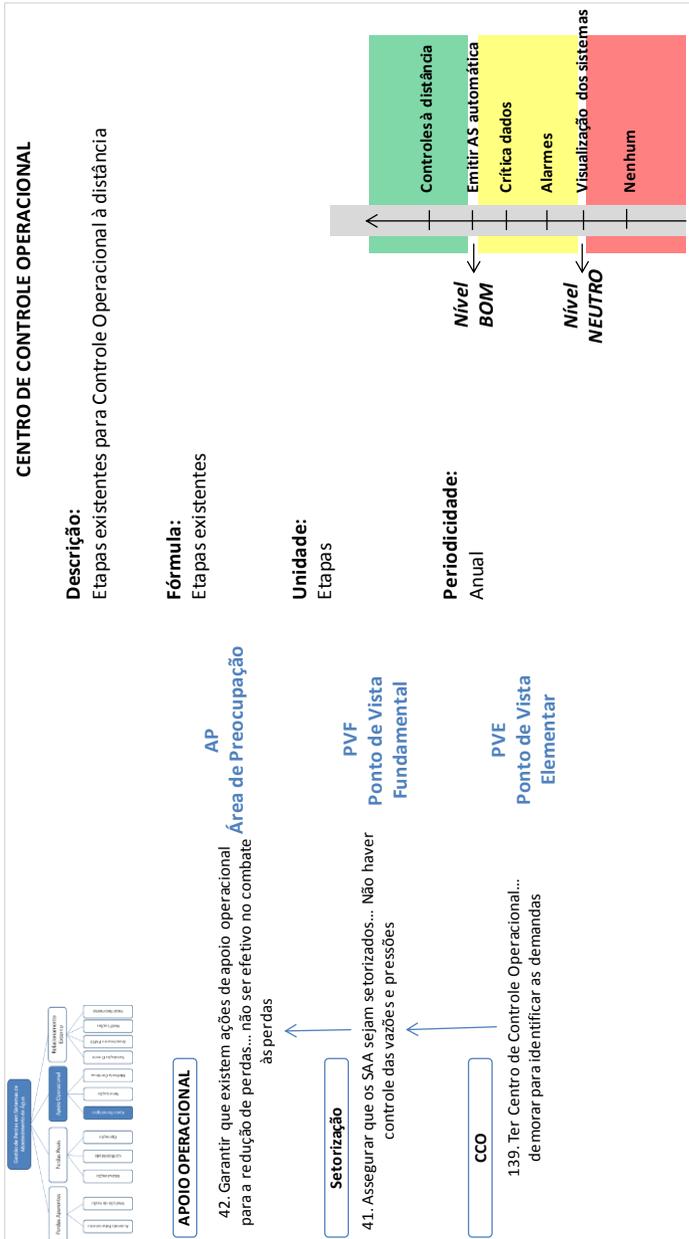
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 71 - Descritor “Modelagem Hidráulica”



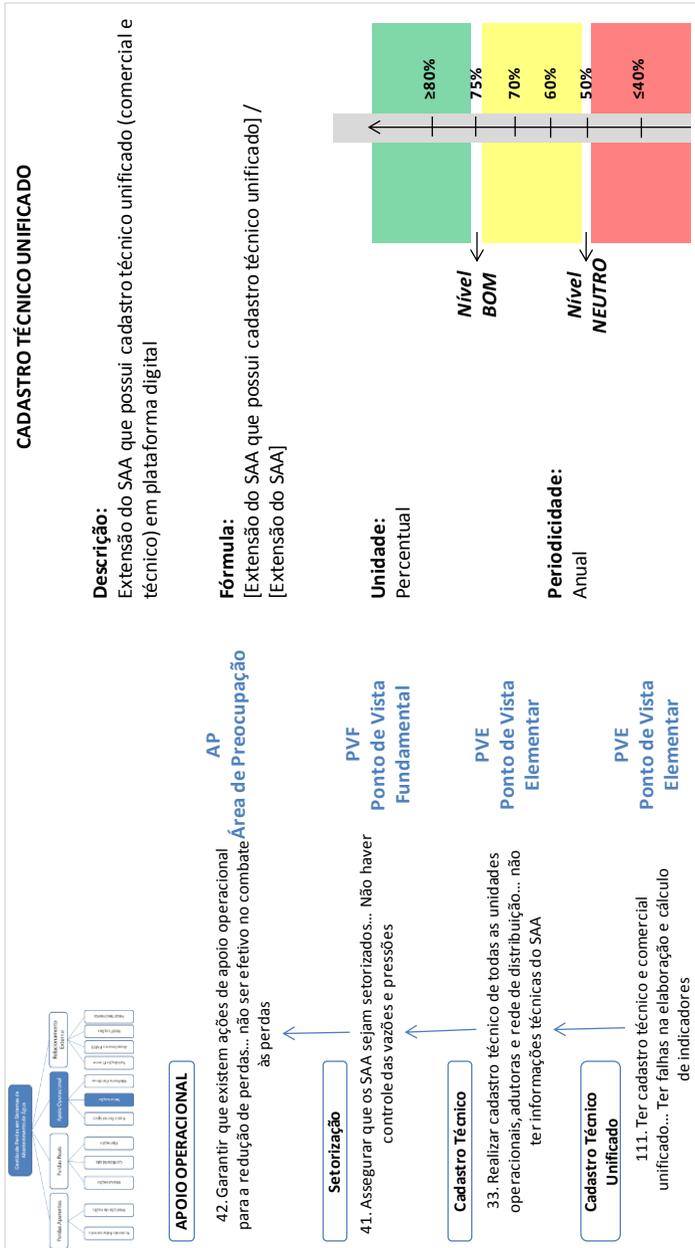
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 72 - Descritor “CCO”



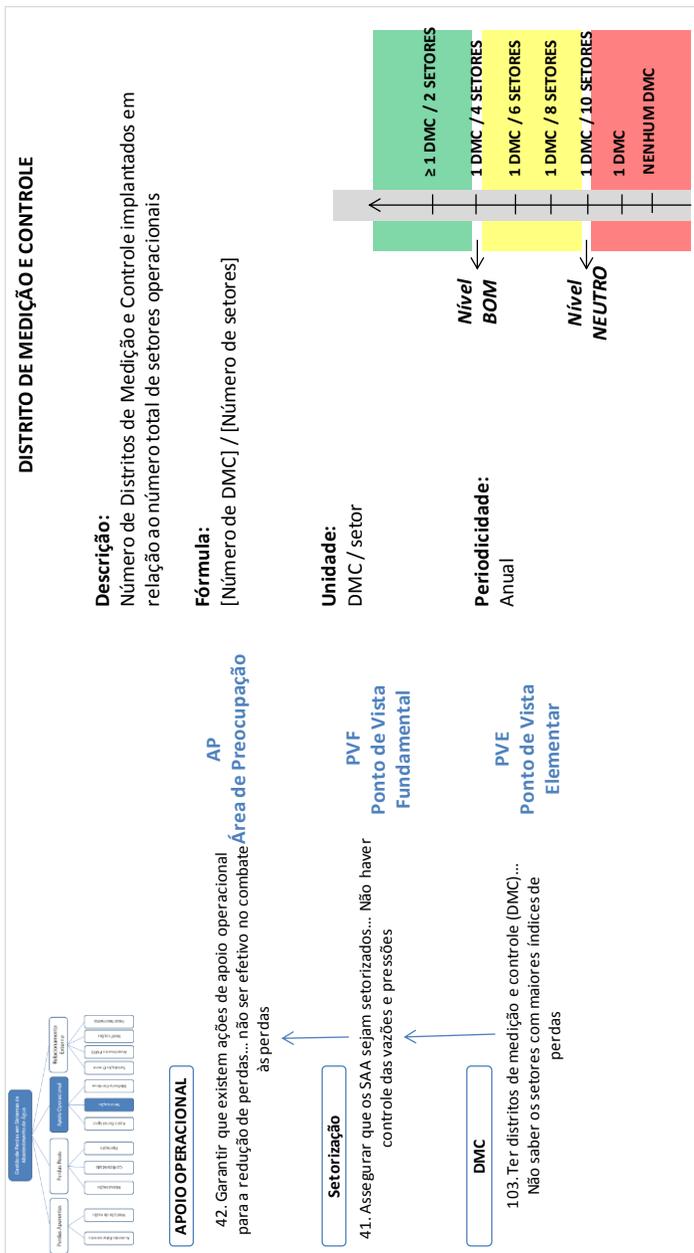
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 74 - Descritor “Cadastro Técnico Unificado”



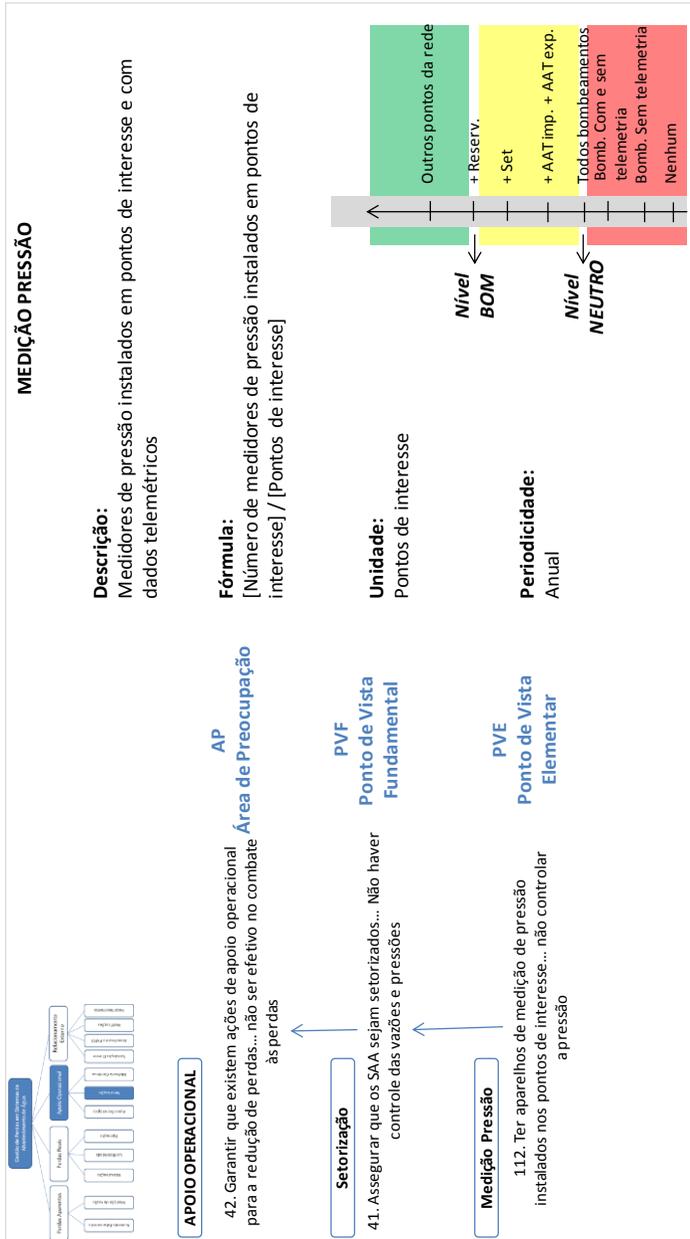
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 75 - Descritor “DMC”



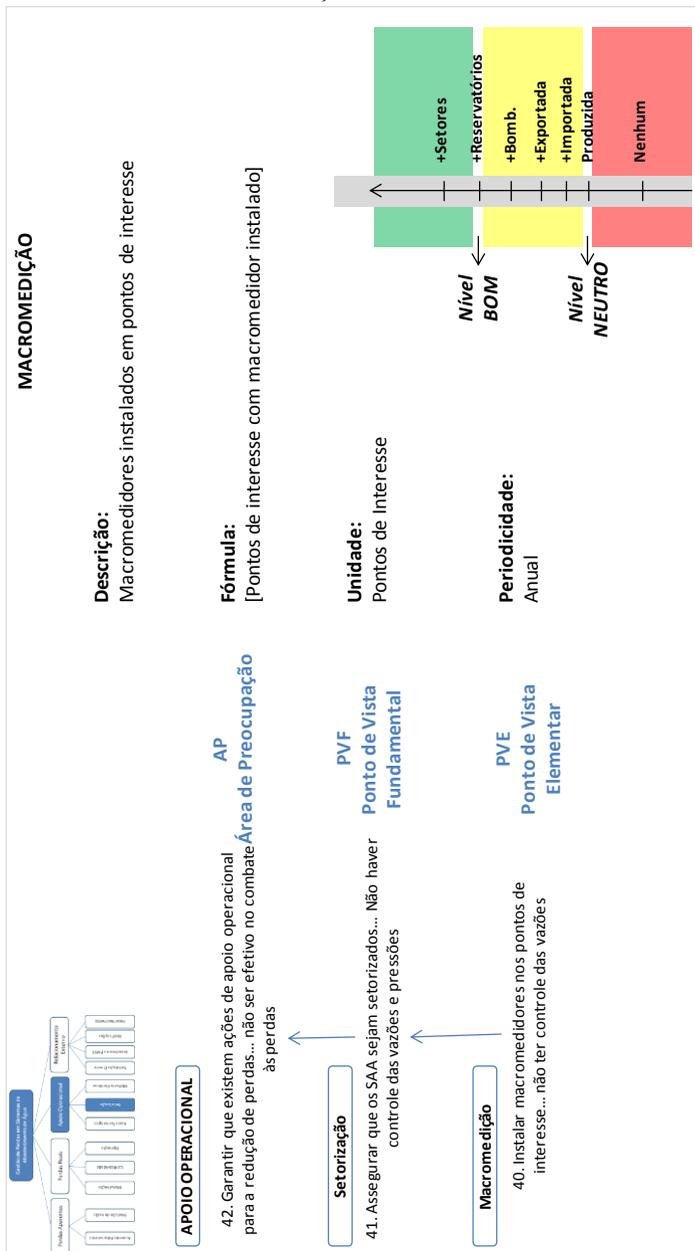
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 76 - Descritor “Medição Pressão”



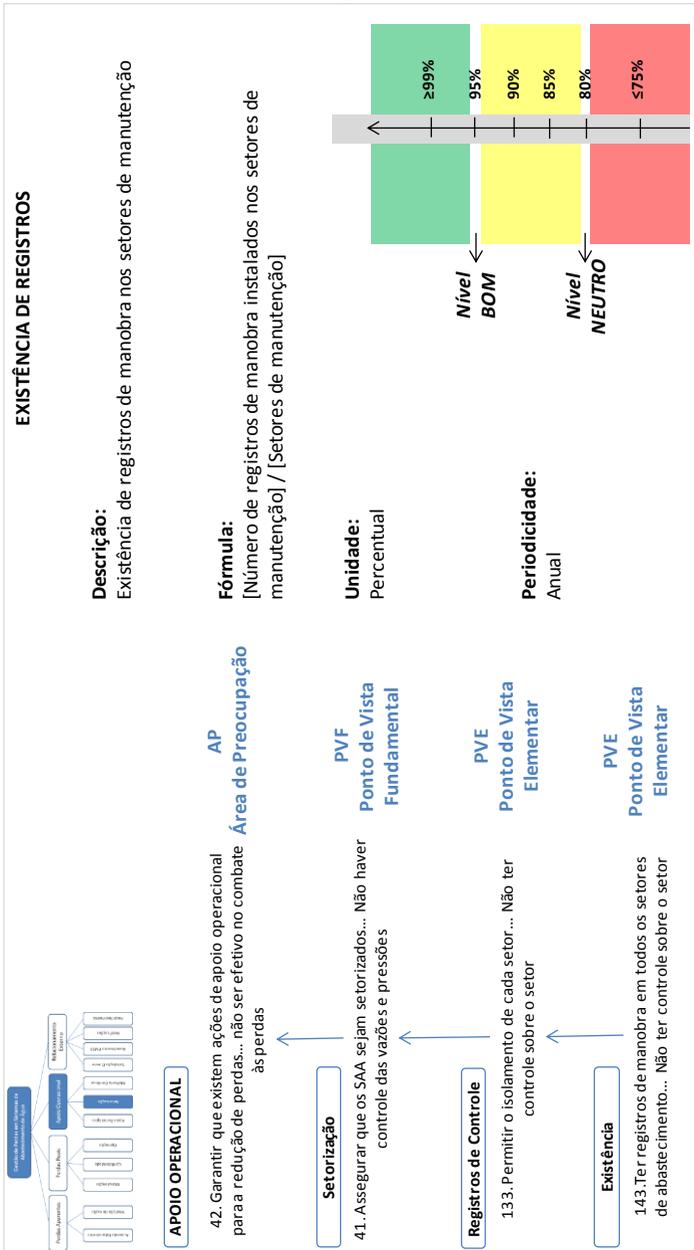
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 77 - Descritor “Macromedição”



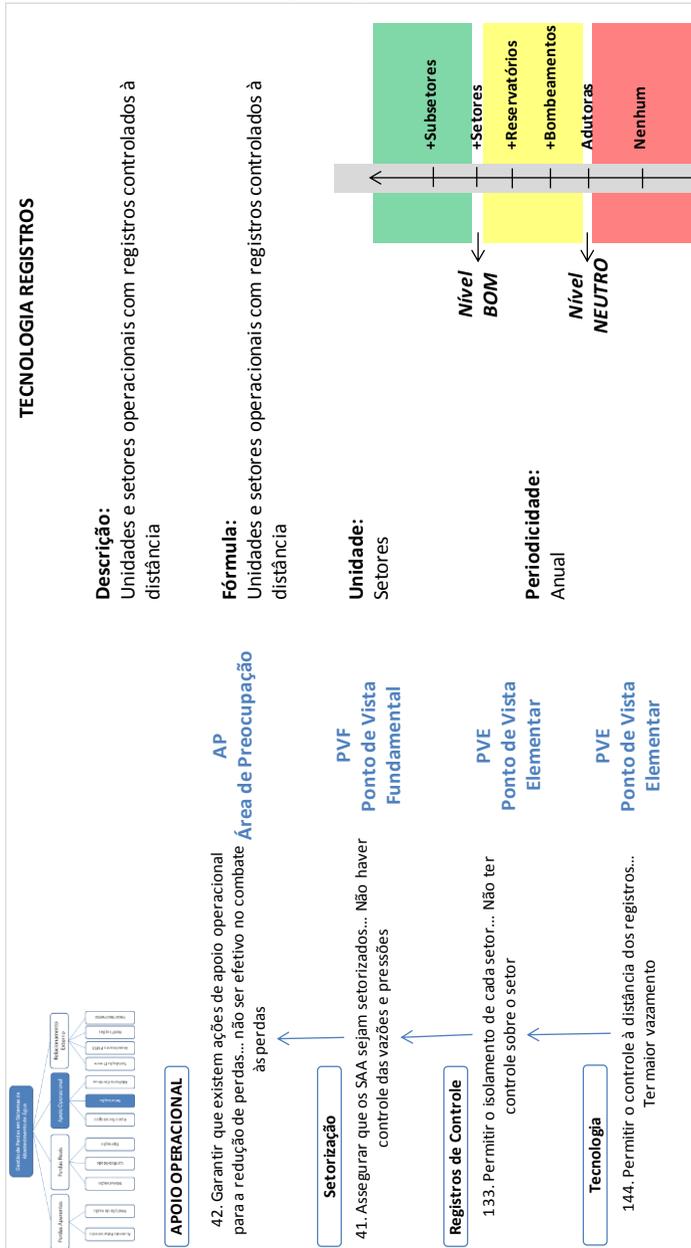
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 78 - Descritor “Existência Registros”



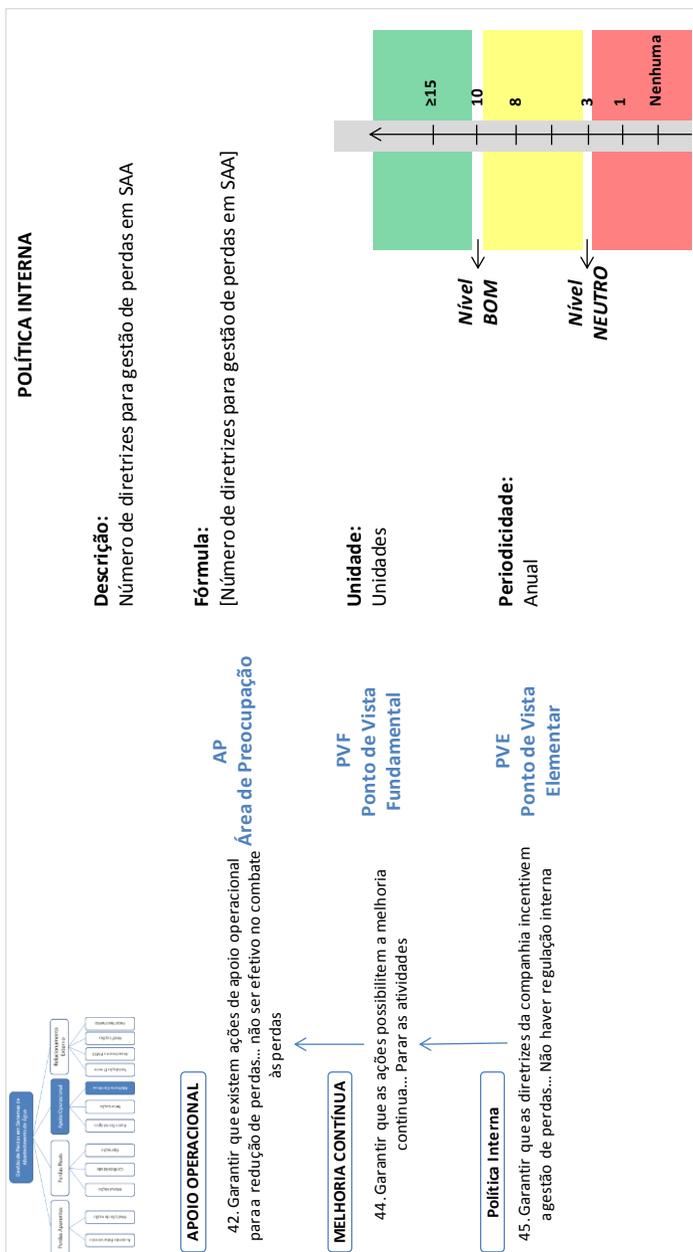
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 79 - Descritor “Tecnologia Registros”



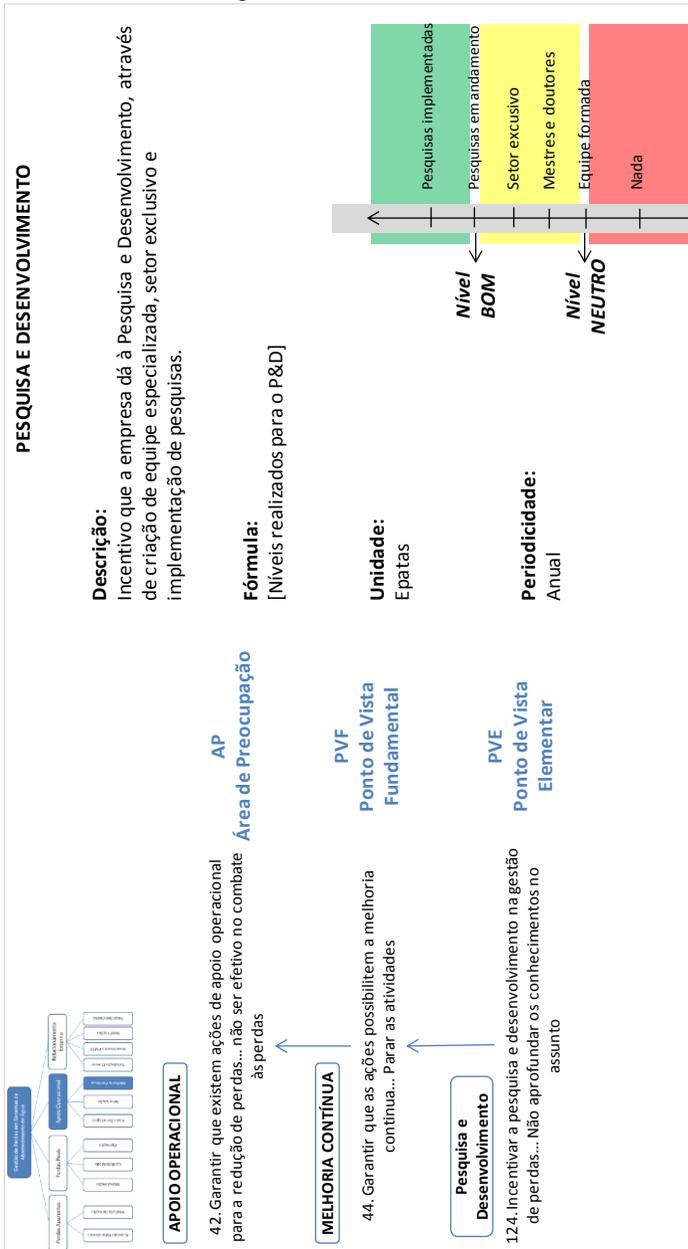
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 80 - Descritor “Política Interna”



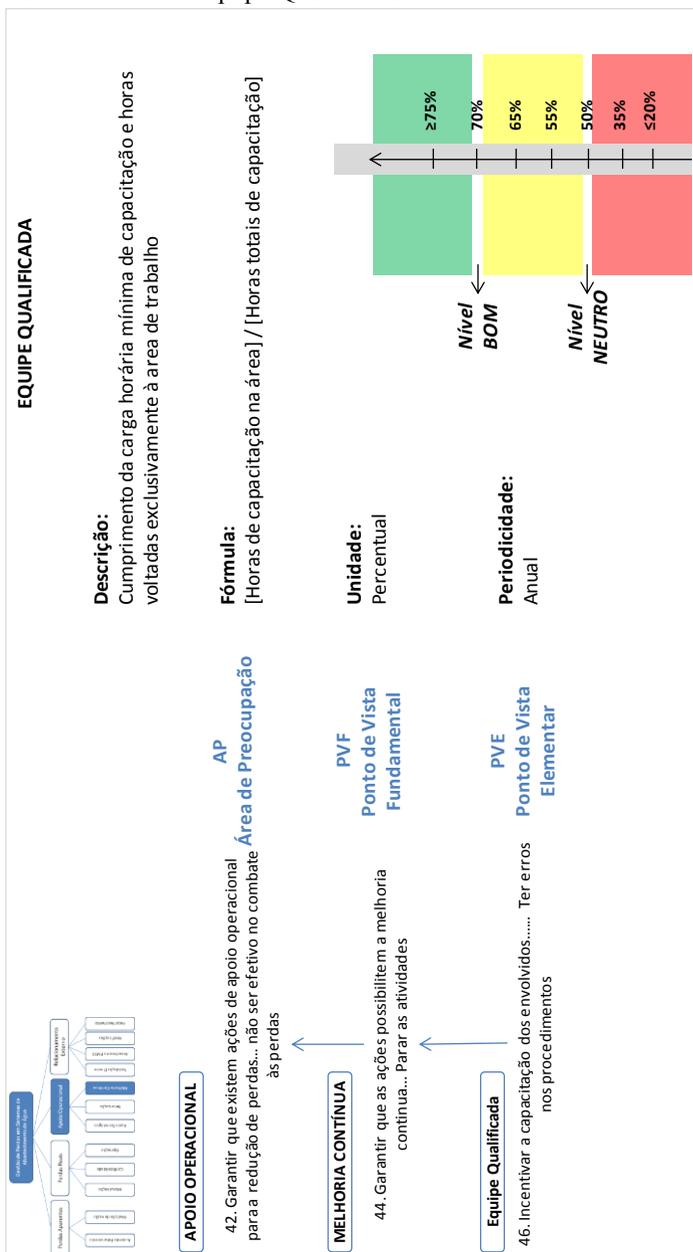
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 81 - Descritor “Pesquisa e Desenvolvimento”



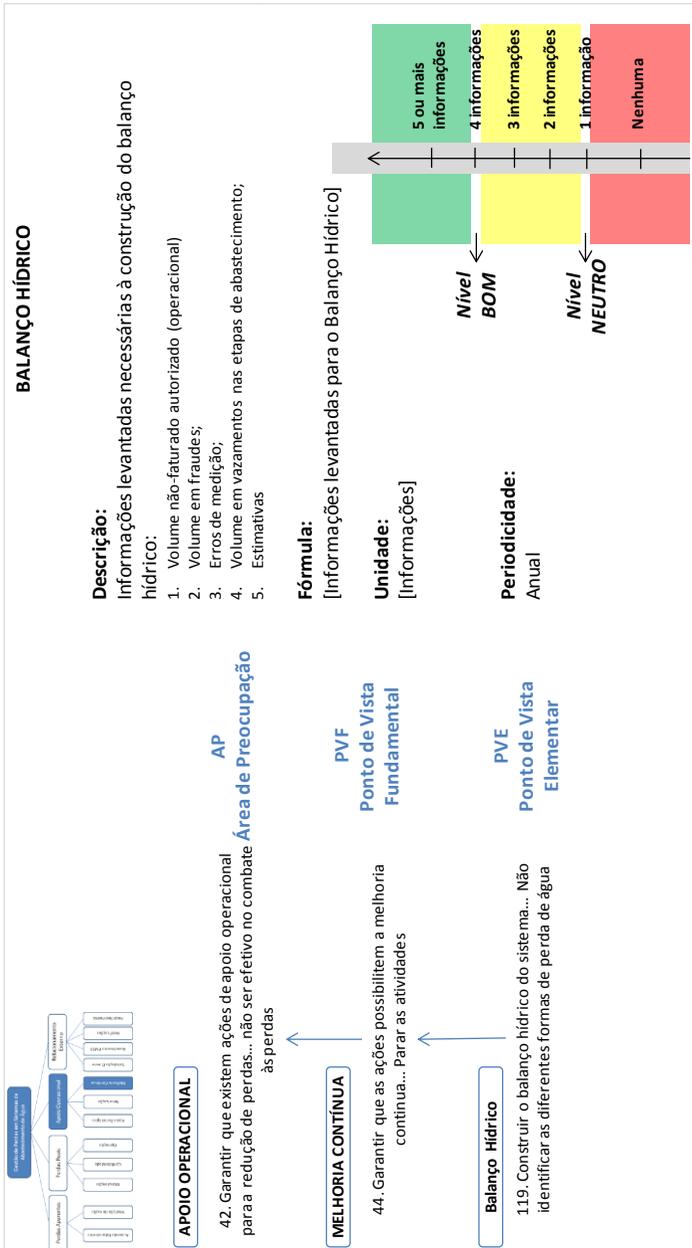
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 82 - Descritor “Equipe Qualificada”



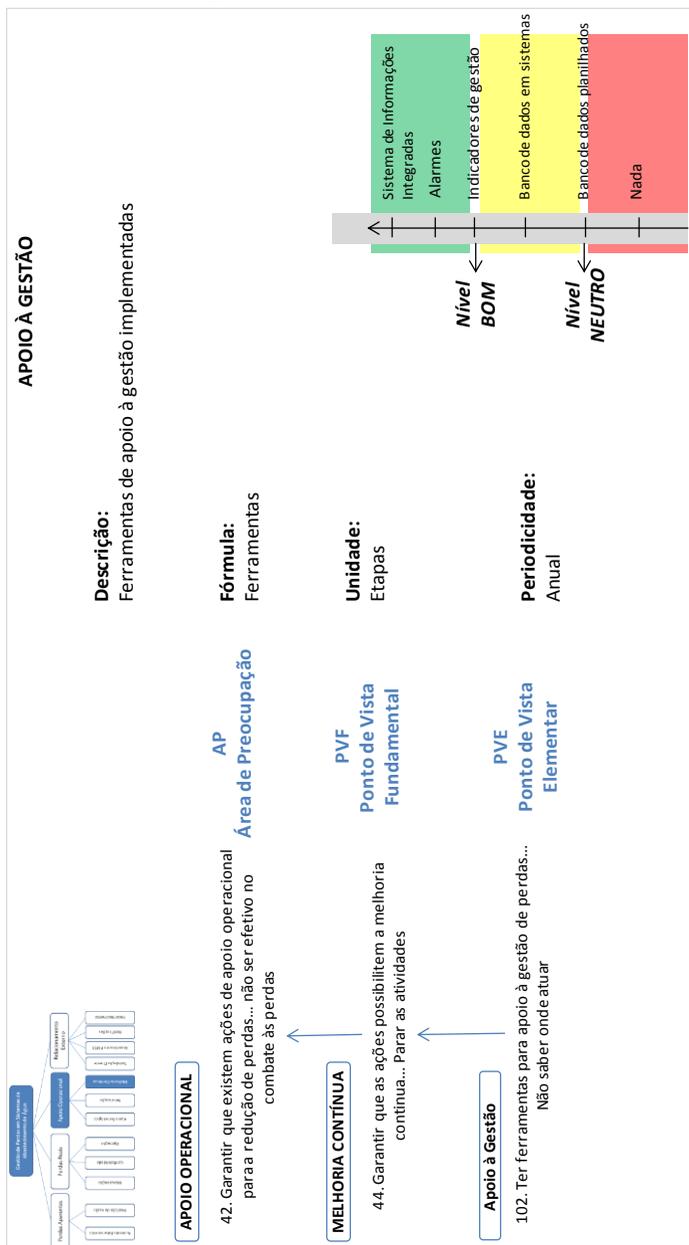
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 83 - Descritor “Balanço Hídrico”



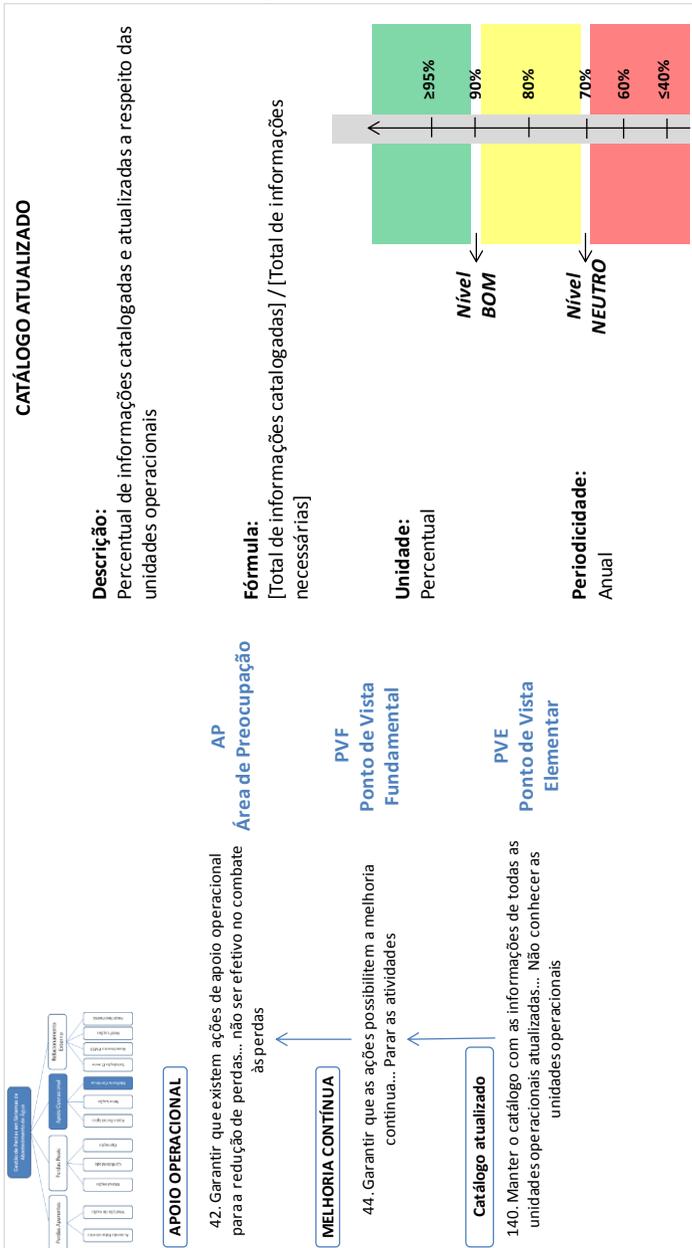
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 84 - Descritor “Apoio à Gestão”



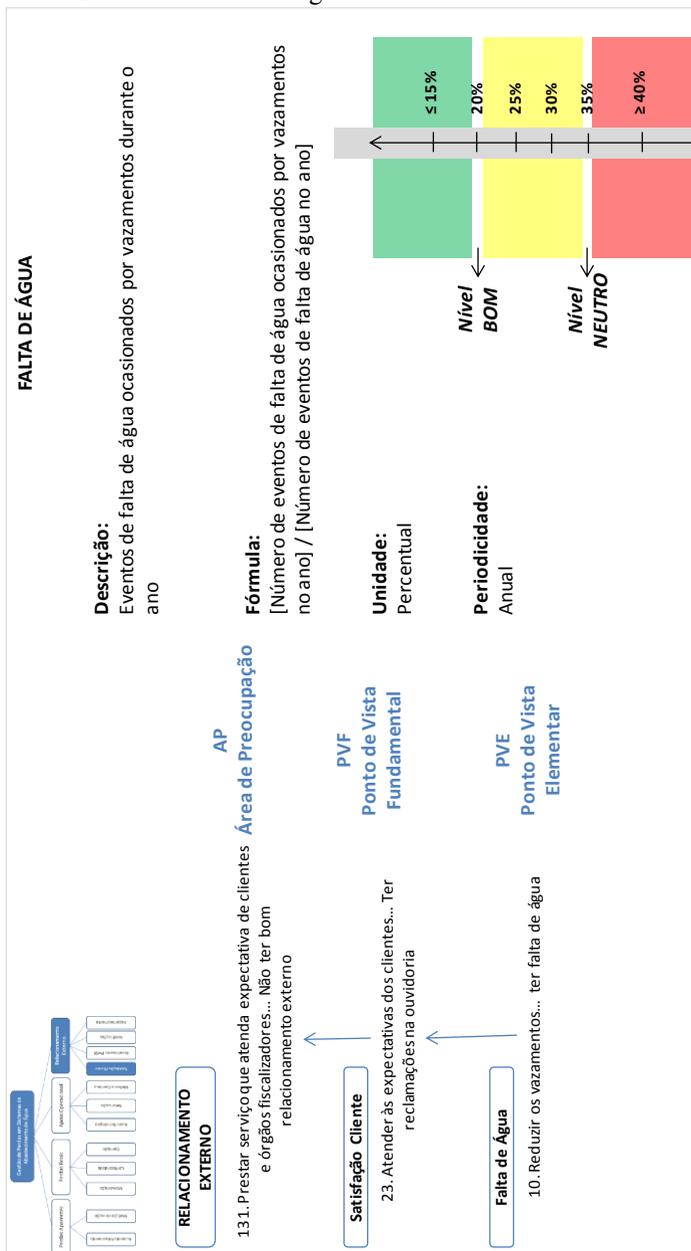
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 85 - Descritor “Catálogo Atualizado”



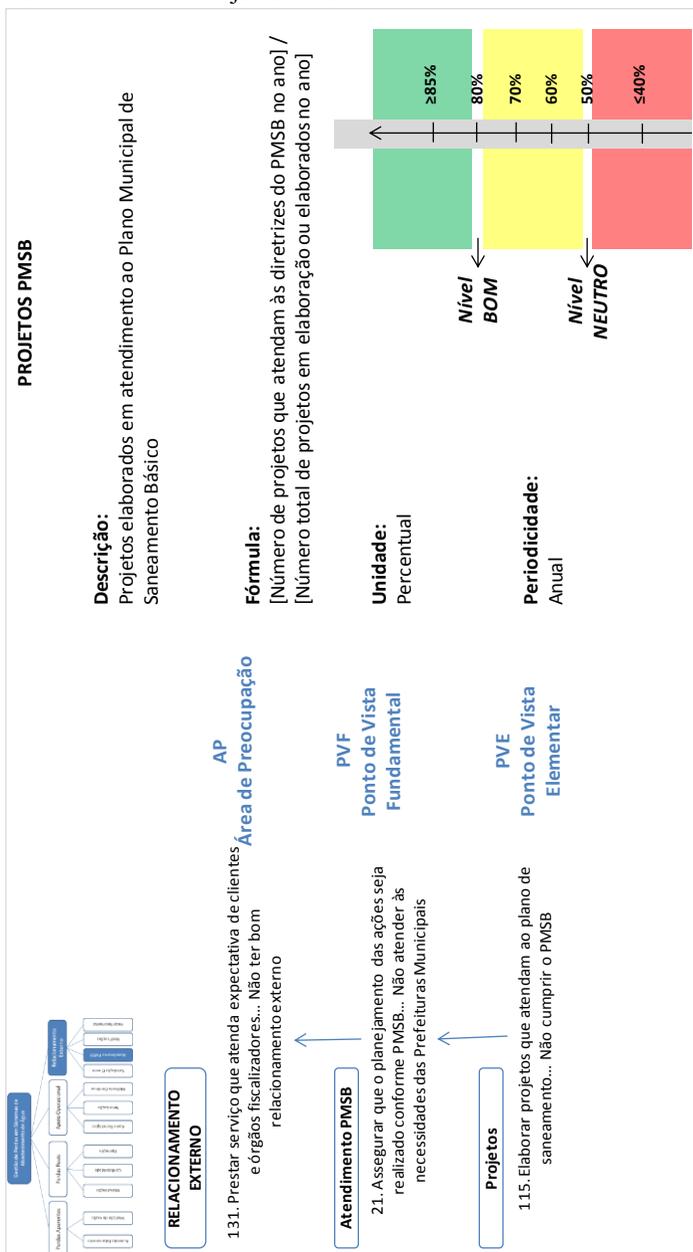
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 86 - Descritor “Falta de Água”



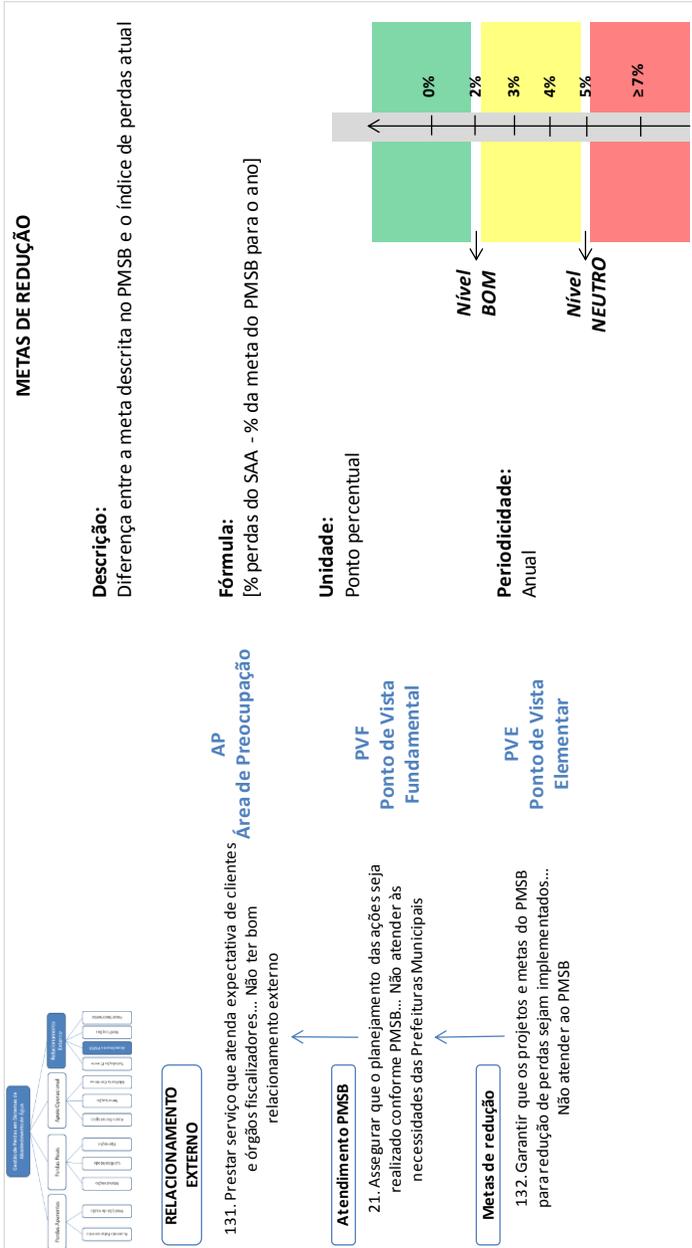
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 88 - Descritor “Projetos PMSB”



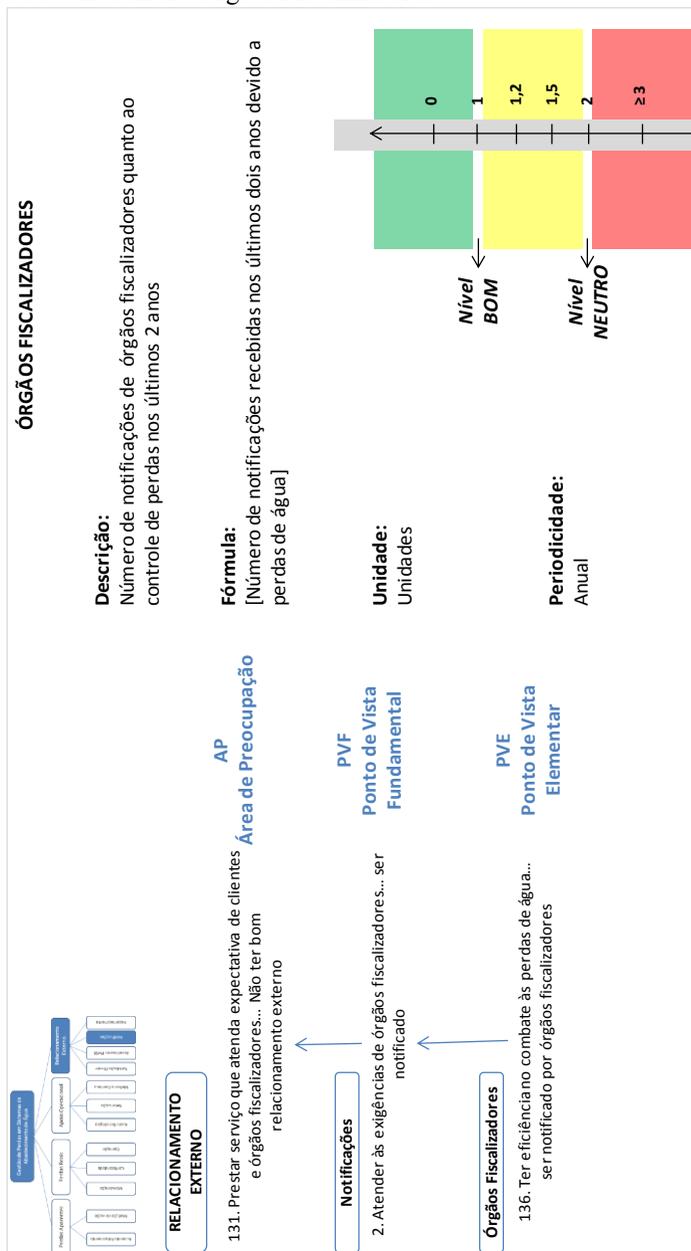
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 89 - Descritor “Metas de Redução”



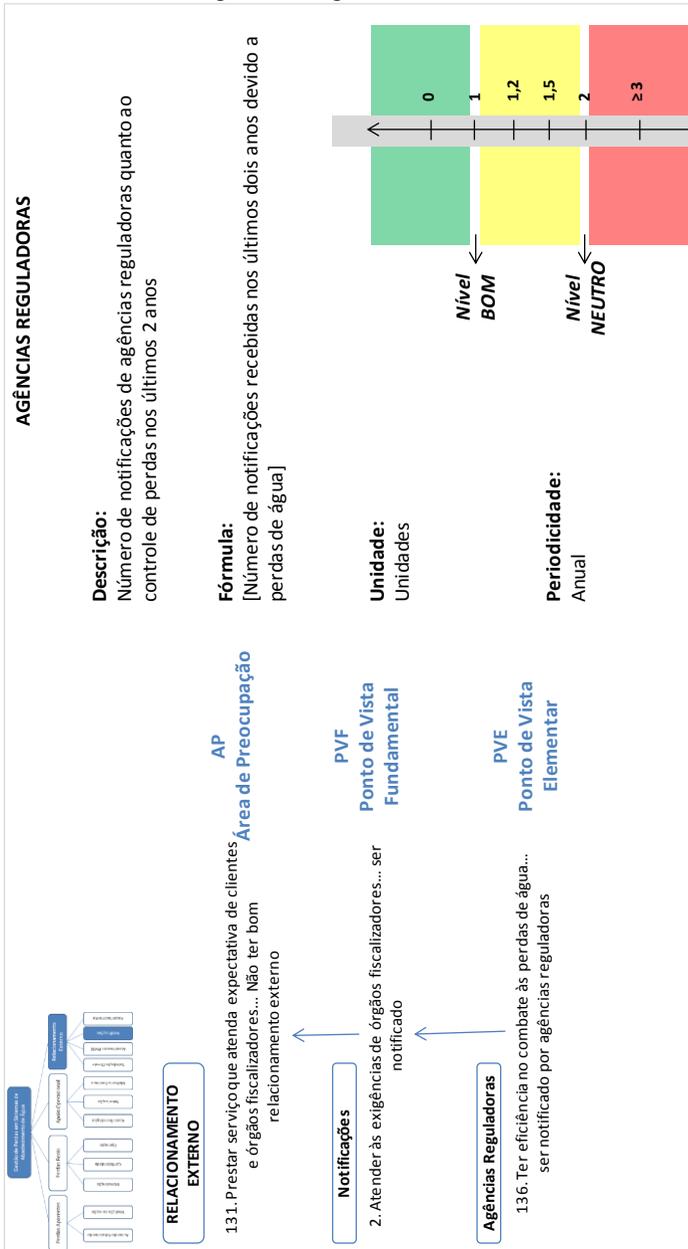
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 90 - Descritor “Órgãos Fiscalizadores”



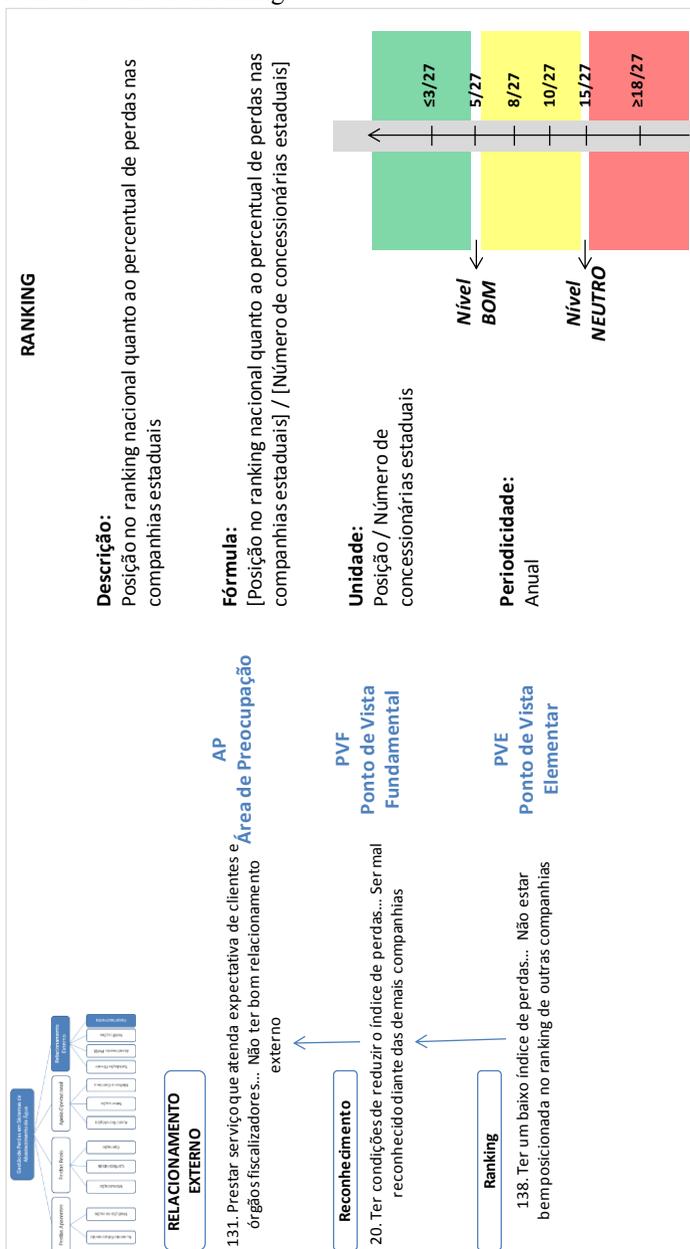
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 91 - Descritor “Agências Reguladoras”



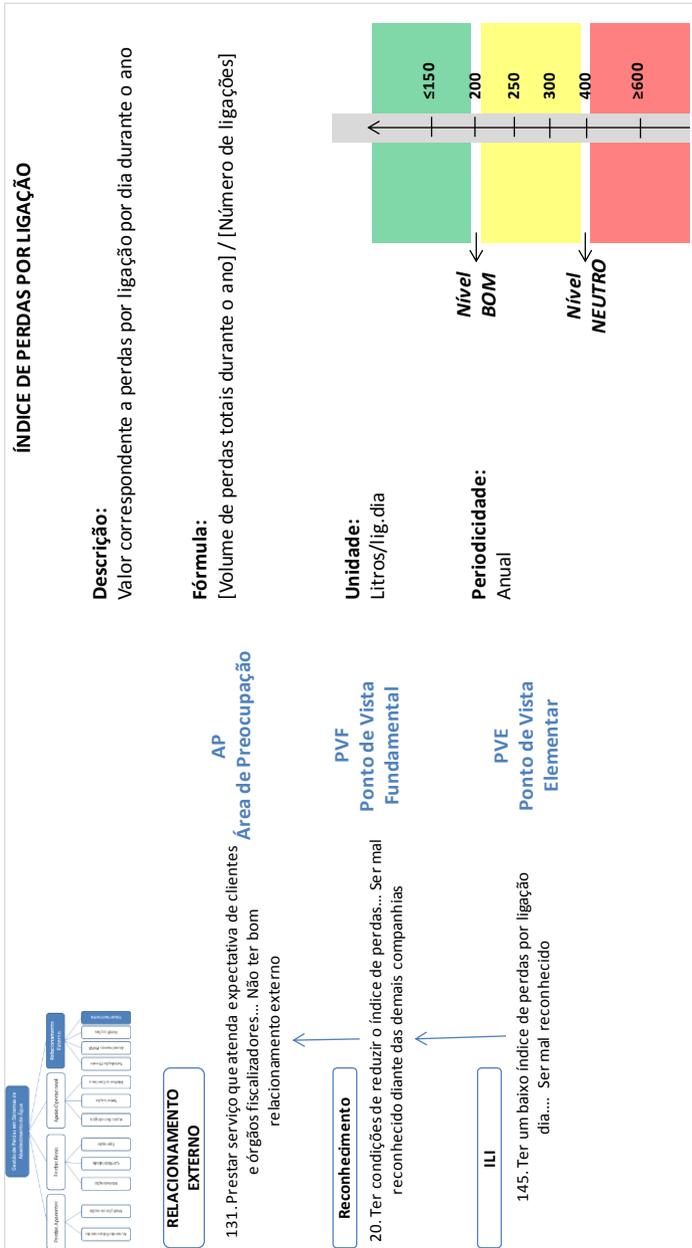
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 92 - Descritor “Ranking”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

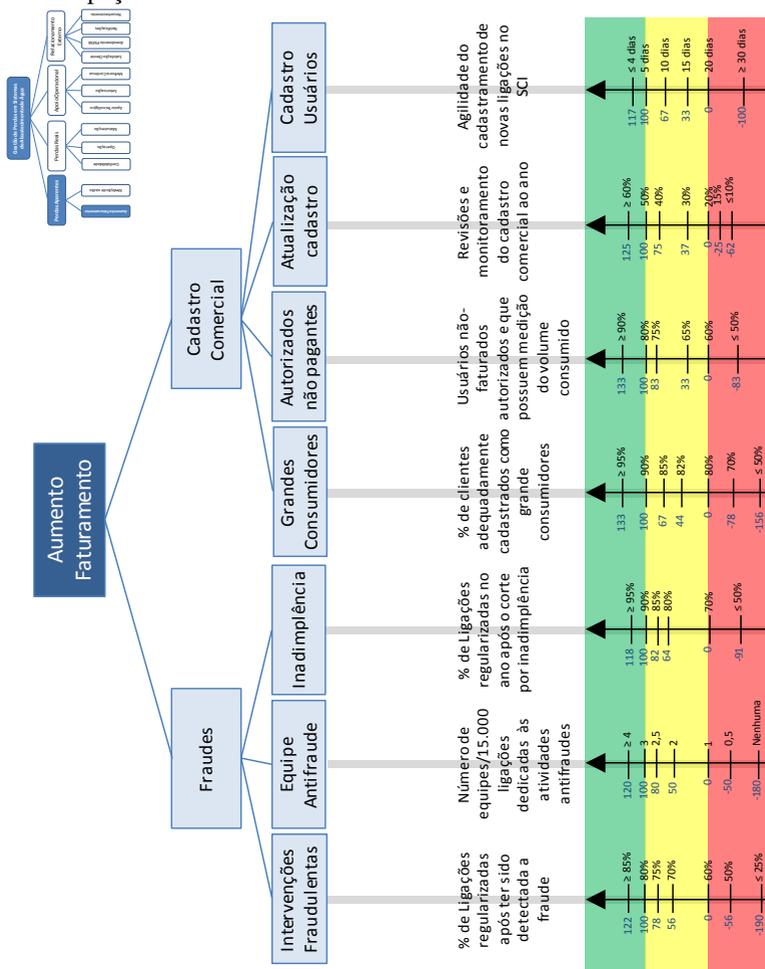
Figura 93 - Descritor “ILI”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

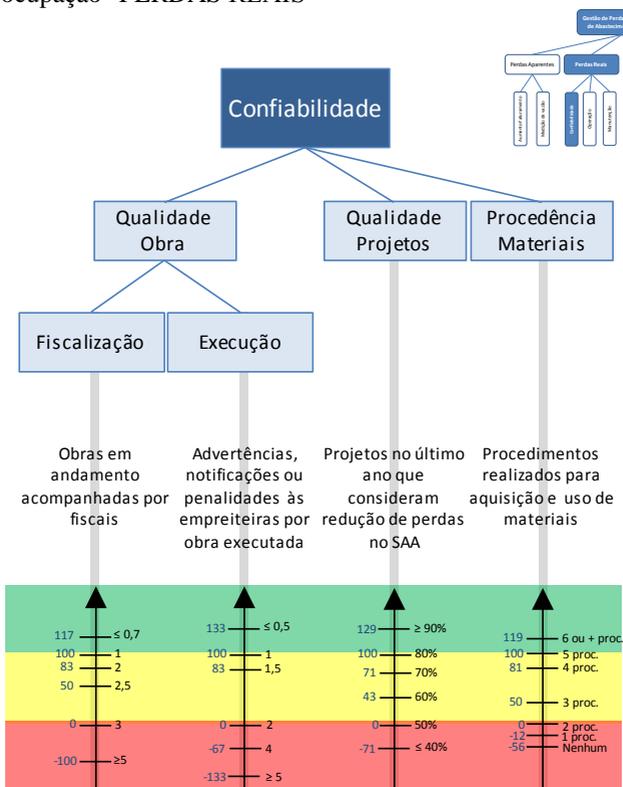
APÊNDICE E – FUNÇÕES DE VALOR

Figura 94 - Função de Valor do PVF "Aumento do Faturamento" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"



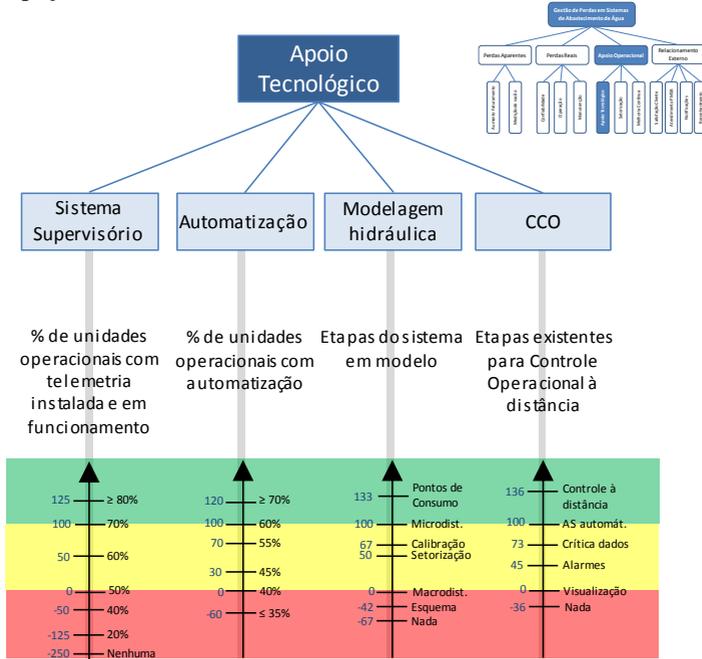
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 96 - Função de Valor do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



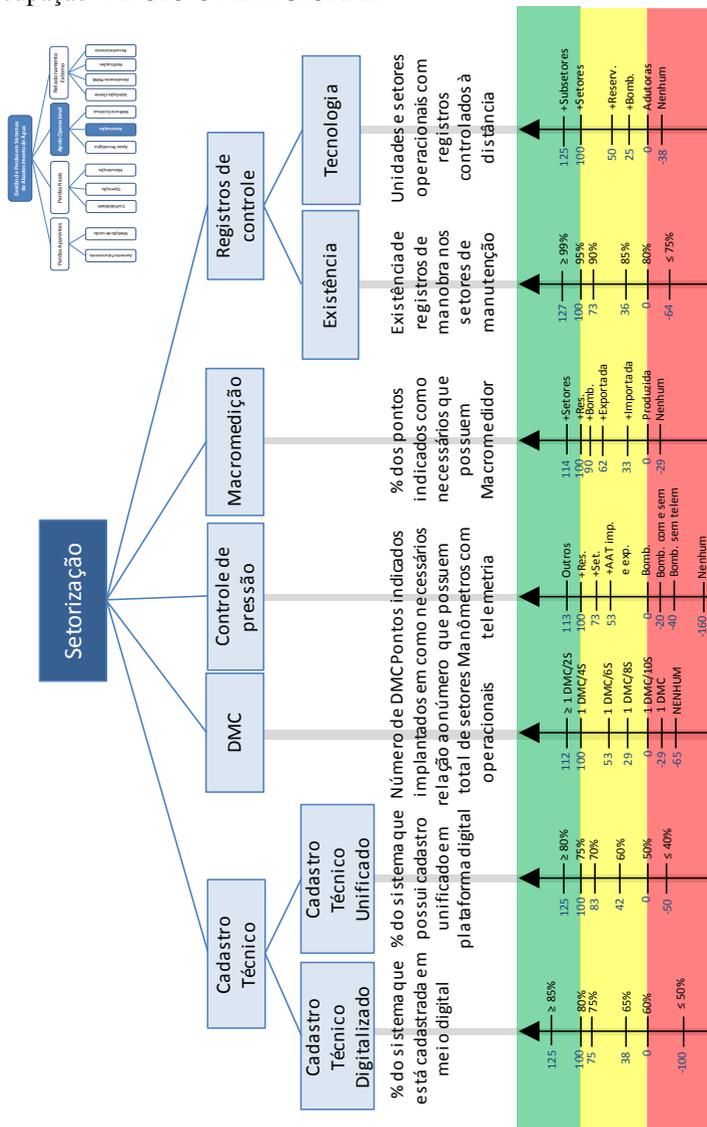
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 99 - Função de Valor do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



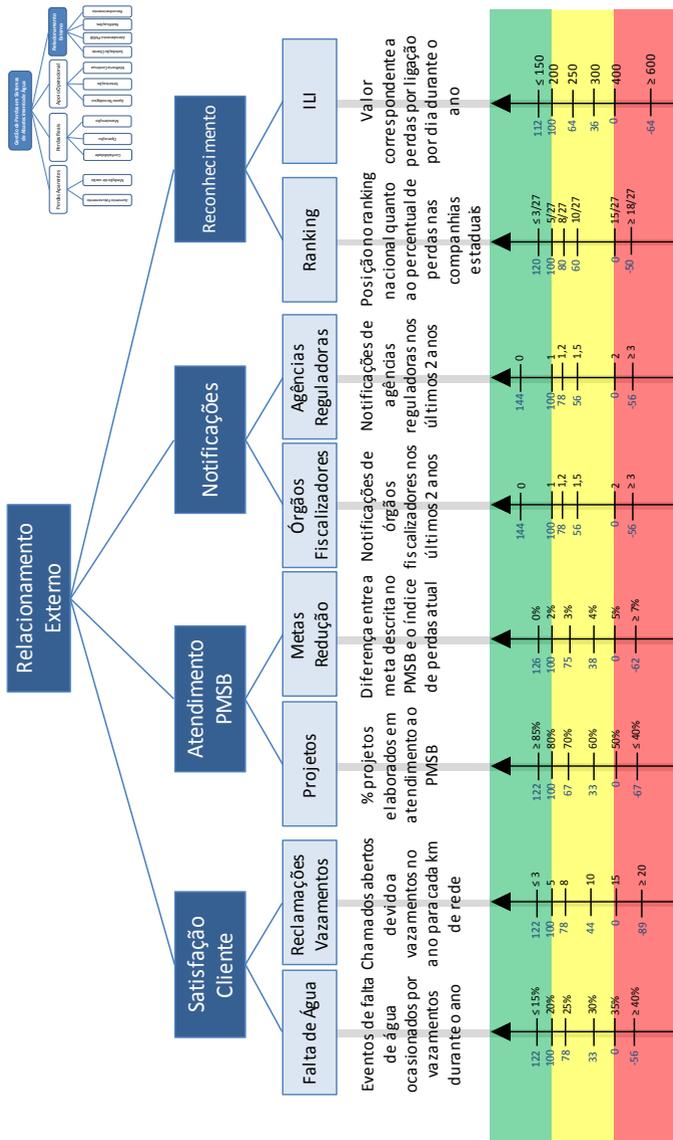
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 100 - Função de Valor do PVF "Setorização" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

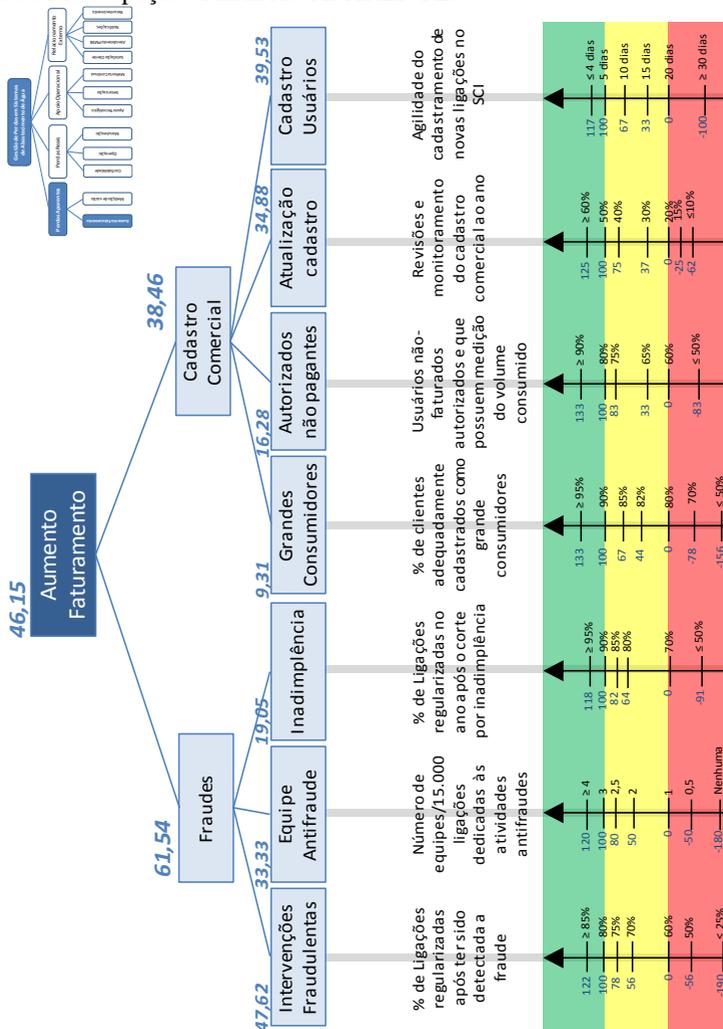
Figura 102 - Função de Valor da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

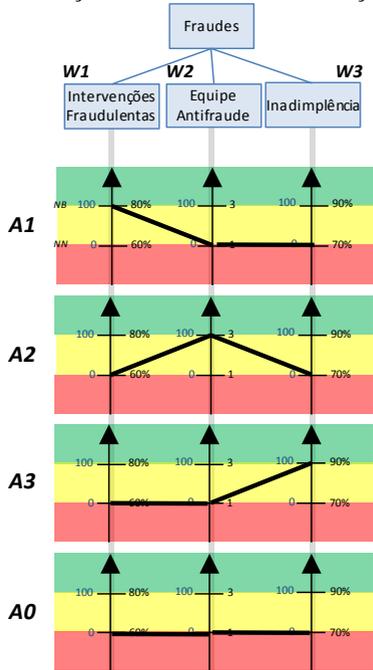
APÊNDICE F – TAXAS DE SUBSTITUIÇÃO

Figura 103 - Taxas de Substituição do PVF "Aumento do Faturamento" da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 104 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Fraudes"



	A1	A2	A3	A0	Soma	Ordem
A1		1	1	1	3	1
A2	0		1	1	2	2
A3	0	0		1	1	3
A0	0	0	0		0	

	[Int. fraud]	[Equipe]	[Inadimplencia]	[tudo inf.]	Escala actual
[Int. fraud]	nula	moderada	forte	extrema	47.62
[Equipe]		nula	moderada	mt. forte	33.33
[Inadimplencia]			nula	moderada	19.05
[tudo inf.]				nula	0.00

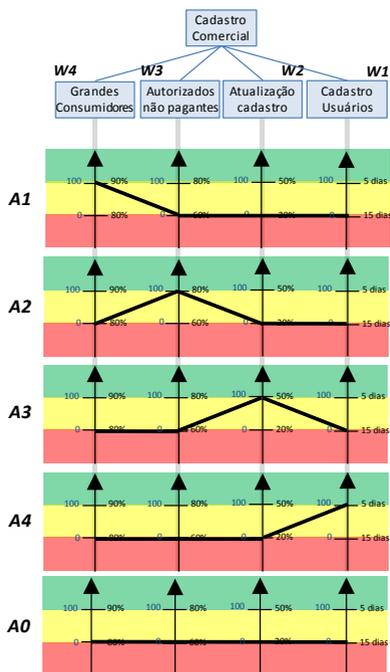
W1 = 47,62

W2 = 33,33

W3 = 19,05

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 105 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE "Cadastro Comercial"



	A1	A2	A3	A4	A0	Soma	Ordem
A1	0	0	0	0	1	1	4
A2	1	0	0	0	0	1	3
A3	1	1	0	1	0	3	1
A4	1	1	0	0	0	2	2
A0	0	0	0	0	0	0	0

	[Cadastro de usuários]	[Falhas no cadastro]	[Não pagantes]	[Grandes consumidores]	[tudo inf.]	Escala A/B/C/D
[Cadastro de usuários]	nula	fraca	forte	forte	extrema	39,53
[Falhas no cadastro]		nula	forte	forte	extrema	34,88
[Não pagantes]			nula	moderada	moderada	14,28
[Grandes consumidores]				nula	moderada	9,21
[tudo inf.]					nula	6,00

W1 = 39,53

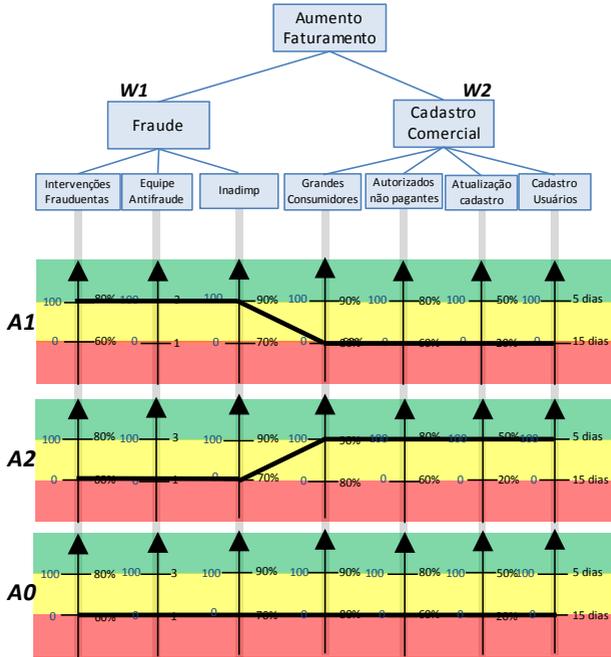
W2 = 16,28

W3 = 34,88

W4 = 9,31

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 106 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF "Aumento Faturamento"



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1		0	1	1	2
A2	1		1	2	1
A0	0	0		0	

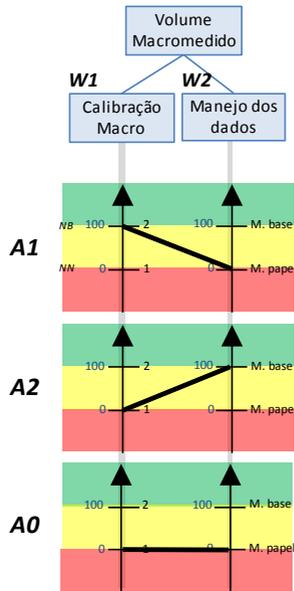
	[Fraude]	[Cadastro]	[tudo inf.]	Escala actual
[Fraude]	nula	moderada	mt. forte	61.54
[Cadastro]		nula	mt. forte	38.46
[tudo inf.]			nula	0.00

W1 = 61,54

W2 = 38,46

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 108 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Volume Macromedido”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1			1	1	1
A2	0		1	1	2
A0	0	0		0	

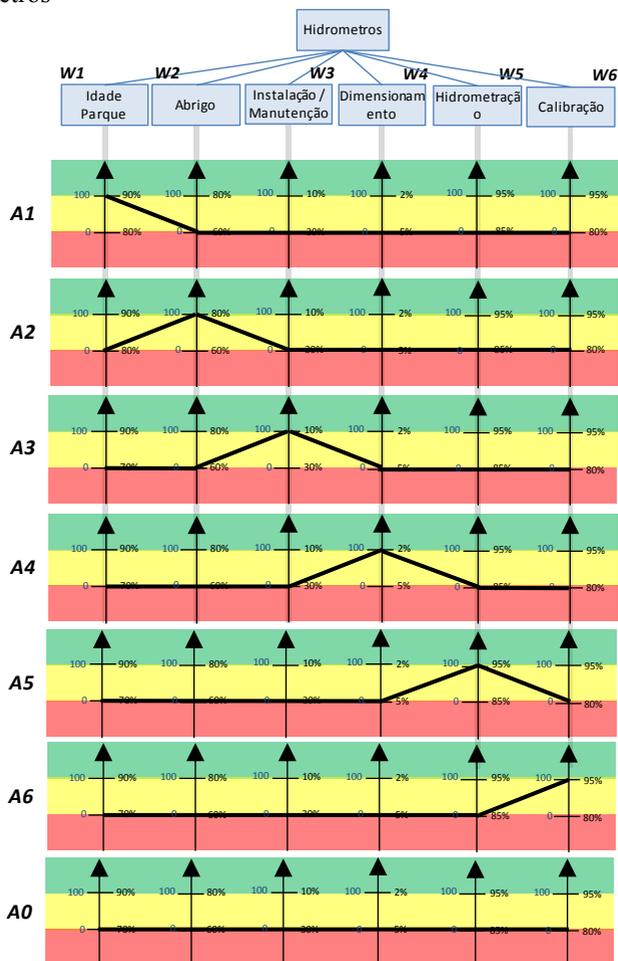
	[Calibração]	[Manejo]	[tudo inf.]	Escala actual
[Calibração]	nula	fraca	extrema	58.33
[Manejo]		nula	mt. forte	41.67
[tudo inf.]			nula	0.00

W1 = 58,33

W2 = 41,67

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 109 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE
“Hidrômetros”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 110 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Hidrômetros” (continuação)



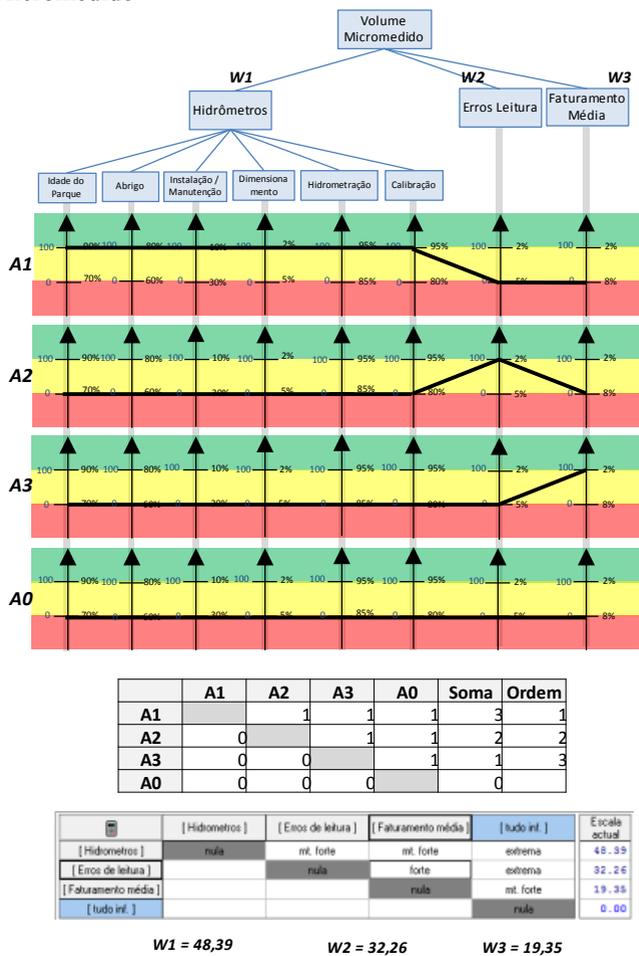
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A0	Soma	Ordem
A1		1	0	0	0	0	1	2	5
A2			0	0	0	0	1	1	6
A3	1	1		1	0	0	1	4	3
A4	1	1	0		0	0	1	3	4
A5	1	1	1	1		1	1	6	1
A6	1	1	1	1	0		1	5	2
A0									

	[Hidrometração]	[Calibração]	[Instalação]	[Dimensionamento]	[Idade]	[Abrigo]	[tudo inf.]	Escala actual
[Hidrometração]	nula	fraca	fraca	moderada	forte	forte	extrema	23.17
[Calibração]		nula	fraca	fraca	moderada	forte	extrema	20.73
[Instalação]			nula	fraca	moderada	moderada	extrema	18.29
[Dimensionamento]				nula	fraca	moderada	extrema	15.85
[Idade]					nula	fraca	forte	12.20
[Abrigo]						nula	forte	9.76
[tudo inf.]							nula	0.00

W1 = 12,20 **W6 = 20,73**
W2 = 9,76 **W5 = 23,17**
W3 = 18,29 **W4 = 15,85**

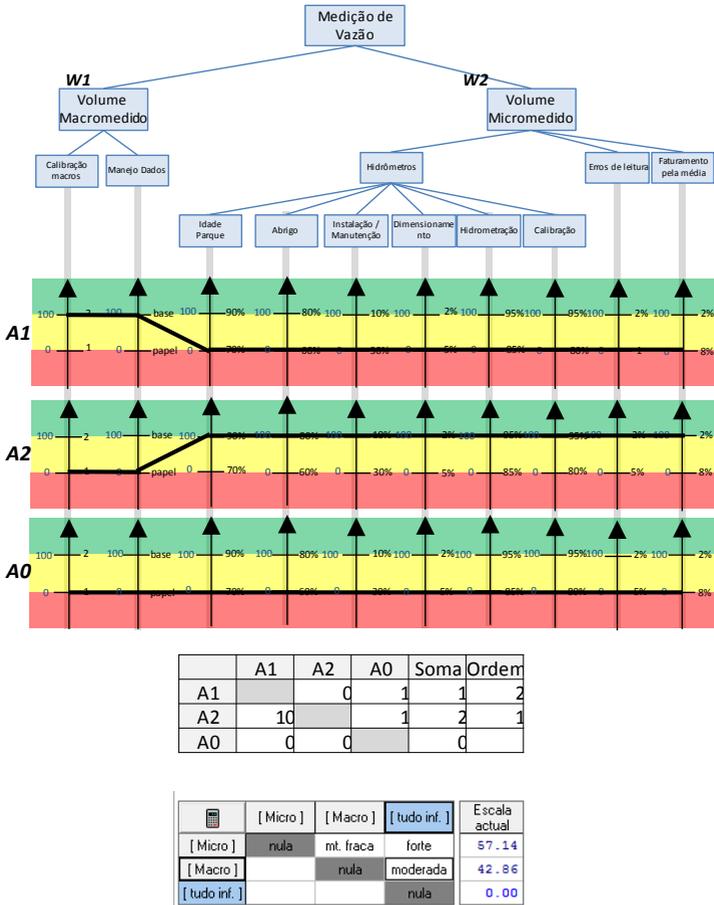
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 111 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Volume Micromedido”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

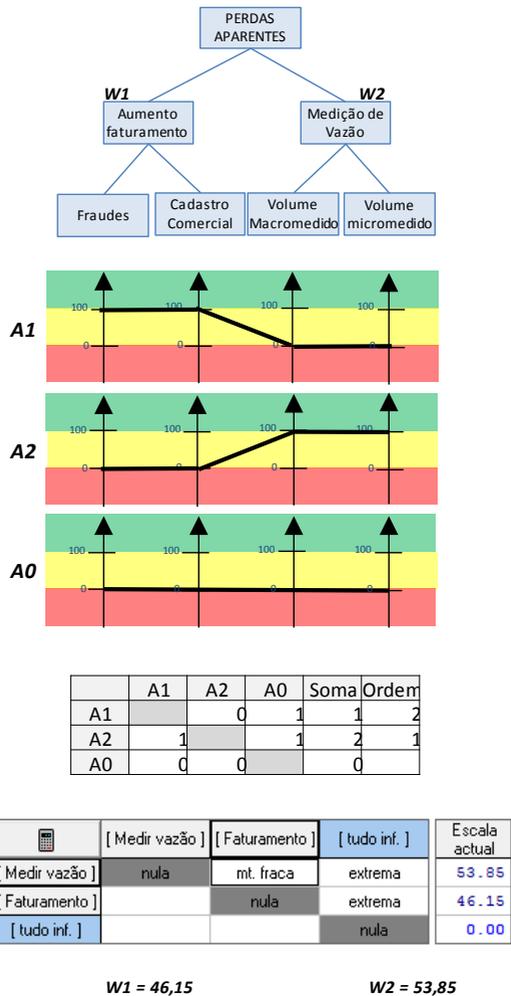
Figura 112 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Medição de Vazão”



W1 = 42,86 W2 = 57,14

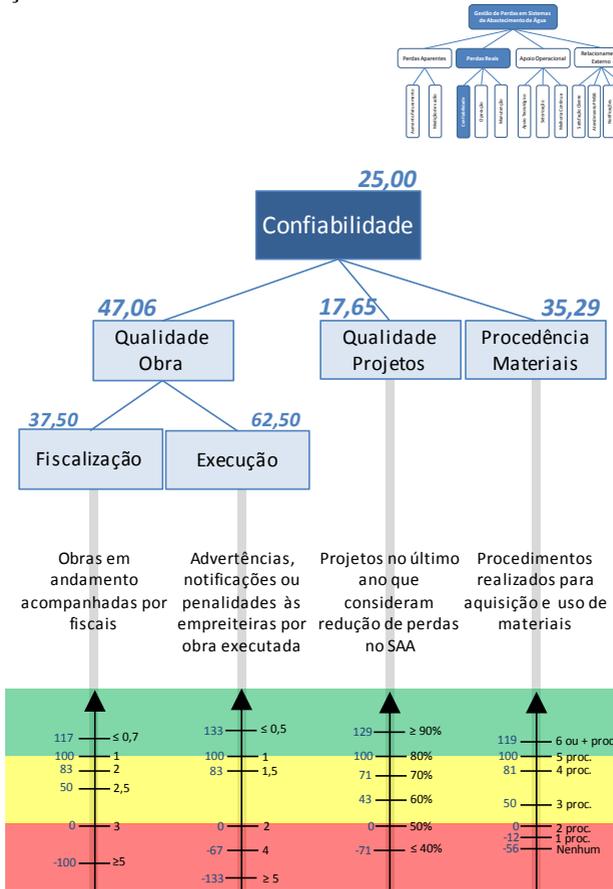
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 113 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação “PERDAS APARENTES”



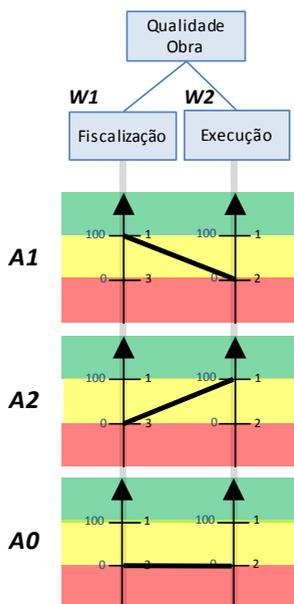
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 114 - Taxas de Substituição do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 115 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Qualidade Obra”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1		0	1	1	2
A2	1		1	2	1
A0	0	0		0	

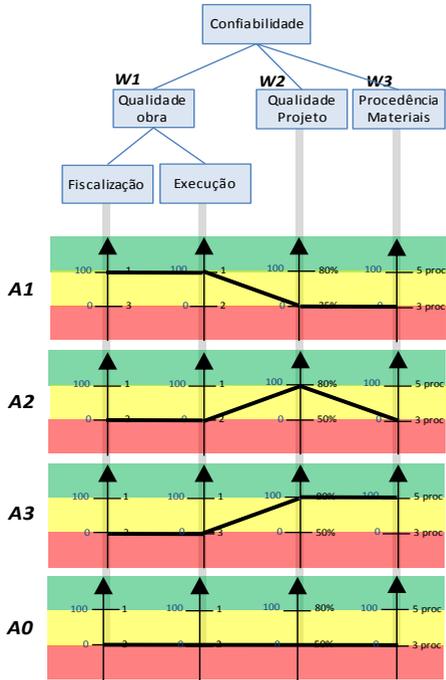
	[Execução]	[Fiscalização]	[tudo inf.]	Escala actual
[Execução]	nula	forte	extrema	62.5
[Fiscalização]		nula	extrema	37.5
[tudo inf.]			nula	0.0

$$W1 = 37,5$$

$$W2 = 62,5$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 116 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Confiabilidade”



	A1	A2	A3	A0	Soma	Ordem
A1		1	1	1	3	1
A2	0		0	1	1	3
A3	0	1		1	2	2
A0	0	0	0		0	

	[Obra]	[Materiais]	[Projeto]	[tudo inf.]	Escala actual
[Obra]	nula	fraca	forte	extrema	47.06
[Materiais]		nula	moderada	mt. forte	35.29
[Projeto]			nula	moderada	17.65
[tudo inf.]				nula	0.00

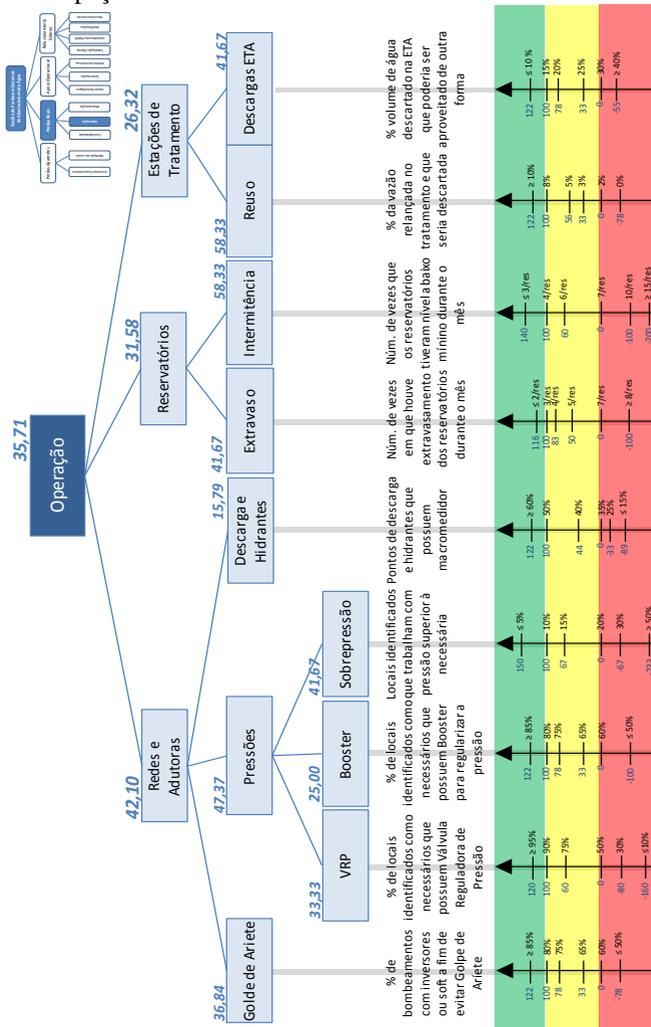
W1 = 47,06

W2 = 17,65

W3 = 35,29

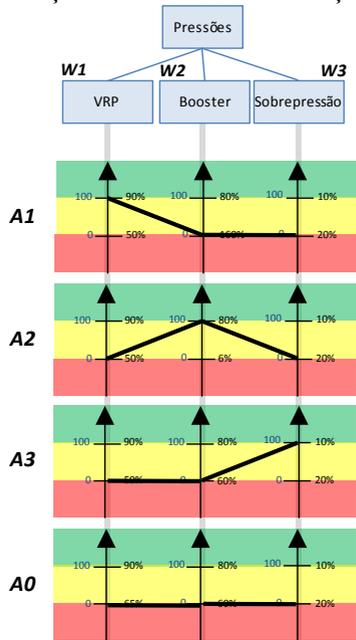
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 117 - Taxas de Substituição do PVF "Operação" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 118 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Pressões”



	A1	A2	A3	A0	Soma	Ordem
A1		1	0	1	2	2
A2	0		0	1	1	3
A3	1	1		1	3	1
A0	0	0	0		0	

	[Sobrepressão]	[VRP]	[Booster]	[tudo inf.]	Escala actual
[Sobrepressão]	nula	fraca	moderada	extrema	41.67
[VRP]		nula	fraca	extrema	33.33
[Booster]			nula	mt. forte	25.00
[tudo inf.]				nula	0.00

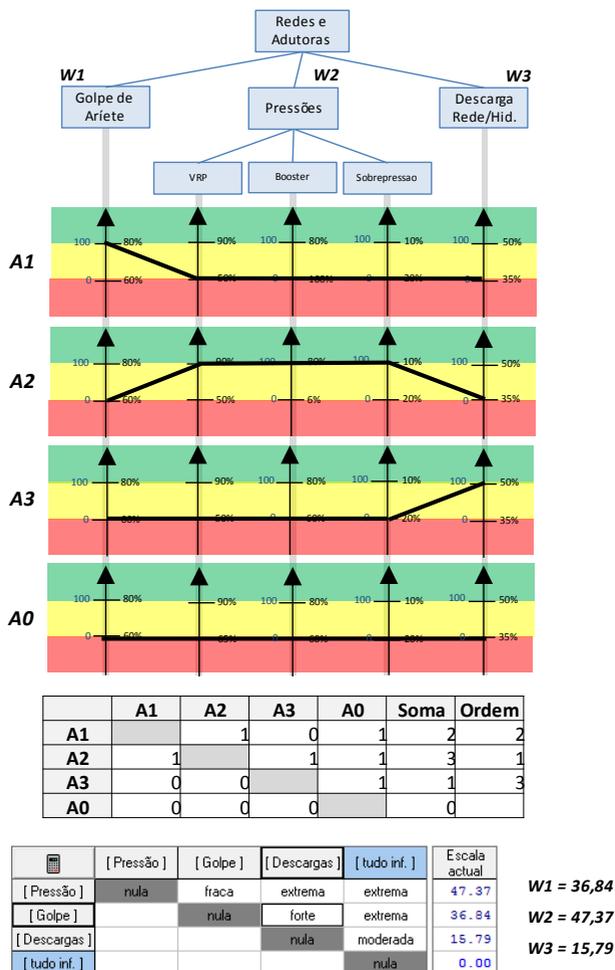
W1 = 33,33

W2 = 25,00

W3 = 41,67

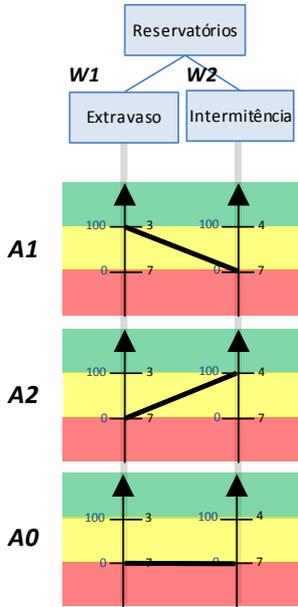
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 119 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Redes e Adutoras”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 120 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Reservatórios”



	A1	A2	A0	Soma	Orden
A1			0	1	2
A2	1			2	1
A0	0	0		0	

	[Extravaso]	[Intermitencia]	[tudo inf.]	Escala actual
[Extravaso]	nula	mt. fraca	extrema	58.33
[Intermitencia]		nula	forte	41.67
[tudo inf.]			nula	0.00

W1 = 41,67

W2 = 58,33

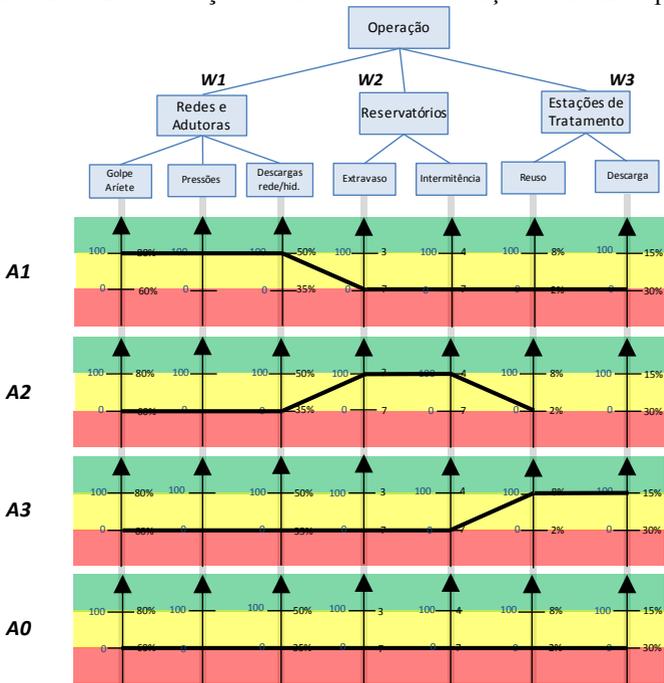
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 121 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Estações de Tratamento”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 122 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Operação”



	A1	A2	A3	A0	Soma	Ordem
A1		1	1	1	3	1
A2	0		1	1	2	2
A3	0	0		1	1	3
A0	0	0	0		0	

	[Redes/Adutoras]	[Reservatórios]	[ETAs]	[tudo inf.]	Escala actual
[Redes/Adutoras]	nula	fraca	moderada	extrema	42.10
[Reservatórios]		nula	mt. fraca	extrema	31.58
[ETAs]			nula	mt. forte	26.32
[tudo inf.]				nula	0.00

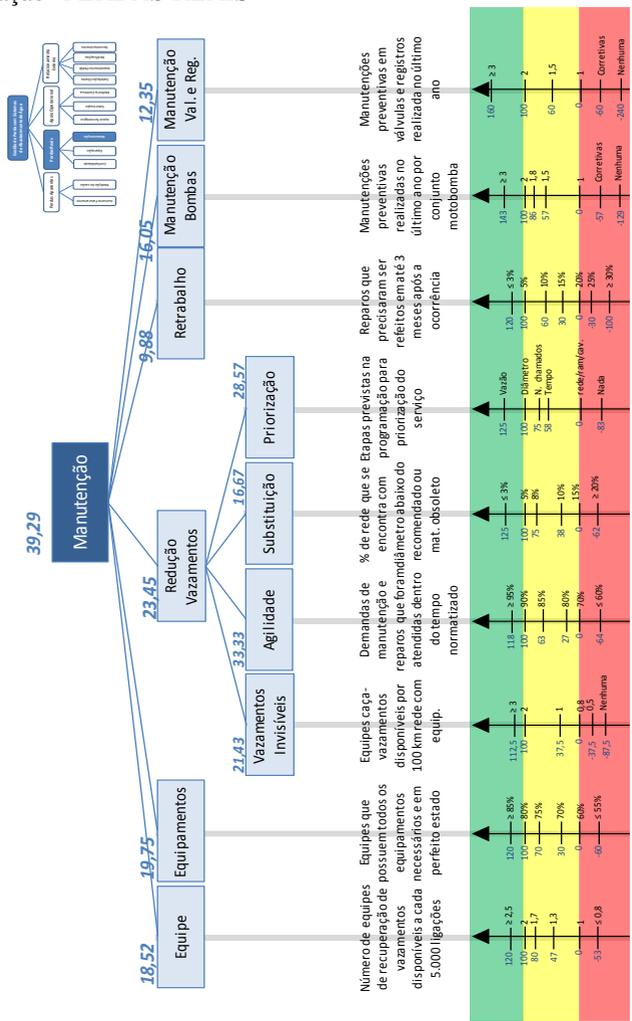
W1 = 42,10

W2 = 31,58

W3 = 26,32

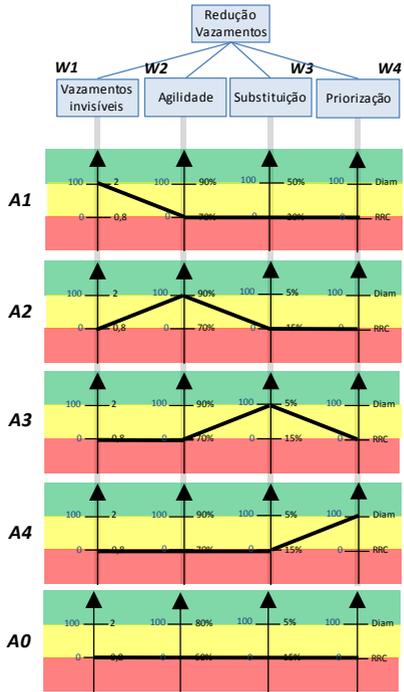
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 123 - Taxas de Substituição do PVF "Manutenção" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 124 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Redução Vazamentos”

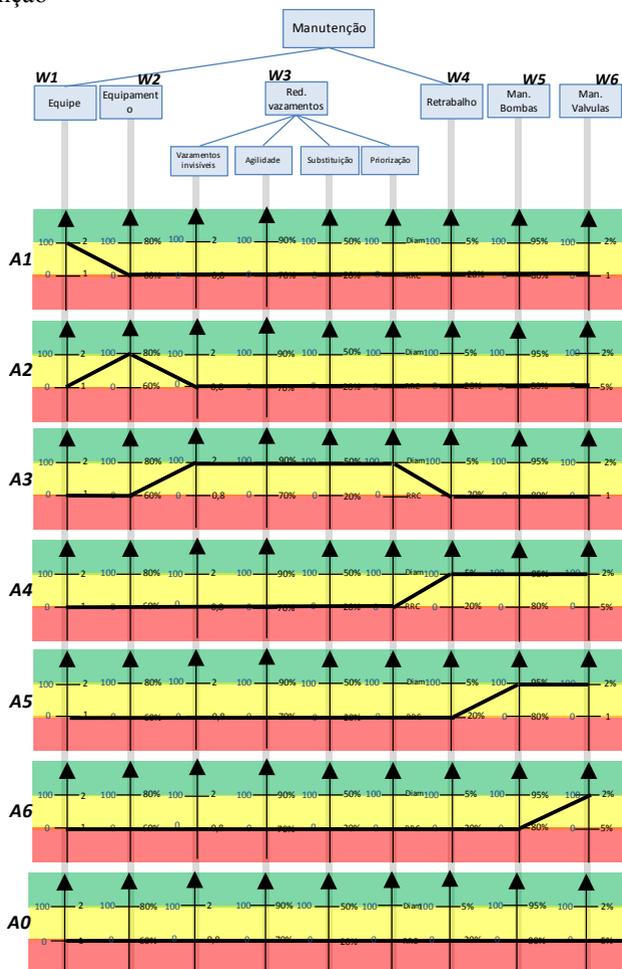


	A1	A2	A3	A4	A0	Soma	Ordem
A1		0	1	0	1	2	3
A2	1		1	1	1	4	1
A3	0	0		0	1	1	4
A4	1	0	1		1	3	2
A0						0	

	[Agilidade]	[Priorização]	[Vaz. invisíveis]	[Substituições]	[tudo inf.]	Escola actual	
[Agilidade]	nula	fraca	moderada	moderada	extrema	33.33	W1 = 21,43
[Priorização]		nula	moderada	moderada	mt. forte	28.57	W2 = 33,33
[Vaz. invisíveis]			nula	fraca	mt. forte	21.43	W3 = 16,67
[Substituições]				nulo	moderada	16.67	W4 = 28,57
[tudo inf.]					nula	0.00	

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 125 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Manutenção”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 126 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Manutenção” (continuação)



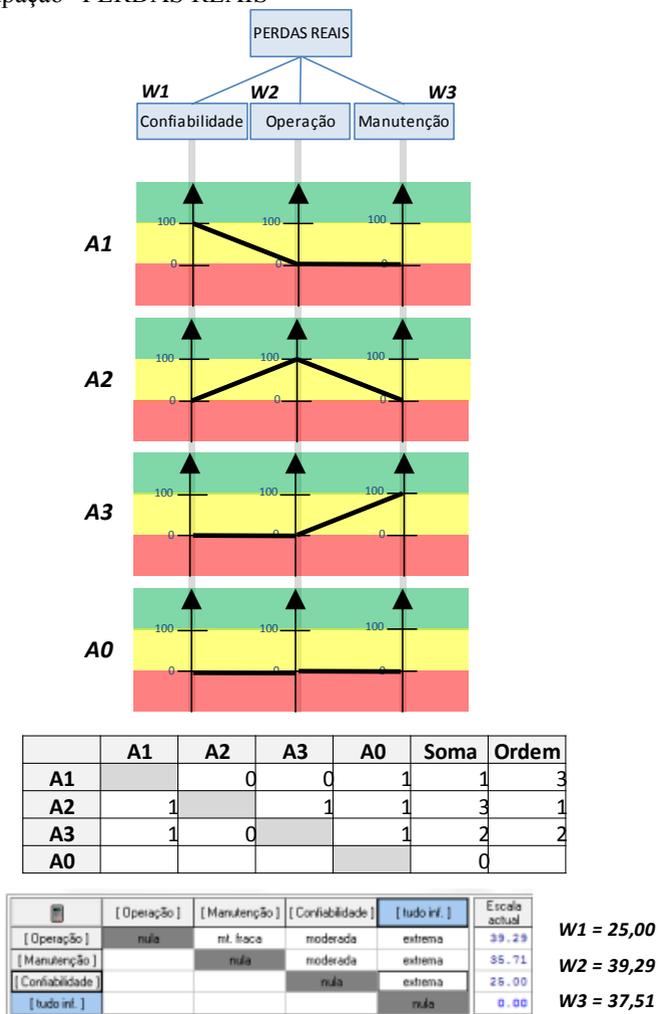
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A0	Soma	Ordem
A1		0	0	1	1	1	1	4	
A2	1		0	1	1	1	1	5	
A3	1	1		1	1	1	1	6	
A4	0	0	0		0	0	1	1	
A5	0	0	0	1		1	1	3	
A6	0	0	0	1	0		1	2	

	[Red. Vazamentos]	[Equipamentos]	[Equipe]	[Man. Bombas]	[Man. Reg. e Val.]	[Retrabalho]	[Tudo nt.]	Escala 0,00 a 23,45
[Red. Vazamentos]	nula	fraca	fraca	moderada	forte	mt. forte	extrema	23,45
[Equipamentos]		nula	mt. fraca	fraca	moderada	forte	extrema	19,75
[Equipe]			nula	fraca	moderada	moderada	extrema	18,52
[Man. Bombas]				nula	fraca	moderada	extrema	16,05
[Man. Reg. e Val.]					nula	fraca	forte	12,35
[Retrabalho]						nula	forte	9,88
[Tudo nt.]							nula	0,00

- W1 = 18,52**
- W2 = 19,75**
- W3 = 23,45**
- W4 = 9,88**
- W5 = 16,05**
- W6 = 12,35**

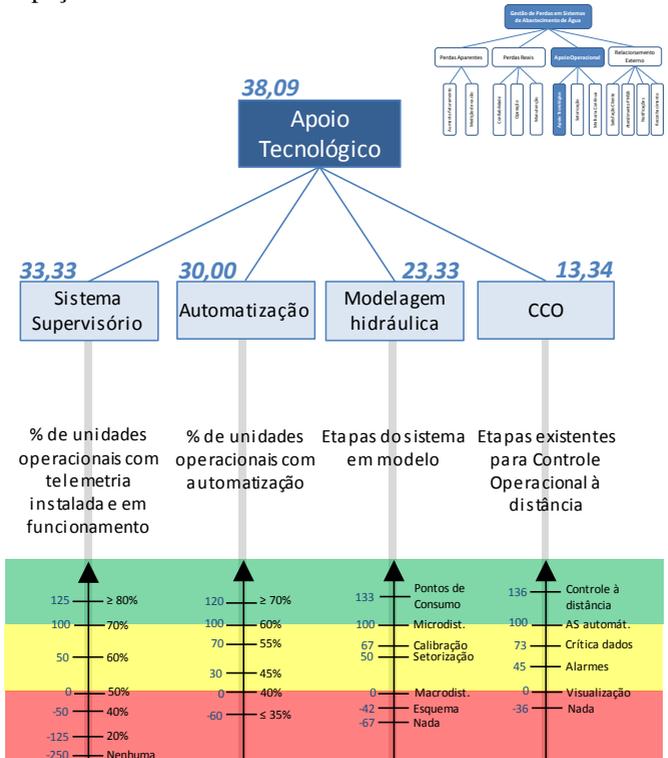
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 127 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação “PERDAS REAIS”



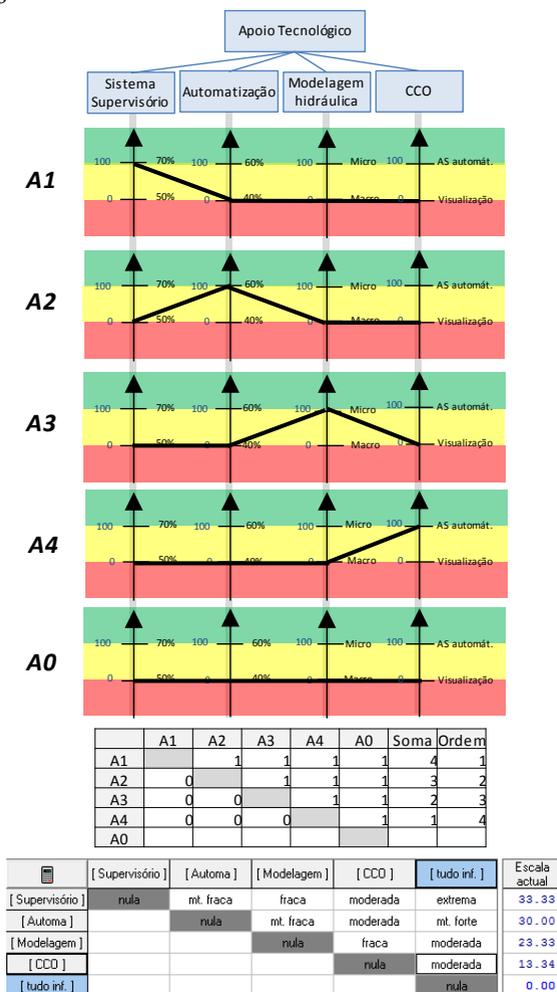
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 128 - Taxas de Substituição do PVF "Apoio Tecnológico" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

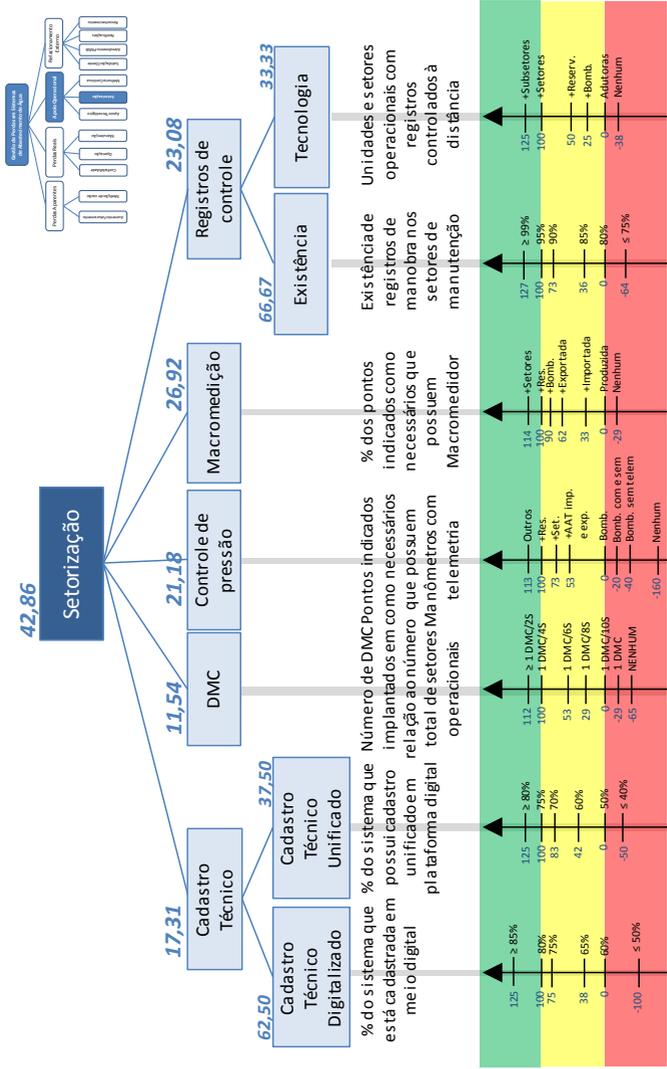
Figura 129 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Apoio Tecnológico”



W1 = 33,33 W2 = 30,00 W3 = 23,33 W4 = 13,34

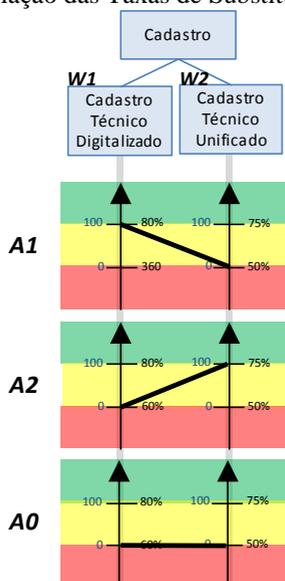
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 130 - Taxas de Substituição do PVF "Setorização" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 131 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Cadastro”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1			1	1	2
A2	0		1	1	2
A0	0	0		0	

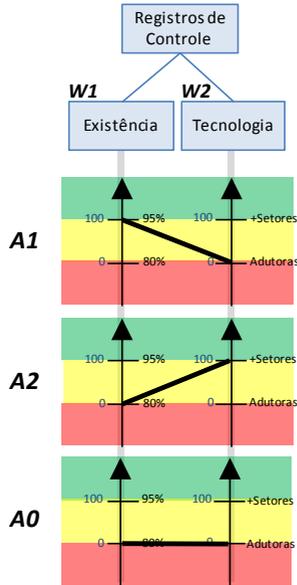
	[Digital]	[Unificado]	[tudo inf.]	Escala actual
[Digital]	nula	forte	extrema	62.5
[Unificado]		nula	extrema	37.5
[tudo inf.]			nula	0.0

$$W1 = 62,50$$

$$W2 = 37,50$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 132 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVE “Registros de Controle”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1			1	1	1
A2	0			1	2
A0	0	0		0	

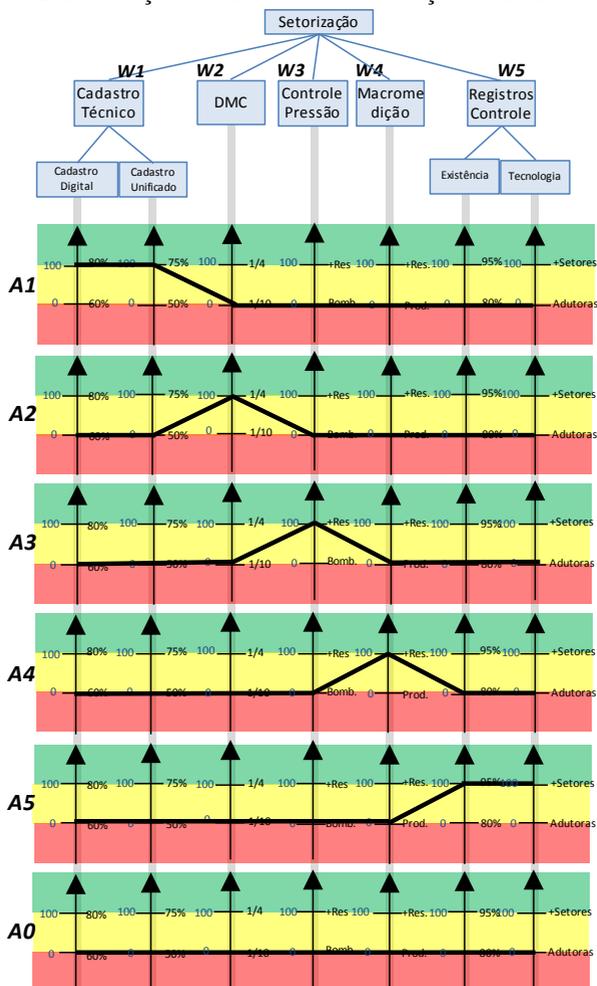
	[Existência]	[Tecnologia]	[tudo inf.]	Escala actual
[Existência]	nula	mt. forte	extrema	66.67
[Tecnologia]		nula	mt. forte	33.33
[tudo inf.]			nula	0.00

W1 = 66,67

W2 = 33,33

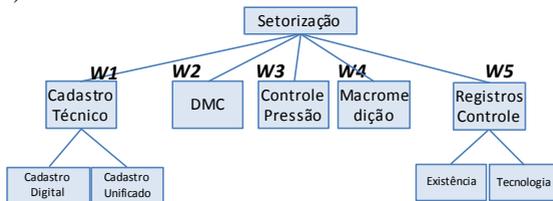
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 133 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Setorização”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 134 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Setorização” (continuação)



	A1	A2	A3	A4	A5	A0	Soma	Ordem
A1		1	1	0	0	1	3	4
A2	0		0	0	0	1	1	5
A3	0	1		0	0	1	2	3
A4	1	1	1		1	1	5	1
A5	1	1	1	0		1	4	2
A0							0	

	[Macro]	[Registro]	[Pressão]	[Cadastro]	[DMC]	[tudo inf.]	Escala actual
[Macro]	nula	fraca	moderada	forte	mt. forte	extrema	26.92
[Registro]		nula	mt. fraca	moderada	mt. forte	extrema	23.08
[Pressão]			nula	fraca	forte	mt. forte	21.15
[Cadastro]				nula	moderada	mt. forte	17.31
[DMC]					nula	mt. forte	11.54
[tudo inf.]						nula	0.00

W1 = 17,31

W2 = 11,54

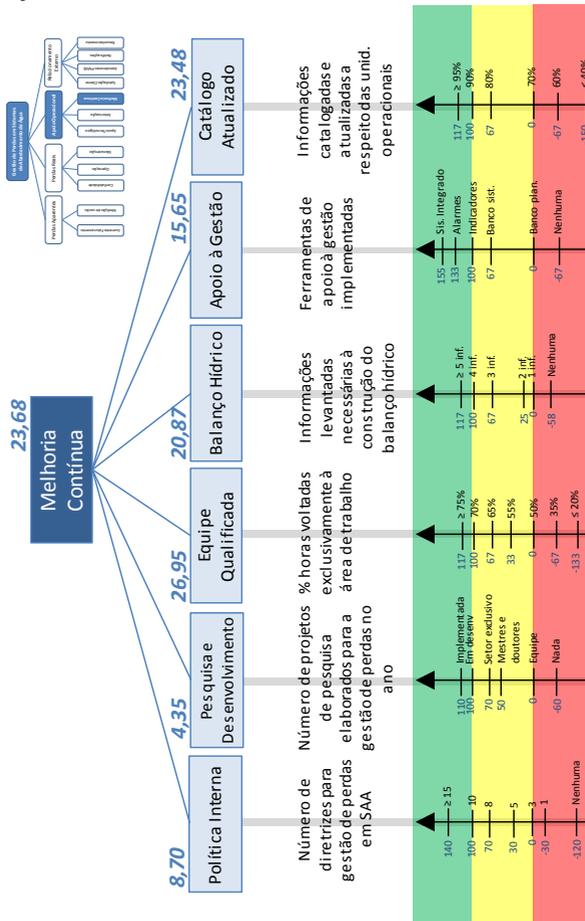
W3 = 21,18

W4 = 26,92

W5 =23,08

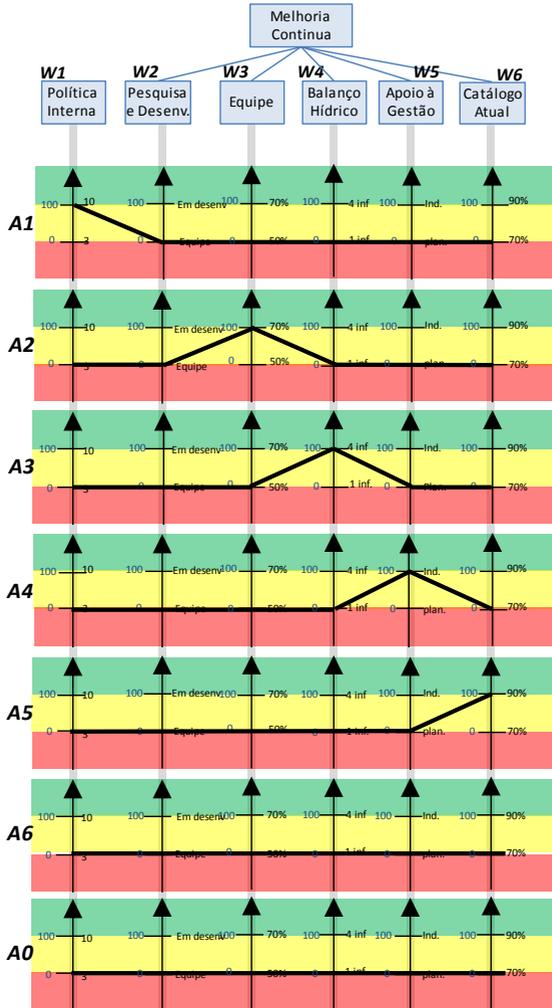
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 135 - Taxas de Substituição do PVF "Melhoria Contínua" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



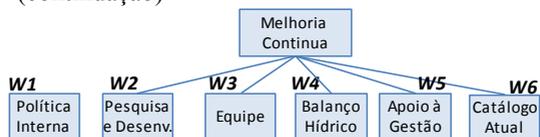
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 136 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Melhoria Contínua”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 137 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Melhoria Operacional” (continuação)



	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A0	Soma	Ordem
A1		1	0	0	0	0	1	2	5
A2	0		0	0	0	0	1	1	6
A3	1	1		1	1	1	1	6	1
A4	1	1	0		1	0	1	4	3
A5	1	1	0	0		0	1	3	4
A6	1	1	0	1	1		1	5	2
A0	0	0	0	0	0	0		0	

	[Equipe]	[Catálogo]	[Balanço]	[Apoio à gestão]	[Política Interna]	[PD]	[tudo inf.]	Escala actual
[Equipe]	nula	fraca	moderada	moderada	forte	mt. forte	extrema	26,95
[Catálogo]		nula	mt. fraca	moderada	forte	mt. forte	extrema	23,48
[Balanço]			nula	fraca	forte	forte	mt. forte	20,87
[Apoio à gestão]				nula	moderada	moderada	forte	15,65
[Política Interna]					nula	fraca	moderada	8,70
[PD]						nula	fraca	4,35
[tudo inf.]							nula	0,00

W1 = 8,70

W2 = 4,35

W3 = 26,95

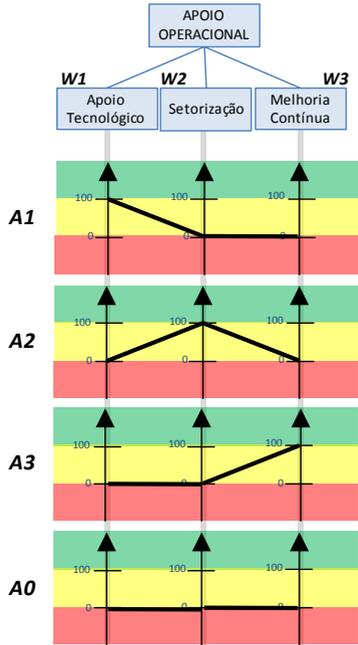
W4 = 20,87

W5 = 15,65

W6 = 23,48

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 138 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação “APOIO OPERACIONAL”



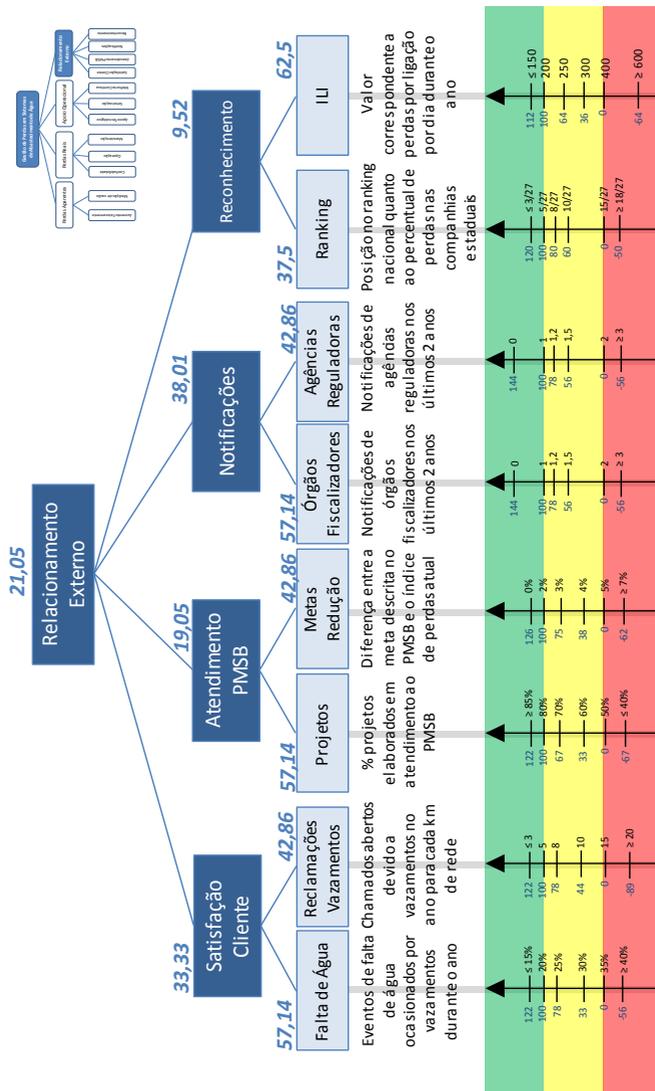
	A1	A2	A3	A0	Soma	Ordem
A1		0	0	1	1	3
A2	1		1	1	3	1
A3	1	0		1	2	2
A0					0	

	[Setorização]	[Apoio Tec.]	[Melhoria Contínua.]	[tudo inf.]	Escala actual
[Setorização]	nula	mt. fraca	mt. forte	extrema	42.86
[Apoio Tec.]		nula	forte	extrema	38.09
[Melhoria Contínua.]			nula	forte	19.05
[tudo inf.]				nula	0.00

W1 = 38,09 W2 = 42,86 W3 = 19,05

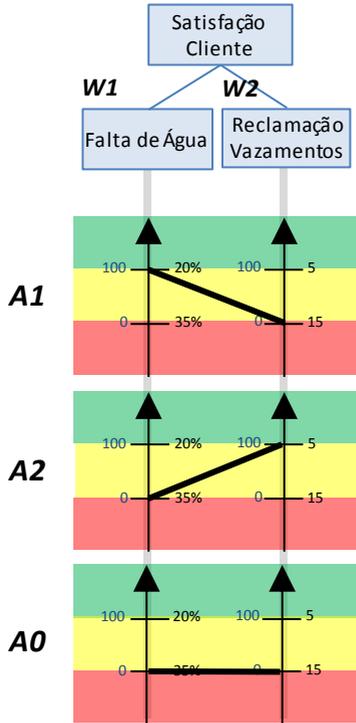
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 139 - Taxas de Substituição da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 140 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Satisfação Cliente”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1			0	1	2
A2	1		1	2	1
A0	0	0		0	

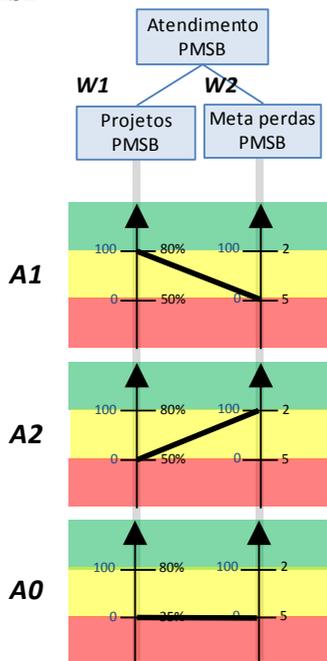
	[Falta de água]	[Rec. Vazamentos]	[tudo inf.]	Escala actual
[Falta de água]	nula	fraca	extrema	57.14
[Rec. Vazamentos]		nula	extrema	42.86
[tudo inf.]			nula	0.00

W1 = 57,14

W2 = 42,86

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 141 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Atendimento PMSB”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1			1	1	2
A2	0			1	1
A0	0	0			0

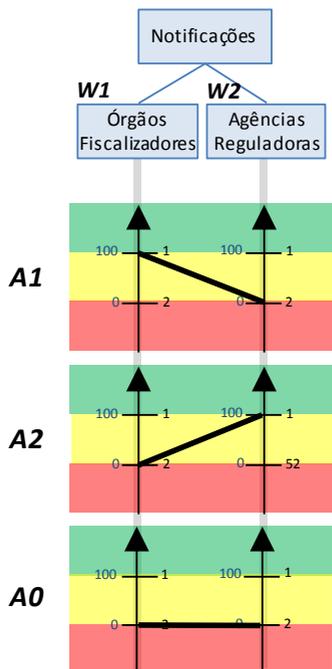
	[Projetos]	[Metas]	[tudo inf.]	Escala actual
[Projetos]	nula	mt. fraca	moderada	57.14
[Metas]		nula	moderada	42.86
[tudo inf.]			nula	0.00

$$W1 = 57,14$$

$$W2 = 42,86$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 142 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Notificações”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1		1	1	2	1
A2	0		1	1	2
A0	0	0		0	

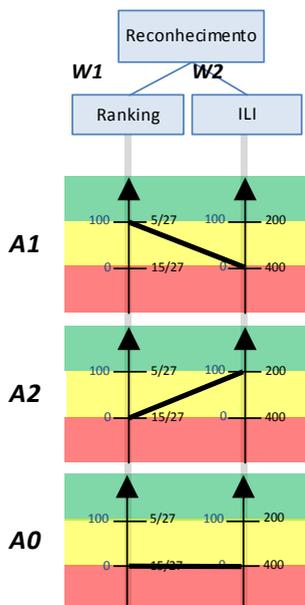
	[Órgãos]	[Agências]	[tudo inf.]	Escala actual
[Órgãos]	nula	fraca	extrema	57.14
[Agências]		nula	extrema	42.86
[tudo inf.]			nula	0.00

$$W1 = 57,14$$

$$W2 = 42,86$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 143 - Evidenciação das Taxas de Substituição do PVF “Reconhecimento”



	A1	A2	A0	Soma	Ordem
A1		0	1	1	2
A2	1		1	1	1
A0	0	0		0	

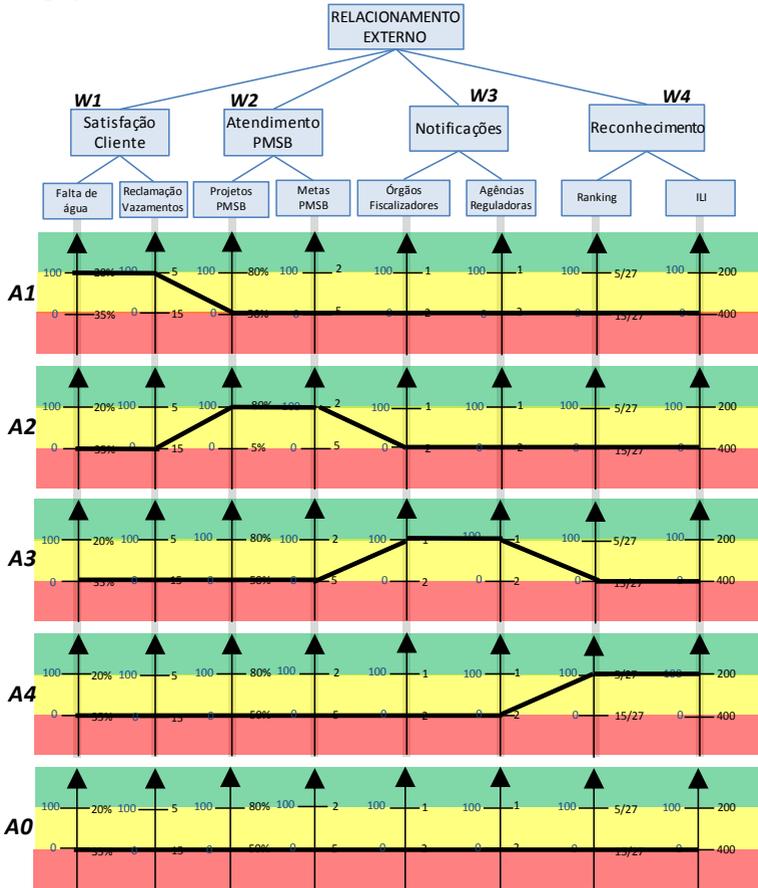
	[ILI]	[Ranking]	[tudo inf.]	Escala actual
[ILI]	nula	forte	extrema	62.5
[Ranking]		nula	extrema	37.5
[tudo inf.]			nula	0.0

$$W1 = 37,50$$

$$W2 = 62,50$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 144 - Evidenciação das Taxas de Substituição da Área de Preocupação “RELACIONAMENTO EXTERNO”



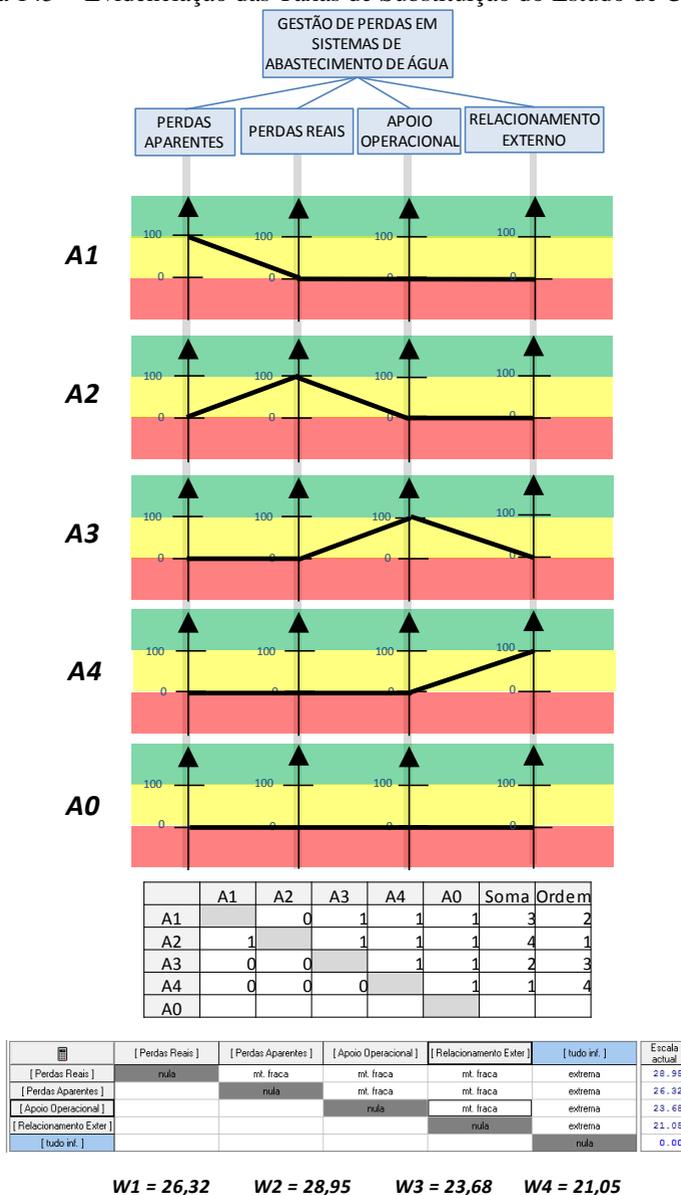
	A1	A2	A3	A4	A0	Soma	Ordem
A1		1	0	1	1	3	3
A2	0		0	1	1	2	2
A3	1	1		1	1	4	4
A4	0	0	0		1	1	1
A0						0	

W1 = 33,33
W2 = 19,05
W3 = 38,10
W4 = 9,52

	[Notificações]	[Satisfação cliente]	[PMSB]	[Reconhecimento]	[Subst. IU]	Escala actual
[Notificações]		mt. baixa	forte	mt. forte	extrema	38,10
[Satisfação cliente]			moderada	mt. forte	extrema	33,33
[PMSB]				baixa	forte	19,05
[Reconhecimento]					baixa	9,52
[Subst. IU]						0,00

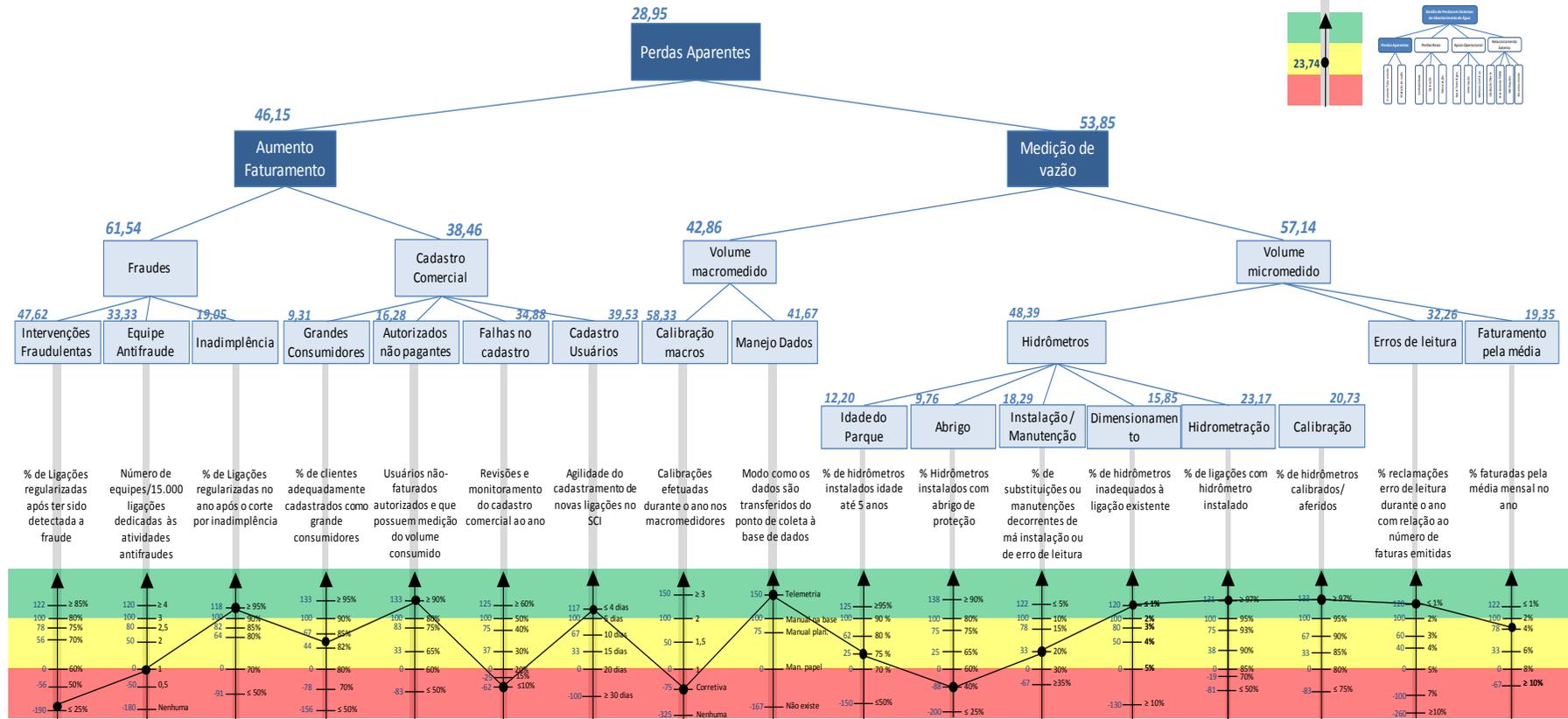
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 145 - Evidenciação das Taxas de Substituição do Estudo de Caso



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 148 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quadro 13 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "PERDAS APARENTES".

$V_{PERDAS APARENTES}(a) = [0,4615 \times V_{Aumento faturamento}(a)] + [0,5385 \times V_{Medição de Vazão}(a)] \quad (4)$
$V_{Aumento faturamento}(a) = 0,6154 \times (V_{Fraudes}(a) + 0,3864 \times V_{Cadastro Comercial}(a)) \quad (4.1)$
$V_{Aumento faturamento}(a) = 0,6154 \times (V_{Fraudes}(0,4762 \times V_{int.fraudulentas}(a) + 0,3333 \times V_{equipe antifraude}(a) + 0,1905 \times V_{inadimplência}(a))) + 0,3846 \times (V_{Cadastro Comercial}(0,0931 \times V_{grandes cons.}(a) + 0,1628 \times V_{aut.não pagantes}(a) + 0,3488 \times V_{atual cad}(a) + 0,3953 \times V_{cadastro}(a))) \quad (4.1.1)$ $V_{Aumento faturamento}(a) = 0,6154 \times (V_{Fraudes}(0,4762 \times (-180) + 0,3333 \times (0) + 0,1905 \times (118))) + 0,3846 \times (V_{Cadastro Comercial}(0,0931 \times (65) + 0,1628 \times (133) + 0,3488 \times (-62) + 0,3953 \times (117)))$ $V_{Aumento faturamento}(a) = -18,79$
$V_{Medição Vazão}(a) = 0,4286 \times V_{Vol.Macromedido}(a) + 0,5714 \times V_{Vol.Micromedido}(a) \quad (4.2)$
$V_{Medição Vazão}(a) = 0,4286 \times (V_{Vol.Macromedido}(0,5833 \times V_{calibração}(a) + 0,4167 \times V_{manejo}(a))) + 0,5714 \times (V_{Vol.Micromedido}(0,4839 \times (0,122 \times V_{idade}(a) + 0,0976 \times V_{abrigo}(a) + 0,2073 \times V_{calibração}(a) + 0,1585 \times V_{dimensionamento}(a) + 0,2317 \times V_{hidrometração}(a) + 0,1829 \times V_{instalação}(a)) + 0,3226 \times V_{erros leitura}(a) + 0,1935 \times V_{faturamento media}(a))) \quad (4.2.1)$ $V_{Medição Vazão}(a) = 0,4286 \times (V_{Vol.Macromedido}(0,5833 \times (-75) + 0,4167 \times (150))) + 0,5714 \times (V_{Vol.Micromedido}(0,4839 \times (0,122 \times (25) + 0,0976 \times (-88) + 0,2073 \times (133) + 0,1585 \times (120) + 0,2317 \times (131) + 0,1829 \times (33)) + 0,3226 \times (120) +$

$$0,1935 \times (78)))$$

$$V_{\text{Medição Vazão}}(a) = 60,19$$

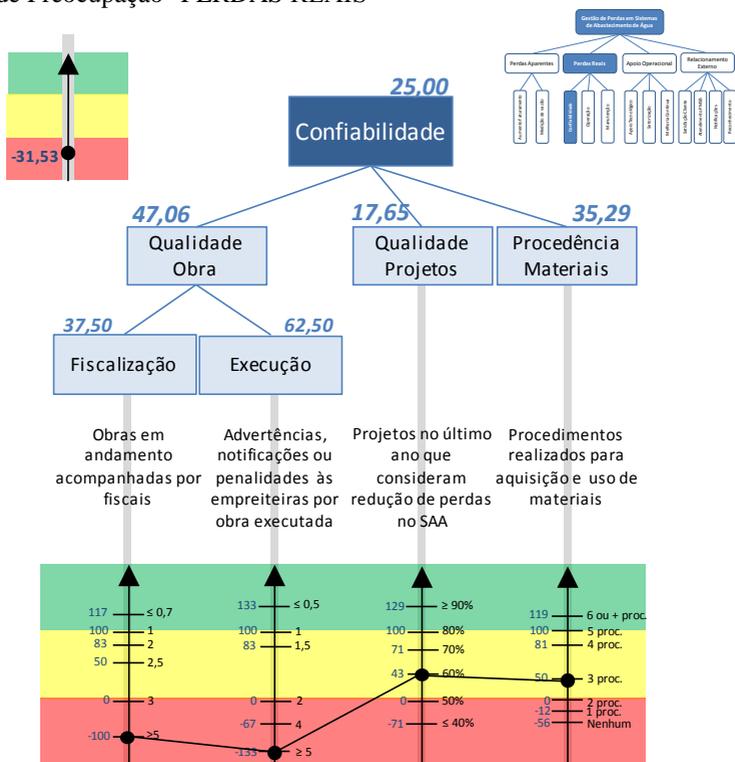
$$\begin{aligned} V_{\text{PERDAS APARENTES}}(a) &= [0,4615 \times V_{\text{Aumento faturamento}}(a)] \\ &+ [0,5385 \times V_{\text{Medição de Vazão}}(a)] \end{aligned} \quad (4)$$

$$V_{\text{PERDAS APARENTES}}(a) = [0,4615 \times (-18,79)] + [0,5385 \times (60,19)]$$

$$V_{\text{PERDAS APARENTES}}(a) = 23,74$$

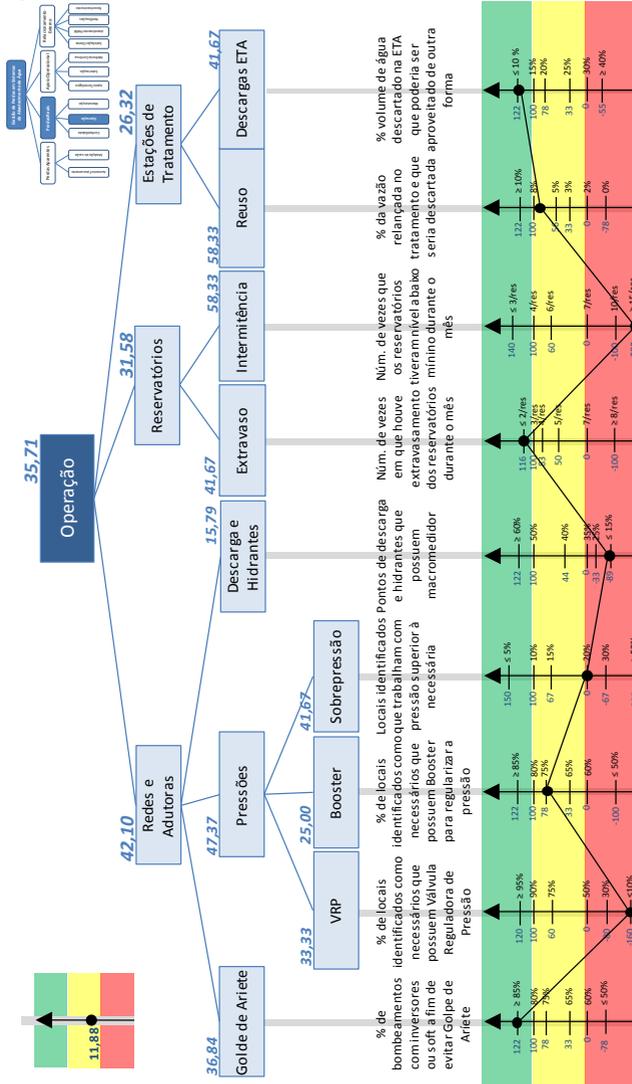
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 149 - Perfil atual de desempenho do PVF "Confiabilidade" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



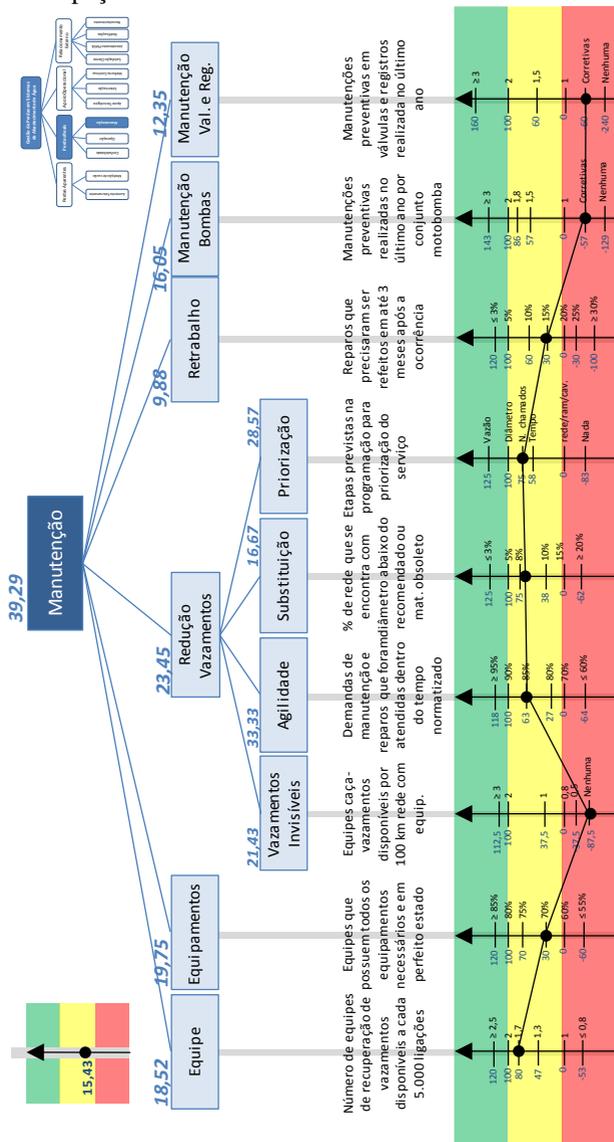
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 150 - Perfil atual de desempenho do PVF "Operação" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



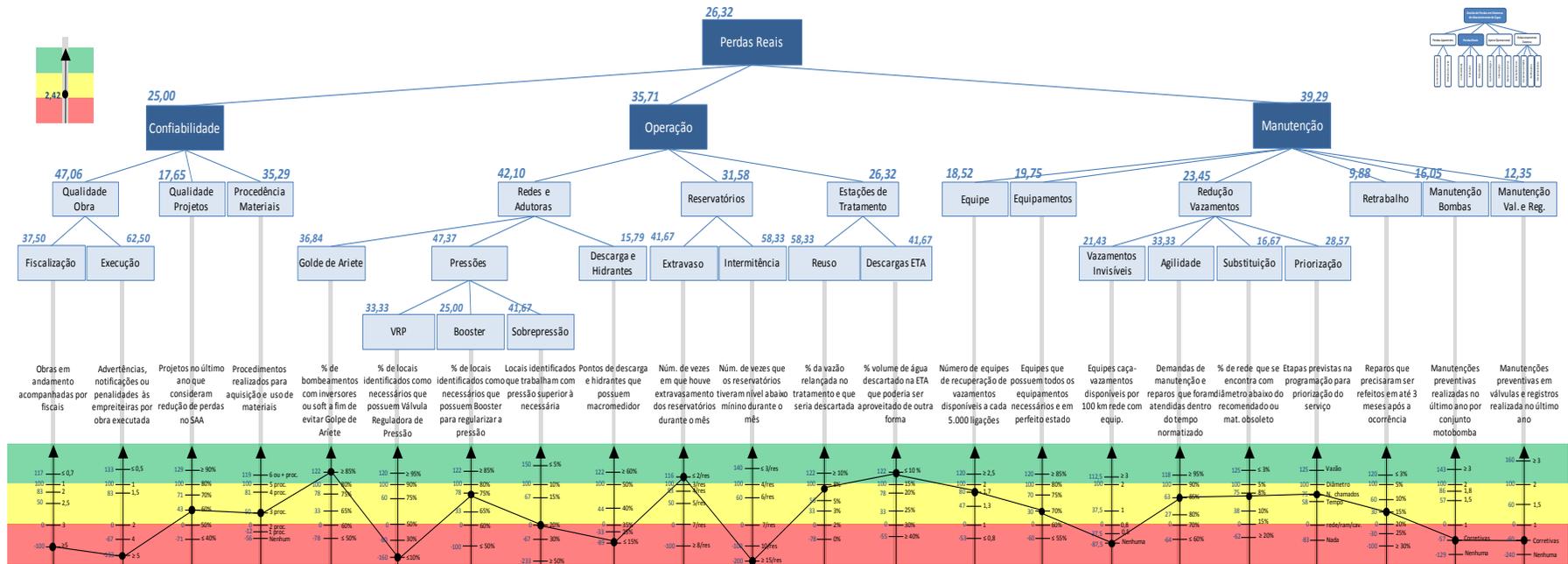
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 151 - Perfil atual de desempenho do PVF "Manutenção" da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 152 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "PERDAS REAIS"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quadro 14 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "PERDAS REAIS".

$V_{PERDAS\ REAIS}(a) = [0,25 \times V_{Confiabilidade}(a)] + [0,3929 \times V_{Manutenção}(a)] + [0,3571 \times V_{Operação}(a)] \quad (5)$
$V_{Confiabilidade}(a) = 0,4706 \times V_{qualidade\ obra} (0,375 \times V_{Fiscalização}(a) + 0,625 \times V_{Execução}(a)) + 0,1765 \times V_{qualidade\ projeto}(a) + 0,3529 \times V_{procedência\ materiais}(a) \quad (5.1)$ $V_{Confiabilidade}(a) = 0,4706 \times V_{qualidade\ obra} (0,375 \times (-100) + 0,625 \times (-133)) + 0,1765 \times (43) + 0,3529 \times (50)$ $V_{Confiabilidade}(a) = -31,53$
$V_{Manutenção}(a) = 0,1852 \times V_{Equipe}(a) + 0,1975 \times V_{Equipamentos}(a) + 0,2345 \times V_{Red,Vazamentos} (0,2143 \times V_{vaz.invisíveis}(a) + 0,3333 \times V_{agilidade}(a) + 0,1667 \times V_{substituição}(a) + 0,2857 \times V_{Priorização}(a) + 0,0988 \times V_{Retrabalho}(a) + 0,1605 \times V_{man.bombas}(a) + 0,1235 \times V_{man.reg\ e\ valv.}(a) \quad (5.2)$ $V_{Manutenção}(a) = 0,1852 \times (80) + 0,1975 \times (30) + 0,2345 \times V_{Red,Vazamentos} (0,2143 \times (-87,5) + 0,3333 \times (63) + 0,1667 \times (70) + 0,2857 \times (75)) + 0,0988 \times (30) + 0,1605 \times (-57) + 0,1235 \times (-60)$ $V_{Manutenção}(a) = 15,43$
$V_{Operação}(a) = 0,421 \times V_{Redes\ e\ adutoras} (0,4737 \times V_{Pressoes} (0,3333 \times V_{VRP}(a) + 0,25 \times V_{booster}(a) + 0,4167 \times V_{sobrepessão}(a)) + 0,3684 \times V_{golpe\ ariete}(a) + 0,1579 \times V_{descarga\ rede}(a)) + 0,3158 \times V_{Reservatorios} (0,4167 \times V_{extravasamento}(a) + 0,5833 \times V_{intermitencia}(a)) + 0,2632 \times V_{ETA} (0,5833 \times V_{Reuso}(a) + 0,4167 \times$

$$V_{descarga\ ETA}(a)$$

$$V_{Operação}(a) =$$

$$0,421 \times V_{Redes\ e\ adutoras}(0,4737 \times V_{Pressoes}(0,3333 \times (-160) + 0,25 \times (78) + 0,4167 \times (0)) + 0,3684 \times (122) + 0,1579 \times (-89) + 0,3158 \times V_{Reservatorios}(0,4167 \times (116) + 0,5833 \times (-200)) + 0,2632 \times V_{ETA}(0,5833 \times (90) + 0,4167 \times (122))$$

$$V_{Operação}(a) = 0,4193 \times V_{Redes\ e\ adutoras}(0,4737 \times (-34) + 0,3684 \times (122) + 0,1579 \times (-89)) + 0,3158 \times (-68) + 0,2632 \times (103)$$

$$V_{Operação}(a) = 11,88$$

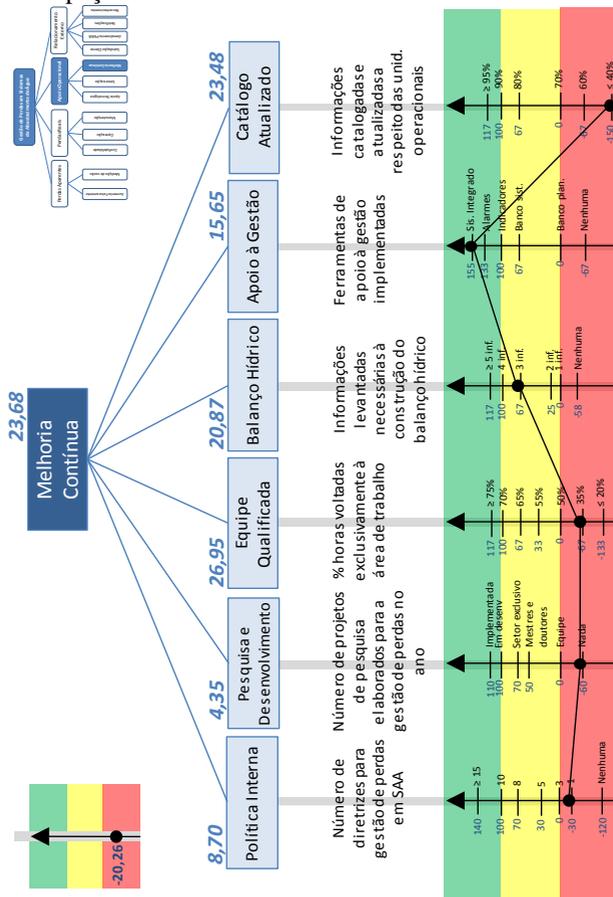
$$V_{PERDAS\ REAIS}(a) = [0,25 \times V_{Confiabilidade}(a)] + [0,3929 \times V_{Manutenção}(a)] + [0,3571 \times V_{Operação}(a)]$$

$$V_{PERDAS\ REAIS}(a) = [0,25 \times (-31,53)] + [0,3929 \times (15,43)] + [0,3571 \times (11,88)] \quad (5)$$

$$V_{PERDAS\ REAIS}(a) = 2,42$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 155 - Perfil atual de desempenho do PVF "Melhoria Contínua" da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quadro 15 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "APOIO OPERACIONAL".

$V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) = [0,3809 \times V_{Apoio\ Tecnológico}(a)] + [0,4286 \times V_{Setorizacao}(a)] + [0,1905 \times V_{Melhoria\ Continua}(a)]$	(6)
$V_{Apoio\ Tecnológico}(a) = 0,3333 \times V_{supervisorio}(a) + 0,30 \times V_{automacao}(a) + 0,2333 \times V_{modelagem\ hid}(a) + 0,1334 \times V_{CCO}(a)$ $V_{Apoio\ Tecnológico}(a) = 0,3333 \times (-125) + 0,30 \times (120) + 0,2333 \times (0) + 0,1334 \times (45)$ $V_{Apoio\ Tecnológico}(a) = 0,34$	(6.1)
$V_{Setorizacao}(a) = 0,1731 \times V_{cadastro\ tecnico}(0,625 \times V_{cad\ tec\ digital}(a) + 0,375 \times V_{cad\ tec\ unificado}(a)) + 0,2692 \times V_{macromedicao}(a) + 0,2118 \times V_{medicao\ pressao}(a) + 0,2308 \times V_{reg.\ controle}(0,6667 \times V_{Existencia}(a) + 0,3333 \times V_{Tecnologia}(a)) + 0,1154 \times V_{DMC}(a)$ $V_{Setorizacao}(a) = 0,1731 \times V_{cadastro\ tecnico}(0,625 \times (110) + 0,375 \times (0)) + 0,2692 \times (33) + 0,2118 \times (-40) + 0,2308 \times V_{reg.\ controle}(0,6667 \times (127) + 0,3333 \times (-38)) + 0,1154 \times (-65)$ $V_{Setorizacao}(a) = 21,43$	(6.2)
$V_{Melhoria\ Continua}(a) = 0,087 \times V_{Politica\ interna}(a) + 0,2695 \times V_{equipe\ qualificada}(a) + 0,0435 \times V_{pesquisa\ e\ desenv}(a) + 0,2087 \times V_{balanco\ hidrico}(a) + 0,1565 \times V_{Apoio\ à\ Gestão}(a) + 0,2348 \times V_{Catálogo}(a)$ $V_{Melhoria\ Continua}(a) = 0,087 \times (-30) + 0,2695 \times (-67) + 0,0435 \times (-60) + 0,2087 \times (67) + 0,1565 \times (155) + 0,2348 \times (-150)$ $V_{Melhoria\ Continua}(a) = -20,26$	(6.3)
$V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) = [0,3809 \times V_{Apoio\ Tecnológico}(a)] +$	(6)

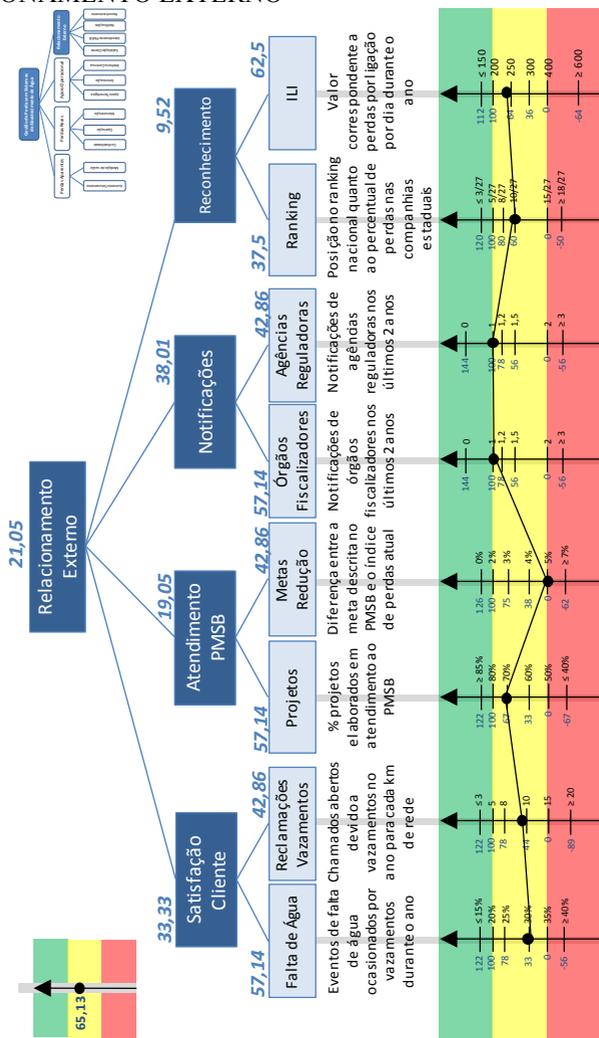
$$[0,4286 \times V_{Setorizacao}(a)] + [0,1905 \times V_{Melhoria\ Continua}(a)]$$

$$\begin{aligned} V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) \\ &= [0,3809 \times (0,34)] + [0,4286 \times (21,43)] \\ &+ [0,1905 \times (-20,26)] \end{aligned}$$

$$V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) = 5,46$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 157 - Perfil atual de desempenho da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quadro 16 - Cálculo do desempenho da Área de Preocupação "RELACIONAMENTO EXTERNO"

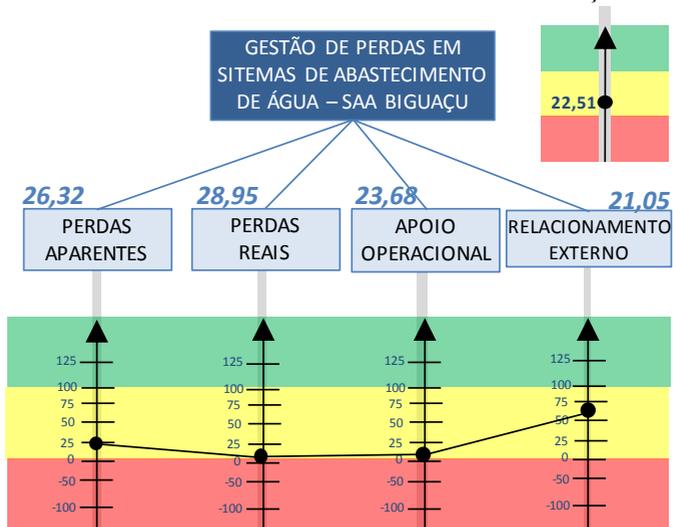
$V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a) = [0,3333 \times V_{Satisfacao\ cliente}(a)] + [0,1905 \times V_{PMSB}(a)] + [0,3801 \times V_{Notificacoes}(a)] + [0,0952 \times V_{Reconhecimento}(a)]$	(7)
$V_{Satisfacao\ Cliente}(a) = 0,5714 \times V_{falta\ de\ agua}(a) + 0,4286 \times V_{reclamacoes\ vaz}(a)$	(7.1)
$V_{Satisfacao\ Cliente}(a) = 0,5714 \times (33) + 0,4286 \times (50)$	
$V_{Satisfacao\ Cliente}(a) = 40,29$	
$V_{PMSB}(a) = 0,5714 \times V_{projetos}(a) + 0,4286 \times V_{metas}(a)$	
$V_{PMSB}(a) = 0,5714 \times (67) + 0,4286 \times (0)$	(7.2)
$V_{PMSB}(a) = 38,28$	
$V_{Notificacoes}(a) = 0,5714 \times V_{org\ fiscal}(a) + 0,4286 \times V_{ag\ reg}(a)$	
$V_{Notificacoes}(a) = 0,5714 \times (100) + 0,4286 \times (100)$	(7.3)
$V_{Notificacoes}(a) = 100$	
$V_{Reconhecimento}(a) = 0,375 \times V_{ranking}(a) + 0,625 \times V_{LII}(a)$	
$V_{Reconhecimento}(a) = 0,375 \times (60) + 0,625 \times (70)$	(7.4)
$V_{Reconhecimento}(a) = 66,25$	
$V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a) = [0,3333 \times V_{Satisfacao\ cliente}(a)] + [0,1905 \times V_{PMSB}(a)] + [0,3801 \times V_{Notificacoes}(a)] + [0,0952 \times V_{Reconhecimento}(a)]$	(7)
$V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a) = [0,2761 \times (40,29)] + [0,1905 \times$	

$$(38,28) + [0,3801 \times (100)] + [0,0952 \times (66,25)]$$

$$V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a) = 65,13$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 158 - Perfil atual de desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU"



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Quadro 17 - Cálculo do desempenho da "GESTÃO DE PERDAS NO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DE BIGUAÇU"

$$V_{GESTÃO\ PERDAS}(a) = 0,2895 \times V_{PERDAS\ APARENTES}(a) + 0,2632 \times V_{PERDAS\ REAIS}(a) + 0,2368 \times V_{APOIO\ OPERACIONAL}(a) + 0,2105 \times V_{RELACIONAMENTO\ EXTERNO}(a)$$

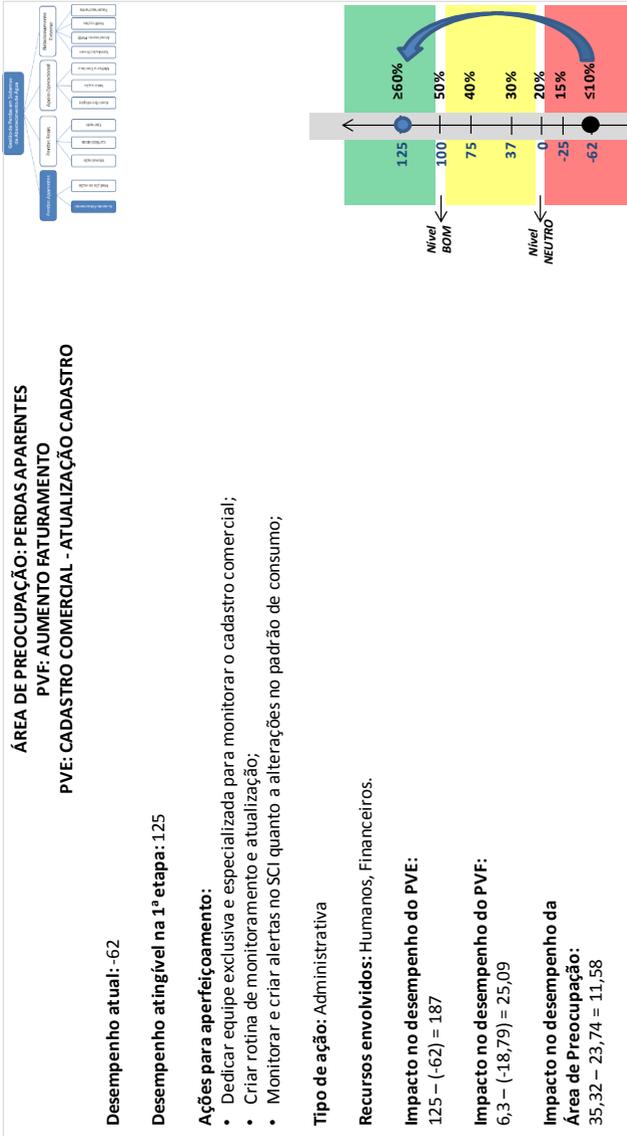
$$V_{GESTÃO\ PERDAS}(a) = 0,2895 \times (23,74) + 0,2632 \times (2,42) + 0,2368 \times (5,45) + 0,2105 \times (65,13)$$

$$V_{GESTÃO\ PERDAS}(a) = 22,51$$

Fonte: Dados da pesquisa (2015).

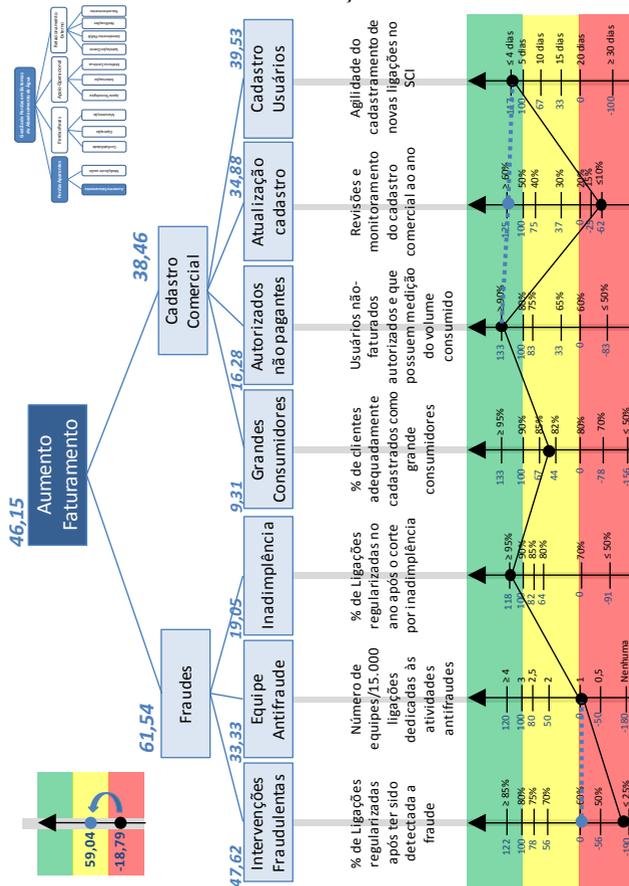
(3)

Figura 160 - Recomendações para o PVE “Cadastro Comercial – Atualização Cadastro”



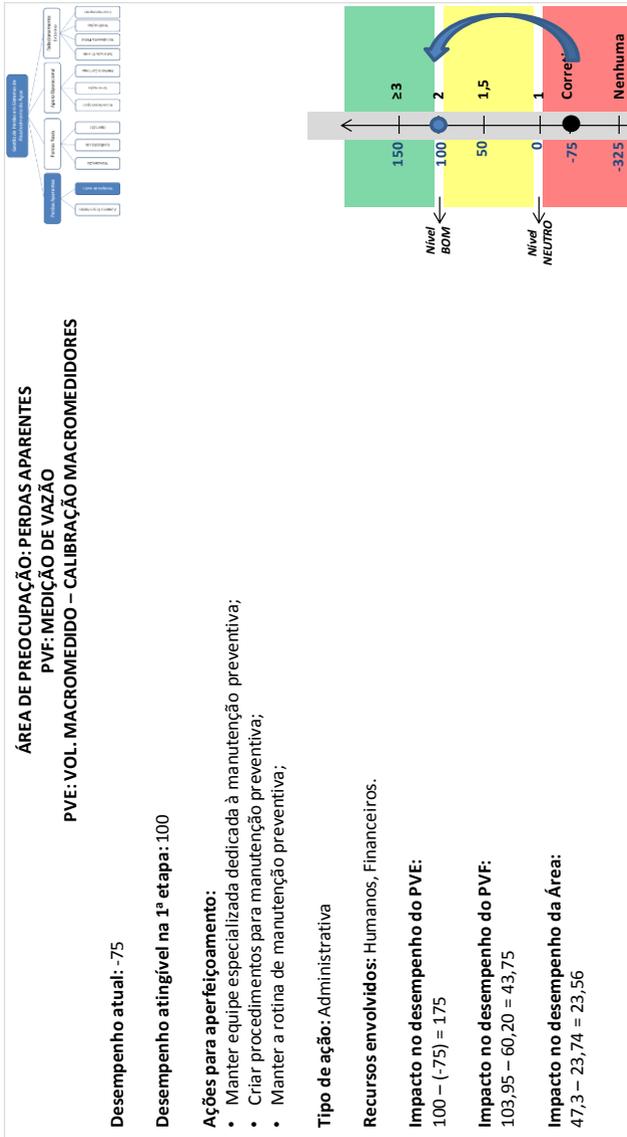
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 161 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF “Aumento Faturamento” em virtude das recomendações



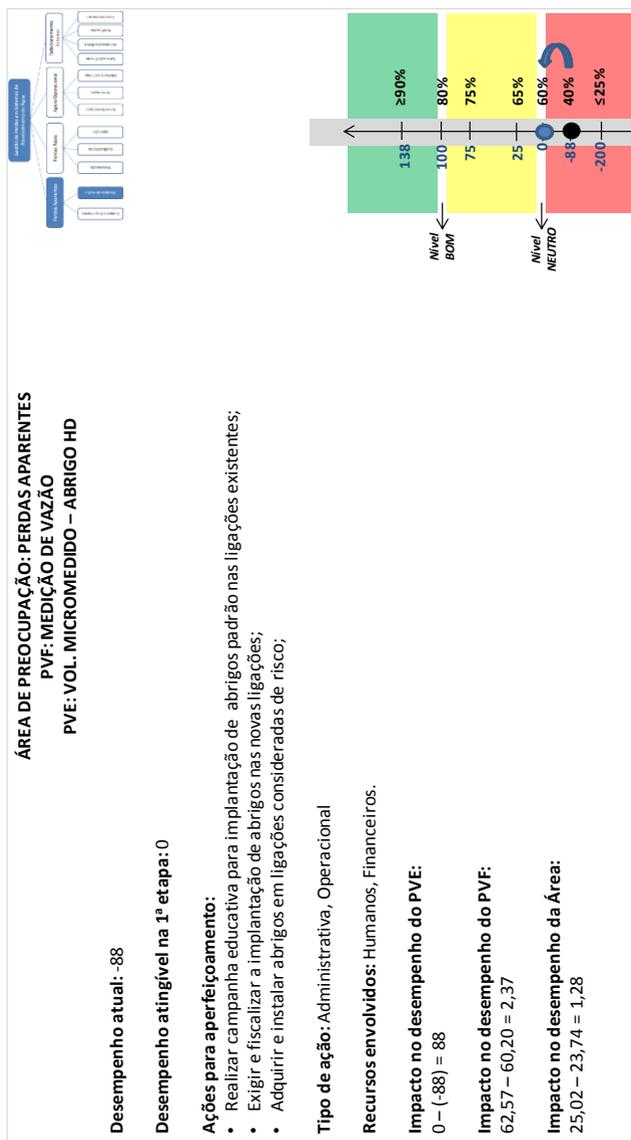
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 162 - Recomendações para o PVE “Vol. Macromedido – Calibração Macromedidores”



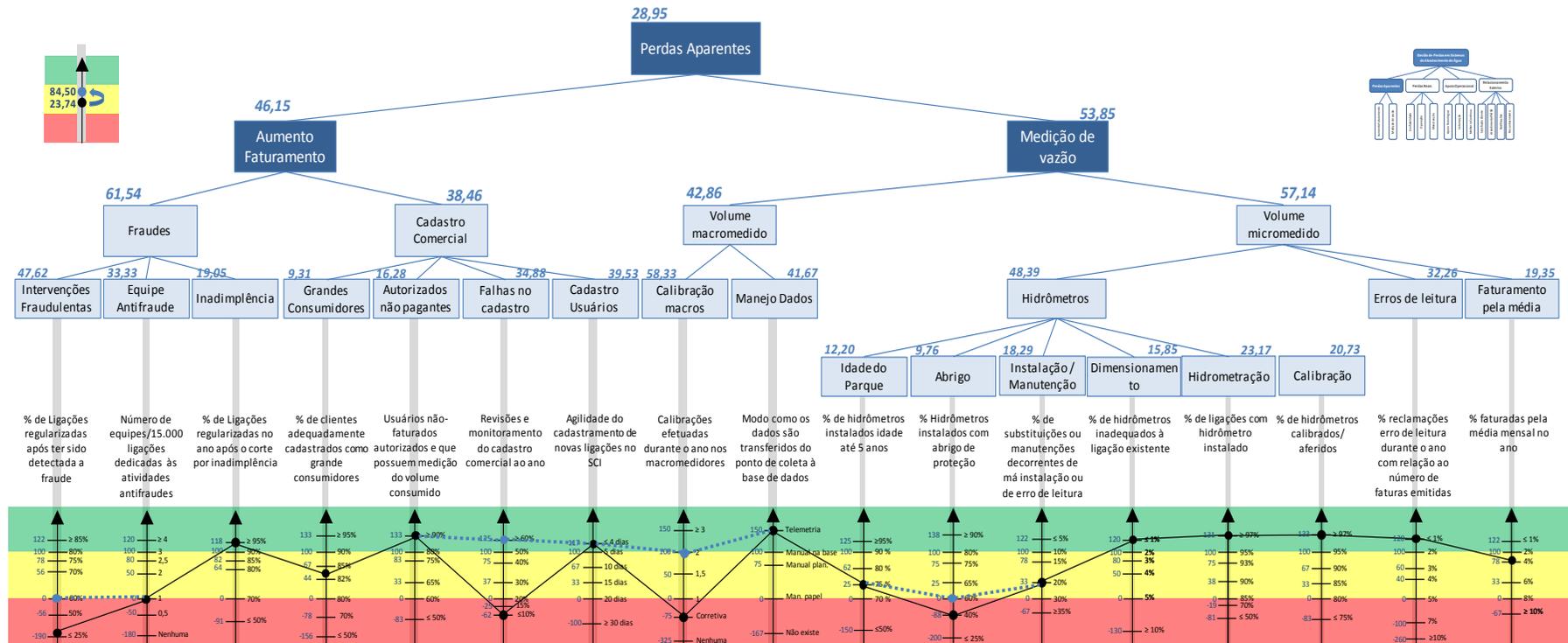
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 163 - Recomendações para o PVE “Volume Micromedido – Abrigo HD”



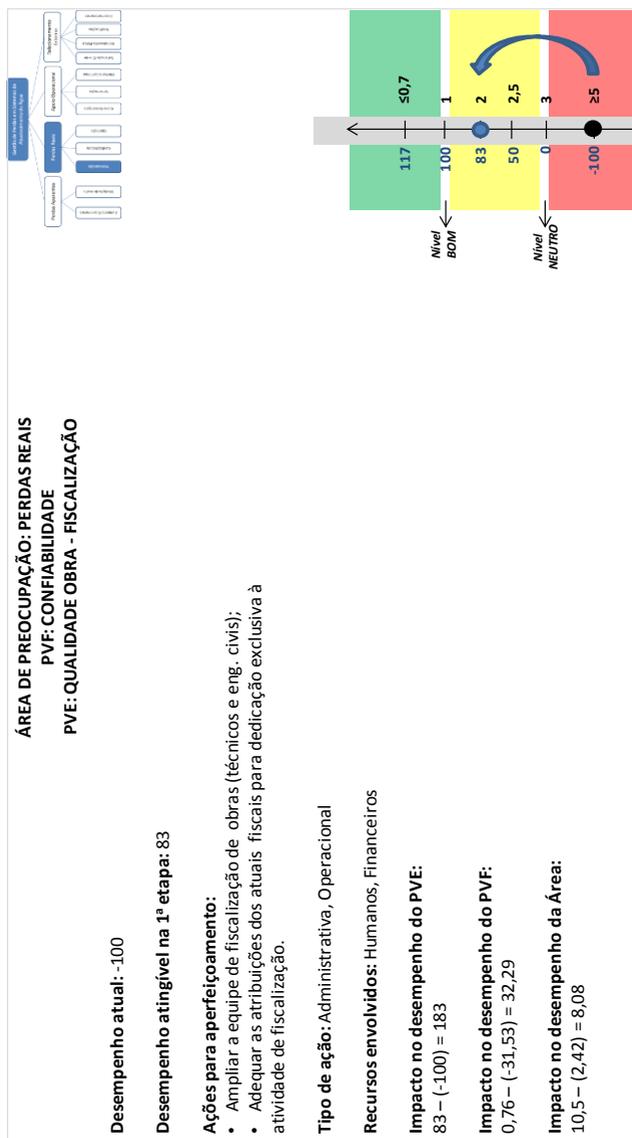
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 165 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação “PERDAS APARENTES” em virtude das recomendações



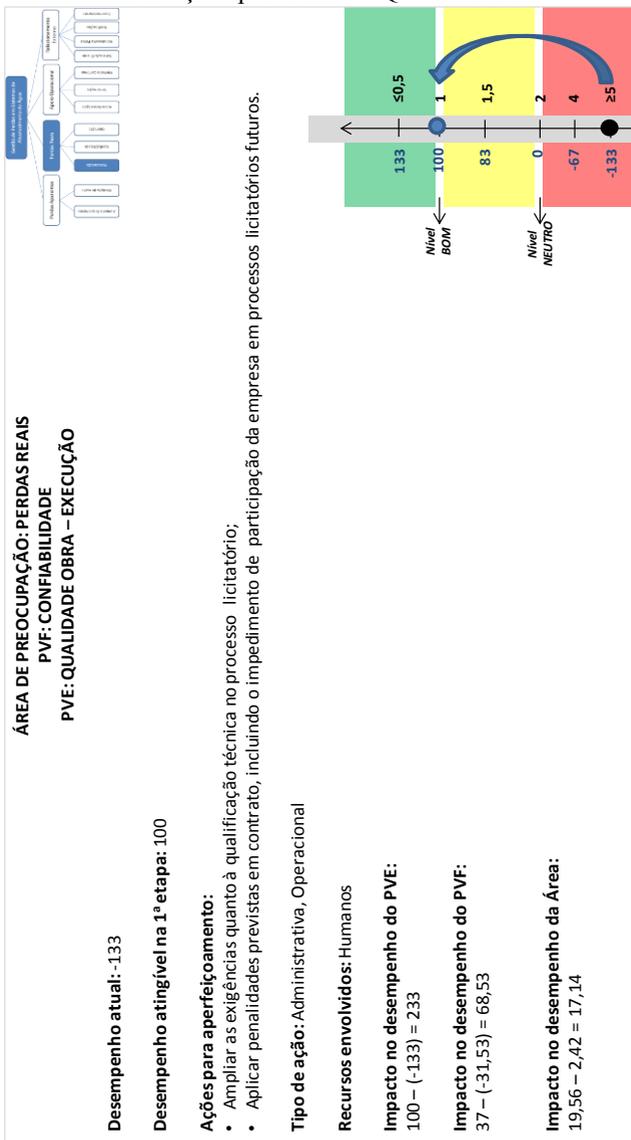
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 166 - Recomendações para o PVE “Qualidade obra – Fiscalização”



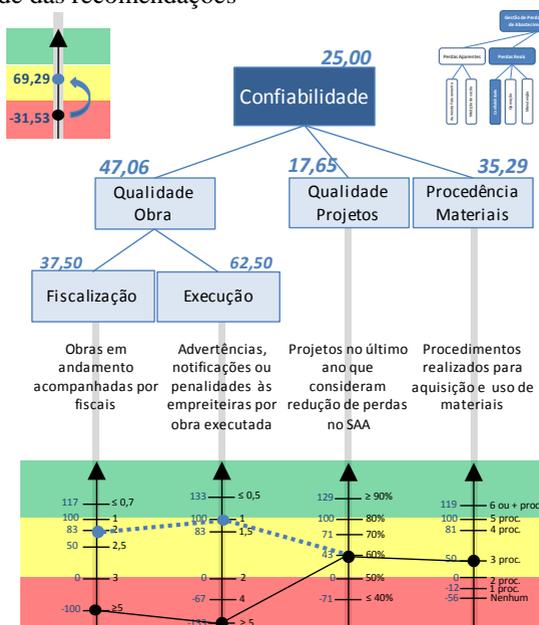
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 167 - Recomendações para o PVE “Qualidade Obra – Execução”



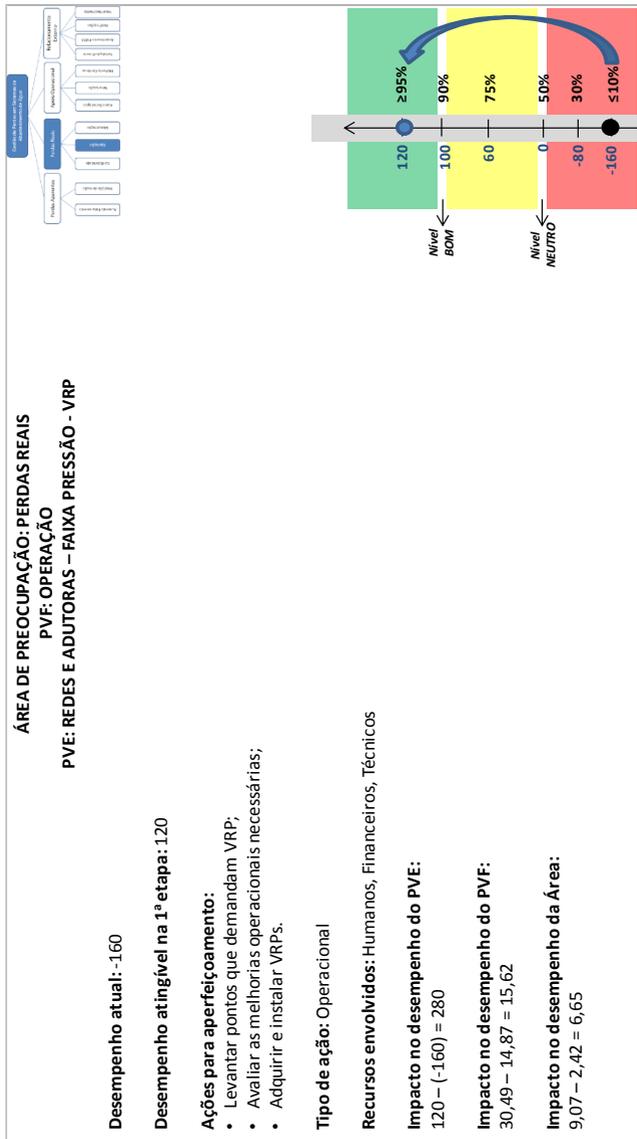
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 168 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF “Confiabilidade” em virtude das recomendações



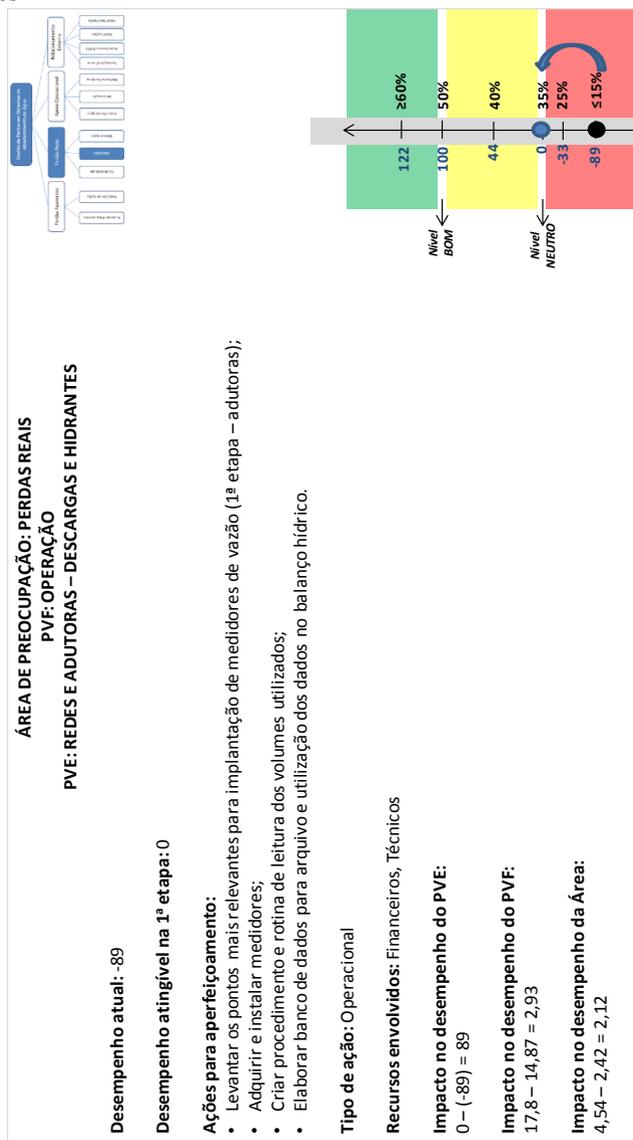
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 169 - Recomendações para o PVE “Redes e Adutoras – Faixa de Pressão – VRP”



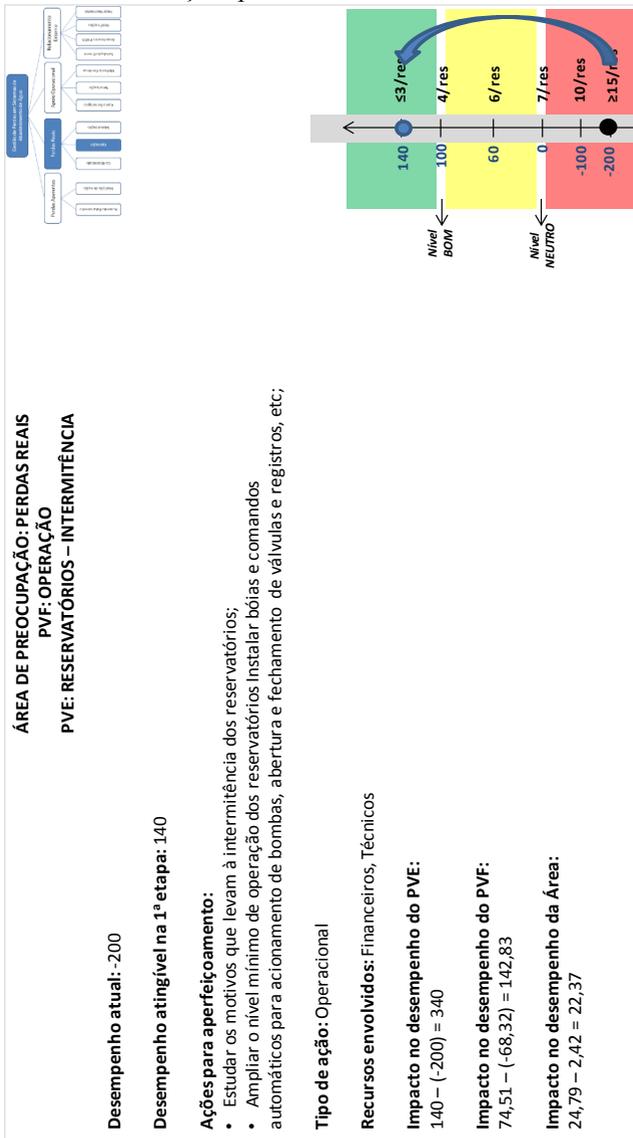
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 170 - Recomendações para o PVE “Redes e Adutoras – Descargas e Hidrantes”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 171 - Recomendações para o PVE “Reservatórios – Intermittência”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 172 - Aperfeiçoamento no desempenho do PVF “Operação” em virtude das recomendações

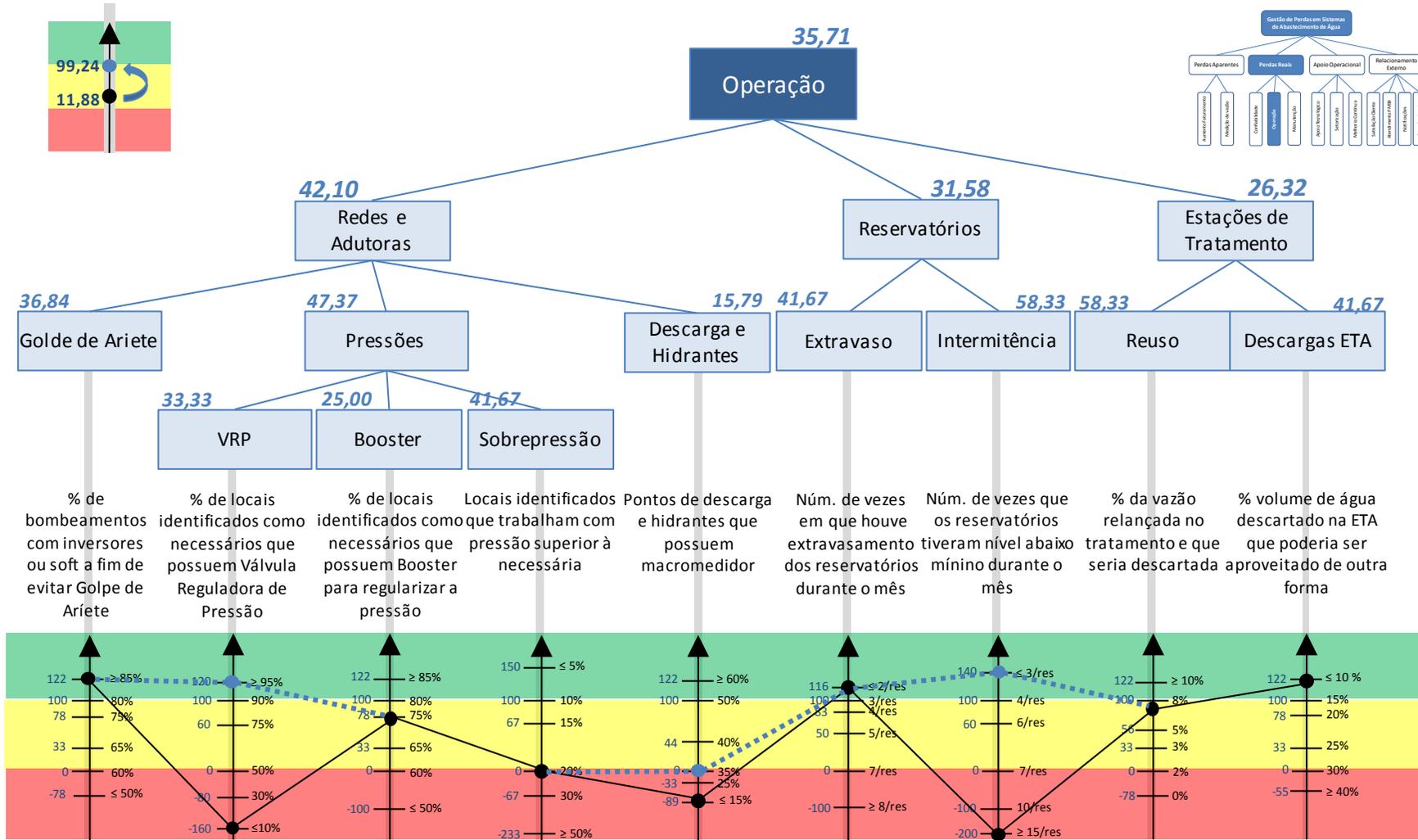
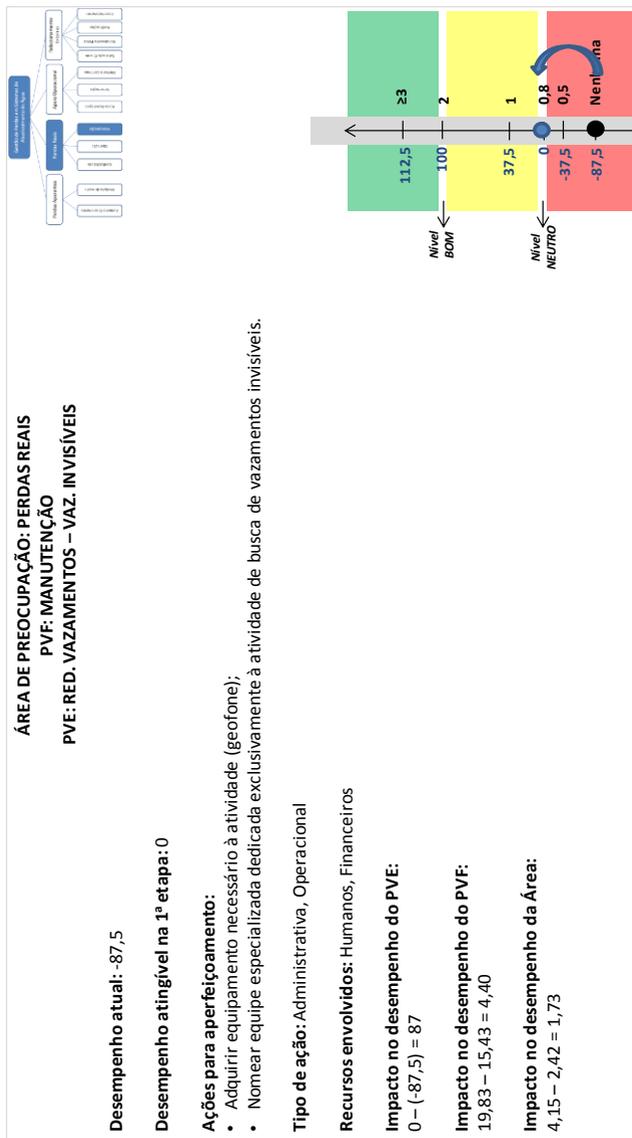
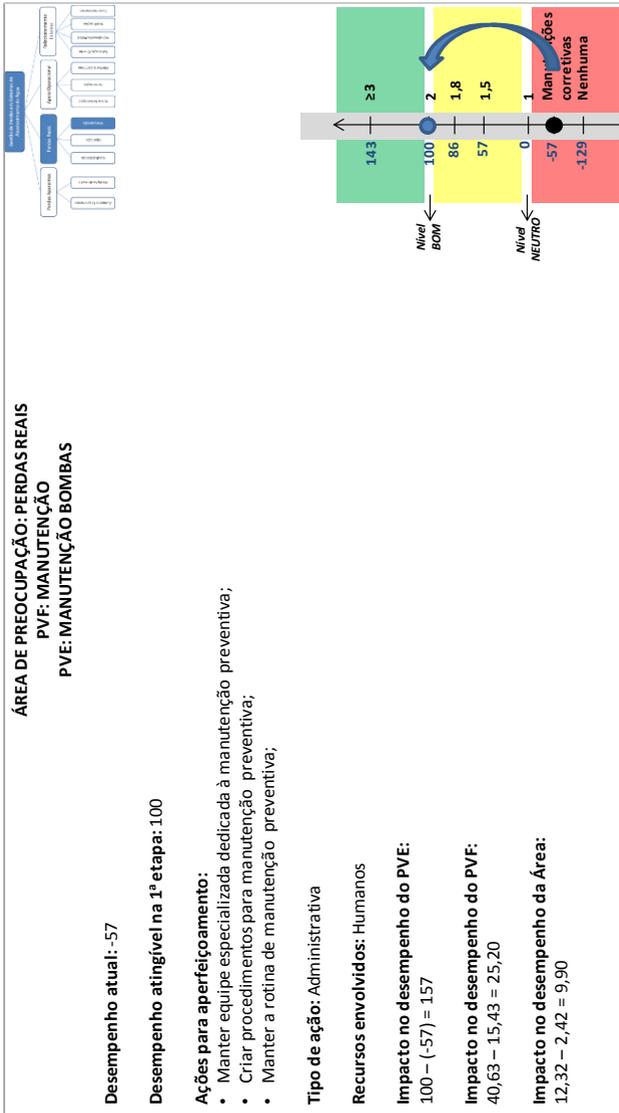


Figura 173 - Recomendações para o PVE “Redução vazamentos – vazamentos invisíveis”



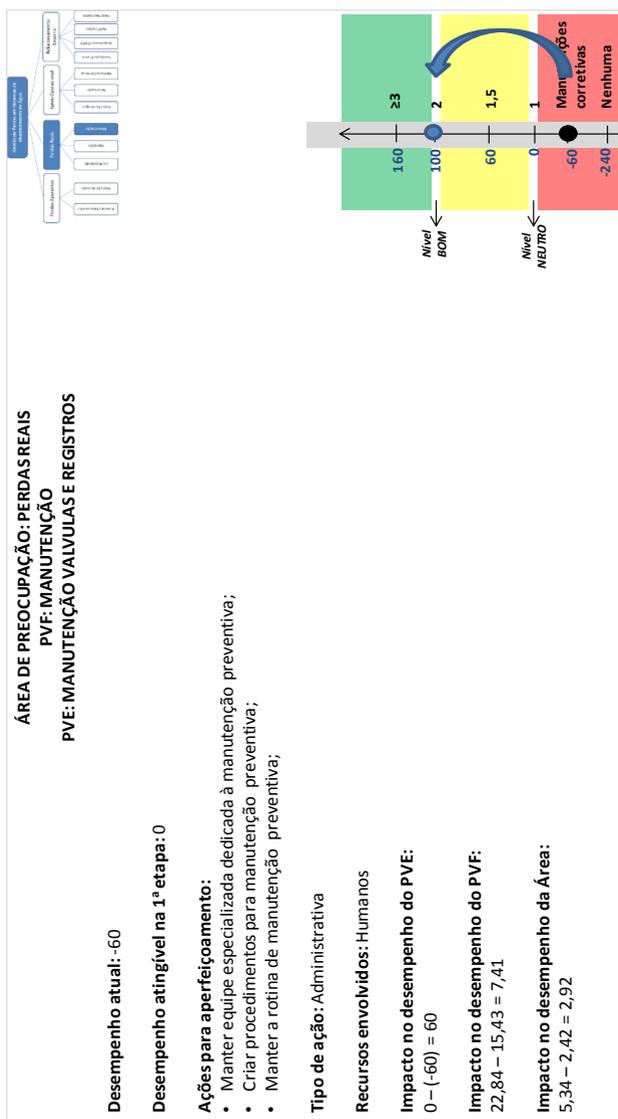
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 174 - Recomendações para o PVE “Manutenção Bombas”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 175 - Recomendações para o PVE “Manutenção Válvulas e Registros”



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 177 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação “PERDAS REAIS” em virtude das recomendações

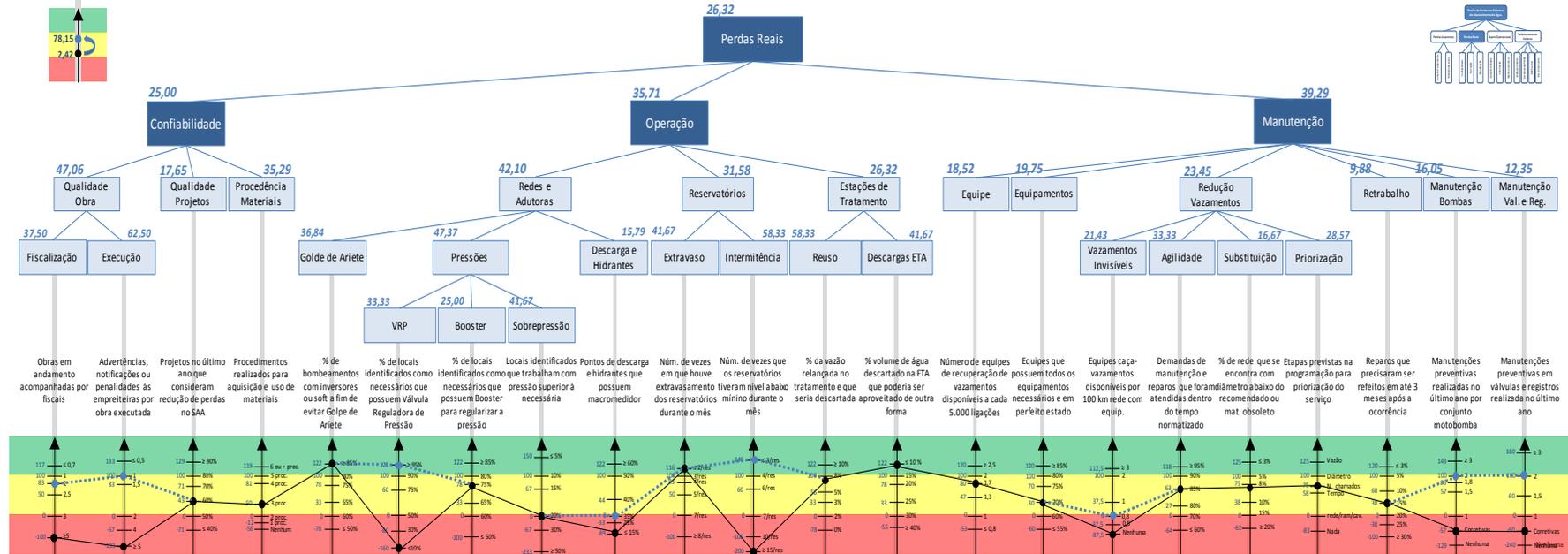
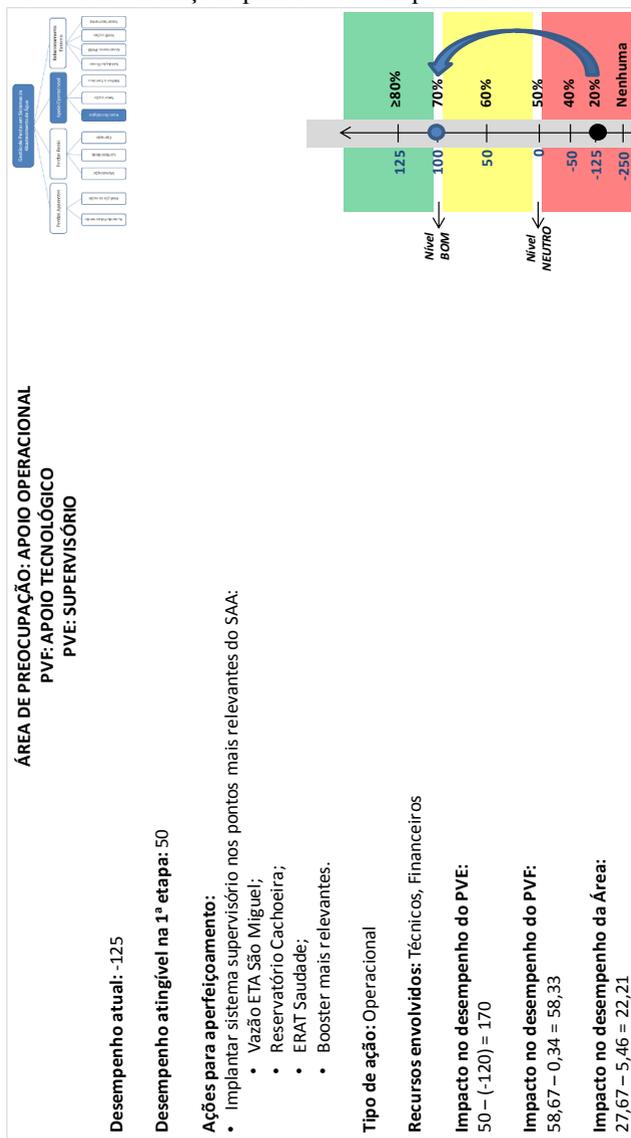
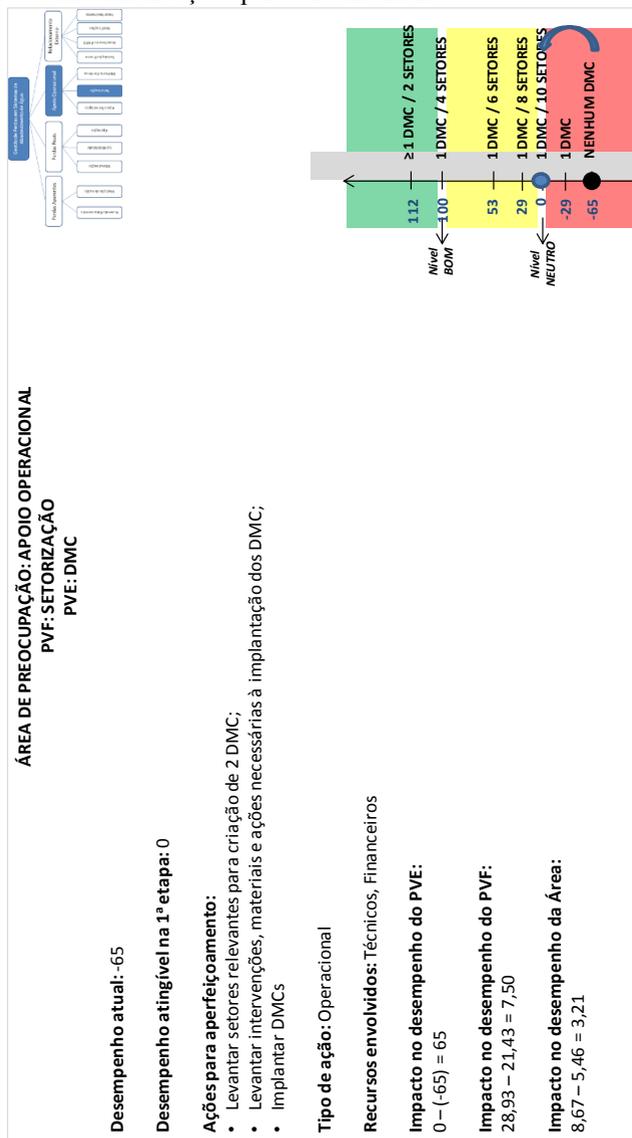


Figura 178 - Recomendações para o PVE “Supervisório”



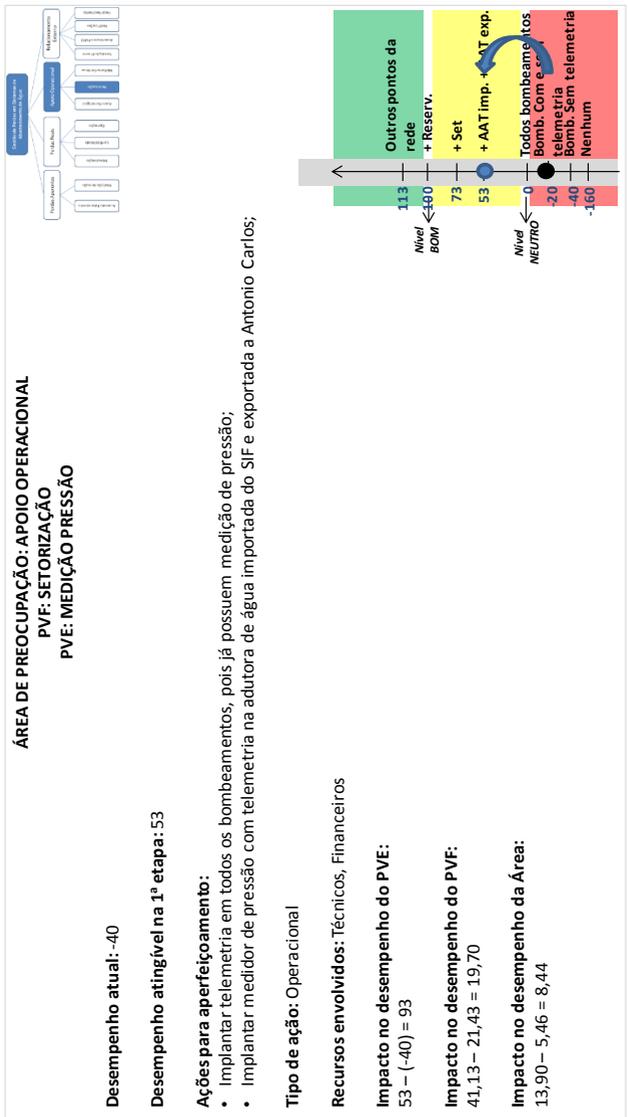
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 180 - Recomendações para o PVE “DMC”



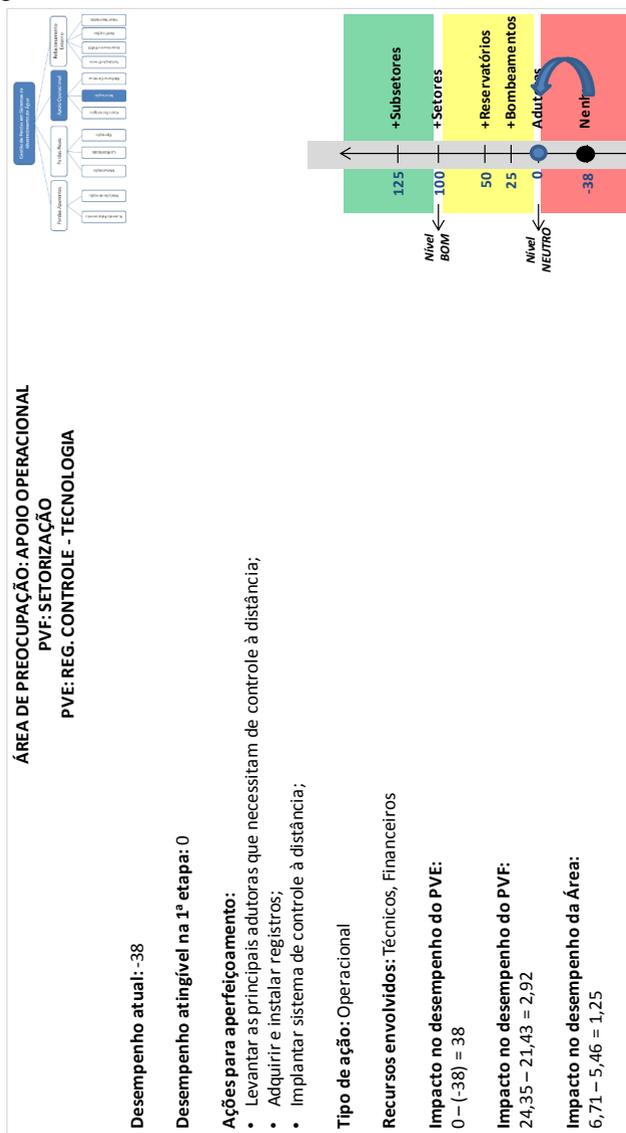
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 181 - Recomendações para o PVE “Medição Pressão”



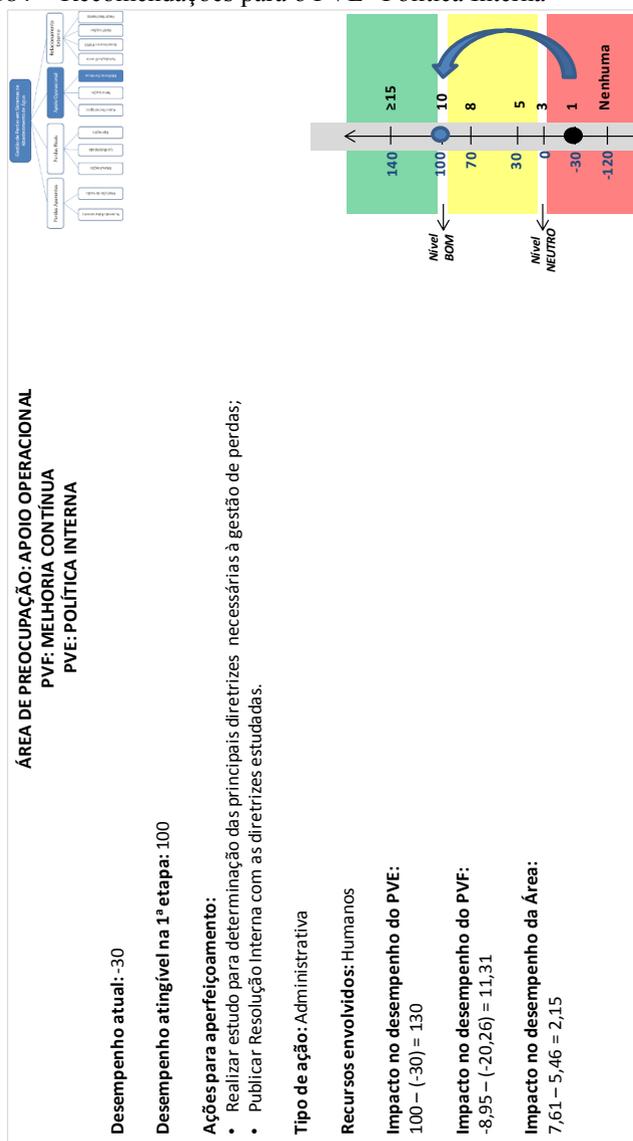
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 182 - Recomendações para o PVE “Registros de Controle – Tecnologia”



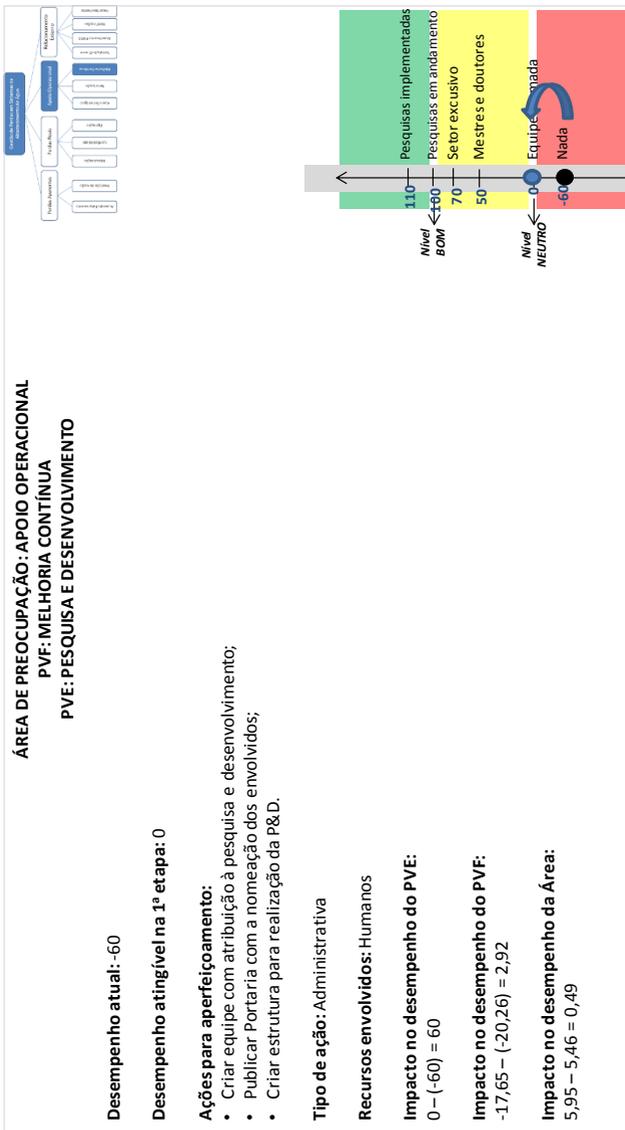
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 184 - Recomendações para o PVE “Política Interna”



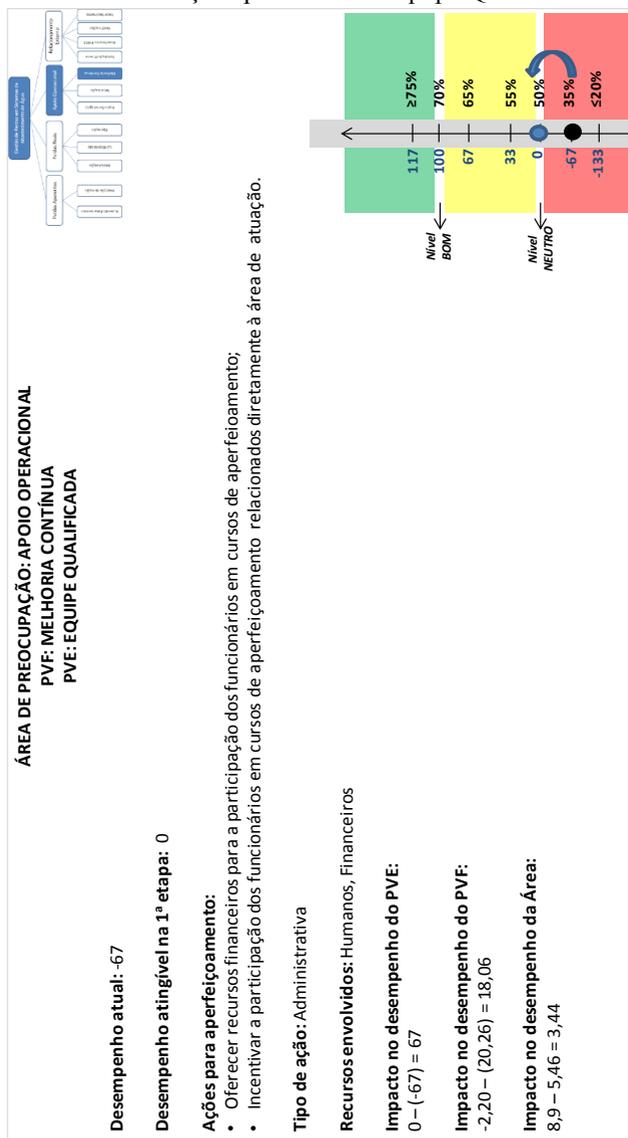
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 185 - Recomendações para o PVE “Pesquisa e Desenvolvimento”



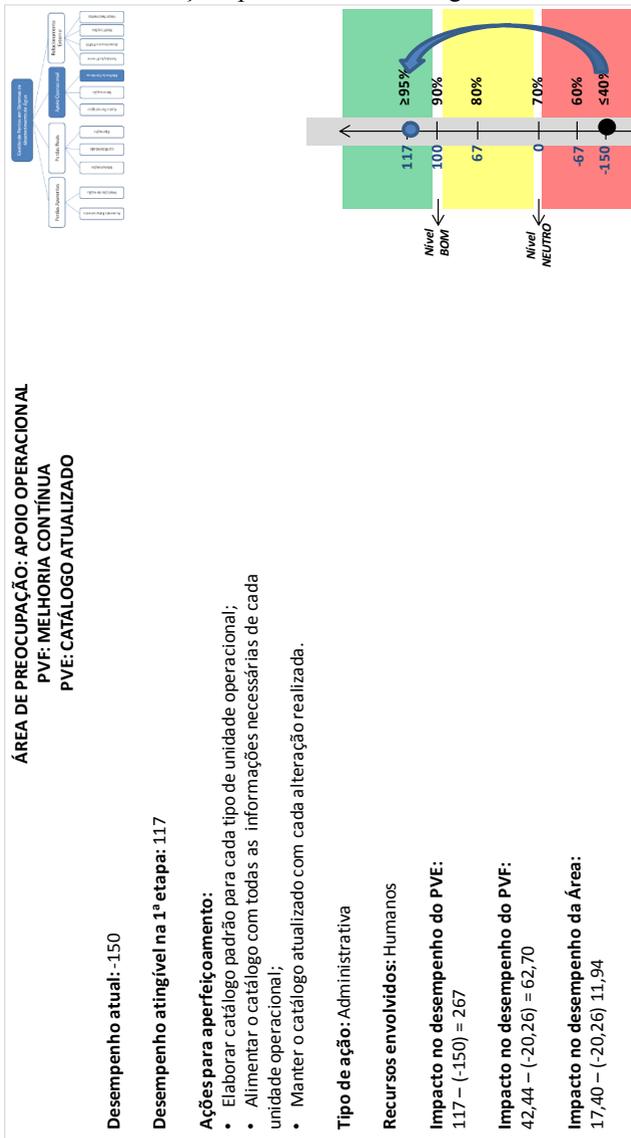
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 186 - Recomendações para o PVE “Equipe Qualificada”



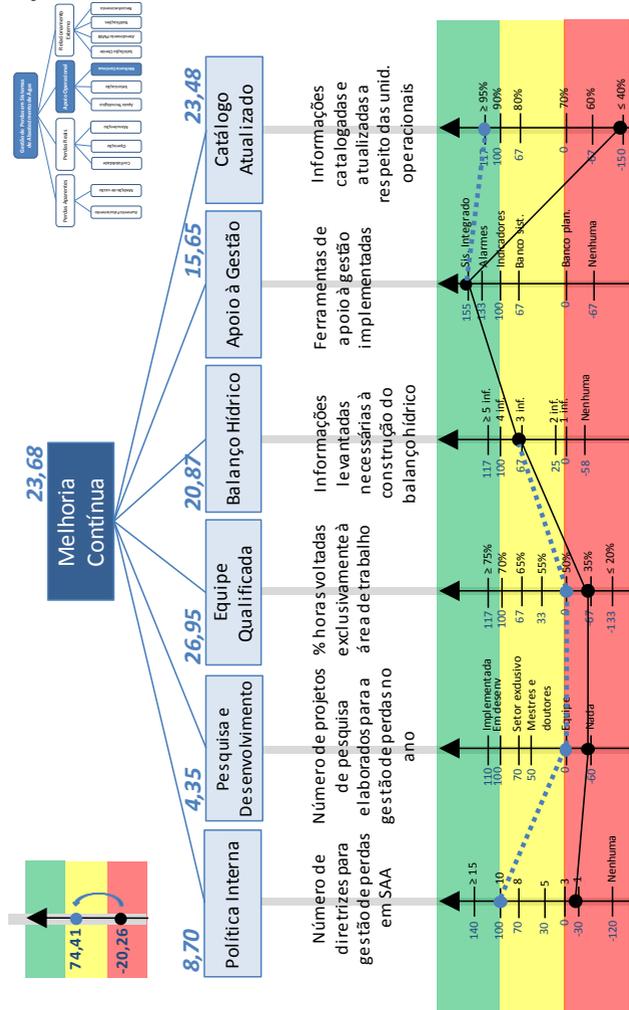
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 187 - Recomendações para o PVE “Catálogo Atualizado”



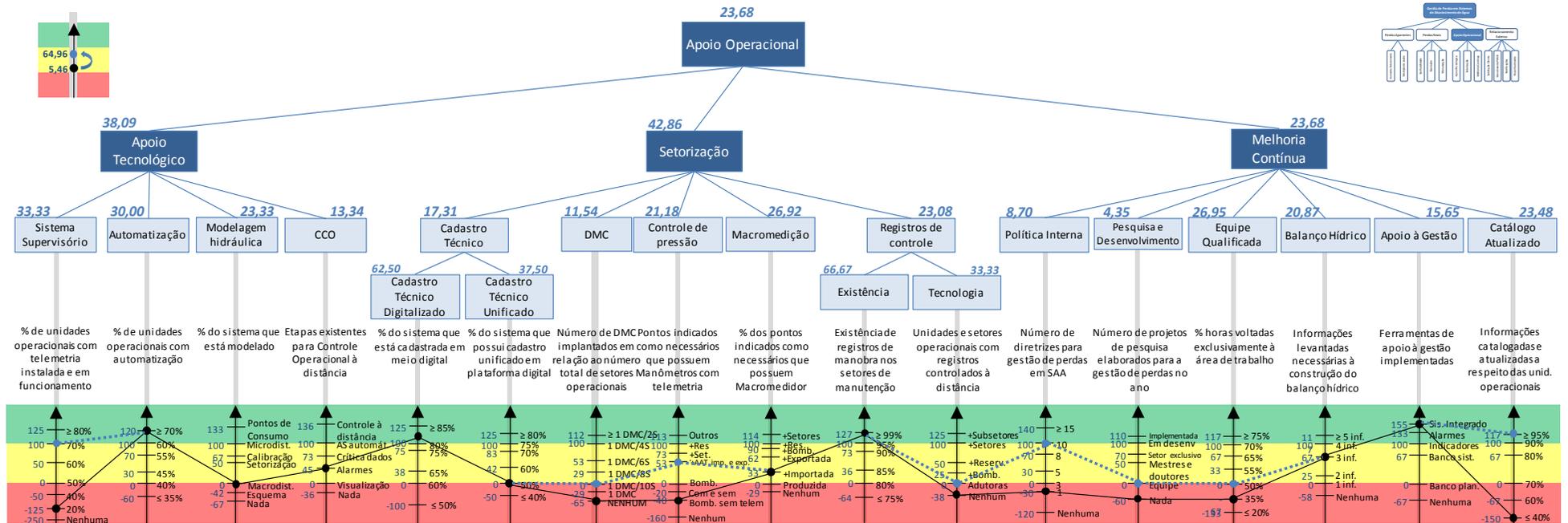
Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 188 - Aperfeiçoamento no PVF “Melhoria Contínua” em virtude das recomendações



Fonte: Dados da pesquisa (2015).

Figura 189 - Aperfeiçoamento no desempenho da Área de Preocupação “APOIO OPERACIONAL” em virtude das recomendações



Fonte: Dados da pesquisa (2015)

